

Regione Piemonte
Provincia di Cuneo
Comune di Marmora

*EVENTI ALLUVIONALI NOVEMBRE 2016 - ORDINANZA n. 430 del 10/01/2017 art 11 del Capo del
Dipartimento della Protezione Civile - Ordinanza commissariale n. 3/A18.000/430 del 22/03/2017
Primi interventi urgenti di protezione civile in conseguenza degli eccezionali eventi meteorologici verificatesi
nell'ultima decade del mese di novembre 2016 nel territorio della Regione Piemonte*

CN_A18_430_16_383

**Consolidamento Strada Comunale per il Col d'Esischie
presso Borgata Arata**



PROGETTO ESECUTIVO
ai sensi del D.Lgs. 50.2016 e s.m.i.

Allegato 05 - Relazione di Calcolo

24 luglio 2017

1 SOMMARIO

1	Sommario	1
2	Riferimenti normativi	4
2.1	Disciplina dei contratti pubblici	4
2.2	Disciplina delle opere in conglomerato cementizio	4
2.3	Disciplina delle opere di fondazione e di sostegno delle terre	4
3	Introduzione	5
3.1	Premessa	5
3.2	Scelta delle alternative	5
3.2.1	Descrizione generale	7
3.3	Progetto della soluzione selezionata	7
3.3.1	Descrizione dettagliata della soluzione selezionata	7
3.3.2	Esito delle indagini	8
3.3.3	Indagini geognostiche e assetto litostratigrafico	8
3.3.4	Caratteristiche geotecniche	9
4	Geometria del Modello	10
4.1	Geometria del muro	10
4.1.1	Sistema di riferimento	10
4.1.2	Rappresentazione analitica	11
4.1.3	Caratteristiche dei terreni	12
4.2	Geometria degli strati	13
4.3	Geometria dei Carichi	13
4.3.1	Carichi uniformi	13
5	Metodi di calcolo delle azioni e delle verifiche nel Modello	13
5.1	Descrizione della normativa sismica	14
5.2	Stabilità globale	15
5.3	Descrizione del metodo di calcolo delle spinte	16
5.4	Descrizione del metodo di calcolo della portanza	17
6	Distribuzioni di spinte e pressioni	18
6.1.1	Coefficienti di spinta	18
6.2	Pressioni	20
6.2.1	Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-1	20

6.2.2	Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-2	20
6.2.3	Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-1	20
6.2.4	Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-2	20
6.2.5	Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-3	20
6.2.6	Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-4	20
6.2.7	Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-1	21
6.2.8	Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-2	21
6.2.9	Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-1	21
6.2.10	Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-2	21
6.2.11	Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-3	21
6.2.12	Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-4	21
6.2.13	Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-1.....	21
6.2.14	Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-2.....	21
6.2.15	Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-1	22
6.2.16	Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-2	22
6.2.17	Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-1	22
6.2.18	Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-2	22
6.2.19	Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-3	22
6.2.20	Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-4	22
6.2.21	Pressioni sul paramento a valle in combinazione GEO-1	23
6.2.22	Pressioni sul paramento a valle in combinazione GEO-2	23
6.2.23	Pressioni sul paramento a valle in combinazione SIS-1.....	23
6.2.24	Pressioni sul paramento a valle in combinazione SIS-2.....	23
6.2.25	Pressioni sul paramento a valle in combinazione SIS-3.....	23
6.2.26	Pressioni sul paramento a valle in combinazione SIS-4.....	23
6.2.27	Pressioni sul paramento a valle in combinazione SLE-1	23
6.2.28	Pressioni sul paramento a valle in combinazione SLE-2.....	24
7	Risultante delle azioni agenti sul muro	24
7.1	Combinazioni di calcolo	24
7.1.1	Combinazione di carico EQU-1	25
7.1.2	8.1.2 Combinazione di carico EQU-2	25
7.1.3	Combinazione di carico STR-1	25
7.1.4	Combinazione di carico STR-2	25

7.1.5	Combinazione di carico STR-3	25
7.1.6	Combinazione di carico STR-4	26
7.1.7	Combinazione di carico GEO-1	26
7.1.8	Combinazione di carico GEO-2	26
7.1.9	Combinazione di carico SIS-1.....	26
7.1.10	Combinazione di carico SIS-2.....	26
7.1.11	Combinazione di carico SIS-3.....	27
7.1.12	Combinazione di carico SIS-4.....	27
8	Verifiche di stabilità locale	27
8.1	Tensioni trasmesse sul terreno	27
9	Verifica di stabilità globale dell'opera sul pendio.....	27
10	Parametri per dimensionamento armatura	28
11	Sollecitazioni e verifiche strutturali	28
12	Tiranti.....	32
13	Tabulati di calcolo della trave di ripartizione interna.....	35
14	Considerazioni conclusive.....	39

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 DISCIPLINA DEI CONTRATTI PUBBLICI

- Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163 «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE» (abrogato dall'art. 217 del D.Lgs. n. 50 del 2016).
- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 - Regolamento di esecuzione ed attuazione del Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture».
- Decreto Legislativo 18 aprile 2016, n. 50 - «Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.»

2.2 DISCIPLINA DELLE OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

- Legge n. 1086 del 05/11/1971. Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge n. 64 del 02/02/1974. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Testo Unico delle Norme Tecniche per le Costruzioni, approvato con DM Infrastrutture 14 gennaio 2008
- Circolare Ministeriale n. 617 del 2 febbraio 2009

2.3 DISCIPLINA DELLE OPERE DI FONDAZIONE E DI SOSTEGNO DELLE TERRE

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992. Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 gennaio 1996 Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 gennaio 1996 Norme Tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. 16 gennaio 1996 Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche. - Circolare Ministero LL.PP. 15 ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 aprile 1997 N. 65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 gennaio 1996.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni
- Testo Unico delle Norme Tecniche per le Costruzioni, approvato con DM Infrastrutture 14 gennaio 2008
- Circolare Ministeriale n. 617 del 2 febbraio 2009

3 INTRODUZIONE

La presente Relazione di Calcolo è stata redatta ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. 50/2016 del 18 aprile 2016 e del D.Lgs. 56/2017 (Correttivo Appalti) e, in via transitoria, come da art. 216 del citato Decreto, della Sezione IV del D.P.R. n° 207 del 5 ottobre 2010.

La relazione dà chiara e precisa nozione di quelle circostanze che non possono risultare dai disegni e che hanno influenza sulla scelta e sulla riuscita del progetto.

3.1 PREMESSA

Il Comune di Marmora presenta diverse situazioni di instabilità geologica e geomorfologica sia di natura locale che in scala regionale.

Negli anni precedenti è già stato oggetto di alcuni finanziamenti destinati al consolidamento dell'abitato a seguito degli eventi alluvionali della Regione Piemonte nel novembre 1994 e della Legge 183/89 e s.m.i.. Nell'ambito di queste situazioni, ben note all'Amministrazione ed ai competenti organi regionali, gli eventi alluvionali del 28-30 maggio 2008 hanno causato l'instabilità del piano viabile in località Arata a monte di un muro in c.a. esistente costruito negli anni precedenti.

A seguito dell'O.C. n° 31/2010 del 04.03.2010 della Regione Piemonte – cod. CN_DA14_3683_08_269, nell'ambito di altri finanziamenti avuti dal Comune, è stato concesso un contributo di 130 000,00 € rivolto ai lavori di Sistemazione viabilità strada comunale in località Arata.

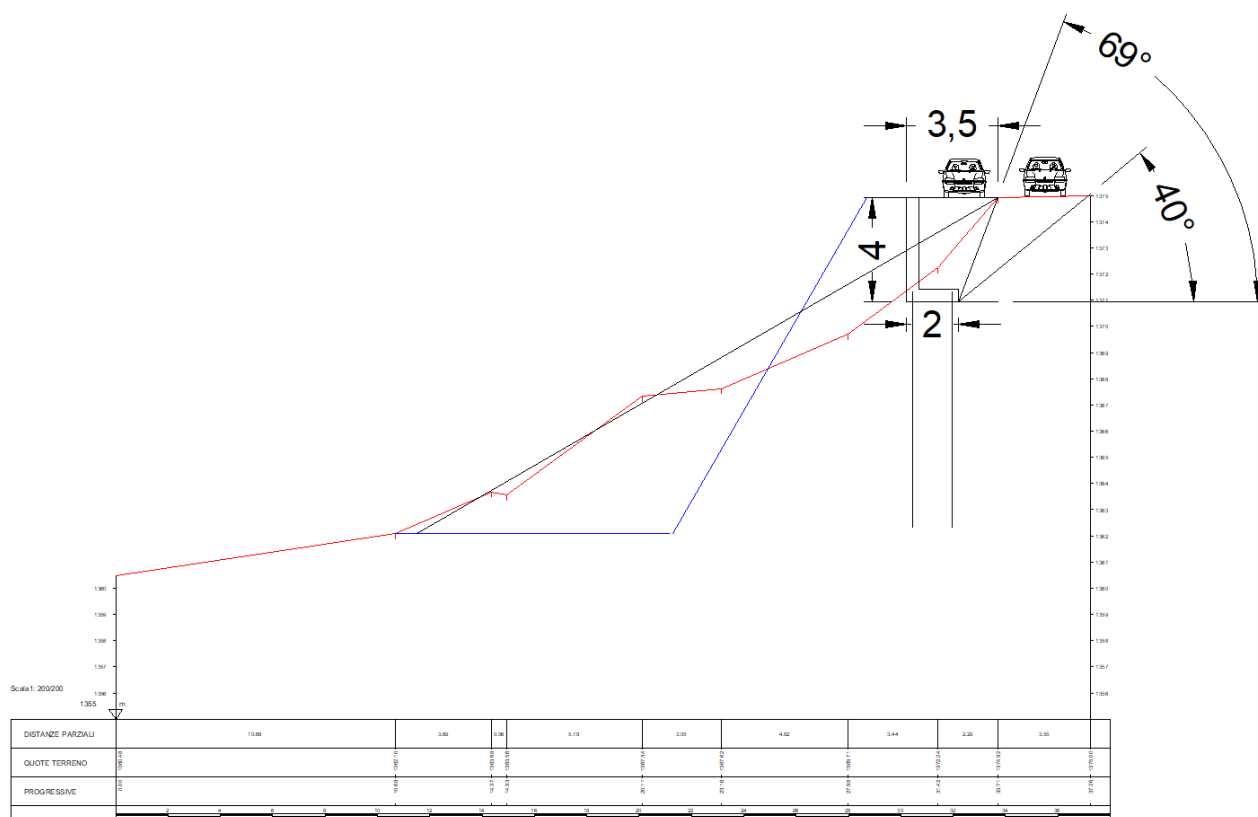
A seguito degli eventi alluvionali del novembre 2016 è stata emessa l'ordinanza n. 430 del 10/01/2017 art. 11 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile - Ordinanza commissariale n. 3/A18.000/430 del 22/03/2017 *"Primi interventi urgenti di protezione civile in conseguenza degli eccezionali eventi meteorologici verificatisi nell'ultima decade del mese di novembre 2016 nel territorio della Regione Piemonte"*, in base alla quale è stato assegnato al Comune di Marmora un finanziamento di € 290 000,00 avente come oggetto *"Consolidamento s.c. per il Col d'Esische presso Borgata Arata"* (Codice intervento CN_18_430_16_383).

3.2 SCELTA DELLE ALTERNATIVE

Sono state prese in considerazione diverse tipologie di intervento, ovvero:

- realizzazione di un cordolo su micropali a cavalletto, eventualmente tirantato, a difesa del ciglio stradale;
- costruzione di un muro di sostegno su micropali e tirantato;
- realizzazione di una terra armata e consolidamento del ciglio con micropali;
- scegliere al piede e riprofilatura.

L'immagine sottostante riporta in rosso il profilo attuale del terreno, rilevato tramite stazione totale reflectorless, in nero la sezione tipo del muro e in blu l'andamento medio della terra armata.



La prima soluzione, basata sul cordolo su micropali, potenzialmente valida per i tratti di versante ancora ragionevolmente integri, risulterebbe più economica ma non garantirebbe la necessaria capacità di contenimento del terreno che, nei tratti franati, troverebbe facile via di colamento nello spazio tra palo e palo, provocando lo svuotamento della massicciata.

La terra armata facilmente richiederebbe imponenti opere di sottofondazione, tipicamente un'ampia soletta su micropali, ed un movimento terra estremamente consistente che porterebbe, tra l'altro, ad incidere l'eventuale porzione sana del substrato affiorante costringendo a realizzare una scarpata di circa 12 m di altezza assai acclive, con reale pericolo per gli stessi addetti alla realizzazione dell'opera. In ogni caso sarebbe opportuno realizzare una palizzata atta ad assorbire le spinte provenienti da monte.

La scogliera, anch'essa in ogni caso da sottofondare, dovrebbe avere dimensioni ciclopiche per garantire un ragionevole angolo di natural declivio del terreno soprastante, senza peraltro offrire un efficace effetto contenitivo delle spinte da monte e delle deformazioni della pavimentazione.

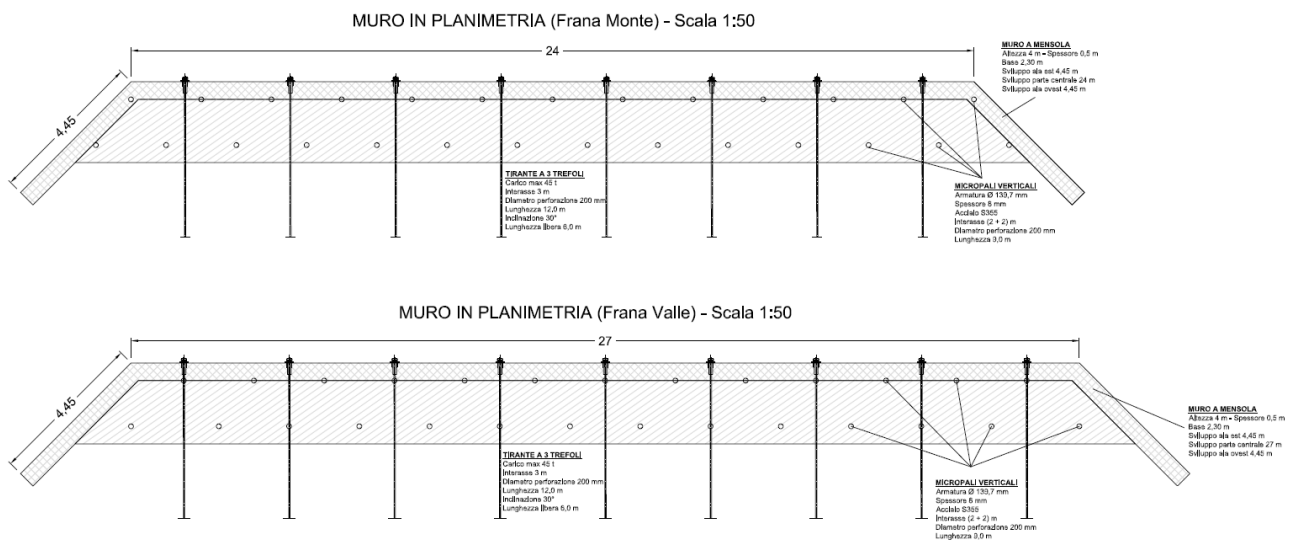
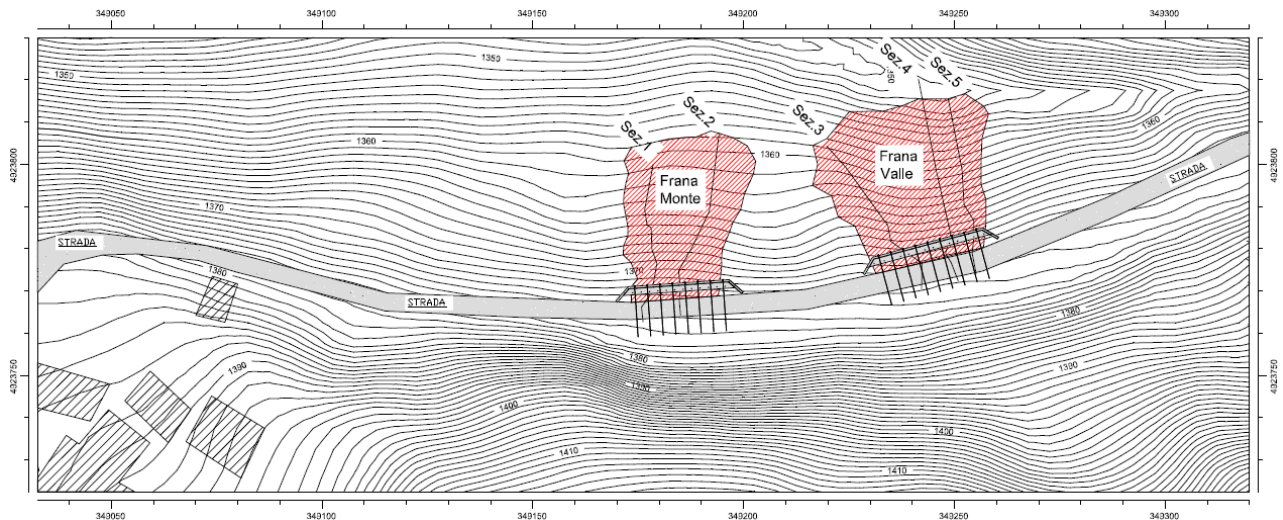
Il muro schematizzato nell'immagine, invece, permette di minimizzare le opere di movimentazione del terreno e di ridurre al minimo anche le opere di fondazione, essendo i carichi trasmessi dal terreno coinvolto nettamente contenuti rispetto quelli che si avrebbero con le altre soluzioni.

La soluzione del muro, inoltre, permette di riorganizzare il terreno a valle addolcendone la pendenza, come illustrato dalla riga nera trasversale nell'immagine precedentemente riportata.

3.2.1 Descrizione generale

Definito l'intervento possiamo ora darne una descrizione sommaria, lasciando alle tavole tecniche il compito di approfondire i dettagli delle strutture.

L'immagine sottostante riporta una planimetria di progetto generale, mentre quella ancora successiva illustra i dettagli dei muri in progetto.



3.3 PROGETTO DELLA SOLUZIONE SELEZIONATA

3.3.1 Descrizione dettagliata della soluzione selezionata

I muri di sostegno, di lunghezza rispettivamente 24 m e 27 m, avranno una soletta larga 2,0 m e chiuderanno a formare una pianta trapezoidale, rastremandosi nella parte terminale per ben raccordarsi al piano carrabile attuale.

In tal modo si avrà l'effetto collaterale estremamente positivo di creare due tratti in cui la larghezza della carreggiata risulta raddoppiata, proprio prima dell'ingresso in uno dei nuclei abitati di maggiori dimensioni della zona.

Il dimensionamento delle fondazioni e dei tiranti è stato stimato, nella precedente fase di Progettazione Definitiva, grazie alla disponibilità della caratterizzazione geologia e geotecnica effettuate ai fini di definire l'assetto litostratigrafico locale e verificare a livello puntuale le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, tramite l'esecuzione da parte della Ditta Ge.la.mo. s.n.c., in data 22 - 27 ottobre 2010, di n. 2 sondaggi geognostici (S1 e S2) a carotaggio continuo sul piano viario nel tratto interessato dai cedimenti, spinti, rispettivamente, fino a 20 m e a 12 m di profondità nel corso delle fasi progettuali dell'intervento precedente.

Nel frattempo è stata completata una nuova campagna di indagini geognostiche, descritte nel seguito, che sostanzialmente ha confermato, come prevedibile, la caratterizzazione geotecnica dei litotipi presenti in sito; grazie a tale campagna si è potuto verificare che la lunghezza dei pali di fondazione e dei tiranti di ancoraggio fossero tali da garantire il trasferimento delle sollecitazioni al substrato roccioso sano.

Le solette dei muri saranno realizzate su una doppia fila di micropali, di lunghezza paria a 9,0 m, in grado quindi di trasferire i carichi ad una profondità di circa 12-13 m, comprendendo l'altezza del muro, armati con armatura metallica tubolare di diametro 139,7 mm e spessore 8 mm.

Le strutture saranno inoltre ulteriormente stabilizzate tramite la messa in opera di tiranti costituiti da tre trefoli di diametro 0,6" e lunghezza complessiva 12 m, disposti con interasse pari a 3,0 m.

3.3.2 Esito delle indagini

Per definire l'assetto litostratigrafico locale e verificare a livello puntuale le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, sono stati eseguiti dalla Ditta CITIEMME, in data 7-13 luglio 2017, n. 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo.

Nello specifico, n. 2 sondaggi della profondità di 20 m sul ciglio della carreggiata e n. 2 sondaggi della profondità di 10 m eseguiti al piede del pendio (si veda l'All. I alla Relazione Geologica).

I fori dei quattro sondaggi sono stati equipaggiati con piezometri a tubo aperto, con relativo posizionamento dei pozzetti di protezione, per consentire la misura dell'escursione del livello piezometrico della falda.

3.3.3 Indagini geognostiche e assetto litostratigrafico

Per definire l'assetto litostratigrafico locale e verificare a livello puntuale le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, sono stati eseguiti dalla Ditta CITIEMME, in data 7-13 luglio 2017, n. 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo. Nello specifico, n. 2 sondaggi della profondità di 20 m sul ciglio della carreggiata e n. 2 sondaggi della profondità di 10 m misurati dal piede del pendio (All. I).

I fori dei quattro sondaggi sono stati equipaggiati con piezometri a tubo aperto, con relativo posizionamento dei pozzetti di protezione, per consentire la misura dell'escursione del livello piezometrico della falda.

Al piede del versante, in base ai dati del sondaggio S1 (nel sondaggio S2 non è stato rinvenuto il substrato roccioso), è possibile ricostruire il seguente assetto litostratigrafico:

- al di sotto di un sottile strato di terreno humico, frammenti e clasti litoidi di varia pezzatura in abbondante matrice limoso-sabbiosa, da moderatamente addensati ad addensati con la profondità, fino a 8 m circa di profondità;
- previa intercalazione di uno strato di spessore inferiore al metro di roccia sfatta “cappellaccio di alterazione”, passaggio a calcemicascisti lapidei molto fratturati.

Lungo il ciglio della carreggiata, corrispondente al coronamento superiore delle due nicchie di distacco, in base ai dati dei sondaggi S3 e S4, è possibile ricostruire il seguente assetto litostratigrafico:

- al di sotto dello strato di asfalto e/o di terreni di riporto (di potenza variabile da 1.0 m circa in S4 a oltre 3.0 m in S3), frammenti e clasti litoidi di varia pezzatura in abbondante matrice limoso-sabbiosa, con intercalazioni limoso-sabbiose e livelli con ciottoli e blocchi, fino a 10 m circa di profondità;
- substrato roccioso, previa intercalazione in S3 (da 10.50 a 15.40 m di profondità) di uno strato di roccia sfatta “cappellaccio di alterazione”, costituito da calcemicascisti lapidei molto fratturati.

Nel sondaggio S2, al di sotto di uno strato superficiale di terreno humico, si sono rinvenuti clasti litoidi di varia pezzatura in abbondante matrice limoso-sabbiosa, da moderatamente addensati ad addensati, con ripetute intercalazioni di sabbie e limi localmente debolmente argillosi, senza raggiungere il substrato roccioso.

Per valutare la consistenza dei terreni attraversati, sono state effettuate delle prove penetrometriche dinamiche S.P.T. (Standard Penetration Test) in foro ogni 2 m di profondità. I valori di approfondimento sono risultati superiori a 30 - 40 colpi per piede al di sotto di 4 m di profondità, molto elevati nel “cappellaccio di alterazione” e a rifiuto nel substrato roccioso.

Durante le perforazioni è stata riscontrata la presenza di acqua soltanto nei sondaggi S1 e S4, rispettivamente a 8.60 m e 9.90 m di profondità. I fori dei quattro sondaggi sono stati, comunque, equipaggiati con piezometri a tubo aperto.

Le stratigrafie dei sondaggi, con la relativa ubicazione, sono riportate nei moduli allegati in calce alla Relazione Geologica.

3.3.4 Caratteristiche geotecniche

Le rocce del substrato, rappresentate principalmente da calcemicascisti, possiedono requisiti meccanici variabili in funzione dell'abbondanza dei minerali micacei lungo i piani di discontinuità, che determina nelle facies più fissili una notevole riduzione della resistenza al taglio.

A causa della tessitura scistosa, il loro comportamento risulta anisotropo; a parità di stato degli sforzi la resistenza al taglio varia in funzione dell'angolo tra la direzione dei piani di discontinuità e quella dei carichi applicati, con valori di resistenza minima lungo piani di rottura corrispondenti a quelli di discontinuità della roccia. I requisiti geomeccanici dell'ammasso roccioso variano, inoltre, in funzione della spazatura dei giunti di scistosità e del grado di fratturazione e di alterazione.

A titolo indicativo, si ritiene plausibile considerare l'ammasso roccioso come appartenente alla Classe III di Bieniawski (1989), con un angolo di attrito di parete compreso tra 35° e 40°. I valori della coesione sono ovviamente molto più dispersi, anche se nel complesso sempre elevati, compresi tra 1.5 e 2 kg/cm².

Ai materiali sciolti degli accumuli di frana, assimilabili a frammenti e clasti litoidi di varia pezzatura in abbondante matrice limoso-sabbiosa da moderatamente addensati ad addensati, si può invece attribuire un angolo di attrito interno compreso tra 30° e 35° in funzione dell'abbondanza della frazione più grossolana, con coesione uguale a 0 nel caso di totale saturazione. Il valore della densità naturale (ρ_n) dovrebbe essere dell'ordine di 19 kN/ m³.

Trattasi di terreni non caratterizzabili nel loro insieme dal punto di vista fisico - meccanico a causa della grande eterogeneità e della struttura fortemente eterometrica, che non consentono la realizzazione delle convenzionali prove di laboratorio volte alla caratterizzazione geotecnica "di massa".

In riferimento alla capacità portante del sistema terreno - fondazioni, questi materiali presentano caratteristiche da mediocri a soddisfacenti in funzione dell'abbondanza dello scheletro. I livelli limoso-sabbiosi, ove debolmente argillosi, presentano una certa sensibilità all'acqua e sono quindi leggermente plastici e compressibili.

Di conseguenza, potranno essere utilizzati quali materiali di riempimento, a tergo delle paratie tirantate di micropali impostate nel substrato roccioso, a condizione di scartare la frazione più fine limoso-argillosa.

4 GEOMETRIA DEL MODELLO

4.1 GEOMETRIA DEL MURO

La descrizione della geometria del muro si avvale di una duplice rappresentazione, una schematica, tramite la sezione trasversale, e l'altra in forma analitica tramite le dimensioni principali degli elementi costituenti.

4.1.1 Sistema di riferimento

Nella seguente rappresentazione schematica viene rappresentata la posizione e l'orientamento del sistema di riferimento rispetto ai vertici principali della sagoma del muro.

Sistema di riferimento adottato per le coordinate:

- Ascisse X (espresse in centimetri) positive verso destra
- Ordinate Y (espresse in centimetri) positive verso l'alto

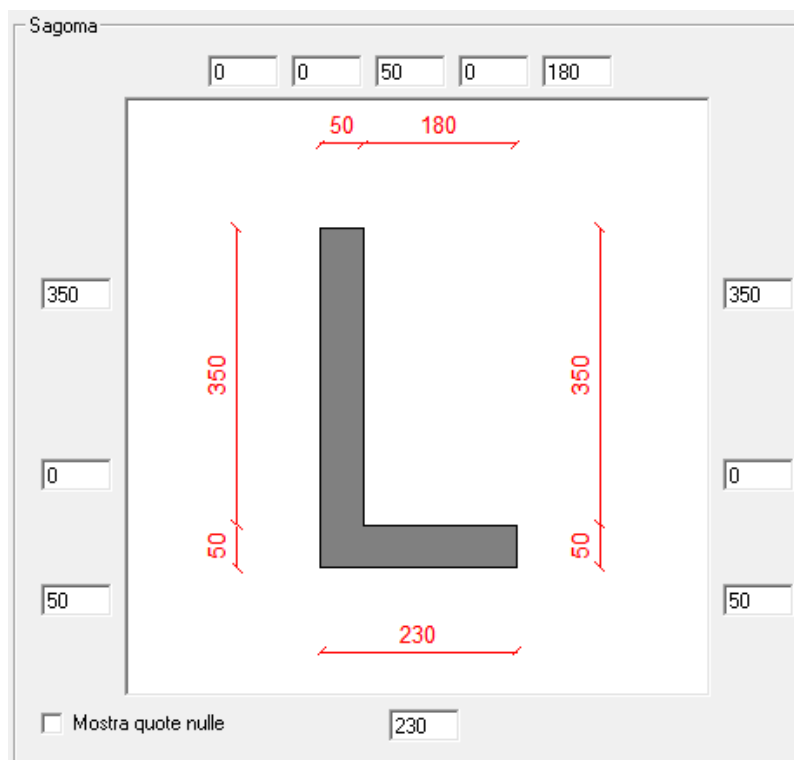
Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da sinistra verso destra

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dal basso verso l'alto

Tutti i valori in output sono riferiti ad 1 centimetro di muro.

4.1.2 Rappresentazione analitica

Il muro viene convenzionalmente suddiviso in blocchi principali ed eventuali accessori.



Ingombro globale

Larghezza totale del muro	: 230 cm
Altezza totale del muro	: 400 cm
Peso specifico del muro	: 2500 daN/m ³
Peso specifico delle falde	: 1000 daN/m ³

Paramento

Base inf.	: 50 cm
Base sup.	: 50 cm
Altezza	: 350 cm
Disassamento	: 0 cm

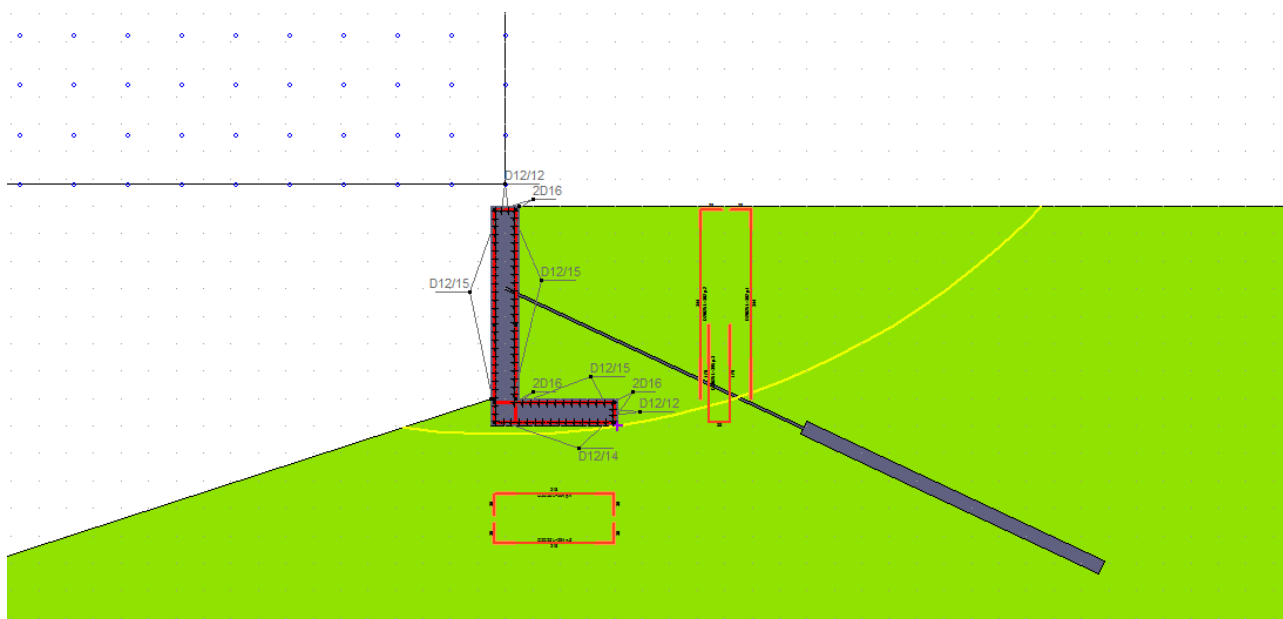
Zoccolo centrale in fondazione

Larghezza	: 50 cm
Altezza a sx	: 50 cm
Altezza a dx	: 50 cm
Sfalsamento	: 0 cm

Mensola destra in fondazione

Larghezza	: 180 cm
Alt.interna	: 50 cm
Alt.esterna	: 50 cm
Disassamento	: 0 cm

Nel modello matematico rappresentativo del muro sono predisposti la scarpa e dei tiranti.



4.1.3 Caratteristiche dei terreni

Significato dei simboli e unità di misura:

Gsat: Peso specifico saturo del terreno, utilizzato nelle zone immerse (daN/m³)

Gnat: Peso specifico naturale del terreno, utilizzato nelle zone non immerse (daN/m³)

Fi: Angolo di attrito interno del terreno (deg)

C': Coesione drenata del terreno (daN/cm²)

Cnd: Coesione non drenata del terreno (daN/cm²)

Delta: Angolo di attrito all'interfaccia terreno/paramento (deg)

AI: Adesione della coesione all'interfaccia terreno/cls (-)

OCR: Coefficiente di sovraconsolidazione del terreno (-)

Ko: Coefficiente di spinta a riposo del terreno (-)

E: Modulo elastico longitudinale del terreno (daN/cm²)

G: Modulo elastico tangenziale del terreno (daN/cm²)

Perm: Permeabilità del terreno (cm/sec)

N	Denomin.	Gsat	Gnat	Fi	C'	Cnd	Delta	AI	OCR	Ko	E	G	Perm
1	Ghiaia sabbiosa	2100	1900	36,00	0,000	0,000	0,00	0,00	1,00	0,41	700	270	1,00E+00

4.2 GEOMETRIA DEGLI STRATI

Vengono mostrate in forma tabellare le sequenze di punti che costituiscono le poligoni di separazione degli strati di terreno.

Strato n.1, materiale sottostante: Ghiaia sabbiosa

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	1	25	350
2	2	2593	350

Strato n.2, materiale sottostante: Ghiaia sabbiosa

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	4	-25	0
2	3	-2467	-794

Strato n.3, materiale sottostante: Ghiaia sabbiosa

Stratigrafia adattata al profilo del muro.

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	-	-25	-50
2	-	25	-50
3	-	205	-50

4.3 GEOMETRIA DEI CARICHI

Le coordinate e le componenti dei carichi stampate in questo paragrafo sono riferite al sistema di riferimento relativo alla sezione trasversale, dove gli assi X e Y locali coincidono rispettivamente con gli assi X e Z globali. L'asse Y globale si sviluppa nella profondità del muro. Tutte le tipologie di carico, esclusa quella puntuale, hanno componenti e coordinate diverse da zero solo lungo gli assi locali X e Y. Nel caso di carichi puntuali viene indicata anche la posizione in profondità (P), riferita rispetto alla sezione trasversale iniziale dell'intervento e quindi lungo l'asse Y globale.

4.3.1 Carichi uniformi

Comp.permanente di carico uniforme a monte : 0 daN/cm²
 Comp.variabile di carico uniforme a monte : -0.2 daN/cm²

5 METODI DI CALCOLO DELLE AZIONI E DELLE VERIFICHE NEL MODELLO

Metodo di calcolo della spinta del terreno : Mononobe-Okabe
 Metodo di calcolo della portanza del terreno : Terzaghi
 Normativa adottata per le verifiche locali : D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni

Normativa adottata per il sisma: D.M. 14/01/2008 Norme tecniche per le costruzioni NTC 2008.

Localizzazione dell'opera: Cuneo, Marmora, Arata

Vita nominale dell'opera (Tab. 2.4.I): 50 anni

Classe d'uso (Tab. 2.4.II): 2

Parametri sismici calcolati per lo stato limite : SLV

Accelerazione relativa A_g/g massima attesa al suolo: 0.1358 g

Categoria del suolo di fondazione: D

Coefficiente di amplificazione stratigrafica: 1.8

Coefficiente di amplificazione topografica: 1.4

Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per il sito (β_s): 0.24

Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima per muri (β_m): 0.24

Punto di applicazione della forza dinamica: a metà altezza del muro

Effetto della componente verticale di accelerazione sismica incluso.

5.1 DESCRIZIONE DELLA NORMATIVA SISMICA

In zona sismica per l'opera di sostegno viene condotta una analisi pseudostatica secondo quanto previsto dalla normativa vigente (NTC 2008 D.M. del 14/01/2008, paragrafo 7.11.6). Nell'analisi pseudostatica, l'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, pari al prodotto delle forze di gravità moltiplicate per un coefficiente sismico. I coefficienti sismici orizzontali e verticali, applicati a tutte le masse potenzialmente instabili, sono calcolati rispettivamente come:

$$k_h = \beta_m (a_{\max}/g)$$

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

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

Dove: β_m è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{\max}$ è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g è l'accelerazione di gravità;

S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, in funzione dei terreni del sito;

S_T è il coefficiente di amplificazione topografica, in funzione della forma del pendio;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di β_m sono riportati nella normativa in Tab. 7.11.II, in funzione della categoria di sottosuolo e della accelerazione orizzontale massima a_g .

Il coefficiente S_s di amplificazione stratigrafica è funzione dei terreni del sito ed ha valore unitario sul terreno di riferimento; i valori minimi e massimi di S_s sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.V.

Il coefficiente S_T di amplificazione topografica è maggiore di 1 per strutture su pendii con inclinazione maggiore di 15° e dislivello superiore a 30m, mentre è unitario negli altri casi; i valori massimi di S_T sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.VI, in funzione della categoria topografica della superficie.

I coefficienti sismici sopra definiti sono considerati costanti lungo l'altezza del muro.

L'incremento di spinta dovuto al sisma può venire assunto agente nello stesso punto di quella statica, nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, oppure a metà altezza dell'opera, negli altri casi.

La spinta totale di progetto E_d agente sull'opera di sostegno è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (1 + k_v) \cdot K \cdot h^2 + E_{ws}$$

dove: γ è il peso specifico del terreno;
 K è il coefficiente di spinta del terreno;
 h è l'altezza del muro;
 E_{ws} è la spinta idrostatica;

Il coefficiente di spinta del terreno viene calcolato come nel caso statico ma con le seguenti modifiche*:

- nel caso di terreno sotto falda, applicando una rotazione al profilo del muro e degli strati di terreno, secondo le espressioni:

$$\tan \vartheta_A = \frac{\gamma}{\gamma - \gamma_w} \cdot \frac{k_h}{1 + k_v} \quad e \quad \tan \vartheta_B = \frac{\gamma}{\gamma - \gamma_w} \cdot \frac{k_h}{1 - k_v}$$

dove: γ è il peso specifico del terreno saturo;
 γ_w è il peso specifico dell'acqua;

- nel caso di terreno sopra falda, applicando una rotazione al profilo del muro e degli strati di terreno, secondo le espressioni

$$\tan \vartheta_A = \frac{k_h}{1 + k_v} \quad e \quad \tan \vartheta_B = \frac{k_h}{1 - k_v}$$

*eccetto il metodo di Mononobe-Okabe, che include il sisma in modo nativo nella formulazione.

L'acqua interstiziale viene considerata non libera all'interno dello scheletro solido del terreno, trattando quindi quest'ultimo come un mezzo monofase. In presenza di acqua libera sulla faccia del muro viene aggiunta la sovrappressione (considerata agente nel caso peggiore, cioè da monte verso valle) dovuta all'effetto idrodinamico, secondo la relazione:

$$q(z) = \frac{7}{8} \cdot k_h \cdot \gamma_w \cdot \sqrt{h \cdot z}$$

dove: h è l'altezza totale della zona interessata dall'acqua libera;
 z è la distanza dal pelo libero dell'acqua;

5.2 STABILITÀ GLOBALE

In presenza di sisma viene condotta una analisi pseudo-statica secondo NTC 2008, paragrafo 7.11.3.5, secondo cui l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, proporzionale al peso del volume di terreno instabile ed ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s (a_{max}/g)$$

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

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

Dove: β_m è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
 $a_{\max}$ è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
 g è l'accelerazione di gravità;
 S_S è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, in funzione dei terreni del sito;
 S_T è il coefficiente di amplificazione topografica, in funzione della forma del pendio;
 a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di β_s sono riportati nella normativa in Tab. 7.11.I, in funzione della categoria di sottosuolo e della accelerazione orizzontale massima a_g .

Il coefficiente S_S di amplificazione stratigrafica è funzione dei terreni del sito ed ha valore unitario sul terreno di riferimento; i valori minimi e massimi di S_S sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.V.

Il coefficiente S_T di amplificazione topografica è maggiore di 1 per strutture su pendii con inclinazione maggiore di 15° e dislivello superiore a 30m, mentre è unitario negli altri casi; i valori massimi di S_T sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.VI, in funzione della categoria topografica della superficie.

Il calcolo viene condotto nelle combinazioni stabilite dall'utente, con i coefficienti parziali sulle azioni, sui materiali e resistenze indicati; di default vengono create combinazioni per il caso statico e sismico.

Il margine di sicurezza alla stabilità del pendio ottenuto deve essere valutato e motivato dal progettista.

5.3 DESCRIZIONE DEL METODO DI CALCOLO DELLE SPINTE

La teoria di Mononobe-Okabe fa uso del metodo dell'equilibrio limite e può essere considerata una estensione del metodo di Coulomb, in cui alle usuali spinte al contorno del cuneo instabile di terreno vengono sommate anche le azioni inerziali orizzontali e verticali dovute all'accelerazione delle masse.

Le ipotesi che stanno alla base del metodo sono quindi:

- Terreno isotropo, omogeneo e dotato di attrito e/o coesione.
- Terreno che, a causa degli spostamenti del muro, si trova in uno stato di equilibrio plastico.
- Superficie di rottura piana.
- Superficie superiore del cuneo anche inclinata ma di forma piana.
- La resistenza per attrito e per coesione si sviluppa uniformemente lungo la superficie di rottura.
- Può esistere attrito tra paramento del muro e terreno, che si sviluppa al primo spostamento.
- Il paramento del muro può essere inclinato ma non spezzato in più parti.
- L'effetto delle accelerazioni k_h e k_v viene considerato nel baricentro del cuneo instabile.

Le spinte Attiva e Passiva si calcolano come:

$$P_{a/p} = \frac{1}{2} \gamma \cdot h^2 \cdot (1 - k_v) \cdot K_{a/p}$$

il coefficiente $K_{a/p}$ viene calcolato utilizzando la formulazione di Mononobe-Okabe proposta nell'ordinanza 3274 e successiva correzione 3316, in cui i simboli usati sono:

ϕ = angolo di attrito interno del terreno.

Ψ = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete interessata del muro.

β = angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno.

δ = angolo di attrito terreno-muro.

ϑ = angolo di rotazione addizionale definito come segue:

$$\tan(\vartheta) = \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Il coefficiente per stati di spinta attiva si divide in due casi:

$$\beta \leq \phi - \theta: \quad K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta) \cdot \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

$$\beta > \phi - \theta: \quad K_a = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta)}$$

Il coefficiente per stati di spinta passiva è invece:

$$K_p = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi + \theta) \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi) \cdot \sin(\phi + \beta - \theta)}{\sin(\psi + \beta) \cdot \sin(\psi + \theta)}} \right]^2}$$

Nel caso di accelerazione sismica solo orizzontale l'angolo ϑ è unico e la spinta attiva e passiva risulta univocamente determinata; viceversa le formule forniscono due distinti valori, che corrispondono alla presenza di accelerazione sismica verticale verso l'alto e verso il basso.

5.4 DESCRIZIONE DEL METODO DI CALCOLO DELLA PORTANZA

La capacità portante viene valutata attraverso la formula di Terzaghi per la quale risulta

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c + q \cdot N_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

dove:

Υ = peso di volume dello strato di fondazione;

B = larghezza efficace della fondazione (depurata dell'eventuale eccentricità del carico $B = B_f - 2e$);

c = coesione dello strato di fondazione;

q = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;

N_c, N_q, N_γ = fattori di capacità portante;

s_c, s_γ = fattori di forma della fondazione;

Per la teoria di Terzaghi i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg} \phi ; N_q = \frac{e^{2(0.75\pi - \phi/2)\operatorname{tg} \phi}}{2 \cdot \cos^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)} ; N_\gamma = \frac{\operatorname{tg} \phi}{2} \cdot \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right)$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

ϕ = angolo di attrito dello strato di fondazione;

$K_{p\gamma}$ è un valore empirico che Terzaghi non ha mai definito in modo chiaro. Nel calcolo viene impiegato un valore interpolato linearmente dalla seguente tabella ($\phi / K_{p\gamma}$), ricavata da Bowles interpretando i fattori di capacità portante di Terzaghi a ritroso: 0°/10.8; 5°/12.2; 10°/14.7; 15°/18.6; 20°/25; 25°/35; 30°/52; 35°/82; 40°/141; 45°/298; 50°/800;

I fattori di forma s_c ed s_γ valgono 1 per la fondazione nastriforme.

* La formula di Terzaghi non considera gli effetti dell'inclinazione del carico, del piano di posa e del piano campagna.

6 DISTRIBUZIONI DI SPINTE E PRESSIONI

6.1.1 Coefficienti di spinta

Coefficienti di spinta sul paramento a monte							
Strato	Tratto di calcolo				Combinazione		Coefficiente
N.	Xini	Xfin	Yini	Yfin	Index	Nome	K_a
1	25	25	350	0	1	EQU-1	0.33
1	25	25	350	0	2	EQU-2	0.56
1	25	25	350	0	3	STR-1	0.26
1	25	25	350	0	4	STR-2	0.26
1	25	25	350	0	5	STR-3	0.26
1	25	25	350	0	6	STR-4	0.26
1	25	25	350	0	7	GEO-1	0.33
1	25	25	350	0	8	GEO-2	0.33
1	25	25	350	0	9	SIS-1	0.3
1	25	25	350	0	10	SIS-2	0.31
1	25	25	350	0	11	SIS-3	0.38
1	25	25	350	0	12	SIS-4	0.38
1	25	25	350	0	13	SLE-1	0.26
1	25	25	350	0	14	SLE-2	0.26

Coefficienti di spinta sul paramento a valle							
Strato	Tratto di calcolo				Combinazione		Coefficiente
N.	Xini	Xfin	Yini	Yfin	Index	Nome	K_p
1	25	25	0	-50	1	EQU-1	1.68
1	0	0	0	0	2	EQU-2	0
1	25	25	0	-50	3	STR-1	2.07
1	25	25	0	-50	4	STR-2	2.07

1	25	25	0	-50	5	STR-3	2.07
1	25	25	0	-50	6	STR-4	2.07
1	25	25	0	-50	7	GEO-1	1.68
1	25	25	0	-50	8	GEO-2	1.68
1	25	25	0	-50	9	SIS-1	1.91
1	25	25	0	-50	10	SIS-2	1.89
1	25	25	0	-50	11	SIS-3	1.52
1	25	25	0	-50	12	SIS-4	1.5
1	25	25	0	-50	13	SLE-1	2.07
1	25	25	0	-50	14	SLE-2	2.07

Coefficienti di spinta sul filo mensola a monte							
Strato	Tratto di calcolo				Combinazione		Coefficiente
N.	Xini	Xfin	Yini	Yfin	Index	Nome	K _a
1	205	205	350	-50	1	EQU-1	0.33
1	205	205	350	-50	2	EQU-2	0.56
1	205	205	350	-50	3	STR-1	0.26
1	205	205	350	-50	4	STR-2	0.26
1	205	205	350	-50	5	STR-3	0.26
1	205	205	350	-50	6	STR-4	0.26
1	205	205	350	-50	7	GEO-1	0.33
1	205	205	350	-50	8	GEO-2	0.33
1	205	205	350	-50	9	SIS-1	0.3
1	205	205	350	-50	10	SIS-2	0.31
1	205	205	350	-50	11	SIS-3	0.38
1	205	205	350	-50	12	SIS-4	0.38
1	205	205	350	-50	13	SLE-1	0.26
1	205	205	350	-50	14	SLE-2	0.26

Coefficienti di spinta sul filo mensola a valle							
Strato	Tratto di calcolo				Combinazione		Coefficiente
N.	Xini	Xfin	Yini	Yfin	Index	Nome	K _p
1	25	25	0	-50	1	EQU-1	1.68
1	0	0	0	0	2	EQU-2	0
1	25	25	0	-50	3	STR-1	2.07
1	25	25	0	-50	4	STR-2	2.07
1	25	25	0	-50	5	STR-3	2.07
1	25	25	0	-50	6	STR-4	2.07
1	25	25	0	-50	7	GEO-1	1.68
1	25	25	0	-50	8	GEO-2	1.68
1	25	25	0	-50	9	SIS-1	1.91
1	25	25	0	-50	10	SIS-2	1.89
1	25	25	0	-50	11	SIS-3	1.52
1	25	25	0	-50	12	SIS-4	1.5
1	25	25	0	-50	13	SLE-1	2.07
1	25	25	0	-50	14	SLE-2	2.07

6.2 PRESSIONI

Le distribuzioni delle pressioni esercitate dai terreni circostanti il muro sono date attraverso un insieme di segmenti generalmente coincidenti i profili laterali dell'intervento murario. Ogni segmento presenta una distribuzione lineare di pressione che può variare vettorialmente da un valore (VX_1 , VY_1) sino ad un valore (VX_2 , VY_2). Le distribuzioni di pressione sono fornite per causa originante (pressione del terreno o pressione dell'acqua) e sommate globalmente.

6.2.1 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-1

N	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X_1	Y_1	X_2	Y_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2
1	25	350	25	0	-0.1	0	-0.3	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.3	0

6.2.2 Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-2

N	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X_1	Y_1	X_2	Y_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2
1	25	350	25	0	-0.15	0	-0.37	0	0	0	0	0	-0.15	0	-0.37	0

6.2.3 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-1

N	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X_1	Y_1	X_2	Y_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2
1	25	350	25	0	0	0	-0.17	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.25	0

6.2.4 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-2

N	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X_1	Y_1	X_2	Y_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2
1	25	350	25	0	-0.08	0	-0.25	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.25	0

6.2.5 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-3

N	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X_1	Y_1	X_2	Y_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2
1	25	350	25	0	0	0	-0.22	0	0	0	0	0	0	0	-0.22	0

6.2.6 Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-4

N	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X_1	Y_1	X_2	Y_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2	VX_1	Vy_1	VX_2	Vy_2
1	25	350	25	0	-0.08	0	-0.3	0	0	0	0	0	-0.08	0	-0.3	0

6.2.7 Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-1

N	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	25	350	25	0	0	0	-0.22	0	0	0	0	0	0	0	-0.22	0

6.2.8 Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-2

N	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	25	350	25	0	-0.09	0	-0.31	0	0	0	0	0	-0.09	0	-0.31	0

6.2.9 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-1

N	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	25	350	25	0	-0.04	0	-0.21	0	0	0	0	0	-0.04	0	-0.21	0

6.2.10 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	25	350	25	0	-0.03	0	-0.2	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.2	0

6.2.11 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-3

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	25	350	25	0	-0.05	0	-0.27	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.27	0

6.2.12 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-4

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	25	350	25	0	-0.03	0	-0.25	0	0	0	0	0	-0.03	0	-0.25	0

6.2.13 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	25	350	25	0	0	0	-0.17	0	0	0	0	0	0	0	-0.17	0

6.2.14 Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}

1	25	350	25	0	-0.02	0	-0.19	0	0	0	0	0	-0.02	0	-0.19	0
---	----	-----	----	---	-------	---	-------	---	---	---	---	---	-------	---	-------	---

6.2.15 Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	-25	350	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-25	0	-25	-50	0	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0.14	0

6.2.16 Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	-25	350	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-25	0	-25	-50	-0.08	0	0.08	0	0	0	0	0	-0.08	0	0.08	0

6.2.17 Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	-25	350	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-25	0	-25	-50	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0

6.2.18 Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	-25	350	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-25	0	-25	-50	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0

6.2.19 Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-3

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	-25	350	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-25	0	-25	-50	0	0	0.26	0	0	0	0	0	0	0	0.26	0

6.2.20 Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-4

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	-25	350	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-25	0	-25	-50	0	0	0.26	0	0	0	0	0	0	0	0.26	0

6.2.21 Pressioni sul paramento a valle in combinazione GEO-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	-25	350	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-25	0	-25	-50	0	0	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0.16	0

6.2.22 Pressioni sul paramento a valle in combinazione GEO-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	-25	350	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-25	0	-25	-50	0	0	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0.16	0

6.2.23 Pressioni sul paramento a valle in combinazione SIS-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	-25	350	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-25	0	-25	-50	0	0	0.19	0	0	0	0	0	0	0	0.19	0

6.2.24 Pressioni sul paramento a valle in combinazione SIS-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	-25	350	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-25	0	-25	-50	-0.01	0	0.18	0	0	0	0	0	-0.01	0	0.18	0

6.2.25 Pressioni sul paramento a valle in combinazione SIS-3

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	-25	350	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-25	0	-25	-50	0	0	0.15	0	0	0	0	0	0	0	0.15	0

6.2.26 Pressioni sul paramento a valle in combinazione SIS-4

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	-25	350	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-25	0	-25	-50	-0.01	0	0.15	0	0	0	0	0	-0.01	0	0.15	0

6.2.27 Pressioni sul paramento a valle in combinazione SLE-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	-25	350	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-25	0	-25	-50	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0

6.2.28 Pressioni sul paramento a valle in combinazione SLE-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	VX ₁	Vy ₁	VX ₂	Vy ₂	VX ₁	Vy ₁	VX ₂	Vy ₂	VX ₁	Vy ₁	VX ₂	Vy ₂
1	-25	350	-25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-25	0	-25	-50	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0

7 RISULTANTE DELLE AZIONI AGENTI SUL MURO

Vengono riportate le combinazioni di calcolo ed il riepilogo delle azioni risultanti agenti sul muro per le verifiche geotecniche.

7.1 COMBINAZIONI DI CALCOLO

La seguente tabella mostra i coefficienti moltiplicatori delle azioni utilizzati nelle combinazioni ed i relativi gruppi di coefficienti di sicurezza parziale, definiti nella normativa.

Per i gruppi An l'indice n fa riferimento alle tabelle delle azioni, dove A1, A2 e A3 indicano rispettivamente il gruppo STR, il gruppo GEO ed il gruppo EQU della tabella 6.2.I (paragrafo 6.2.3.1.1), A4 indica il gruppo UPL (Sollevamento) della tabella 6.2.III (paragrafo 6.2.3.2), A5 indica il gruppo HYD (Sifonamento) della tabella 6.2.IV (paragrafo 6.2.3.3).

Per il gruppo Mn l'indice n fa riferimento alla tabella 6.2.II (par.6.2.3.1.2).

Per il gruppo Rn l'indice n fa riferimento alle tabelle 6.4.I (par.6.4.2.1) e 6.4.II (par.6.4.3.1).

Con l'indice stampato n uguale a 0 (A0, M0 e R0), si intendono le situazioni in cui non sono definiti dei gruppi specifici da parte della normativa (cfr. par.7.11.1) ed i coefficienti moltiplicatori sono da intendersi implicitamente unitari.

Famiglia	A	M	R	Indice	Nome	Perm.	Variabili	Sisma H	Sisma V
EQU	A3	M2	R0	1	EQU-1	0.9	1.5	0	0
EQU	A0	M2	R0	2	EQU-2	1	0.3	1	1
STR	A1	M1	R1	1	STR-1	1	0	0	0
STR	A1	M1	R1	2	STR-2	1	1.5	0	0
STR	A1	M1	R1	3	STR-3	1.3	0	0	0
STR	A1	M1	R1	4	STR-4	1.3	1.5	0	0
GEO	A2	M2	R2	1	GEO-1	1	0	0	0
GEO	A2	M2	R2	2	GEO-2	1	1.3	0	0
SIS	A0	M1	R1	1	SIS-1	1	0.3	1	1
SIS	A0	M1	R1	2	SIS-2	1	0.3	1	-1
SIS	A0	M2	R2	3	SIS-3	1	0.3	1	1
SIS	A0	M2	R2	4	SIS-4	1	0.3	1	-1
SLE	A0	M0	R0	1	SLE-1	1	0	0	0
SLE	A0	M0	R0	2	SLE-2	1	0.3	0	0

7.1.1 Combinazione di carico EQU-1

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	36	96	0	-65.25
Peso proprio del terreno/acqua a monte	115	175	0	-107.73
Spinta del terreno a monte	0	114	-85.03	0
Spinta del terreno a valle	0	-33	3.6	0
Carichi su terreno a monte	115	0	0	-54

7.1.2 8.1.2 Combinazione di carico EQU-2

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	36	96	0	-72.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	115	175	0	-119.7
Spinta del terreno a monte	0	121	-114.95	0
Spinta del terreno a valle	0	0	0	0
Carichi su terreno a monte	115	0	0	-10.8
Forza di inerzia dovuta al muro	36	96	-24.81	-12.41
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	115	175	-40.96	-20.48

7.1.3 Combinazione di carico STR-1

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	36	96	0	-72.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	115	175	0	-119.7
Spinta del terreno a monte	0	83	-39.46	0
Spinta del terreno a valle	0	-33	4.9	0

7.1.4 Combinazione di carico STR-2

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	36	96	0	-72.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	115	175	0	-119.7
Spinta del terreno a monte	0	113	-70.62	0
Spinta del terreno a valle	0	-33	4.9	0
Carichi su terreno a monte	115	0	0	-54

7.1.5 Combinazione di carico STR-3

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	36	96	0	-94.25
Peso proprio del terreno/acqua a monte	115	175	0	-155.61
Spinta del terreno a monte	0	83	-51.3	0
Spinta del terreno a valle	0	-33	6.38	0

7.1.6 Combinazione di carico STR-4

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	36	96	0	-94.25
Peso proprio del terreno/acqua a monte	115	175	0	-155.61
Spinta del terreno a monte	0	109	-82.45	0
Spinta del terreno a valle	0	-33	6.38	0
Carichi su terreno a monte	115	0	0	-54

7.1.7 Combinazione di carico GEO-1

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	36	96	0	-72.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	115	175	0	-119.7
Spinta del terreno a monte	0	83	-50.33	0
Spinta del terreno a valle	0	-33	4	0

7.1.8 Combinazione di carico GEO-2

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	36	96	0	-72.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	115	175	0	-119.7
Spinta del terreno a monte	0	110	-84.76	0
Spinta del terreno a valle	0	-33	4	0
Carichi su terreno a monte	115	0	0	-46.8

7.1.9 Combinazione di carico SIS-1

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	36	96	0	-72.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	115	175	0	-119.7
Spinta del terreno a monte	0	103	-55.45	0
Spinta del terreno a valle	0	-34	4.71	0
Carichi su terreno a monte	115	0	0	-10.8
Forza di inerzia dovuta al muro	36	96	-5.95	-2.98
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	115	175	-9.83	-4.92

7.1.10 Combinazione di carico SIS-2

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	36	96	0	-72.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	115	175	0	-119.7
Spinta del terreno a monte	0	99	-51.74	0
Spinta del terreno a valle	0	-34	4.31	0
Carichi su terreno a monte	115	0	0	-10.8
Forza di inerzia dovuta al muro	36	96	-5.95	2.98
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	115	175	-9.83	4.92

7.1.11 Combinazione di carico SIS-3

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	36	96	0	-72.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	115	175	0	-119.7
Spinta del terreno a monte	0	102	-69.59	0
Spinta del terreno a valle	0	-34	3.75	0
Carichi su terreno a monte	115	0	0	-10.8
Forza di inerzia dovuta al muro	36	96	-5.95	-2.98
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	115	175	-9.83	-4.92

7.1.12 Combinazione di carico SIS-4

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	36	96	0	-72.5
Peso proprio del terreno/acqua a monte	115	175	0	-119.7
Spinta del terreno a monte	0	98	-64.86	0
Spinta del terreno a valle	0	-35	3.42	0
Carichi su terreno a monte	115	0	0	-10.8
Forza di inerzia dovuta al muro	36	96	-5.95	2.98
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	115	175	-9.83	4.92

8 VERIFICHE DI STABILITÀ LOCALE

Non è stato calcolato alcun coefficiente di sicurezza, poichè non si possono effettuare in in maniera standard le verifiche a traslazione, rotazione e carico limite per la presenza di vincoli esterni.

8.1 TENSIONI TRASMESSE SUL TERRENO

Moltiplicatore spinta passiva per equilibrio	: 0
Pressione limite sul terreno per abbassamento	: 3 daN/cm ²
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione:	68.3 cm (comb. SIS-4)
Momento rispetto al baricentro della fondazione	: 14357 daN cm (comb. SIS-3)
Larghezza reagente minima in fondazione	: 140 cm (comb. SIS-4)
Tensione max sul terreno allo spigolo di valle	: 3 daN/cm ² (comb. SIS-3)
Tensione max sul terreno allo spigolo di monte	: 0.17 daN/cm ² (comb. STR-3)

9 VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE DELL'OPERA SUL PENDIO

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore:	GEO-1
Metodo di analisi di stabilità del pendio	: Bishop
Passo dei conci	: 50 cm
Coefficiente di stabilità globale pendio	: 1.18
Coefficiente limite suggerito dalla normativa	: 1.1
X centro della superficie critica	: 0 cm
Y centro della superficie critica	: 1293 cm
Raggio della superficie critica	: 1359 cm

Forza di bilancio	: -68.56 daN/cm
Volume spostato dalla superficie critica	: 29.62 m ³ /m
Peso spostato dalla superficie critica	: 58017 daN/m

10 PARAMETRI PER DIMENSIONAMENTO ARMATURA

Metodo di calcolo: D.M. 14-01-2008 Norme Tecniche per le Costruzioni

R _{ck} (resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo)	: 300 daN/cm ²
Modulo elastico longitudinale E _c	: 314472 daN/cm ²
Rapporto E _a /E _c per calcolo tensioni in esercizio	: 15
Rapporto E _a /E _c per calcolo ampiezza fessure	: 7
F _{yk} (tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio)	: 4500 daN/cm ²
Fattore parziale di sicurezza dell'acciaio	: 1.15
Fattore parziale di sicurezza del calcestruzzo	: 1.5
Coefficiente Beta ₂ per calcolo ampiezza fessure	: 0.5
Riduzione della tau di aderenza per cattiva aderenza	: 0.7
f _{ct,eff} /f _{ct,m} per calcolo ampiezza fessure	: 0.83
Limite sigma _c /f _{ck}	: 0.45
Limite sigma _a /f _{yk}	: 0.8
Ampiezza limite delle fessure	: 0.3 mm
Coefficiente Beta per punzonamento pali sul bordo	: 1.4
Coefficiente Beta per punzonamento pali interni	: 1.15

11 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE STRUTTURALI

Tutte le verifiche sono riferite su sezioni di profondità nominale di un metro.

Significato dei simboli:

X: ascissa del baricentro della sezione
 Y: ordinata del baricentro della sezione
 H: altezza della sezione
 A_s: area efficace dello strato superiore per metro
 C_s: copriferro medio dello strato superiore
 A_i: area efficace dello strato inferiore per metro
 C_i: copriferro medio dello strato inferiore
 v_{ml}: soddisfacimento delle percentuali minime di armatura
 c_{res}: combinazione di carico critica per la verifica di resistenza in pressoflessione retta
 M_d: momento di calcolo
 N_d: sforzo normale di calcolo
 M_u: momento ultimo
 N_u: sforzo normale ultimo
 c.s.: coefficiente di sicurezza
 v_{res}: soddisfacimento della resistenza alla pressoflessione retta
 X: ascissa del baricentro della sezione
 Y: ordinata del baricentro della sezione
 H: altezza della sezione

ces: combinazione di carico critica delle tensioni in esercizio in pressoflessione retta

Me: momento in esercizio

Ne: sforzo normale in esercizio

σ_f : trazione massima sull'armatura

σ_c : compressione massima sul calcestruzzo

ves: soddisfacimento tensioni ammissibili a pressoflessione retta

cf: combinazione di carico critica per la verifica di fessurazione

Mf: momento di calcolo per la verifica di fessurazione

Nf: sforzo normale di calcolo per la verifica di fessurazione

Srm: interasse delle fessure

Wk: ampiezza caratteristica delle fessure

vf: soddisfacimento verifica fessurazione

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

ct: combinazione di carico critica per la verifica a taglio

VSd: taglio di calcolo

VRdc: taglio resistente in assenza di armatura a taglio

VRdmax: taglio resistente massimo dell'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse

VRds: taglio resistente in presenza di armatura a taglio

vt: soddisfacimento verifica taglio

Paramento (sezioni longitudinali attraversate da barre trasversali)

X	Y	H	A _s	C _s	A _i	C _i	V _{ml}	C _{res}	M _d	N _d	M _{li}	N _{li}	C.S.	V _{res}
cm	cm	cm	cm ²	cm	cm ²	cm			daN cm	daN		daN cm		
0	0	50	12.6	6	12.6	6	ok	STR-3	-872632	-9927	-2700887	-30725	3.1	ok
0	20	50	12.6	6	12.6	6	ok	STR-3	-810596	-9988	-2767169	-34098	3.41	ok
0	40	50	19.5	6	19.5	6	ok	STR-3	-748528	-10050	-4215977	-56602	5.63	ok
0	60	50	22.9	6	22.9	6	ok	STR-3	-670780	-9705	-5018868	-72616	7.48	ok
0	80	50	22	6	22	6	ok	STR-3	-553439	-8272	-4893394	-73140	8.84	ok
0	100	50	12.6	6	12.6	6	ok	STR-3	-485150	-8034	-3096577	-51281	6.38	ok
0	120	50	12.6	6	12.6	6	ok	STR-3	-370479	-6161	-3102439	-51592	8.37	ok
0	140	50	12.6	6	12.6	6	ok	STR-3	-287343	-6063	-3526815	-74421	12.3	ok
0	160	50	12.6	6	12.6	6	ok	STR-3	-210074	-4696	-3662961	-81888	17.4	ok
0	180	50	12.6	6	12.6	6	ok	GEO-2	245392	-9129	5500607	-204641	22.4	ok
0	200	50	12.6	6	12.6	6	ok	GEO-2	430159	-3113	2439698	-17656	5.67	ok
0	220	50	12.6	6	12.6	6	ok	GEO-2	315822	-2832	2543447	-22809	8.05	ok
0	240	50	12.6	6	12.6	6	ok	SIS-3	108832	2182	1459671	29265	13.4	ok
0	260	50	12.6	6	12.6	6	ok	GEO-2	122256	692	1857915	10521	15.2	ok
0	280	50	12.6	6	12.6	6	ok	SIS-2	70152	590	1766713	14847	25.2	ok
0	300	50	12.6	6	12.6	6	ok	SIS-3	53620	-1162	3586911	-77709	66.9	ok
0	320	50	10.7	6	10.7	6	ok	SIS-3	31905	-557	2760816	-48241	86.5	ok

X	Y	H	C _{es}	M _e	N _e	σ_f	σ_c	V _{es}	C _f	M _f	N _f	S _{rm}	W _k	v _f
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm ²	daN/cm ²			daN cm	daN	cm	mm	
0	0	50	SLE-1	-779294	-8675	1210	-33	ok	SLE-1	-779294	-8675	-	-	ok
0	20	50	SLE-1	-722698	-8735	1096	-30	ok	SLE-1	-722698	-8735	-	-	ok
0	40	50	SLE-1	-666075	-8796	652	-23	ok	SLE-1	-666075	-8796	-	-	ok
0	60	50	SLE-1	-594750	-8641	485	-19	ok	SLE-1	-594750	-8641	-	-	ok
0	80	50	SLE-1	-508691	-8722	404	-17	ok	SLE-1	-508691	-8722	-	-	ok
0	100	50	SLE-1	-426094	-7070	576	-18	ok	SLE-1	-426095	-7070	-	-	ok
0	120	50	SLE-1	-323297	-5285	440	-14	ok	SLE-1	-337895	-6965	-	-	ok
0	140	50	SLE-1	-246888	-5188	295	-10	ok	SLE-1	-254464	-6942	-	-	ok
0	160	50	SLE-1	-176325	-4016	200	-7	ok	SLE-1	-176325	-4016	-	-	ok
0	180	50	SLE-2	205031	-9122	103	-8	ok	SLE-2	205031	-9122	-	-	ok

0	200	50	SLE-2	403740	-3088	680	-17	ok	SLE-2	403740	-3088	-	-	ok
0	220	50	SLE-2	294571	-2815	475	-12	ok	SLE-2	294571	-2815	-	-	ok
0	240	50	SLE-2	101416	2181	289	-4	ok	SLE-2	185473	-2430	-	-	ok
0	260	50	SLE-2	110706	718	248	-4	ok	SLE-2	110706	718	-	-	ok
0	280	50	SLE-2	67118	-598	110	-3	ok	SLE-2	75790	-1554	-	-	ok
0	300	50	SLE-2	47909	-1115	53	-2	ok	SLE-2	47909	-1115	-	-	ok
0	320	50	SLE-2	28479	-535	42	-1	ok	SLE-2	28479	-535	-	-	ok

X	Y	H	C _t	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	v _t
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
0	0	50	SIS-3	-3694	18189	-	-	ok
0	20	50	SIS-3	-3694	18196	-	-	ok
0	40	50	SIS-3	-3694	20875	-	-	ok
0	60	50	STR-3	-5214	22050	-	-	ok
0	80	50	STR-3	-5214	21780	-	-	ok
0	100	50	STR-3	-6202	18323	-	-	ok
0	120	50	STR-3	-7354	18278	-	-	ok
0	140	50	STR-3	-7354	18294	-	-	ok
0	160	50	STR-3	-10725	18281	-	-	ok
0	180	50	STR-3	-10725	18299	-	-	ok
0	200	50	STR-3	-4693	17873	-	-	ok
0	220	50	STR-3	7259	17417	-	-	ok
0	240	50	STR-3	7259	17366	-	-	ok
0	260	50	GEO-2	2564	16999	-	-	ok
0	280	50	GEO-2	2564	17079	-	-	ok
0	300	50	GEO-2	1581	17080	-	-	ok
0	320	50	SIS-3	773	16704	-	-	ok

Paramento (sezioni trasversali attraversate da barre longitudinali)

X	Y	H	A _s	C _s	A _l	C _l	v _{ml}	C _{res}	M _d	N _d	M _u	N _u	C.S.	V _{res}
cm	cm	cm	cm ²	cm	cm ²	cm			daN cm	daN		daN cm		
0	0	50	6.5	8.7	9.9	9.3	ok	SIS-3	-81591	520	-1048950	6681	12.9	ok
0	20	50	7.7	7.7	7.9	7.6	ok	SIS-3	-80916	469	-1151365	6671	14.2	ok
0	40	50	8.8	7.6	6.8	7.6	ok	SIS-3	-85647	277	-1362768	4410	15.9	ok
0	60	50	7.9	7.6	7.9	7.6	ok	SIS-3	-91419	172	-1281159	2412	14	ok
0	80	50	7.9	7.6	7.9	7.6	ok	SIS-3	-98206	-117	-1366455	-1634	13.9	ok
0	100	50	7.9	7.6	6.8	7.6	ok	SIS-3	-119037	-242	-1384625	-2817	11.6	ok
0	120	50	7.9	7.6	7.9	7.6	ok	SIS-3	171068	-1621	1659335	-15726	9.7	ok
0	140	50	7.9	7.6	7.9	7.6	ok	SIS-3	203058	-1903	1654863	-15508	8.15	ok
0	160	50	6.8	7.6	7.9	7.6	ok	SIS-3	245505	-1750	1558855	-11110	6.35	ok
0	180	50	7.9	7.6	7.9	7.6	ok	SIS-3	281217	-1581	1509751	-8487	5.37	ok
0	200	50	7.9	7.6	6.8	7.6	ok	SIS-4	286839	494	1120563	1929	3.91	ok
0	220	50	7.9	7.6	7.9	7.6	ok	SIS-3	317345	-917	1418126	-4097	4.47	ok
0	240	50	7.9	7.6	7.9	7.6	ok	SIS-3	296536	-1203	1455934	-5905	4.91	ok
0	260	50	7.9	7.6	6.8	7.6	ok	SIS-3	276240	-1281	1287632	-5973	4.66	ok
0	280	50	7.9	7.6	7.9	7.6	ok	SIS-3	257575	-1312	1491196	-7596	5.79	ok
0	300	50	9.9	9	9.9	9	ok	SIS-3	284999	-1592	1848502	-10327	6.49	ok
0	320	50	7.7	9.4	7.7	9.4	ok	SIS-3	205766	-1408	1519756	-10402	7.39	ok

X	Y	H	C _{es}	M _e	N _e	σ _f	σ _c	V _{es}	C _t	M _f	N _f	S _{rm}	W _k	v _f
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm ²	daN/cm ²			daN cm	daN	cm	mm	
0	0	50	SLE-1	-80929	-426	287	-5	ok	SLE-1	-80929	-426	-	-	ok
0	20	50	SLE-1	-80735	-455	241	-5	ok	SLE-1	-80735	-455	-	-	ok
0	40	50	SLE-1	-86124	-584	227	-5	ok	SLE-1	-86125	-585	-	-	ok
0	60	50	SLE-1	-92557	-628	264	-6	ok	SLE-1	-92558	-628	-	-	ok
0	80	50	SLE-1	-100007	-755	273	-6	ok	SLE-1	-100008	-755	-	-	ok
0	100	50	SLE-1	-120826	-824	344	-7	ok	SLE-1	-120828	-824	-	-	ok
0	120	50	SLE-2	139977	-1155	375	-8	ok	SLE-2	139977	-1155	-	-	ok
0	140	50	SLE-1	185074	-2156	466	-11	ok	SLE-2	185663	-2185	-	-	ok
0	160	50	SLE-2	228621	-1478	655	-14	ok	SLE-2	228621	-1478	-	-	ok
0	180	50	SLE-1	269189	-1361	778	-15	ok	SLE-1	269189	-1361	-	-	ok
0	200	50	SLE-2	279773	453	1086	-18	ok	SLE-1	320779	-1863	-	-	ok
0	220	50	SLE-1	283146	-934	866	-17	ok	SLE-1	283146	-934	-	-	ok

0	240	50	SLE-1	282576	-1313	828	-16	ok	SLE-1	282576	-1313	-	-	ok
0	260	50	SLE-1	260167	-2017	820	-16	ok	SLE-1	260167	-2017	-	-	ok
0	280	50	SLE-1	239817	-1634	675	-14	ok	SLE-1	239817	-1634	-	-	ok
0	300	50	SLE-1	255032	-2032	611	-15	ok	SLE-1	255032	-2032	-	-	ok
0	320	50	SLE-1	185717	-1749	544	-13	ok	SLE-1	185717	-1749	-	-	ok

X	Y	H	c_t	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	v_t
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
0	0	50	SIS-2	-210	16005	-	-	ok
0	20	50	STR-3	242	16421	-	-	ok
0	40	50	SIS-3	460	16583	-	-	ok
0	60	50	SIS-3	752	16559	-	-	ok
0	80	50	SIS-1	1178	16367	-	-	ok
0	100	50	STR-3	1688	16373	-	-	ok
0	120	50	SIS-3	2464	16429	-	-	ok
0	140	50	STR-3	3544	16370	-	-	ok
0	160	50	SIS-4	6954	16415	-	-	ok
0	180	50	SIS-3	9604	16424	-	-	ok
0	200	50	SIS-3	9355	16476	-	-	ok
0	220	50	SIS-3	9699	16340	-	-	ok
0	240	50	SIS-3	7168	16376	-	-	ok
0	260	50	SIS-3	3866	16386	-	-	ok
0	280	50	SIS-3	2907	16390	-	-	ok
0	300	50	SIS-3	2835	15939	-	-	ok
0	320	50	SIS-3	1662	12675	-	-	ok

Mensola di fondazione a monte (mensola destra) (sezioni longitudinali attraversate da barre trasversali)

X	Y	H	A_s	C_s	A_i	C_i	v_{ml}	C_{res}	M_d	N_d	M_{li}	N_{li}	C.S.	V_{res}
cm	cm	cm	cm ²	cm	cm ²	cm			daN cm	daN		daN cm		
25	-25	50	12.6	6	12.6	6	ok	STR-3	710500	-3116	2284266	-10018	3.22	ok
45	-25	50	12.6	6	12.6	6	ok	STR-3	569378	-2991	2329645	-12239	4.09	ok
65	-25	50	12.6	6	12.6	6	ok	STR-3	418945	-2303	2342640	-12876	5.59	ok
85	-25	50	12.6	6	12.6	6	ok	STR-3	314448	-1966	2383917	-14905	7.58	ok
105	-25	50	12.6	6	12.6	6	ok	STR-3	212295	-1549	2443038	-17821	11.5	ok
125	-25	50	12.6	6	12.6	6	ok	STR-3	144193	-1588	2676340	-29482	18.6	ok
145	-25	50	12.6	6	12.6	6	ok	STR-3	87387	-1523	3172053	-55291	36.3	ok
165	-25	50	12.4	6	12.4	6	ok	STR-1	39006	-1090	4340349	-121299	111	ok
185	-25	50	9	6	9	6	ok	SIS-3	19993	-1549	5334929	-413243	267	ok

X	Y	H	C_{es}	M_e	N_e	σ_f	σ_c	V_{es}	C_f	M_f	N_f	S_{rm}	W_k	v_f
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm ²	daN/cm ²			daN cm	daN	cm	mm	
25	-25	50	SLE-1	635570	-2887	1146	-26	ok	SLE-1	635570	-2887	-	-	ok
45	-25	50	SLE-1	510559	-2756	904	-21	ok	SLE-1	510559	-2756	-	-	ok
65	-25	50	SLE-1	376320	-2073	665	-16	ok	SLE-1	385486	-2624	-	-	ok
85	-25	50	SLE-1	283511	-1723	495	-12	ok	SLE-1	290059	-2064	-	-	ok
105	-25	50	SLE-1	198459	-1638	330	-8	ok	SLE-1	202924	-1940	-	-	ok
125	-25	50	SLE-1	131461	-1327	209	-5	ok	SLE-1	134380	-1481	-	-	ok
145	-25	50	SLE-1	80160	-1255	111	-3	ok	SLE-1	82024	-1382	-	-	ok
165	-25	50	SLE-1	39006	-1090	38	-2	ok	SLE-1	39006	-1090	-	-	ok
185	-25	50	SLE-1	19212	-1034	7	-1	ok	SLE-1	19212	-1034	-	-	ok

X	Y	H	c_t	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	v_t
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
25	-25	50	STR-3	6943	17410	-	-	ok
45	-25	50	STR-3	6943	17394	-	-	ok
65	-25	50	STR-3	6943	17377	-	-	ok
85	-25	50	STR-3	4805	17305	-	-	ok
105	-25	50	STR-3	4805	17289	-	-	ok
125	-25	50	STR-3	2839	17229	-	-	ok
145	-25	50	STR-3	2839	17217	-	-	ok
165	-25	50	STR-3	1011	17113	-	-	ok
185	-25	50	STR-3	1011	16820	-	-	ok

Mensola di fondazione a monte (mensola destra) (sezioni trasversali attraversate da barre longitudinali)

X cm	Y cm	H cm	A _s cm ²	C _s cm	A _i cm ²	C _i cm	V _{mi}	C _{res}	M _d daN cm	N _d daN	M _u	N _u daN cm	C.S.	V _{res}
25	-25	50	9.9	9.3	6.5	8.6	ok	SIS-1	65246	250	1105211	4236	16.9	ok
45	-25	50	7.9	7.6	7.7	7.7	ok	STR-3	74306	77	1264953	1318	17	ok
65	-25	50	7.9	7.6	8.8	7.6	ok	STR-3	65314	645	1209983	11958	18.5	ok
85	-25	50	7.9	7.6	6.8	7.6	ok	SIS-3	57908	1791	697617	21580	12	ok
105	-25	50	7.9	7.6	7.9	7.6	ok	SIS-3	53448	3017	601265	33941	11.2	ok
125	-25	50	7.9	7.6	7.9	7.6	ok	SIS-3	50289	4346	464713	40157	9.24	ok
145	-25	50	7.9	7.6	6.8	7.6	ok	SIS-3	48403	5698	326960	38492	6.76	ok
165	-25	50	8.8	9.1	8.8	9.1	ok	SIS-3	42535	6430	354054	53518	8.32	ok
185	-25	50	7.7	9.4	7.7	9.4	ok	SIS-3	33813	6147	268801	48865	7.95	ok

X cm	Y cm	H cm	C _{es}	M _e daN cm	N _e daN	σ _f daN/cm ²	σ _c daN/cm ²	V _{es}	C _f	M _f daN cm	N _f daN	S _{rm} cm	W _k mm	V _f
25	-25	50	SLE-1	51737	-271	135	-3	ok	SLE-1	70394	-1549	-	-	ok
45	-25	50	SLE-1	68205	-85	220	-4	ok	SLE-1	68205	-85	-	-	ok
65	-25	50	SLE-1	60915	647	243	-4	ok	SLE-1	60915	647	-	-	ok
85	-25	50	SLE-1	55120	1397	276	-3	ok	SLE-1	55120	1397	-	-	ok
105	-25	50	SLE-1	49666	2098	321	-4	ok	SLE-1	49666	2098	-	-	ok
125	-25	50	SLE-1	45684	2885	346	-2	ok	SLE-1	45684	2885	-	-	ok
145	-25	50	SLE-1	42934	3687	441	-2	ok	SLE-1	42934	3687	-	-	ok
165	-25	50	SLE-1	36970	4111	433	-1	ok	SLE-1	36970	4111	-	-	ok
185	-25	50	SLE-1	28994	3920	479	-3	ok	SLE-1	28994	3920	-	-	ok

X cm	Y cm	H cm	C _t	V _{Sd} daN	V _{Rdc} daN	V _{Rdmax} daN	V _{Rds} daN	V _t
25	-25	50	SIS-3	347	16273	-	-	ok
45	-25	50	SIS-3	311	16302	-	-	ok
65	-25	50	SIS-3	347	16211	-	-	ok
85	-25	50	SIS-3	272	16223	-	-	ok
105	-25	50	SIS-3	277	16223	-	-	ok
125	-25	50	SIS-3	230	16223	-	-	ok
145	-25	50	SIS-3	242	16223	-	-	ok
165	-25	50	SIS-3	195	14232	-	-	ok
185	-25	50	SIS-3	160	11027	-	-	ok

12 TIRANTI

Angolo di inclinazione	: 25 °
Lunghezza libera	: 600 cm
Interasse tra i tiranti della stessa fila	: 300 cm
Sfalsamento rispetto a sezione iniziale	: 0 cm
Elasticità longitudinale	: 2100000 daN/cm ²
Sforzo iniziale di pretensione	: 23500 daN
Sforzo ultimo a trazione	: 47000 daN
Sforzo ultimo a compressione	: 0 daN
Quota di attacco	: 200 cm
Diametro bulbo di ancoraggio	: 25 cm
Lunghezza bulbo di ancoraggio	: 600 cm

Tirante elastoplastico sui nodi: 9,1303
 Nodo 9, $x = 0$, $y = 0$, $z = 200$
 Nodo 1303, $x = 543.78$, $y = 0$, $z = -53.57$
 Modello 1 (sforzi in daN, lunghezze in cm)
 Rigidezza estensionale = 17619
 Rigidezza rotazionale = 0
 Snervamento minimo = 0
 Snervamento massimo = 47000
 Sforzo di presollecitazione = 23500, comb.1 (EQU-1)
 Forza assiale = 21378.9, comb.1 (EQU-1)

Tirante elastoplastico sui nodi: 9,1303
 Nodo 9, $x = 0$, $y = 0$, $z = 200$
 Nodo 1303, $x = 543.78$, $y = 0$, $z = -53.57$
 Modello 2 (sforzi in daN, lunghezze in cm)
 Rigidezza estensionale = 17619
 Rigidezza rotazionale = 0
 Snervamento minimo = 0
 Snervamento massimo = 47000
 Sforzo di presollecitazione = 23500, comb.1 (EQU-2)
 Sforzo di presollecitazione = 23500, comb.2 (SIS-3)
 Sforzo di presollecitazione = 23500, comb.3 (SIS-4)
 Forza assiale = 37214.9, comb.1 (EQU-2)
 Forza assiale = 22064.7, comb.2 (SIS-3)
 Forza assiale = 22045, comb.3 (SIS-4)

Tirante elastoplastico sui nodi: 9,1303
 Nodo 9, $x = 0$, $y = 0$, $z = 200$
 Nodo 1303, $x = 543.78$, $y = 0$, $z = -53.57$
 Modello 3 (sforzi in daN, lunghezze in cm)
 Rigidezza estensionale = 17619
 Rigidezza rotazionale = 0
 Snervamento minimo = 0
 Snervamento massimo = 47000
 Sforzo di presollecitazione = 23500, comb.1 (STR-1)
 Forza assiale = 21716.3, comb.1 (STR-1)

Elemento molla elastoplastica sui nodi: 1281,1282
 Nodo 1281, $x = 25$, $y = 850$, $z = 300$
 Nodo 1282, $x = 45$, $y = 850$, $z = 300$
 Modello 4 (sforzi in daN, lunghezze in cm)
 Rigidezza estensionale = 3821
 Rigidezza rotazionale = 3
 Snervamento minimo = -3397.01
 Snervamento massimo = 0

Sforzo di presollecitazione = 0, comb.1 (STR-2)

Forza assiale = 0, comb.1 (STR-2)

Tirante elastoplastico sui nodi: 9,1303

Nodo 9, $x = 0$, $y = 0$, $z = 200$

Nodo 1303, $x = 543.78$, $y = 0$, $z = -53.57$

Modello 5 (sforzi in daN, lunghezze in cm)

Rigidità estensionale = 17619

Rigidità rotazionale = 0

Snervamento minimo = 0

Snervamento massimo = 47000

Sforzo di presollecitazione = 23500, comb.1 (STR-3)

Forza assiale = 21958.8, comb.1 (STR-3)

Elemento molla elastoplastica sui nodi: 1281,1282

Nodo 1281, $x = 25$, $y = 850$, $z = 300$

Nodo 1282, $x = 45$, $y = 850$, $z = 300$

Modello 6 (sforzi in daN, lunghezze in cm)

Rigidità estensionale = 3821

Rigidità rotazionale = 3

Snervamento minimo = -3642.14

Snervamento massimo = 0

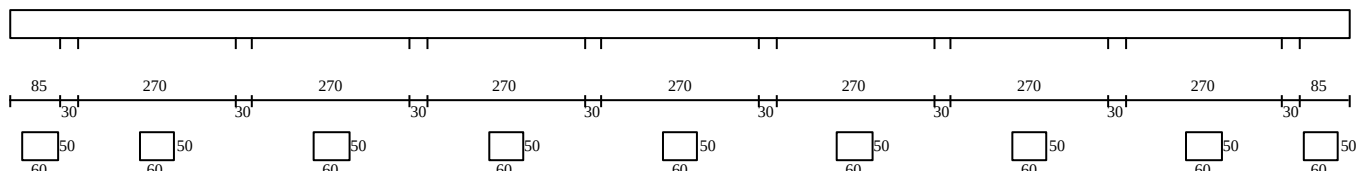
Sforzo di presollecitazione = 0, comb.1 (STR-4)

Forza assiale = 0, comb.1 (STR-4)

13 TABULATI DI CALCOLO DELLA TRAVE DI RIPARTIZIONE INTERNA

TRAVE CONTINUA

Geometria di input



Metodo di calcolo: DM 14-01-08. Valori in daN cm.

FATTORI DI SICUREZZA PARZIALI PER LE PROPRIETA' DEI MATERIALI
Gamma s (fattore di sicurezza parziale dell'acciaio da armatura) 1.15
Gamma c (fattore di sicurezza parziale del calcestruzzo) 1.50

FATTORI DI SICUREZZA PARZIALI PER LE AZIONI
Gamma G1 inf. (pesi struttura, effetto favorevole) 1.00
Gamma G1 sup. (pesi struttura, effetto sfavorevole) 1.30
Gamma G2 inf. (permanentemente portati, effetto favorevole) 0.00
Gamma G2 sup. (permanentemente portati, effetto sfavorevole) 1.50
Gamma Q inf. (azioni variabili, effetto favorevole) 0.00
Gamma Q sup. (azioni variabili, effetto sfavorevole) 1.50

COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE DEI CARICHI VARIABILI PER STATI LIMITE DI ESERCIZIO
Combinazioni rare 1.00
Combinazioni frequenti 0.50
Combinazioni quasi permanenti 0.30

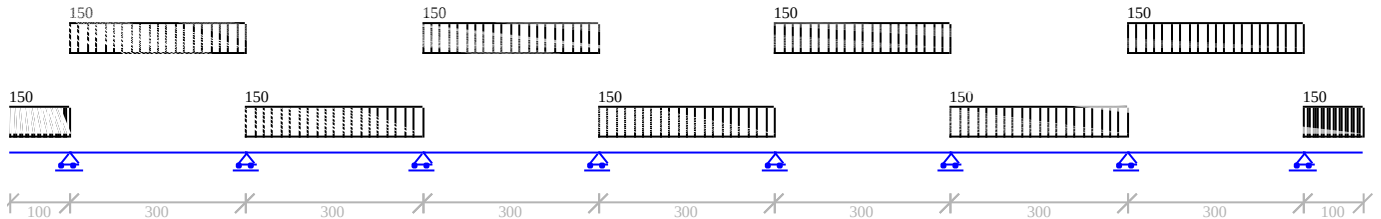
GEOMETRIA DELLE SEZIONI INIZIALI
n. 2 sezione rettangolare H 50.0 B 60.0 Cs 4.0 Ci 4.0

	luce	sezione	altezza finale	Y asse
mensola sinistra	100.0	2	50.0	0.00
campata n. 1	300.0	2	50.0	0.00
campata n. 2	300.0	2	50.0	0.00
campata n. 3	300.0	2	50.0	0.00
campata n. 4	300.0	2	50.0	0.00
campata n. 5	300.0	2	50.0	0.00
campata n. 6	300.0	2	50.0	0.00
campata n. 7	300.0	2	50.0	0.00
mensola destra	100.0	2	50.0	0.00

appoggio n.	nome	ampiezza	coeff. elastico verticale
1		30.0	0.0000E+00 diretto
2		30.0	0.0000E+00 diretto
3		30.0	0.0000E+00 diretto
4		30.0	0.0000E+00 diretto
5		30.0	0.0000E+00 diretto
6		30.0	0.0000E+00 diretto
7		30.0	0.0000E+00 diretto
8		30.0	0.0000E+00 diretto

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI
Resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo Rck= 400
Tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio fyk= 4300
Valore finale del coefficiente di viscosità (EC2 Tab.3.3)= 3
Valore finale della deformazione di ritiro (EC2 Tab.3.4)= -.0004

Schema statico



AZIONI CARATTERISTICHE APPLICATE ALLA TRAVE

MENSOLA SINISTRA

carico uniforme	permanente	struttura	permanente	portato	variabile
		150.00		0.00	0.00

CAMPATA n. 1

carico uniforme	permanente	struttura	permanente	portato	variabile
		150.00		0.00	0.00

CAMPATA n. 2

carico uniforme	permanente	struttura	permanente	portato	variabile
		150.00		0.00	0.00

CAMPATA n. 3

carico uniforme	permanente	struttura	permanente	portato	variabile
		150.00		0.00	0.00

CAMPATA n. 4

carico uniforme	permanente	struttura	permanente	portato	variabile
		150.00		0.00	0.00

CAMPATA n. 5

carico uniforme	permanente	struttura	permanente	portato	variabile
		150.00		0.00	0.00

CAMPATA n. 6

carico uniforme	permanente	struttura	permanente	portato	variabile
		150.00		0.00	0.00

CAMPATA n. 7

carico uniforme	permanente	struttura	permanente	portato	variabile
		150.00		0.00	0.00

MENSOLA DESTRA

carico uniforme	permanente	struttura	permanente	portato	variabile
		150.00		0.00	0.00

OUTPUT CAMPATE (momenti in kN*cm, tagli in kN, apertura fessure in mm).

mensola sinistra tra i punti -

sezione n. 2

stati limite ultimi

x	Asup	cs	Ainf	ci	Mela	MEd	MRd	x/d	Ast	Afp+	Afp-	VRcd	VEd	VEd.rid	VRd	VRsd	teta
0	0.0	5.0	0.0	5.0	0	-391	0	.000	.246	.000	.000	1143	0		117	373	0.79
33	12.6	6.0	12.6	6.0	-1083	-2776	-19771	.130	.246	.000	.000	1118	-65		133	-365	0.79
67	12.6	6.0	18.4	6.0	-4333	-7044	-19779	.131	.246	.000	.000	1118	-130		133	-365	0.79
85	12.6	6.0	22.4	6.0	-7044	-7044	-19783	.132	.246	.000	.000	1118	-166		133	-365	0.79
100	12.6	6.0	25.0	6.0	-9750	-8453	-19785	.132	.246	.000	.000	1118	-195		133	-365	0.79

stati limite di esercizio

x	Mese.R	sc.R	sf.R	Mese.QP	sc.QP	srmi	wkiR	wkiF	wkiQP	srms	wksR	wksF	wksQP	fg.R	ff.R	fg.QP	ff.QP	f.QP
0	0	0	0	0	0									-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.04
33	-833	3	46	-833	3									-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.03
67	-3333	12	182	-3333	12									0.00	0.00	0.00	0.00	-0.02
85	-5419	19	293	-5419	19									0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
100	-6153	21	331	-6153	21									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

campata n. 1 tra gli appoggi -

sezione n. 2

stati limite ultimi

x	Asup	cs	Ainf	ci	Mela	MEd	MRd	x/d	Ast	Afp+	Afp-	VRcd	VEd	VEd.rid	VRd	VRsd	teta
0	12.6	6.0	25.0	6.0	-9750	-8453	-19785	.132	.246	.000	.000	1118	279		133	365	0.79
15	12.6	6.0	21.8	6.0	-6746	-6746	-19782	.132	.205	.000	.000	1118	250		133	304	0.79

100	12.6	6.0	12.6	6.0	9702	10804	19771	.130	.205	.000	.000	1118	84		133	304	0.79
120	14.9	6.0	12.6	6.0	10803	11123	19774	.130	.205	.000	.000	1118	45		133	304	0.79
200	12.6	6.0	12.6	6.0	7405	9426	19771	.130	.205	.000	.000	1118	-130		133	-304	0.79
285	12.6	6.0	22.4	6.0	-12458	-12458	-19783	.132	.205	.000	.000	1118	-295		133	-304	0.79
300	12.6	6.0	25.1	6.0	-17106	-14727	-19785	.132	.205	.000	.000	1118	-325		133	-304	0.79
stati limite di esercizio																	
x	Mese.R	sc.R	sf.R	Mese.QP	sc.QP	srmi	wkiR	wkiF	wkiQP	srms	wksR	wksF	wksQP	fg.R	ff.R	fg.QP	ff.QP
creep																	
0	-6153	21	331	-6153	21									0.00	0.00	0.00	0.00
15	-4531	16	245	-4531	16									0.00	0.00	0.00	0.01
100	5915	22	325	5915	22									0.02	0.02	0.02	0.06
120	6799	25	373	6799	25									0.02	0.02	0.02	0.06
200	4331	16	238	4331	16									0.02	0.02	0.02	0.05
285	-8810	43	1778	-8810	43					38.4	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00 *
300	-10491	50	2118	-10491	50					38.5	0.25	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00 *

campata n. 2 tra gli appoggi -
sezione n. 2

stati limite ultimi																	
x	Asup	cs	Ainf	ci	Mela	MEd	MRd	x/d	Ast	Afp+	Afp-	VRcd	VEd	VEd.rid	VRd	VRsd	teta
0	12.6	6.0	25.1	6.0	-17106	-14727	-19785	.132	.205	.000	.000	1118	310		133	304	0.79
15	12.6	6.0	22.4	6.0	-12674	-12674	-19783	.132	.205	.000	.000	1118	281		133	304	0.79
100	12.6	6.0	12.6	6.0	6069	7702	19771	.130	.205	.000	.000	1118	115		133	304	0.79
100	12.6	6.0	12.6	6.0	1220	-705	-19771	.130									
130	15.3	6.0	12.6	6.0	8224	8686	19775	.130	.205	.000	.000	1118	57		133	304	0.79
200	12.6	6.0	12.6	6.0	6428	7917	19771	.130	.205	.000	.000	1118	-106		133	-304	0.79
285	12.6	6.0	22.4	6.0	-11328	-11328	-19783	.132	.205	.000	.000	1118	-272		133	-304	0.79
300	12.6	6.0	25.1	6.0	-15624	-13355	-19785	.132	.205	.000	.000	1118	-301		133	-304	0.79
stati limite di esercizio																	
x	Mese.R	sc.R	sf.R	Mese.QP	sc.QP	srmi	wkiR	wkiF	wkiQP	srms	wksR	wksF	wksQP	fg.R	ff.R	fg.QP	ff.QP
creep																	
0	-10491	50	2118	-10491	50					38.5	0.25	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00 *
15	-8984	44	1814	-8984	44					38.4	0.21	0.21	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00 *
100	3169	12	174	3169	12									0.01	0.01	0.01	0.03
130	4871	18	267	4871	18									0.01	0.01	0.01	0.04
200	3592	13	198	3592	13									0.01	0.01	0.01	0.03
285	-7843	27	424	-7843	27									0.00	0.00	0.00	0.00
300	-9318	45	1882	-9318	45					38.5	0.22	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00 *

campata n. 3 tra gli appoggi -
sezione n. 2

stati limite ultimi																	
x	Asup	cs	Ainf	ci	Mela	MEd	MRd	x/d	Ast	Afp+	Afp-	VRcd	VEd	VEd.rid	VRd	VRsd	teta
0	12.6	6.0	25.1	6.0	-15624	-13355	-19785	.132	.205	.000	.000	1118	304		133	304	0.79
15	12.6	6.0	22.4	6.0	-11284	-11284	-19783	.132	.205	.000	.000	1118	275		133	304	0.79
100	12.6	6.0	12.6	6.0	6792	8323	19771	.130	.205	.000	.000	1118	109		133	304	0.79
130	15.3	6.0	12.6	6.0	8794	9153	19775	.130	.205	.000	.000	1118	50		133	304	0.79
200	12.6	6.0	12.6	6.0	6639	8231	19771	.130	.205	.000	.000	1118	-111		133	-304	0.79
285	12.6	6.0	22.4	6.0	-11570	-11570	-19783	.132	.205	.000	.000	1118	-277		133	-304	0.79
300	12.6	6.0	25.1	6.0	-15947	-13654	-19785	.132	.205	.000	.000	1118	-306		133	-304	0.79
stati limite di esercizio																	
x	Mese.R	sc.R	sf.R	Mese.QP	sc.QP	srmi	wkiR	wkiF	wkiQP	srms	wksR	wksF	wksQP	fg.R	ff.R	fg.QP	ff.QP
creep																	
0	-9318	45	1882	-9318	45					38.5	0.22	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00 *
15	-7796	27	422	-7796	27									0.00	0.00	0.00	0.00
100	3908	14	215	3908	14									0.01	0.01	0.01	0.04
130	5452	20	298	5452	20									0.02	0.01	0.02	0.04
200	3803	14	209	3803	14									0.01	0.01	0.01	0.04
285	-8081	28	437	-8081	28									0.00	0.00	0.00	0.00
300	-9611	46	1941	-9611	46					38.5	0.22	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00 *

campata n. 4 tra gli appoggi -
sezione n. 2

stati limite ultimi																	
x	Asup	cs	Ainf	ci	Mela	MEd	MRd	x/d	Ast	Afp+	Afp-	VRcd	VEd	VEd.rid	VRd	VRsd	teta
0	12.6	6.0	25.1	6.0	-15947	-13654	-19785	.132	.205	.000	.000	1118	305		133	304	0.79
15	12.6	6.0	22.4	6.0	-11591	-11591	-19783	.132	.205	.000	.000	1118	276		133	304	0.79
100	12.6	6.0	12.6	6.0	6518	8079	19771	.130	.205	.000	.000	1118	110		133	304	0.79
130	15.3	6.0	12.6	6.0	8565	8955	19775	.130	.205	.000	.000	1118	52		133	304	0.79
200	12.6	6.0	12.6	6.0	6518	8079	19771	.130	.205	.000	.000	1118	-110		133	-304	0.79
285	12.6	6.0	22.4	6.0	-11591	-11591	-19783	.132	.205	.000	.000	1118	-276		133	-304	0.79
300	12.6	6.0	25.1	6.0	-15947	-13654	-19785	.132	.205	.000	.000	1118	-305		133	-304	0.79
stati limite di esercizio																	
x	Mese.R	sc.R	sf.R	Mese.QP	sc.QP	srmi	wkiR	wkiF	wkiQP	srms	wksR	wksF	wksQP	fg.R	ff.R	fg.QP	ff.QP
creep																	
0	-9611	46	1941	-9611	46					38.5	0.22	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00 *
15	-8097	28	438	-8097	28									0.00	0.00	0.00	0.00
100	3697	14	203	3697	14									0.01	0.01	0.01	0.03
130	5272	19	289	5272	19									0.01	0.01	0.01	0.04
200	3697	14	203	3697	14									0.01	0.01	0.01	0.03
285	-8097	28	438	-8097	28									0.00	0.00	0.00	0.00
300	-9611	46	1941	-9611	46					38.5	0.22	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00 *

campata n. 5 tra gli appoggi -
sezione n. 2

stati limite ultimi

x	Asup	cs	Ainf	ci	Mela	MEd	MRd	x/d	Ast	Afp+	Afp-	VRcd	VEd	VED.rid	VRd	VRsd	teta
0	12.6	6.0	25.1	6.0	-15947	-13654	-19785	.132	.205	.000	.000	1118	306		133	304	0.79
15	12.6	6.0	22.4	6.0	-11570	-11570	-19783	.132	.205	.000	.000	1118	277		133	304	0.79
100	12.6	6.0	12.6	6.0	6639	8231	19771	.130	.205	.000	.000	1118	111		133	304	0.79
130	15.3	6.0	12.6	6.0	8733	9153	19775	.130	.205	.000	.000	1118	53		133	304	0.79
200	12.6	6.0	12.6	6.0	6792	8323	19771	.130	.205	.000	.000	1118	-109		133	-304	0.79
285	12.6	6.0	22.4	6.0	-11284	-11284	-19783	.132	.205	.000	.000	1118	-275		133	-304	0.79
300	12.6	6.0	25.1	6.0	-15624	-13355	-19785	.132	.205	.000	.000	1118	-304		133	-304	0.79

stati limite di esercizio

x	Mese.R	sc.R	sf.R	Mese.QP	sc.QP	srmi	wkiR	wkiF	wkiQP	srms	wksR	wksF	wksQP	fg.R	ff.R	fg.QP	ff.QP	f.QP
creep																		
0	-9611	46	1941	-9611	46					38.5	0.22	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 *
15	-8081	28	437	-8081	28									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	3803	14	209	3803	14									0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
130	5410	20	296	5410	20									0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
200	3908	14	215	3908	14									0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
285	-7796	27	422	-7796	27									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
300	-9318	45	1882	-9318	45					38.5	0.22	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 *

campata n. 6 tra gli appoggi -
sezione n. 2

stati limite ultimi

x	Asup	cs	Ainf	ci	Mela	MEd	MRd	x/d	Ast	Afp+	Afp-	VRcd	VEd	VED.rid	VRd	VRsd	teta
0	12.6	6.0	25.1	6.0	-15624	-13355	-19785	.132	.205	.000	.000	1118	301		133	304	0.79
15	12.6	6.0	22.4	6.0	-11328	-11328	-19783	.132	.205	.000	.000	1118	272		133	304	0.79
100	12.6	6.0	12.6	6.0	6428	7917	19771	.130	.205	.000	.000	1118	106		133	304	0.79
130	15.3	6.0	12.6	6.0	8368	8686	19775	.130	.205	.000	.000	1118	48		133	304	0.79
200	12.6	6.0	12.6	6.0	6069	7702	19771	.130	.205	.000	.000	1118	-115		133	-304	0.79
200	12.6	6.0	12.6	6.0	1220	-705	-19771	.130									
285	12.6	6.0	22.4	6.0	-12674	-12674	-19783	.132	.205	.000	.000	1118	-281		133	-304	0.79
300	12.6	6.0	25.1	6.0	-17106	-14727	-19785	.132	.205	.000	.000	1118	-310		133	-304	0.79

stati limite di esercizio

x	Mese.R	sc.R	sf.R	Mese.QP	sc.QP	srmi	wkiR	wkiF	wkiQP	srms	wksR	wksF	wksQP	fg.R	ff.R	fg.QP	ff.QP	f.QP
creep																		
0	-9318	45	1882	-9318	45					38.5	0.22	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 *
15	-7843	27	424	-7843	27									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
100	3592	13	198	3592	13									0.01	0.01	0.01	0.01	0.03
130	5040	18	276	5040	18									0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
200	3169	12	174	3169	12									0.01	0.01	0.01	0.01	0.03
285	-8984	44	1814	-8984	44					38.4	0.21	0.21	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 *
300	-10491	50	2118	-10491	50					38.5	0.25	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 *

campata n. 7 tra gli appoggi -
sezione n. 2

stati limite ultimi

x	Asup	cs	Ainf	ci	Mela	MEd	MRd	x/d	Ast	Afp+	Afp-	VRcd	VEd	VED.rid	VRd	VRsd	teta
0	12.6	6.0	25.1	6.0	-17106	-14727	-19785	.132	.205	.000	.000	1118	325		133	304	0.79
15	12.6	6.0	22.4	6.0	-12458	-12458	-19783	.132	.205	.000	.000	1118	295		133	304	0.79
100	12.6	6.0	12.6	6.0	7405	9426	19771	.130	.205	.000	.000	1118	130		133	304	0.79
140	14.9	6.0	12.6	6.0	10664	11123	19774	.130	.205	.000	.000	1118	52		133	304	0.79
200	12.6	6.0	12.6	6.0	9702	10804	19771	.130	.205	.000	.000	1118	-84		133	-304	0.79
285	12.6	6.0	21.8	6.0	-6746	-6746	-19782	.132	.205	.000	.000	1118	-250		133	-304	0.79
300	12.6	6.0	25.0	6.0	-9750	-8453	-19785	.132	.246	.000	.000	1118	-279		133	-365	0.79

stati limite di esercizio

x	Mese.R	sc.R	sf.R	Mese.QP	sc.QP	srmi	wkiR	wkiF	wkiQP	srms	wksR	wksF	wksQP	fg.R	ff.R	fg.QP	ff.QP	f.QP
creep																		
0	-10491	50	2118	-10491	50					38.5	0.25	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 *
15	-8810	43	1778	-8810	43					38.4	0.20	0.20	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 *
100	4331	16	238	4331	16									0.02	0.02	0.02	0.02	0.05
140	6765	25	371	6765	25									0.02	0.02	0.02	0.02	0.06
200	5915	22	325	5915	22									0.02	0.02	0.02	0.02	0.06
285	-4531	16	245	-4531	16					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
300	-6153	21	331	-6153	21					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

mensola destra tra i punti -
sezione n. 2

stati limite ultimi

x	Asup	cs	Ainf	ci	Mela	MEd	MRd	x/d	Ast	Afp+	Afp-	VRcd	VEd	VED.rid	VRd	VRsd	teta
0	12.6	6.0	25.0	6.0	-9750	-8453	-19785	.132	.246	.000	.000	1118	195		133	365	0.79
15	12.6	6.0	22.4	6.0	-7044	-7044	-19783	.132	.246	.000	.000	1118	166		133	365	0.79
33	12.6	6.0	18.4	6.0	-4333	-7044	-19779	.131	.246	.000	.000	1118	130		133	365	0.79
67	12.6	6.0	12.6	6.0	-1083	-2776	-19771	.130	.246	.000	.000	1118	65		133	365	0.79
100	0.0	5.0	0.0	5.0	0	-391	0	.000	.246	.000	.000	1143	0		117	373	0.79
100	0.0	5.0	0.0	5.0					.246	.000	.000	1143	0		117	-373	0.79

stati limite di esercizio

x	Mese.R	sc.R	sf.R	Mese.QP	sc.QP	srmi	wkiR	wkiF	wkiQP	srms	wksR	wksF	wksQP	fg.R	ff.R	fg.QP	ff.QP	f.QP
creep																		
0	-6153	21	331	-6153	21									0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

15	-5419	19	293	-5419	19	0.00	0.00	0.00	0.00	-.01
33	-3333	12	182	-3333	12	0.00	0.00	0.00	0.00	-.02
67	-833	3	46	-833	3	-.01	-.01	-.01	-.01	-.03
100	0	0	0	0	0	-.01	-.01	-.01	-.01	-.04

REAZIONI VINCOLARI (daN)

		ULTIME		RARE		FREQUENTI		QUASI PERMANENTI		
appoggio	n.	nome	massima	minima	massima	minima	massima	minima	massima	minima
	1		47403	35202	35915	35915	35915	35915	35915	35915
	2		63463	44653	47007	47007	47007	47007	47007	47007
	3		60498	41787	44472	44472	44472	44472	44472	44472
	4		61145	42598	45106	45106	45106	45106	45106	45106
	5		61145	42598	45106	45106	45106	45106	45106	45106
	6		60498	41787	44472	44472	44472	44472	44472	44472
	7		63463	44653	47007	47007	47007	47007	47007	47007
	8		47403	35202	35915	35915	35915	35915	35915	35915

14 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Quantunque dalle calcolazioni effettuate il muro risulti stabile allo stato attuale, la caratteristica erodibilità della frazione più superficiale del terreno rischia, sul lungo periodo, di cambiare la configurazione morfologica superficiale, compromettendo l'equilibrata ma delicata distribuzione delle sollecitazioni all'interfaccia soletta-terreno.

Per questo motivo si è ritenuto opportuno prevedere la presenza di una doppia fila di pali di sottofondazione, di lunghezza congruente alle risultanze delle indagini geognostiche, in grado di trasferire in profondità, al substrato roccioso sano, una frazione importante dei carichi verticali, in particolare nel caso di passaggio di mezzi, agricoli o industriali, di peso significativo.

In tal modo si migliorerà in modo consistente il comportamento dell'insieme struttura-terreno, perché i carichi verticali variabili applicati al piano stradale influiranno in modo modesto sul terreno sottostante il muro, riducendo la "fatica" derivante dalla ripetuta applicazione di cicli di carico-scarico, la struttura risulterà sostenuta anche in caso di occasionali riduzioni temporanee delle caratteristiche meccaniche del terreno a seguito di eventi meteorologici eccezionali, e la presenza di una doppia palificata immersa nel substrato sano, assorbendo una quota delle sollecitazioni orizzontali provenienti da monte, salvaguarderà anche il versante immediatamente a valle della sede stradale.