

SPEA Engineering

AUTOSTRADA (A13) BOLOGNA PADOVA

Ampliamento alla terza corsia del tratto Monselice Padova

PROGETTO DEFINITIVO

BARRIERE ANTIFONICHE

Relazione di Calcolo delle Fondazioni

APE1200



INDICE

1. INTRODUZIONE	5
2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
2.1 Normativa di riferimento	7
2.2 Documentazione di progetto	8
2.3 Software	8
3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	9
3.1 Acciaio	9
3.2 Calcestruzzo	9
4. STRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI RIFERIMENTO	10
4.1 Condizioni stratigrafiche di riferimento	10
4.2 Livello della falda	11
4.3 Caratterizzazione sismica del sito	11
4.3.1 Categoria di sottosuolo	11
4.3.2 Periodo di riferimento per l'azione sismica	11
4.3.3 Azione sismica di riferimento	11
5. DESCRIZIONE DELLE OPERE	13
5.1 Elemento prefabbricato per fondazione di barriera semplice	13
5.2 Elemento prefabbricato per fondazione di barriera integrata	13
5.3 Particolari costruttivi	14
5.4 Definizione delle soluzioni tipologiche	15
6. ANALISI DEI CARICHI	19
6.1 Azioni permanenti	19
6.1.1 Pesi propri	19
6.1.2 Spinta delle terre	19
6.2 Azioni variabili	21
6.2.1 Sovraccarico uniforme indefinito	21
6.2.2 Carichi trasmessi dalle barriere foniche	21
6.3 Azioni eccezionali	21
6.4 Azione sismica	22
6.4.1 Spinta sismica del terreno a tergo del muro	22
6.4.2 Forze d'inerzia	23

7. CRITERI DI VERIFICA E COMBINAZIONI DI CARICO	25
7.1 Verifiche geotecniche e strutturali – SLU	26
7.1.1 Verifica allo scivolamento	28
7.1.2 Verifica al ribaltamento	28
7.1.3 Verifica di capacità portante	29
7.2 Verifiche geotecniche e strutturali – SLE	33
7.2.1 Stima delle rotazioni dell'opera	33
7.2.2 Verifiche strutturali	37
7.3 Schemi di verifica del pannello prefabbricato	38
7.3.1 Verifica a flessione nel piano verticale	38
7.3.2 Verifica a flessione nel piano orizzontale	38
7.3.3 Verifica a taglio	39
7.4 Schema di verifica della soletta di fondazione	40
7.4.1 Verifica a flessione	40

ALLEGATI

Allegato 1	Carichi trasmessi dalle barriere foniche
Allegato 2	Dimensionamento interno delle fondazioni delle barriere foniche - abachi
Allegato 3	Dimensionamento interno delle fondazioni delle barriere foniche - tabulati di calcolo
Allegato 4	Analisi di stabilità globale

1. INTRODUZIONE

La presente relazione è finalizzata alla progettazione delle opere di fondazione delle barriere fonoassorbenti previste nell'ambito del progetto definitivo di ampliamento alla 3^a corsia della tratta Monselice – Padova, dalla progr. km 88+600 (svincolo di Monselice) alla progr. km 100+650 (svincolo di Padova Sud) dell'Autostrada A13 Bologna Padova.

La relazione, in particolare, ha per oggetto:

- l'esposizione dei criteri generali seguiti nel dimensionamento geotecnico delle soluzioni tipologiche delle fondazioni;
- la presentazione dei risultati ottenuti in termini di dimensionamento 'interno' delle strutture (verifiche di ribaltamento, scorrimento, capacità portante, valutazione degli spostamenti orizzontali, verifiche strutturali);

La presente relazione si articola come segue:

- il capitolo 2 elenca i documenti di riferimento;
- il capitolo 3 descrive i materiali (acciaio, calcestruzzo);
- il capitolo 4 esamina il quadro geotecnico in cui si inseriscono le opere, fornendo:
 - la stratigrafia ed i parametri geotecnici di progetto;
 - le indicazioni sui parametri sismici quali risultano dall'applicazione della Normativa vigente;
- il capitolo 5 riporta una descrizione sommaria delle opere in progetto e dei criteri seguiti nella definizione delle diverse soluzioni proposte;
- il capitolo 6 contiene i principi adottati nell'analisi di carichi e la descrizione dei casi di verifica analizzati;
- il capitolo 7 elenca i metodi seguiti nella verifica delle opere su fondazioni dirette.

I risultati delle analisi sono riportati negli Allegati in calce alla presente relazione.

Si richiama il fatto che come normative di riferimento sono state utilizzate le Norme Tecniche per le Costruzioni – D.M. del 14 gennaio 2008 (cfr. par. 2.1).

Data l'estensione del tratto in esame, e le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti lungo l'intera tratta, si è ritenuto opportuno differenziare le tipologie di fondazione come di seguito:

- altezza del rilevato $H_{ril} \geq 3$ m fondazione diretta (muretto portaFOA);
- altezza del rilevato $H_{ril} < 3$ m fondazione profonda.

Nel caso dei muretti su fondazione diretta, si è ritenuto utile procedere, per la progettazione, allo sviluppo di sezioni tipologiche organizzate per "abachi", in cui possa essere agevole associare una specifica carpenteria di muro in funzione delle condizioni stratigrafiche e della tipologia di elemento marginale. In questo senso, e come verrà meglio specificato nel seguito, i dimensionamenti interni sono stati sviluppati, per diverse classi di altezza del rilevato e per differenti stratigrafie tipologiche, con riferimento a muri porta FOA che sostengono:

- barriere foniche semplici di altezza pari a 3 m.

Per i rilevati di altezza inferiore a 3 m, vista la presenza di terreni cedevoli, si è scelta la soluzione di fondazioni profonde differenziata per le seguenti tipologie di barriere:

- barriere foniche semplici di altezza pari a 3 m;
- barriere foniche semplici di altezza pari a 4 m;
- barriere foniche semplici di altezza pari a 5 m;
- barriere foniche semplici di altezza pari a 6 m.

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa di riferimento

- [1] D.M. 11/03/1998 - "Norme 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".
- [2] Legge 05/11/1971 n.1086 e relative istruzioni emanate con Circ. n.11951 del 4/2/1974 - "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed alla struttura metallica".
- [3] D.M. Lavori Pubblici 14/02/1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- [4] Legge 02/02/1974 n.64 - "Provvedimenti per le costruzioni con particolari provvedimenti per le zone sismiche".
- [5] D.M. Lavori Pubblici 09/01/1996 - "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- [6] D.M. Lavori Pubblici 16/01/1996 - "Norme tecniche relative ai criteri generali di verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- [7] D.M. Lavori Pubblici 16/01/1996 - "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- [8] Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 04/07/1996 Istruzioni per l'applicazione delle - "Norme tecniche relative ai criteri generali di verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi" di cui al D.M. 16/01/1996.
- [9] D.M. Lavori Pubblici 03/12/1987 - "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
- [10] Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n.31104 del 16/03/1989 Istruzioni in merito alle - "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
- [11] Ordinanza P.C.M. 3431 del 03/05/05 - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

- [12] Decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile 21/10/2003 - "Disposizioni attuative dell'art.2, commi 2,3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20/03/03".
- [13] D.M. Lavori Pubblici 14/01/2008 - "Norme tecniche per le costruzioni". Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/08.
- [14] UNI EN 1992-1-1. Novembre 2005 - Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici.
- [15] UNI EN 1998-1-1. Ottobre 1997 - Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 1-1:Regole generali – Azioni sismiche e requisiti generali per le strutture.
- [16] UNI EN 1998-5. Ottobre 1994 - Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- [17] UNI ENV 1997-1. Aprile 1997 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1:Regole generali.

2.2 Documentazione di progetto

- [18] Relazione Geotecnica di progetto
- [19] Profili Geotecnici di progetto
- [20] Elaborati grafici relativi all'opera in progetto

2.3 Software

- [21] Foglio elettronico Excel – Microsoft Office
- [22] Ministero LLPP - Foglio elettronico "Spettri-NTC ver.1.0.3.xls" (<http://www.cslp.it>)

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Il progetto strutturale, svolto secondo il metodo degli stati limite, prevede l'uso dei materiali con le caratteristiche meccaniche minime riportate nei paragrafi seguenti.

3.1 Acciaio

Acciaio per armatura strutture in c.a.

Barre ad aderenza migliorata, saldabile, tipo B450C dotato delle seguenti caratteristiche meccaniche:

modulo elastico	$E_s = 2100000 \text{ kg/cmq}$
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 4500 \text{ kg/cmq}$
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} = 5400 \text{ kg/cmq}$

3.2 Calcestruzzo

Calcestruzzo prefabbricato per pannelli – C35/45

resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 350 \text{ kg/cmq}$
resistenza caratteristica cubica	$f_{ck}(c) = 450 \text{ kg/cmq}$
valore medio resistenza caratteristica cilindrica	$f_{cm} = 430 \text{ kg/cmq}$
valore medio resistenza a trazione assiale	$f_{ctm} = 32.1 \text{ kg/cmq}$
modulo di elasticità secante	$E_{cm} = 340771 \text{ kg/cmq}$

Calcestruzzo in opera per suola di stabilizzazione – C25/30

resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 249 \text{ kg/cmq}$
resistenza caratteristica cubica	$f_{ck}(c) = 300 \text{ kg/cmq}$
valore medio resistenza caratteristica cilindrica	$f_{cm} = 329 \text{ kg/cmq}$
valore medio resistenza a trazione assiale	$f_{ctm} = 25.6 \text{ kg/cmq}$
modulo di elasticità secante	$E_{cm} = 314471.6 \text{ kg/cmq}$

Calcestruzzo in opera per piano d'appoggio – C12/15

resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 120 \text{ kg/cmq}$
resistenza caratteristica cubica	$f_{ck}(c) = 150 \text{ kg/cmq}$

4. STRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI RIFERIMENTO

4.1 Condizioni stratigrafiche di riferimento

Le condizioni stratigrafiche di riferimento per il sottosuolo del progetto in esame sono rappresentate nei Profili Geotecnici, cui si fa rimando per maggiori dettagli.

Da un punto di vista stratigrafico sia le nuove indagini eseguite che quelle pregresse evidenziano la presenza di terreni relativamente omogenei, da un punto di vista litologico, prevalentemente costituiti da materiali coesivi (limi-argillosi con percentuali variabili di sabbia). Si rileva inoltre la frequente presenza di livelli torbosi (T) a diverse quote da piano campagna, con spessori da decimetrici a metrici anche metrici.

Lungo il tracciato autostradale sono state individuate le seguenti unità stratigrafiche principali:

- l'unità A1, costituita da terreni prevalentemente a grana fine (argille limose e limi argillosi);
- l'unità A2, costituita da terreni prevalentemente granulari (sabbie, sabbie limose e sabbie con limo).

Tali unità sono state suddivise lungo il tracciato in macrozone, omogenee dal punto di vista della sequenza litostratigrafica; per le tabelle di sintesi delle caratteristiche meccaniche specifiche di ciascuna unità all'interno di una macrozona si rimanda alla relazione geotecnica generale. Sulla base di quanto sopra esposto, per le opere in oggetto sono state adottate le seguenti sequenze stratigrafiche tipologiche:

TIPOLOGIA DI TERRENO - sigla	Peso di volume γ_k	Angolo di resistenza al taglio residuo ϕ_k	Coesione efficace c'_k
	kN/m ³	°	kPa
T1	19	24	0

Tabella 1 – Parametri geotecnici caratteristici adottati per lo sviluppo degli abachi progettuali

4.2 Livello della falda

Per quanto riguarda la falda, le informazioni disponibili (letture dei piezometri installati riportate nella relazione geotecnica) indicano una soggiacenza prossima al p.c.

Nel caso di fondazione di barriera fonica su rilevato di altezza superiore a 3 m, si è ritenuta la presenza della falda trascurabile ai fini delle verifiche geotecniche delle opere in oggetto.

4.3 Caratterizzazione sismica del sito

4.3.1 Categoria di sottosuolo

Sulla base di quanto evidenziato nella relazione geotecnica generale il terreno di fondazione può essere classificato nella Categoria D.

4.3.2 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Come stabilito nel C.S.A. la progettazione delle strutture farà riferimento a:

- vita nominale $V_N = 50$ anni
- classe d'uso / Coefficiente d'uso $IV / C_U = 2$

in base a ciò risulta:

- periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \times C_U = 100$ anni

4.3.3 Azione sismica di riferimento

Si verifica allo stato limite di salvaguardia della vita, con una probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R pari al 10%, ossia con riferimento al seguente periodo di ritorno dell'azione sismica T_R :

$$T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR}) = -100 / \ln(1-0.10) = 945 \text{ anni}$$

Trattandosi di zone pianeggianti, si associa al sito di riferimento una categoria topografica T1.

Le accelerazioni orizzontali massime convenzionali su suolo di categoria A, riferite ai Comuni interessati dal tracciato autostradale, sono riportate nella tabella seguente, insieme ai principali parametri di interesse necessari per la definizione dell'azione sismica.

DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO ALLO STATO LIMITE SLV ($T_R = 945$ ANNI)						
Comune	Sottosuolo	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]	S_S [-]	S_T [-]
Monselice	D	0.079	2.794	0.371	1.80	1.00
Permunia	D	0.079	2.812	0.372	1.80	1.00
Due Carrare	D	0.085	2.744	0.368	1.80	1.00
Maserà di Padova	D	0.085	2.732	0.370	1.80	1.00

Tabella 2 – Parametri di riferimento per la progettazione sismica

Per i dimensionamenti, si fa riferimento ai Comuni di Maserà di Padova e Due Carrare, che presentano i valori maggiori di a_g .

Ne derivano i seguenti parametri sismici per lo stato limite SLV:

$a_g = 0.085$ g accel. orizz. max attesa al sito su suolo di cat. A

$S_S = 1.80$ coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T = 1.00$ coefficiente di amplificazione topografica

L'accelerazione di picco risulta pertanto:

$a_{max} = a_g \times S_S \times S_T = 0.153$ g accelerazione massima orizzontale attesa al sito.

Per le verifiche geotecniche delle opere su fondazione diretta si assume:

$\beta_m = 0.18$ coeff. riduttivo di a_{max} (tab.7.11.II NTC2008)

$k_h = \beta_m \times a_{max} / g = 0.028$ coeff. sismico orizzontale

$k_v = \pm 0.5 k_h = \pm 0.014$ coeff. sismico verticale

5. DESCRIZIONE DELLE OPERE

5.1 Elemento prefabbricato per fondazione di barriera semplice

L'analisi delle strutture di fondazione delle barriere foniche viene condotta prendendo come riferimento elementi modulari prefabbricati di larghezza 6.00 m, considerando il contributo di due nervature di irrigidimento a tergo del paramento verticale, di spessore pari a 70 cm.

Le due nervature sono collegate fra loro da una soletta di spessore costante $s = 10$ cm.

I bordi presentano un giunto maschio-femmina in modo da trattenere i materiali e da permettere il montaggio degli elementi anche seguendo una curva, sia concava che convessa.

Alla base del muro le nervature presentano ciascuna un'apertura trasversale per il passaggio delle armature della trave di collegamento che si realizza fra i pannelli; l'altezza dell'apertura viene determinata in base all'altezza della suola di stabilizzazione, assicurando un adeguato ricoprimento dell'armatura superiore della trave.

L'elemento prefabbricato viene considerato, nelle applicazioni alle strutture oggetto della presente relazione, come un elemento strutturale di contenimento in grado di permettere la posa di barriere foniche semplici fino ad una altezza massima di 6m.

5.2 Elemento prefabbricato per fondazione di barriera integrata

L'analisi dei muri con barriera fonica integrata viene condotta prendendo come riferimento elementi modulari prefabbricati di larghezza 2.50 m, considerando il contributo di due nervature di irrigidimento a tergo del paramento verticale.

In sommità il prefabbricato presenta una sezione rettangolare di altezza 70 cm.

La nervatura di irrigidimento di spessore 18 cm presentano un primo tratto a sezione costante di altezza $h=350$ cm ed un secondo ad altezza variabile secondo un'inclinazione del 20% sulla verticale.

Le due nervature sono collegate fra loro da una soletta di spessore costante $s=10$ cm.

I bordi presentano un giunto maschio-femmina in modo da trattenere i materiali e da permettere il montaggio degli elementi anche seguendo una curva, sia concava che convessa.

Alla base del muro le nervature presentano ciascuna un'apertura trasversale per il passaggio delle armature della trave di collegamento che si realizza fra i pannelli; l'altezza dell'apertura viene determinata in base all'altezza della suola di stabilizzazione, assicurando un adeguato ricoprimento dell'armatura superiore della trave.

L'elemento a "T" viene considerato, nelle applicazioni alle strutture oggetto della presente relazione, come un elemento strutturale di contenimento rinforzato in sommità con una trave solidale alla struttura di sostegno della terra, in grado di permettere la posa di barriere foniche semplici / integrate e di barriere anti-svio.

5.3 Particolari costruttivi

I dettagli ed i particolari costruttivi dei muri sono rappresentati negli elaborati grafici di progetto.

5.4 Definizione delle soluzioni tipologiche

Come già precedentemente accennato, i dimensionamenti interni dei muri di fondazione delle barriere foniche sono stati organizzati per sezioni tipologiche, sviluppando le verifiche per diverse classi di altezza e per differenti stratigrafie di riferimento, in relazione al parametro di altezza totale del muro (ovvero della distanza tra l'intradosso della fondazione e la testa del pannello prefabbricato) e al parametro di altezza del rilevato.

Sono stati analizzati tutti i casi riportati negli abachi allegati, ovvero:

- muri porta FOA (barriera semplice) con altezza totale H_T compresa fra 1.8 e 3.0 m, fondati su rilevati di altezza H_{RIL} compresa fra 0 e $8m - H_{FOA} = 3m$

Nelle figure seguenti si riporta una sezione tipo del muro di fondazione delle barriere foniche semplici e del muro a T con barriera integrata, con la legenda per la lettura degli abachi.

SEZIONE TIPO MURO PREFABBRICATO
PORTABARRIERA

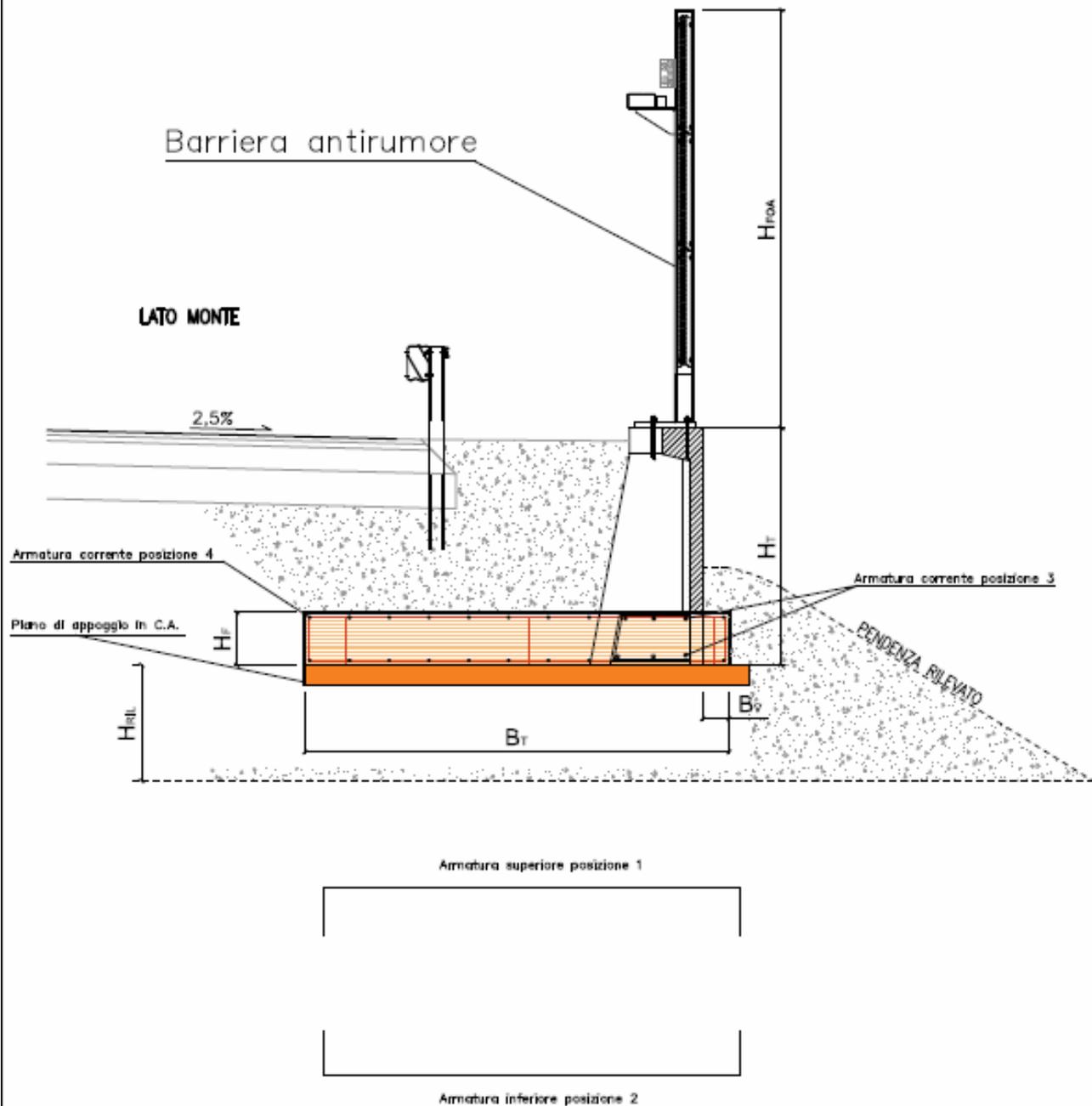


Figura 1 - Sezione tipo del muro prefabbricato di fondazione per barriera fonica semplice

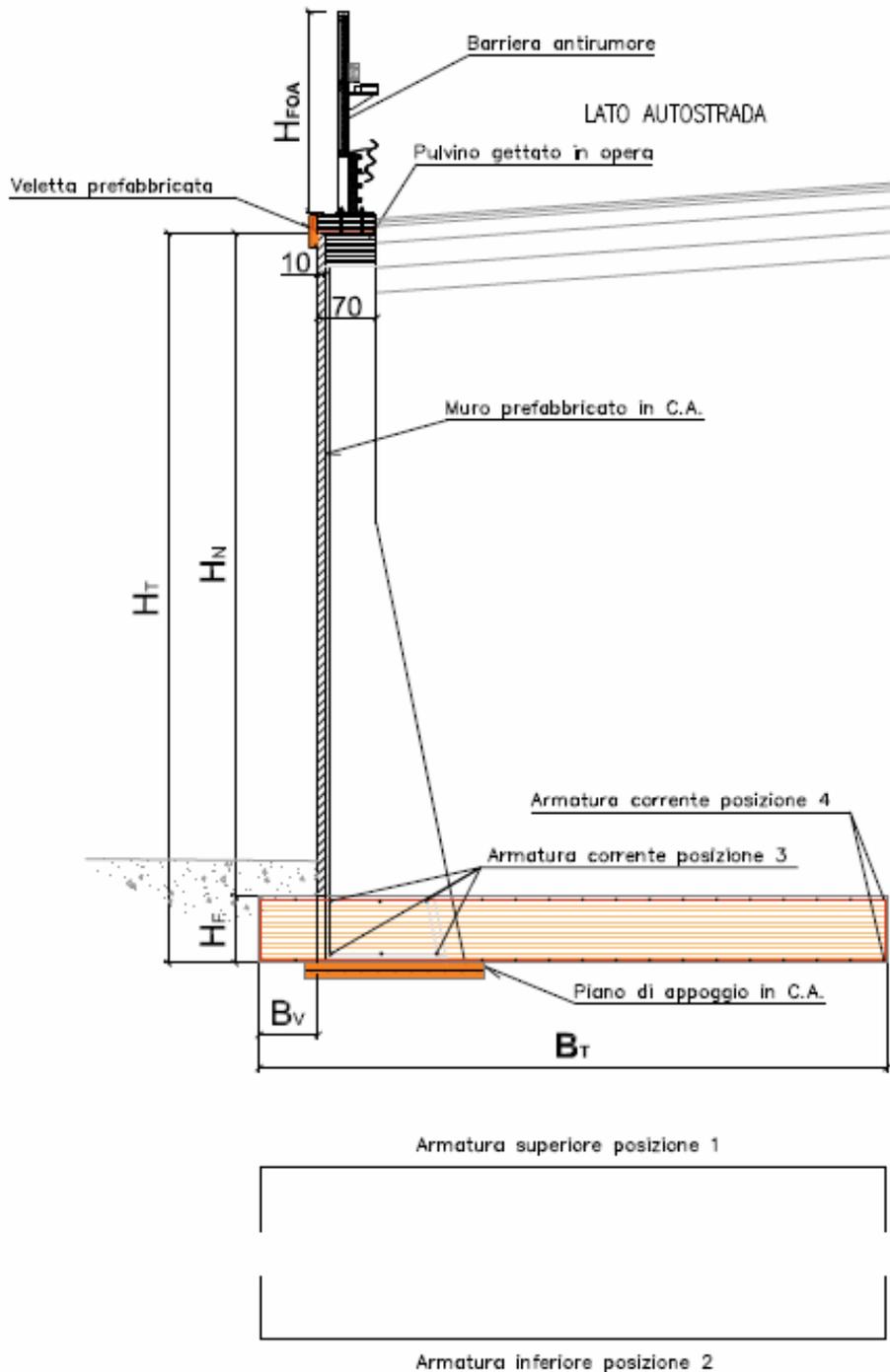


Figura 2 - Sezione tipo del muro prefabbricato di fondazione per barriera integrata

La carpenteria di progetto specifica per la fondazione di ciascuna barriera fonica è stata definita scegliendo l'opportuna sezione riportata nell'abaco in base all'altezza totale del muro, all'altezza del rilevato, alla zona omogenea (angolo d'attrito di base) ed alla pressione del vento, come sinteticamente riportato nella tabella seguente.

WBS	PROG. INIZIALE	PROG. FINALE	SVILUPPO	H _{rilev}	H _{barr}	PRESSIONE VENTO
F005	91+350	91+875	525 m	5,50 m	3 m	1,37 kPa
F006	93+034	93+199	165 m	6.00 m	3 m	1.47 kPa
F011	96+741	96+876	135 m	6,00 m	3 m	1,50 kPa
F020	90+158	90+320	162 m	6.00 m	3 m	1,47 kPa
F021	90+807	91+017	210 m	6.00 m	3 m	1,44 kPa
F103	90+143	90+284	141 m	6.00 m	3 m	1,49 kPa
F104	91+420	91+909	489 m	6.00 m	3 m	1,37 kPa
F105	93+282	93+534	252 m	7,00 m	3 m	1,42 kPa
F111	96+695	96+905	210 m	5,00 m	3 m	1,38 kPa

Tabella 3 – Tipologia delle fondazioni delle barriere foniche

Si precisa che l'altezza del rilevato riportata nella tabella precedente, è valutata a partire dal piano stradale, al contrario l'utilizzo dell'abaco prevede la stima di un'altezza valutata a partire dal piano di imposta della fondazione.

6. ANALISI DEI CARICHI

La valutazione delle azioni caratteristiche a intradosso plinto delle diverse strutture viene eseguita facendo riferimento al seguente paragrafo della Normativa di riferimento - N.T.C.- 08 - D.M. 14 gennaio 2008: par. 6.5.3.1.1 - Muri di Sostegno.

Nel seguito si riassumono le condizioni di carico considerate nell'analisi di verifica delle strutture.

6.1 Azioni permanenti

6.1.1 Pesi propri

Per il calcolo del peso proprio delle strutture si assumono i pesi unitari di seguito indicati:

- Struttura in c.a. $\gamma_1 = 25.0 \text{ kN/m}^3$;
- Terreno di ritombamento: $\gamma_2 = 19.0 \text{ kN/m}^3$.

6.1.2 Spinta delle terre

La valutazione delle spinte delle terre viene effettuata considerando quale paramento ideale del muro il piano verticale passante dal filo interno della platea di fondazione; l'angolo di attrito tra paramento verticale e terreno può essere considerato pari a $0.67\phi'$, con ϕ' angolo di resistenza al taglio di progetto.

Nelle verifiche la spinta del terreno viene determinata con la seguente espressione:

$$p'_a(z) = [\sigma'_v(z) + q] \cdot K_a - 2c' \sqrt{K_a}$$

- $\sigma'_v(z)$ = tensione verticale efficace alla generica quota z;
- K_a = coefficiente di spinta attiva;
- q = eventuale sovraccarico uniformemente distribuito;
- c' = coesione efficace.

Per il calcolo di K_a si utilizza la formula di Mueller-Breslau (1924), valida per superfici di rottura piane, e generalizzata per tener conto delle condizioni sismiche in base alla teoria di Mononobe ed Okabe riportata di seguito (si veda Eurocodice 8 – rif.[15]):

- per $\beta \leq \phi - \theta$:

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \text{sen}^2\psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\phi + \delta) \text{sen}(\phi - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

- per $\beta > \phi - \theta$:

$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \text{sen}^2\psi \text{sen}(\psi - \theta - \delta)}$$

in cui:

- ϕ = angolo di resistenza al taglio del terreno
- β = inclinazione del terreno a monte del muro rispetto all'orizzontale (positivo per terreno che sale allontanandosi dal muro)
- ψ = inclinazione del muro rispetto all'orizzontale ($>90^\circ$ per parete inclinata verso valle)
- δ = angolo di attrito muro-terreno
- θ = angolo dipendente dalla accelerazione sismica e definito dalle seguenti espressioni:

$$\theta = \text{tg}^{-1} (k_h / (1 \pm k_v))$$

essendo k_h e k_v rispettivamente i coefficienti di accelerazione sismica orizzontale e verticale (si veda il successivo par. § 6.4.1).

La spinta attiva risultante P_a risulta inclinata dell'angolo δ sull'orizzontale. Pertanto il valore della spinta orizzontale P_{AH} è pari a:

$$P_{AH} = P_a \cdot \cos \delta$$

mentre la componente verticale P_{AV} risulta:

$$P_{AV} = P_a \cdot \sin \delta$$

Le componenti della spinta sono costituite in generale da due aliquote, l'una dovuta al peso proprio del terreno l'altra dovuta al sovraccarico, che avranno distribuzione diversa lungo l'altezza dell'opera: la prima di tipo triangolare l'altra di tipo rettangolare, se carico distribuito uniforme (permanente o accidentale che sia), o differente per aree di carico diverso (nastriforme,).

Le diverse aliquote saranno considerate distintamente in fase di combinazione dei carichi a seconda che si tratti di azioni permanenti, strutturali o non strutturali, o variabili.

6.2 Azioni variabili

6.2.1 Sovraccarico uniforme indefinito

Nel caso specifico si terrà conto di un sovraccarico accidentale uniforme indefinito dovuto al traffico stradale pari a 20 kPa, che dà luogo ad un incremento di spinta attiva dovuta al solo peso proprio del terreno.

6.2.2 Carichi trasmessi dalle barriere foniche

Si rimanda all'**Allegato 1**, in cui sono riportati i valori caratteristici delle singole azioni alla base dei montanti, da trasformare in azioni a metro lineare, tenendo conto dei seguenti interessi:

- 3.0 m per barriere classiche
- 2.25 m per barriere integrate

Nella determinazione delle azioni trasmesse dalle barriere antifoniche in caso di sisma si è operato entrando nello spettro di Normativa con il valore del periodo proprio della struttura della barriera stessa per determinare il valore di accelerazione da applicare alla massa.

6.3 Azioni eccezionali

Considerando il traffico veicolare al di sopra della sommità del muro e la presenza della barriera stradale montata sopra la sommità del muro (peso = 150 kg/m), si è tenuto conto di un sovraccarico eccezionale dovuto all'azione dell'urto causata da collisioni accidentali sugli elementi di sicurezza stessi:

- attraverso una forza orizzontale equivalente di collisione di 100 kN applicata a 1.0 m sopra il livello del piano di marcia e gravante su almeno 4 pannelli prefabbricati (10m) nel caso di sicurvia metallico - tipo guard rail (par. 3.6.3.3.2 - N.T.C. 2008)
- attraverso una forza orizzontale equivalente di collisione di 500 kN applicata a 1.25 m sopra il livello del piano di marcia e gravante su almeno 8 pannelli prefabbricati (20m) nel caso di urto su elemento in cls (par. 3.6.3.3.1- N.T.C. 2008)

6.4 Azione sismica

Nelle verifiche sismiche le azioni generate dal sisma ed agenti sulla struttura sono considerate come segue:

1. spinta sismica del terreno a tergo del muro
2. forze d'inerzia orizzontali e verticali del muro e del terreno
3. forze d'inerzia orizzontali e verticali trasmesse dalle barriere foniche

6.4.1 Spinta sismica del terreno a tergo del muro

Per muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto ove agisce la spinta in condizioni statiche. Essendo questa circostanza applicabile ai muri qui esaminati, la spinta a tergo del muro in condizioni sismiche è stata valutata semplicemente sostituendo al coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche K_a il coefficiente K_{as} (coefficiente di spinta attiva in condizioni sismiche):

$$p'_a(z) = [\sigma'_v(z) + q] \cdot K_{as} - 2c' \sqrt{K_{as}}$$

Il calcolo del coefficiente di spinta in condizioni sismiche viene effettuato come già indicato nel precedente paragrafo 6.1.2.

I coefficienti di accelerazione sismica k_h e k_v valgono rispettivamente:

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

$$k_v = \pm 0.5 k_h$$

dove:

- a_{max} = accelerazione massima attesa al sito in considerazione

- g = accelerazione di gravità
- β_m = coefficiente riduttivo che tiene conto dei possibili spostamenti dell'opera

L'accelerazione massima è stata valutata come:

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

in cui:

- a_g = accelerazione massima attesa al sito di riferimento sul substrato rigido
- S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica
- S_T = coefficiente di amplificazione topografica

Il coefficiente riduttivo β_m viene desunto dalla tabella 7.11. II della normativa vigente qui di seguito riprodotta:

Intervallo dell'accelerazione sismica	β_m	
	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
$0.2 < a_g \leq 0.4$	0.31	0.31
$0.1 < a_g \leq 0.2$	0.29	0.24
$a_g \leq 0.1$	0.20	0.18

Tabella 4 – Coefficiente riduttivo β_m per gli spostamenti dell'opera

Per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno il coefficiente β_m viene assunto pari all'unità.

6.4.2 Forze d'inerzia

Le forze di inerzia del muro, del terreno direttamente poggiante su di esso e delle eventuali strutture collegate sono state valutate come:

$$F_p = k_h W_i$$

$$F_v = \pm k_v W_i$$

in cui k_h e k_v sono, rispettivamente, il coefficiente di accelerazione sismica orizzontale ed il coefficiente di accelerazione sismica verticale di cui al paragrafo precedente e W_i è il peso della struttura considerata. Tali azioni sono applicate nel baricentro della struttura.

7. CRITERI DI VERIFICA E COMBINAZIONI DI CARICO

Il progetto e la verifica della struttura in questione è stata eseguita mediante il metodo degli “Stati Limite”, verificando:

1. Combinazioni SLU:

COMBINAZIONE	PERMANENTI		ACCIDENTALI		VENTO		SISMA		URTO	
	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ
A1+M1 - vento	1.3	1.0	1.5	1.0	1.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
A1+M1 - traffico	1.3	1.0	1.5	0.7	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
A2+M2 - vento	1.0	1.0	1.3	1.0	1.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
A2+M2 - traffico	1.0	1.0	1.3	0.7	1.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
EQ	1.1	1.0	1.5	1.0	1.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
EQ	1.1	1.0	1.5	0.7	1.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sisma	1.0	1.0	1.0	0.2	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
URTO	1.0	1.0	1.0	0.2	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0

2. Combinazioni SLE:

COMBINAZIONE	PERMANENTI		ACCIDENTALI		VENTO		SISMA		URTO	
	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ	γ	ψ
RARA	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
FREQUENTE	1.0	1.0	1.0	0.5	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Q.PERMANENTE	1.0	1.0	1.0	0.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Le verifiche sono state effettuate con riferimento all’Approccio 1, Combinazioni 1 (A1+M1+R1) e 2 (A2+M2+R2) rispettivamente per le verifiche strutturali (STR) e geotecniche (GEO).

Nel seguito si riporta una breve descrizione dei criteri di verifica sia con riferimento alle condizioni statiche che sismiche.

7.1 Verifiche geotecniche e strutturali – SLU

Secondo la normativa vigente si ha:

$E_d \leq R_d$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

ovvero

$$E_d = \gamma_E \cdot E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right],$$

con $\gamma_E = \gamma_F$, e dove R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right].$$

Per i muri di sostegno o per altre strutture miste ad essi assimilabili devono essere effettuate le verifiche con riferimento almeno ai seguenti stati limite:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)*
 - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
 - scorrimento sul piano di posa;
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
 - ribaltamento;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali,

accertando che la condizione (6.2.1) sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.

Le verifiche allo SLU di scorrimento e capacità portante sono condotte per le condizioni statiche e le condizioni sismiche secondo l'approccio 1 e le combinazioni di seguito elencate:

- Combinazione 1 : (A1+M1+R1)

- Combinazione 2 : (A2+M2+R2).

Per la sola verifica a ribaltamento si considera la sola combinazione (EQ+M2+R2).

La normativa vigente prevede i seguenti coefficienti:

COEFFICIENTI SULLE AZIONI γ_F

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

COEFFICIENTI SUI MATERIALI γ_M

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

COEFFICIENTI SULLE RESISTENZE γ_R

Coefficienti parziali γ_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	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

7.1.1 Verifica allo scivolamento

Per la verifica allo scivolamento, deve essere soddisfatta la seguente espressione:

$$R_d = \frac{N \cdot \operatorname{tg}(\delta_s)}{\gamma_R} \geq E_d = H$$

dove:

N = carico verticale totale a quota intradosso fondazione

H = carico orizzontale totale a quota intradosso fondazione

δ_s = angolo di attrito tra fondazione e terreno

Nel caso in esame si è assunto $\delta_s \approx \phi'_{cs}$ essendo ϕ'_{cs} l'angolo d'attrito a volume costante o di stato critico del terreno di fondazione.

7.1.2 Verifica al ribaltamento

Per la verifica al ribaltamento, deve essere soddisfatta la seguente espressione:

$$R_d = M_{stab} \geq E_d = M_{rib}$$

dove M_{stab} e M_{rib} sono rispettivamente la somma dei momenti stabilizzanti e quelli ribaltanti valutati rispetto al punto O evidenziato nella figura seguente.

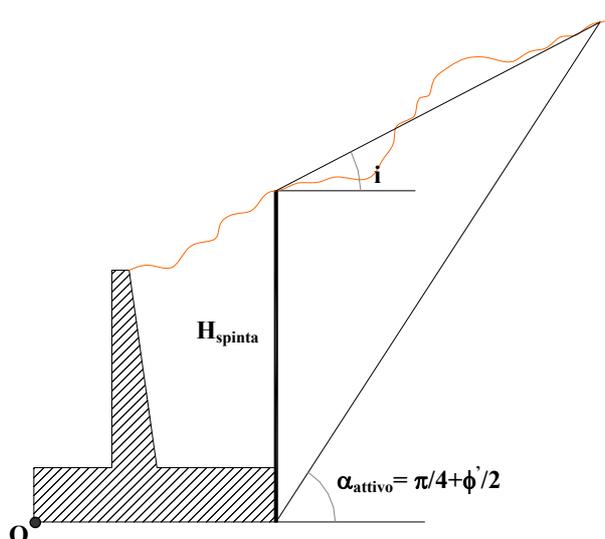


Figura 3 - Posizione del punto O per la verifica al ribaltamento del muro

7.1.3 Verifica di capacità portante

La valutazione della capacità portante delle fondazioni superficiali viene condotta in accordo all'equazione:

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

Le espressioni che forniscono i valori dei fattori di capacità portante (N) e dei fattori correttivi (s, i, b, g) sono riportate nella tabella seguente:

Fattori di capacità portante	N_c	$(Nq-1)\cot\phi$	Hansen
	N_γ	$1,5*(Nq-1)\tan\phi$	Hansen
	N_q	$e^{\pi\tan\phi}\tan^2(45+\phi/2)$	Hansen
Fattori correttivi	forma		
	s_c	1 per fondazioni nastriformi	Hansen
	s_γ	1 per fondazioni nastriformi	Hansen
	s_q	1 per fondazioni nastriformi	Hansen
	approfondimento		
	d_c	$1+0,4k$	Hansen e Vesic
	d_γ	1	Hansen e Vesic
	d_q	$1+2\tan\phi(1-\sin\phi)k$	Hansen e Vesic
	Inclinazione carico		
	i_c	$i_q - (1-i_q)/(Nq-1)$	Hansen e Vesic
	i_γ	$(1-(0,7*H)/(N+B*c*\cot\phi))^5$	Hansen
	i_q	$(1-(0,5*H)/(N+B*c*\cot\phi))^5$	Hansen
	Inclinazione fondazione*		
	b_c	$1-\eta/147^\circ$	Hansen
	b_γ	$\exp(-2,7*\eta\tan\phi)$	Hansen
	b_q	$\exp(-2*\eta\tan\phi)$	Hansen
Inclinazione piano campagna**			
g_c	$gq - [(1-gq)/(Nc*\tan\phi)]$	Hansen	
g_γ	$(1-\tan\beta)^2$	Hansen	
g_q	g_γ	Hansen	

* η = inclinazione base fondazione

** β = inclinazione pendio (dipende dall'angolo d'inclinazione del rilevato e dall'altezza del rilevato)

Tabella 5 – Coefficienti per il calcolo della capacità portante in condizioni drenate

Le formule utilizzate si riferiscono alla fondazione efficace equivalente ovvero quella fondazione rispetto alla quale il carico verticale N risulta centrato; la fondazione equivalente è caratterizzata dalle dimensioni B' e L' valutate sulla base dei criteri proposti da Meyerhof.

Il coefficiente di sicurezza a capacità portante è dato da:

$$F_s = \frac{q_{lim} - q}{q_{adm} - q}$$

dove:

q_{lim} = capacità portante limite del terreno

q = pressione verticale efficace agente alla quota di imposta della fondazione

q_{adm} = pressione verticale uniforme sulla fondazione di area ridotta (N/Br)

F_s = coefficiente di sicurezza ($R1;R2;R3 < k_p$)

La formulazione teorica utilizzata consente di stimare la q_{lim} di una fondazione inserita in un contesto stratigrafico caratterizzato dalla presenza di 2 strati di cui il più profondo (strato 2) ha proprietà meccaniche peggiori, sia in termini di resistenza al taglio sia in termini di parametri di deformabilità.

In tale contesto stratigrafico, il cinematismo di rottura che governa la capacità portante potrebbe risultare quello per punzonamento (valori di rapporto H/B bassi, dove H indica la distanza tra intradosso fondazione e il passaggio stratigrafico tra strato 1 e strato 2, mentre B rappresenta la larghezza della fondazione). Quando il valore del rapporto H/B è alto il cinematismo di rottura si sviluppa unicamente all'interno dello strato 1.

Se il cinematismo di rottura che governa la capacità portante si sviluppa all'interno della scarpata del rilevato, la q_{lim} può essere ottenuta dalla espressione riportata in precedenza:

$$q_{lim} = 0.5 \gamma_c B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q_{eq}(\beta_{ape}) N_q s_q d_q i_q b_q g_q(\beta_{ape})$$

avendo l'accortezza di stimare la pressione efficace alla quota di imposta della fondazione ed i coefficienti di inclinazione del piano campagna in funzione dell'angolo di inclinazione equivalente β_{APE} della scarpata del rilevato (vedi figura seguente)

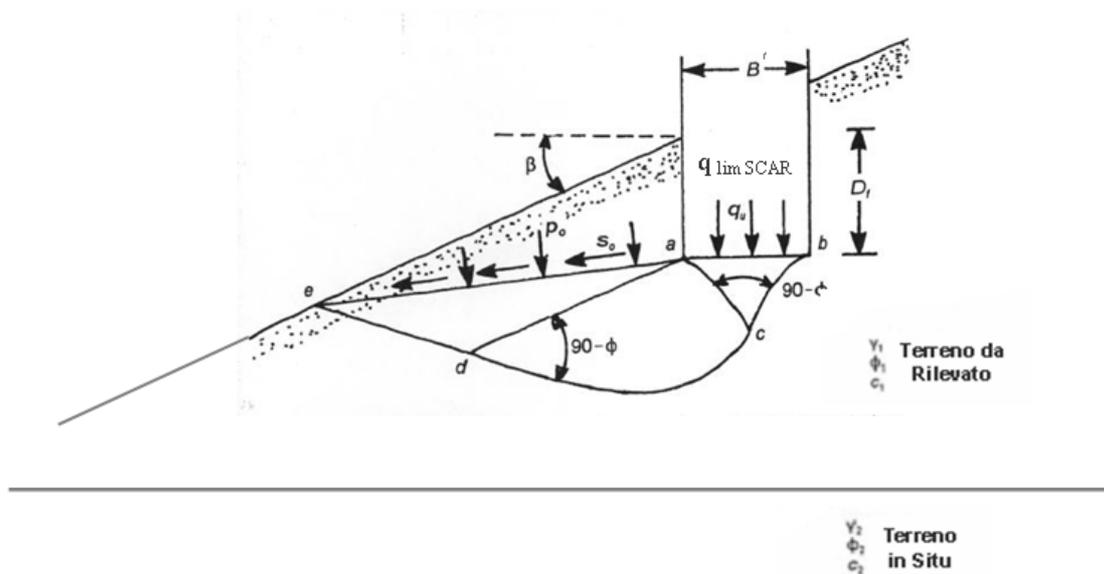


Figura 4: Cinematismo di rottura che si sviluppa all'interno della scarpata del rilevato senza interessare il terreno in situ.

Se il cinematismo di rottura che governa la capacità portante risulta essere quello per punzonamento, considerando un metro lineare di struttura, la q_{lim} può essere ottenuta dalla seguente espressione:

$$q_{lim \text{ PUNZ}} = q_{b2} + \frac{2 \cdot (C_a + P_p \cdot \sin \delta)}{B} - \gamma_{ril} \cdot H_{ril}^*$$

dove:

- B = larghezza della fondazione (m)
- C_a = forza dovuta all'adesione che si sviluppo sulle superfici aa' e bb' (kN/m)
- P_p = forza "passiva" che agisce sulle superfici aa' e bb' (kN/m)
- q_{b2} = capacità portante riferita al contatto stratigrafico terreno 1 – terreno 2
- δ = inclinazione della forza passiva P_p rispetto all'orizzontale.

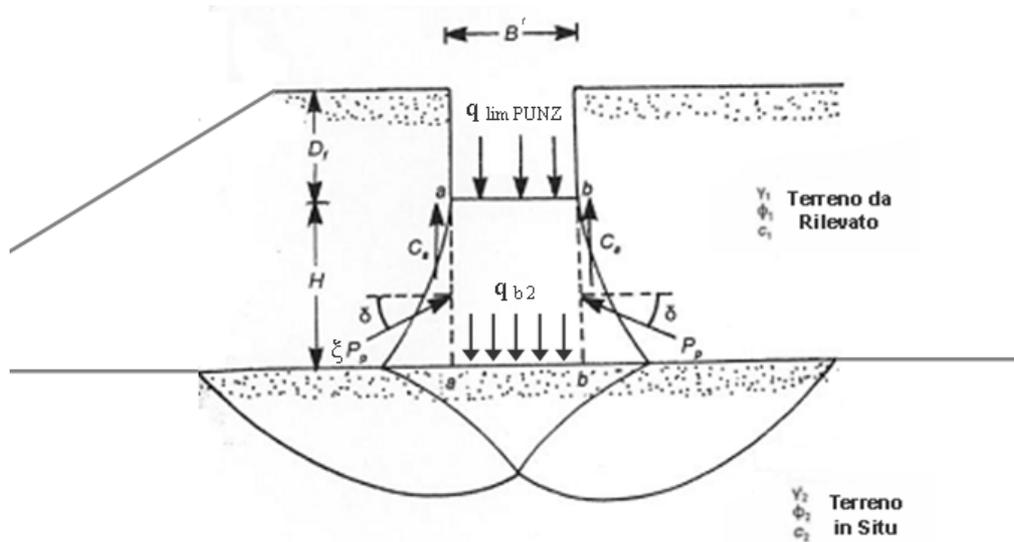


Figura 5: Cinematismo di rottura per "punzonamento".

Nel caso specifico, date le caratteristiche assunte per il terreno da rilevato, si ha $C_a = 0$ kN/m. Si è inoltre assunto, a favore di sicurezza, che la spinta passiva agente sulle superfici aa' e bb' possa essere trascurata.

Resta inteso che la q_{lim} della fondazione è il minore tra i 2 valori calcolati:

$$q_{lim} = \min \left\{ \begin{array}{l} q_{lim \text{ PUNZ}} = q_{b2} + \frac{2 \cdot (C_a + P_p \cdot \sin \delta)}{B} - \gamma_{ril} \cdot H_{ril}^* \\ q_{lim \text{ SCAR}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma_{ci} \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_{\gamma B'} \cdot d_{\gamma B'} \cdot i_{\gamma B'} \cdot g_{\gamma B'} + q_{eq}(\beta_{APE}) \cdot N_q \cdot s_{q B'} \cdot d_{q B'} \cdot i_{q B'} \cdot g_{q B'}(\beta_{APE}) \end{array} \right.$$

7.2 Verifiche geotecniche e strutturali – SLE

Le verifiche geotecniche allo SLE sono riassunte e descritte nei paragrafi seguenti.

7.2.1 Stima delle rotazioni dell'opera

Il dimensionamento e la verifica delle fondazioni dirette è stata condotta anche con riguardo agli spostamenti orizzontali indotti alla testa della barriera dalle rotazioni subite dalla sommità della fondazione.

Le rotazioni della testa della fondazione sono state calcolate con la seguente espressione:

$$\tan \vartheta = \frac{1 - \nu^2}{E} \frac{M}{B_{\text{reag}}^2 \cdot L} I_{\vartheta}$$

con:

- ν = coefficiente di Poisson del terreno;
- E = modulo di deformabilità del terreno;
- M = momento flettente applicato al baricentro della fondazione;
- B_{reag} = tratto di larghezza della fondazione in cui la pressione di contatto tra calcestruzzo e terreno risulta positiva;

$$B_{\text{reag}} = \min \left(3 \cdot \left(\frac{B}{2} - e \right); B \right)$$

- B = larghezza della fondazione;
- e = eccentricità dei carichi;
- L = sviluppo in pianta della fondazione;
- I_{ϑ} = coefficiente di influenza della fondazione, dipendente dal rapporto L/B (cfr. Bowles J. E., 1991).

Coefficiente di influenza per le fondazioni rigide (I_0)											
L/B	0.10	0.20	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	5.00	10.00	100.00
I_0	1.59	2.42	3.54	3.94	4.17	4.44	4.59	4.74	4.87	4.98	5.06

Tabella 6 – Coefficiente di influenza I_0 per il calcolo di spostamenti (Taylor, 1967)

Ai fini del dimensionamento delle opere in fondazione, dovrà essere assunto un limite di deformabilità della testa della fondazione tale da produrre uno spostamento della testa della struttura di sostegno dei pannelli pari a 1/500 della sua altezza.

Per quanto riguarda la scelta dei moduli operativi E per il terreno da rilevato e per il terreno in situ, si è verificato che essi risultassero inferiori a quelli deducibili dalla curva di decadimento del modulo di elasticità proposta da Berardi (1999).

Il ricorso al metodo di Berardi (1999) in questa sede consiste in una procedura iterativa, descritta sinteticamente di seguito:

1. Valutazione del modulo di Young a piccole deformazioni (E_0') medio nel tratto di interesse H_{ced} riferito a pressioni efficaci pari a quelle geostatiche (tale valore è assunto volutamente cautelativo). Il valore di H_{ced} dipende principalmente dalle dimensioni e dalla forma della fondazione, dal reale profilo del modulo di Young con la profondità e dal livello di mobilitazione di resistenza al taglio indotto dall'applicazione dei carichi. In questa sede, si è cautelativamente assunto $H_{ced} \approx 3.5B_{reag}$ (con B_{reag} si intende tratto di larghezza della fondazione in cui la pressione di contatto tra calcestruzzo e terreno risulta positiva).
2. Si ipotizza un cedimento s^* della fondazione di primo tentativo, si valuta il rapporto s^*/B_{reag} ed in riferimento alla curva di Figura 6, entrando in ascissa con il valore s^*/B_{reag} , si valuta il rapporto E/E_0 .
3. Definito il rapporto E/E_0 e quindi il modulo di Young "operativo" E in funzione del rapporto s^*/B_{reag} , si calcola il cedimento della fondazione con la seguente equazione:

$$s_B = \frac{q_{\text{reag}} \cdot B_{\text{reag}} \cdot (1 - \nu'^2) \cdot I_s}{E}$$

essendo:

- $q'_{\text{reag}} = (q_{\text{reag}} - q_o')$ = incremento di pressione efficace media netta
- $q_{\text{reag}} = N/A_{\text{reag}}$ = pressione efficace esercitata sul terreno dalla fondazione
- N = carico verticale comprensivo del peso del plinto di fondazione
- A_{reag} = area della fondazione in cui la pressione di contatto tra calcestruzzo e terreno risulta positiva
- q_o' = pressione verticale efficace geostatica alla quota intradosso plinto
- B_{reag} = larghezza della fondazione in cui la pressione di contatto tra calcestruzzo e terreno risulta positiva
- ν' = rapporto di Poisson = 0.20÷0.30
- I_s = coefficiente di influenza (vedi la tabella seguente)

4. Si itera il procedimento fintantoché $s_B \equiv s^*$.

5. Il modulo operativo da utilizzare nei calcoli delle rotazioni delle fondazioni delle barriere antirumore, dovrà essere minore di quello stimato con la procedura appena descritta:

$$E_{\text{op}} \leq E_{\text{MAX}} = E_0 \cdot \left(\frac{E}{E_0} \left(\frac{s_B \equiv s^*}{B_{\text{reag}}} \right) \right)$$

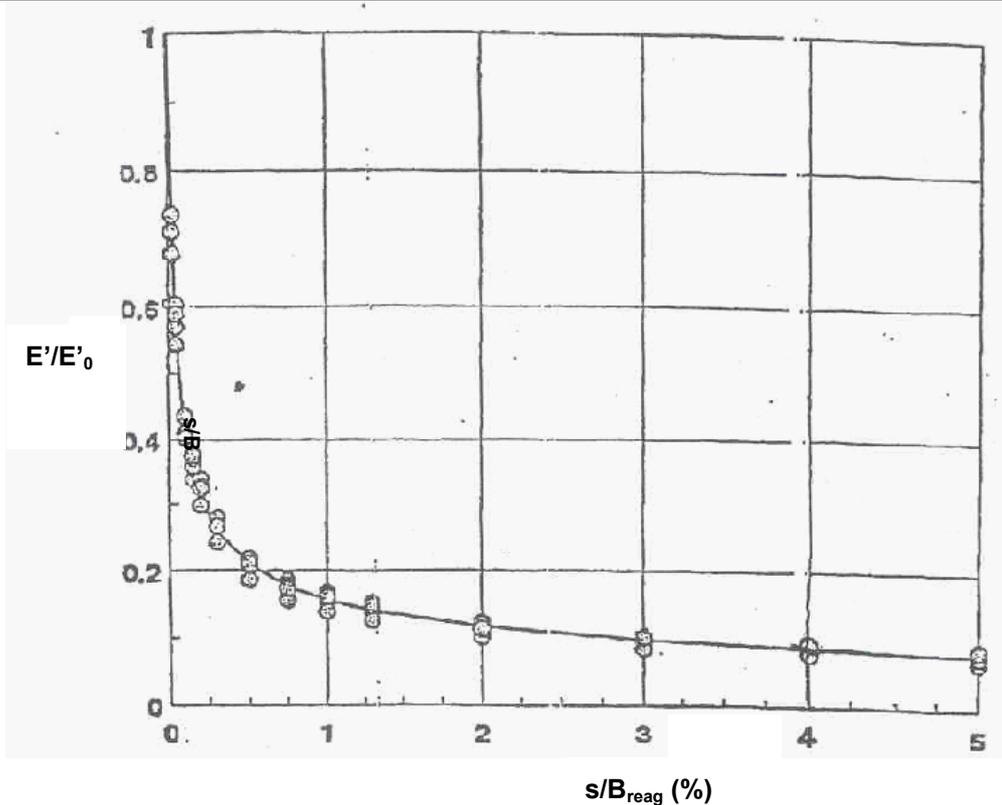


Figura 6: Curva di decadimento del modulo di Young in funzione di s/B (Berardi, 1999)

H _{ced} /B _{reag}	Area rettangolare				
	L/B				
	1	2	3	5	10 (>10)
0.5	0.35	0.39	0.40	0.41	0.42
1.0	0.56	0.65	0.67	0.68	0.71
1.5	0.63	0.76	0.81	0.84	0.89
2.0 (>2.0)	0.69	0.88	0.96	0.99	1.06

B_{reag} = dimensione minore della fondazione (dove σ contatto con terreno sono positive)
L = dimensione maggiore della fondazione rettangolare
H_{ced} = profondità di influenza, nell'ambito della quale si sviluppa gran parte del cedimento

Tabella 7: Valori del coefficiente di influenza I_s (Tsyrovich, 1951)

7.2.2 Verifiche strutturali

Le verifiche strutturali sono di seguito descritte:

Verifica a fessurazione:

Secondo le prescrizioni riportate nella norma UNI EN 206-1 il muro può essere soggetto alle condizioni ambientali corrispondenti alle seguenti classi di esposizione : XD1 e XC3 (per le classi XF e XA è necessario fare riferimento ai parametri qualitativi del calcestruzzo).

Per la definizione del limite di apertura delle fessure si assumono i seguenti parametri:

- Condizioni ambientali aggressive
- Armature poco sensibili

Quindi:

- combinazione frequente : $w_k=1.7 \cdot w_m < w_2=0,3$ mm
- combinazione quasi permanente : $w_k=1.7 \cdot w_m < w_3=0,2$ mm

Verifica delle tensioni di esercizio:

Secondo quanto riportato dal D.M. 14/01/2008 :

4.1.2.2.5.2 Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

Per l'acciaio avente caratteristiche corrispondenti a quanto indicato al Cap. 11, la tensione massima, σ_s , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0,8 f_{yk} \quad (4.1.42)$$

4.1.2.2.5.2 Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

Per l'acciaio avente caratteristiche corrispondenti a quanto indicato al Cap. 11, la tensione massima, σ_s , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0,8 f_{yk} \quad (4.1.42)$$

4.1.2.2.5.2 Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

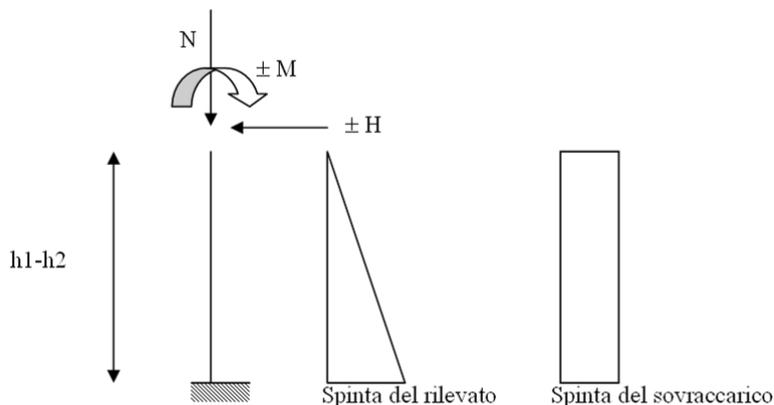
Per l'acciaio avente caratteristiche corrispondenti a quanto indicato al Cap. 11, la tensione massima, σ_s , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0,8 f_{yk} \quad (4.1.42)$$

7.3 Schemi di verifica del pannello prefabbricato

7.3.1 Verifica a flessione nel piano verticale

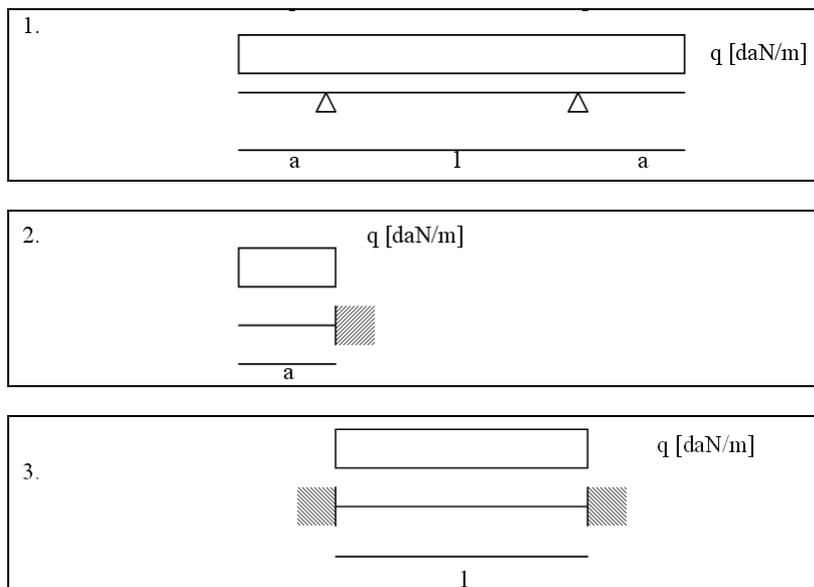
Si adotta lo schema statico di mensola incastrata nella fondazione, secondo lo schema seguente:



Viene condotta una verifica a presso flessione di un'equivalente sezione a T, con una sola nervatura data dalla somma delle due nervature, a partire dal bordo superiore del paramento prefabbricato, con passo di esplorazione "d".

7.3.2 Verifica a flessione nel piano orizzontale

Gli schemi statici adottabili per la verifica della soletta nel piano orizzontale sono i seguenti :



In quanto per le caratteristiche geometriche del pannello è sempre $a > l/2$ lo schema di carico più gravoso si ha per la condizione 2, per cui nel calcolo si adotta lo schema di mensola incastrata nella nervatura.

Viene valutato lo sforzo di flessione a cui sono sottoposti i due sbalzi laterali del pannello, alla sezione d'attacco con le nervature verticali.

7.3.3 Verifica a taglio

Secondo quanto riportato dal D.M. 14/01/2008 :

4.1.2.1.3.2 Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2,5 \quad (4.1.16)$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (4.1.17)$$

dove V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \cdot \sin \alpha \quad (4.1.18)$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta) \quad (4.1.19)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd}) \quad (4.1.20)$$

dove d , b_w e σ_{cp} hanno il significato già visto in § 4.1.2.1.3.1. e inoltre si è posto:

A_{sw}	area dell'armatura trasversale;	
s	interasse tra due armature trasversali consecutive;	
α	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;	
f'_{cd}	resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$);	
α_c	coefficiente maggiorativo pari a	
	1	per membrane non compresse
	$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
	1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
	$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

7.4 Schema di verifica della soletta di fondazione

7.4.1 Verifica a flessione

Si verifica la sezione resistente della soletta di fondazione, sollecitata a momento flettente per effetto del carico del terreno insistente su di essa, del sovraccarico e della reazione scambiata all'interfaccia con il terreno d'appoggio.

Si adotta lo schema statico di mensola incastrata nel cordolo armato passante nei fori delle nervature stesse.

ALLEGATO 1

CARICHI TRASMESSI DALLE BARRIERE FONICHE

1. Generalità	3
2. Velocità di riferimento	3
3. Pressione del vento	5
3.1 Pressione cinetica di riferimento	5
3.2 Coefficiente di esposizione	7
3.3 Coefficiente di forma	11
3.4 Coefficiente di Topografia	13
3.5 Pressione del vento assunta nei calcoli	14
4. Azioni sismiche trasmesse dalle barriere foniche	17

1. Generalità

Il vento esercita sulle superfici esposte della barriera antirumore azioni dirette che variano sia nel tempo e sia nello spazio provocando in generale effetti di tipo dinamico.

Per gli abituali approcci progettuali è possibile perseguire l'approccio "*quasi statico equivalente*", vale a dire l'azione dinamica del vento è ricondotta a sistemi di forze e pressioni i cui effetti siano equivalenti a quelli del vento turbolento.

Nella progettazione dei sistemi fondazionali delle barriere antirumore, è pratica comune e ad onor del vero ampiamente giustificata, non adottare approfonditi procedimenti analitici, numerici o sperimentali che tengano esplicitamente conto della reale natura dinamica dell'azione del vento e trascurare gli effetti di risonanza che possono innescarsi a seguito della vicinanza delle frequenze naturali della costruzione e delle forzanti aerodinamiche.

Generalmente la direzione del vento è assunta orizzontale e ortogonale alla superficie esposta dei pannelli delle barriere antirumore.

2. Velocità di riferimento

La determinazione dell'azione del vento sui pannelli delle barriere antirumore parte dall'individuazione della cosiddetta *velocità di riferimento* v_b . La velocità di riferimento è definita come il "*valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II, mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni*".

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche, che tengano conto della scabrezza del sito, della topografia del terreno e della direzione dei vento, per località poste a quota inferiore di 1500 m sul livello del mare, tale velocità non dovrà essere assunta minore del valore fornito dalla seguente espressione:

$$v_b = v_{b,0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

$v_{b,0}$, a_0 , k_a sono parametri legati alla regione in cui è realizzata la barriera antirumore, i cui valori sono desumibili dalla Tabella 1 ed in funzione delle zone definite in Figura 1.

a_s è l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito ove sorge la barriera



Figura 1: Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Zona	Descrizione	$v_{ref,0}$	a_0 (m)	k_a (1/s)
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino, Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0.010
2	Emilia Romagna	25	750	0.015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0.020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0.020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0.015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0.020
7	Liguria	28	1000	0.015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0.010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0.020

Tabella 1: Parametri di macrozonazione per il vento

Per altitudini superiori a 1500 m sul livello del mare, i valori della velocità di riferimento possono essere ricavati da dati supportati da opportuna documentazione o da indagini statistiche adeguatamente comprovate. Fatte salve tali valutazioni, comunque raccomandate in prossimità di vette e crinali, i valori utilizzati non dovranno essere minori di quelli previsti per 1500 m di altitudine.

3. Pressione del vento

La pressione esercitata dal vento sui pannelli delle barriere antirumore è data dall'espressione:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove:

- q_b è la pressione cinetica di riferimento;
- c_e è il coefficiente di esposizione;
- c_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aereodinamico), funzione della tipologia e della geometria della barriera antirumore e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento;
- c_d è il coefficiente con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.

3.1 Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento q_b (N/m^2) è data dall'espressione:

$$q_b = 0.5 \rho V_b^2$$

dove:

- V_b è la velocità di riferimento del vento (in m/s);
- ρ è la densità dell'aria assunta costante e pari a 1.25 kg/m^3

3.2 Coefficiente di esposizione

Il valore della velocità di riferimento del vento, legata a considerazioni di macrozonazione, va calibrato per tenere conto degli effetti locali (topografia ed esposizione) del sito dove è posta la barriera antirumore e della distanza dal suolo della barriera antirumore stessa.

In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la barriera, per altezze dal suolo non maggiori di 200 m, il coefficiente di esposizione c_e può essere ottenuto con la formula:

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \cdot \left[7 + c_t \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

dove:

- k_r parametro funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la barriera antirumore, i cui valori possono essere ottenuti dalla Tabella 2;
- z_0 parametro funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la barriera antirumore, i cui valori possono essere ottenuti dalla Tabella 2;
- z_{min} parametro funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la barriera antirumore, i cui valori possono essere ottenuti dalla Tabella 2;
- c_t il coefficiente di topografia, funzione delle caratteristiche topografiche e orografiche del sito ove sorge la barriera antirumore.

Categoria di esposizione del sito	k_r (-)	Z_0 (m)	Z_{min} (m)
I	0.17	0.01	2
II	0.19	0.05	4
III	0.20	0.10	5
IV	0.22	0.30	8
V	0.23	0.70	12

Tabella 2: Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione c_e

In mancanza di analisi specifiche, la categoria di esposizione è assegnata in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la barriera antirumore (Figura 2) e della classe di rugosità del terreno definita in Tabella 3. Nelle fasce entro i 40 km dalla costa delle zone 1, 2, 3, 4, 5 e 6, la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

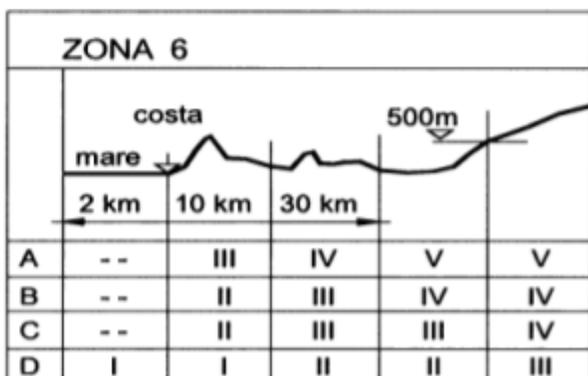
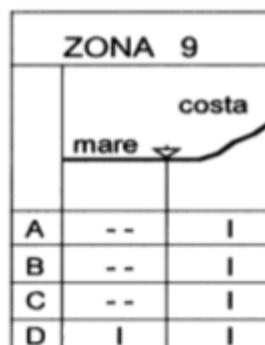
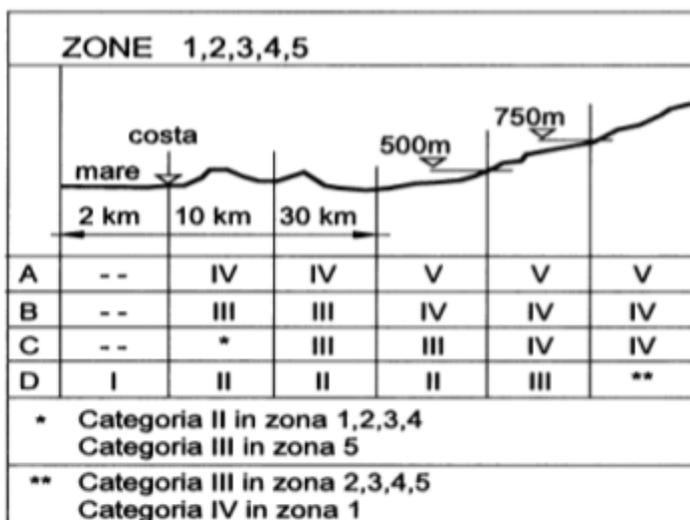


Figura 2: Definizione categorie di esposizione in funzione delle zone

Classe di rugosità dei terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 1 km
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,)
<p>L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica dei terreno. Affinché una barriera antirumore possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla struttura di mitigazione acustica per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della barriera antirumore. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.</p>	

Tabella 3: Classi di rugosità del terreno

3.3 Coefficiente di forma

Nel capitolo 7.4.1 dell' Eurocodice e nel capitolo G.5 delle CNR-DT vengono definiti i coefficienti di pressione complessiva (coefficienti di forma) che devono essere adottati per il calcolo di muri e parapetti piani. Inoltre, il problema viene trattato considerando che la densità delle eventuali luci, presenti negli elementi soggetti all'azione del vento, non sia superiore al 20 % della relativa superficie dell'elemento esposta al vento. Nel caso delle barriere fono assorbenti in progetto, non risultando essere previste delle aperture, la metodologia indicata nei documenti considerati risulta essere applicabile.

I coefficienti di pressione complessiva c_p assumono valori differenti, variabili tra l'inizio della barriera e la zona considerata, per poi assumere un unico valore a partire dalla distanza pari a $4 \cdot h$ dal bordo libero della barriera, dove h rappresenta l'altezza della barriera. La Figura 3 che segue, riporta la suddivisione delle zone della barriera con coefficienti di pressione totale differenti.

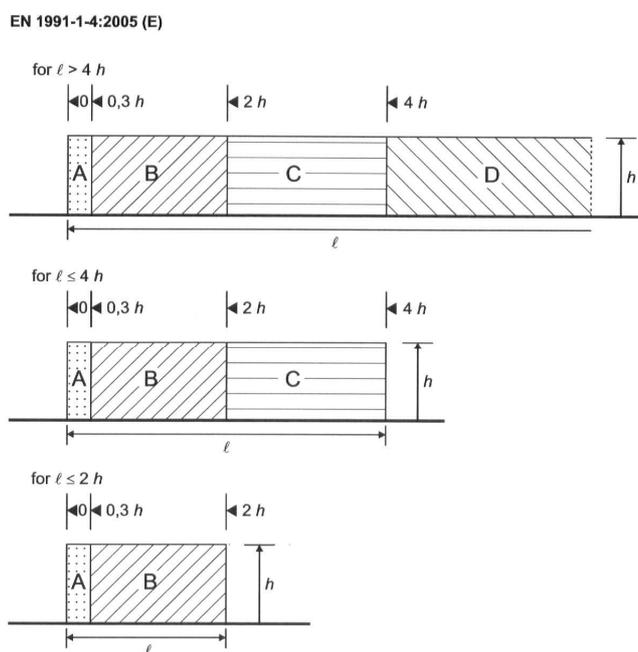


Figura 3: Suddivisione delle barriere in aree di eguale pressione complessiva

Inoltre, i coefficienti di forma sono influenzati anche dalla presenza di eventuali elementi di chiusura posti all'estremità delle barriere. In generale tale influenza porta ad una

diminuzione di tali coefficienti, ma in questa fase di progettazione tali effetti, a vantaggio di sicurezza, non verranno considerati.

La tabella 1 tratta da l'EN 1991-1-4:2005/A1:2010(E) cap. 7.4.1 e riportata nel seguito, indica i valori dei coefficienti di forma per ciascuna fascia dell'elemento, come da Figura 3, sia in assenza sia in presenza di chiusure laterali e per due valori di densità delle aperture. Nella tabella il simbolo **L** individua la lunghezza della barriera.

Table 7.9 — Recommended pressure coefficients $c_{p,net}$ for free-standing walls and parapets

Solidity	Zone		A	B	C	D
$\varphi = 1$	Without return corners	$\ell/h \leq 3$	2,3	1,4	1,2	1,2
		$\ell/h = 5$	2,9	1,8	1,4	1,2
		$\ell/h \geq 10$	3,4	2,1	1,7	1,2
	with return corners of length $\geq h^a$		2,1	1,8	1,4	1,2
$\varphi = 0,8$			1,2	1,2	1,2	1,2

^a Linear interpolation may be used for return corner lengths between 0,0 and h

Tabella 4: Coefficienti di pressione complessiva per le zone A-B-C-D

Per le verifiche geotecniche, l'effetto di bordo (per una lunghezza pari a $4h$ con h altezza della barriera) è stato "spalmato" lungo l'intera barriera facendo una media pesata, ossia

$$C_{peq} = [2 \cdot 4h \cdot C_{pA} + (L - 2 \cdot 4h) \cdot C_{pD}] / L = [2 \cdot 4h \cdot 2.1 + (L - 2 \cdot 4h) \cdot 1.2] / L$$

Nel caso in cui le barriere siano poste sui due lati della carreggiata, e considerando la sola direzione del vento che determina un'azione sfavorevole sul muro di sostegno, si potrebbe considerare un effetto vicendevole di schermatura tra le barriere, che porta ad una riduzione del coefficiente di forma. Tale riduzione, espressa dal coefficiente riduttivo Ψ_s , risulta funzione del rapporto x/h , dove x rappresenta la distanza reciproca tra le due barriere parallele e h rappresenta l'altezza della barriera. La Figura 4 riporta l'andamento del coefficiente riduttivo Ψ_s che tiene conto della schermatura. A vantaggio di sicurezza, e in considerazione del fatto che non sempre la disposizione delle barriere foniche è tale da rendere effettivo e continuativo il reciproco effetto di schermatura delle barriere disposte

sulle due carreggiate, per il calcolo in oggetto tale fenomeno non verrà considerato e si assumerà per il coefficiente di schermatura un valore unitario.

$$C_{pn,s} = \Psi_s * C_{pn,ns}$$

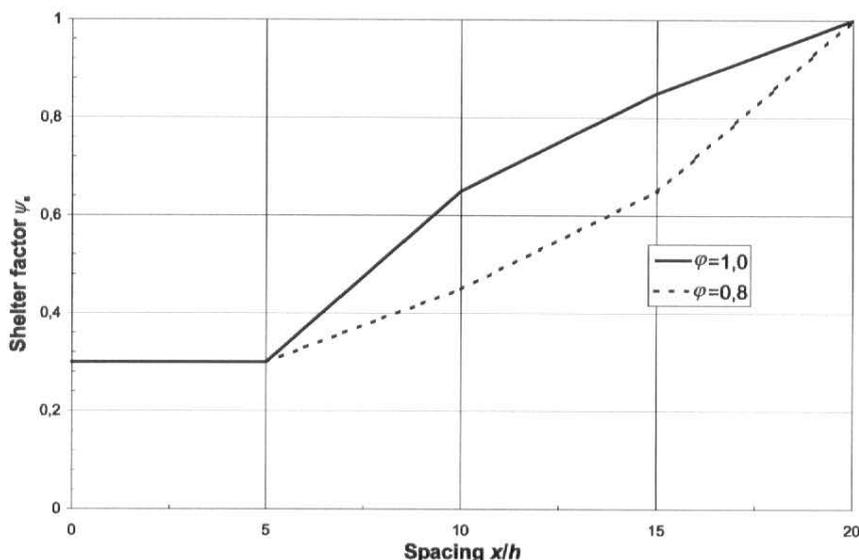


Figura 4: Coefficiente di schermatura

3.4 Coefficiente di Topografia

Nel caso di barriere antirumore poste in corrispondenza della sommità di colline o di pendii isolati, si possono riscontrare incrementi locali della velocità del vento; l'introduzione del coefficiente topografico c_t nella formula per il calcolo della pressione del vento consente appunto di conteggiare i sopra citati incrementi locali di velocità.

Il coefficiente di topografia c_t è posto di regola pari a 1.0, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane. Nel caso di barriere antirumore ubicate presso la sommità di colline o pendii isolati, le formule proposte di seguito danno delle indicazioni di massima su come valutare il coefficiente di topografia c_t .

Per le verifiche geotecniche risulta dimensionante il vento proveniente dall'autostrada e quindi possiamo considerare come un terreno pianeggiante, ossia:

$$c_t = 1.0$$

3.5 Pressione del vento assunta nei calcoli

Nella definizione della pressione del vento, è stato assunto quanto riportato nelle tabelle seguenti

Intervento elementare			Lunghezza totale micro intervento (m)	Caratteristiche intervento			Pressione kPa	Pressione media [kPa]
	DA	A		Lungh. interv. elementare [m]	Altezza FOA [m]	Rilevato [m]		
FOA1-a	88+931	88+943	141.00	12.00	3	2.00	1.985	1.28
FOA1-b	88+943	89+060		117.00	3	2.00	1.134	
FOA1-a	89+060	89+072		12.00	3	2.00	1.985	
FOA2-a	89+098	89+110	192.00	12.00	3	2.00	1.985	1.24
FOA2-b	89+110	89+269		168.00	3	2.00	1.134	
FOA2-a	89+269	89+281		12.00	3	2.00	1.985	
FOA3-a	89+415	89+435	189.00	20.00	5	1.50	2.131	1.31
FOA3-b	89+435	89+604		169.00	5	1.50	1.218	
FOA4-b	89+604	89+772	180.00	168.00	3	2.00	1.134	1.19
FOA4-a	89+772	89+784		12.00	3	2.00	1.985	
FOA5-a	91+350	91+362	525.00	12.00	3	5.50	2.318	1.37
FOA5-b	91+362	91+863		501.00	3	5.50	1.325	
FOA5-a	91+863	91+875		12.00	3	5.50	2.318	
FOA6-a	93+034	93+046	165.00	12.00	3	6.00	2.318	1.47
FOA6-b	93+046	93+187		141.00	3	6.00	1.325	
FOA6-a	93+187	93+199		12.00	3	6.00	2.318	
FOA7-a	93+856	93+868	102.00	12.00	3	2.00	1.985	1.33
FOA7-b	93+868	93+946		78.00	3	2.00	1.134	
FOA7-a	93+946	93+958		12.00	3	2.00	1.985	
FOA8-a	93+975	93+987	72.00	12.00	3	2.00	1.985	1.42
FOA8-b	93+987	94+035		48.00	3	2.00	1.134	
FOA8-a	94+035	94+047		12.00	3	2.00	1.985	
FOA9-a	94+444	94+456	111.00	12.00	3	2.50	1.985	1.32
FOA9-b	94+456	94+543		87.00	3	2.50	1.134	
FOA9-a	94+543	94+555		12.00	3	2.00	1.985	
FOA10-a	95+381	95+397	174.00	16.00	4	2.00	2.063	1.34
FOA10-b	95+397	95+539		142.00	4	2.00	1.179	
FOA10-a	95+539	95+555		16.00	4	2.00	2.063	
FOA11-a	96+741	96+753	135.00	12.00	3	6.00	2.318	1.50
FOA11-b	96+753	96+864		111.00	3	6.00	1.325	
FOA11-a	96+864	96+876		12.00	3	6.00	2.318	
FOA12-a	97+063	97+075	210.00	12.00	3	5.00	2.219	1.25
FOA12-b	97+075	97+273		198.00	3	4.00	1.268	
FOA13-b	97+273	97+411	150.00	138.00	3	2.00	1.134	1.20
FOA13-a	97+411	97+423		12.00	3	1.50	1.985	
FOA14-a	97+585	97+597	180.00	12.00	3	2.00	1.985	1.25
FOA14-b	97+597	97+753		156.00	3	2.00	1.134	
FOA14-a	97+753	97+765		12.00	3	2.00	1.985	
FOA15-a	97+885	97+901	180.00	16.00	4	2.00	2.063	1.34
FOA15-b	97+901	98+049		148.00	4	2.00	1.179	
FOA15-a	98+049	98+065		16.00	4	2.00	2.063	
FOA16-a	98+741	98+753	81.00	12.00	3	1.50	1.985	1.39
FOA16-b	98+753	98+810		57.00	3	1.50	1.134	
FOA16-a	98+810	98+822		12.00	3	1.50	1.985	
FOA17-a	98+993	99+005	132.00	12.00	3	2.00	1.985	1.29
FOA17-b	99+005	99+113		108.00	3	2.50	1.134	
FOA17-a	99+113	99+125		12.00	3	2.00	1.985	
FOA18-a	99+461	99+477	132.00	16.00	4	1.50	2.063	1.39
FOA18-b	99+477	99+577		100.00	4	1.50	1.179	
FOA18-a	99+577	99+593		16.00	4	1.50	2.063	
FOA19-a	100+078	100+098	90.00	20.00	5	1.50	2.131	1.62
FOA19-b	100+098	100+148		50.00	5	1.50	1.218	
FOA19-a	100+148	100+168		20.00	5	1.50	2.132	
FOA20-a	90+158	90+170	162.00	12.00	3	6.00	2.318	1.47
FOA20-b	90+170	90+308		138.00	3	6.00	1.325	
FOA20-a	90+308	90+320		12.00	3	6.00	2.318	
FOA21-a	90+807	90+819	210.00	12.00	3	6.00	2.318	1.44
FOA21-b	90+819	91+005		186.00	3	6.00	1.325	
FOA21-a	91+005	91+017		12.00	3	6.00	2.318	

Tabella 5: Pressioni del vento di calcolo per ciascuna barriera della tratta

Intervento elementare			Lunghezza totale micro intervento (m)	Caratteristiche intervento			Pressione [kPa]	Pressione media [kPa]
	DA	A		Lungh. interv. elementare [m]	Altezza FOA [m]	Rilevato [m]		
FOA101-a	88+894	88+906	177.00	12.00	3	1.50	1.985	1.25
FOA101-b	88+906	89+059		153.00	3	1.50	1.134	
FOA101-a	89+059	89+071		12.00	3	1.50	1.985	
FOA102-a	89+414	89+426	141.00	12.00	3	1.50	1.985	1.28
FOA102-b	89+426	89+543		117.00	3	2.50	1.134	
FOA102-a	89+543	89+555		12.00	3	2.50	1.985	
FOA103-a	90+143	90+155	141.00	12.00	3	6.00	2.318	1.49
FOA103-b	90+155	90+272		117.00	3	6.00	1.325	
FOA103-a	90+272	90+284		12.00	3	6.00	2.319	
FOA104-a	91+420	91+432	489.00	12.00	3	6.00	2.318	1.37
FOA104-b	91+432	91+897		465.00	3	6.00	1.325	
FOA104-a	91+897	91+909		12.00	3	6.00	2.319	
FOA105-a	93+282	93+294	252.00	12.00	3	7.00	2.318	1.42
FOA105-b	93+294	93+522		228.00	3	7.00	1.325	
FOA105-a	93+522	93+534		12.00	3	7.00	2.319	
FOA106-a	93+732	93+744	225.00	12.00	3	3.00	2.219	1.37
FOA106-b	93+744	93+945		201.00	3	3.00	1.268	
FOA106-a	93+945	93+957		12.00	3	2.00	2.219	
FOA107-a	93+975	93+987	111.00	12.00	3	1.50	1.985	1.32
FOA107-b	93+987	94+074		87.00	3	1.50	1.134	
FOA107-a	94+074	94+086		12.00	3	1.50	1.985	
FOA108-a	94+321	94+333	234.00	12.00	3	1.50	1.985	1.22
FOA108-b	94+333	94+543		210.00	3	1.50	1.134	
FOA108-a	94+543	94+555		12.00	3	1.50	1.985	
FOA109-a	95+089	95+101	267.00	12.00	3	1.50	1.985	1.21
FOA109-b	95+101	95+344		243.00	3	1.50	1.134	
FOA109-a	95+344	95+356		12.00	3	1.50	1.985	
FOA110-a	96+201	96+213	153.00	12.00	3	3.00	2.219	1.42
FOA110-b	96+213	96+342		129.00	3	3.00	1.268	
FOA110-a	96+342	96+354		12.00	3	3.00	2.219	
FOA111-a	96+695	96+707	210.00	12.00	3	5.00	2.219	1.38
FOA111-b	96+707	96+893		186.00	3	5.00	1.268	
FOA111-a	96+893	96+905		12.00	3	5.00	2.219	
FOA112-a	97+705	97+717	192.00	12.00	3	1.50	1.985	1.24
FOA112-b	97+717	97+885		168.00	3	1.50	1.134	
FOA112-a	97+885	97+897		12.00	3	1.50	1.985	
FOA113-a	98+839	98+855	231.00	16.00	4	1.50	2.063	1.30
FOA113-b	98+855	99+054		199.00	4	1.50	1.179	
FOA113-a	99+054	99+070		16.00	4	1.50	2.063	
FOA114-a	99+457	99+469	132.00	12.00	3	1.50	1.985	1.29
FOA114-b	99+469	99+577		108.00	3	2.50	1.134	
FOA114-a	99+577	99+589		12.00	3	1.50	1.985	
FOA115-a	99+948	99+960	111.00	12.00	3	1.50	1.985	1.32
FOA115-b	99+960	100+047		87.00	3	1.50	1.134	
FOA115-a	100+047	100+059		12.00	3	1.50	1.985	
FOA116-a	100+129	100+141	132.00	12.00	3	1.50	1.985	1.29
FOA116-b	100+141	100+249		108.00	3	2.00	1.134	
FOA116-a	100+249	100+261		12.00	3	1.50	1.985	

Tabella 6: Pressioni del vento di calcolo per ciascuna barriera della tratta

Sulla base di tali parametri la pressione del vento assunta nei calcoli è stata ricondotta, in relazione all'altezza del rilevato e all'altezza della barriera dei tratti considerati, ai dimensionamenti tipologici condotti per le seguenti pressioni del vento:

$$p \leq 1.50 \text{ kPa}$$

$$p \leq 2.00 \text{ kPa}$$

$$p \leq 2.50 \text{ kPa}$$

4. Azioni sismiche trasmesse dalle barriere foniche

La forza sismica trasmessa dalla barriera al suo elemento di supporto dipende dal periodo proprio della struttura in elevazione e dal conseguente valore di accelerazione da applicare alla massa (maggiore del valore di accelerazione al suolo).

Nel caso specifico le inerzie sismiche sono state calcolate con riferimento al ramo orizzontale dello spettro (orizzontale e verticale) riferito al Comune di Maserà di Padova, che presenta su tutta la tratta i valori maggiori di a_g .

Nelle tabelle seguenti si riporta il quadro riassuntivo delle azioni caratteristiche alla base delle barriere foniche semplici di altezza compresa fra 3 e 5 m, per le tre differenti condizioni di pressione del vento individuate.

Interasse montante = 3 m (barriera normale e barriera integrata)

Se (T_B) orizzontale = 0,174 g

Se (T_B) verticale = 0,061 g

Altezza elemento anti svio = 0,9 m

Punto di applicazione dell'urto = 0,8 m

Le azioni riportate nelle tabelle seguenti derivano dagli abachi progettuali relativi a ciascuna condizione esaminata.

Convenzioni carichi elementari:

R_z positivo verso il basso

R_x positivo verso la strada

M_y positivo verso la strada

Convenzione azioni base barriera:

R_z positivo verso il basso

R_x positivo dalla strada

M_y positivo dalla strada

Barriera da $H \leq 3$ m $p_{vento} \leq 1,5$ Kpa H 3

	Carichi elementari						Azioni caratteristiche alla base della barriera		
	Rz(kg)	Rx(kg)	My(kgm)	Rz(kN/m)	Rx (kN/m)	My(kNm/m)	Rz (kN/m)	Rx (kN/m)	My (kNm/m)
Peso proprio	915,00	0,00	0,00	3,05			3,05	0,00	0,00
Vento dalla strada	0,00	-1350,00	-2025,00		-4,50	-6,75	0,00	4,50	6,75
Sisma +	0,00	-159,21	-238,82		-0,53	-0,80	0,19	0,53	0,80
	55,82	0,00	0,00	0,19					
Sisma -	0,00	-159,21	-238,82		-0,53	-0,80	-0,19	0,53	0,80
	-55,82	0,00	0,00	-0,19					

Tabella 7 - Barriere semplici - Azioni alla base con $H_{FOA} \leq 3$ m e $p_{vento} \leq 1.5$ kPa

Barriera da $H \leq 3$ m $p_{vento} \leq 2$ Kpa H 3,00

	Carichi elementari						Azioni caratteristiche alla base della barriera		
	Rz(kg)	Rx(kg)	My(kgm)	Rz(kN/m)	Rx (kN/m)	My(kNm/m)	Rz (kN/m)	Rx (kN/m)	My (kNm/m)
Peso proprio	915,00	0,00	0,00	3,05			3,05	0,00	0,00
Vento dalla strada	0,00	-1800,00	-2700,00		-6,00	-9,00	0,00	6,00	9,00
Sisma +	0,00	-159,21	-238,82		-0,53	-0,80	0,19	0,53	0,80
	55,82	0,00	0,00	0,19					
Sisma -	0,00	-159,21	-238,82		-0,53	-0,80	-0,19	0,53	0,80
	-55,82	0,00	0,00	-0,19					

Tabella 8 - Barriere semplici - Azioni alla base con $H_{FOA} \leq 3$ m e $p_{vento} \leq 2$ kPa

Barriera da $H \leq 3$ m $p_{vento} \leq 2,5$ Kpa H 3,00

	Carichi elementari						Azioni caratteristiche alla base della barriera		
	Rz(kg)	Rx(kg)	My(kgm)	Rz(kN/m)	Rx (kN/m)	My(kNm/m)	Rz (kN/m)	Rx (kN/m)	My (kNm/m)
Peso proprio	915,00	0,00	0,00	3,05			3,05	0,00	0,00
Vento dalla strada	0,00	-2250,00	-3375,00		-7,50	-11,25	0,00	7,50	11,25
Sisma +	0,00	-159,21	-238,82		-0,53	-0,80	0,19	0,53	0,80
	55,82	0,00	0,00	0,19					
Sisma -	0,00	-159,21	-238,82		-0,53	-0,80	-0,19	0,53	0,80
	-55,82	0,00	0,00	-0,19					

Tabella 9 - Barriere semplici - Azioni alla base con $H_{FOA} \leq 3$ m e $p_{vento} \leq 2,5$ kPa

Barriera da $H \leq 4$ m $p_{vento} \leq 2$ Kpa H 4,00

	Carichi elementari						Azioni caratteristiche alla base della barriera		
	Rz(kg)	Rx(kg)	My(kgm)	Rz(kN/m)	Rx (kN/m)	My(kNm/m)	Rz (kN/m)	Rx (kN/m)	My (kNm/m)
Peso proprio	1116,00	0,00	0,00	3,72			3,72	0,00	0,00
Vento dalla strada	0,00	-2400,00	-4800,00		-8,00	-16,00	0,00	8,00	16,00
Sisma +	0,00	-194,18	-388,37		-0,65	-1,29	0,23	0,65	1,29
	68,08	0,00	0,00	0,23					
Sisma -	0,00	-194,18	-388,37		-0,65	-1,29	-0,23	0,65	1,29
	-68,08	0,00	0,00	-0,23					

Tabella 10 - Barriere semplici - Azioni alla base con $H_{FOA} \leq 4$ m e $p_{vento} \leq 2$ kPa

Barriera da $H \leq 5$ m $p_{\text{vento}} \leq 1,5$ Kpa H 5,00

	Carichi elementari						Azioni caratteristiche alla base della barriera		
	Rz(kg)	Rx(kg)	My(kgm)	Rz(kN/m)	Rx (kN/m)	My(kNm/m)	Rz (kN/m)	Rx (kN/m)	My (kNm/m)
Peso proprio	1428,00	0,00	0,00	4,76			4,76	0,00	0,00
Vento dalla strada	0,00	-2250,00	-5625,00		-7,50	-18,75	0,00	7,50	18,75
Sisma +	0,00	-248,47	-621,18		-0,83	-2,07	0,29	0,83	2,07
	87,11	0,00	0,00	0,29					
Sisma -	0,00	-248,47	-621,18		-0,83	-2,07	-0,29	0,83	2,07
	-87,11	0,00	0,00	-0,29					

Tabella 11 - Barriere semplici - Azioni alla base con $H_{FOA} \leq 5$ m e $p_{\text{vento}} \leq 1,5$ kPa

ALLEGATO 2

FONDAZIONI DELLE BARRIERE FONICHE

ABACHI DI PROGETTO

Muretto portabarriera su rilevato Hfoa ≤ 3 m Φ'FOND ≥ 24°

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"

PARAMETRI GEOTECNICI

Rilevato $\phi' = 35^\circ$ $c' = 0$ kPa $\gamma = 19$ kN/m³

Terreno di fondazione (condizioni drenate)

Caso 1 $\phi' \geq 24^\circ$ $c' = 0$ kPa $\gamma = 19$ kN/mc $H_{ra} = 4$ m
 Caso 2 $\phi' \geq 24^\circ$ $c' = 0$ kPa $\gamma = 19$ kN/mc $H_{ra} = 6$ m
 Caso 3 $\phi' \geq 24^\circ$ $c' = 0$ kPa $\gamma = 19$ kN/mc $H_{ra} = 8$ m

LEGENDA

Altezza totale muro **H_T**
 Spessore fondazione **H_F**
 Larghezza fondazione **B_F**
 Sbalzo fondazione lato valle **B_V**
 Altezza rilevato **H_{ril}** (*)
 Armatura sup. / inf. ① ②
 Armatura corrente ③ ④

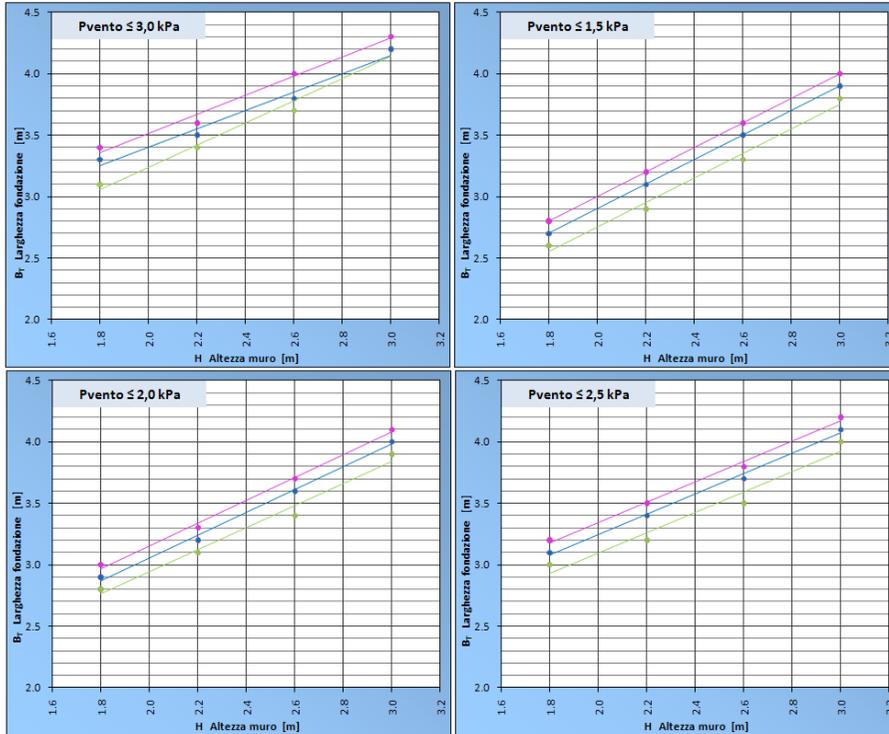
PARAMETRI SISMICI

Stato Limite **SLV**
 Classe d'uso **IV**
 Categoria del sottosuolo **D**
 Categoria topografica **T1**
 Vita nominale [anni] **V_N = 50**
 Vita di riferimento [anni] **V_R = 100**
 Tempo di ritorno [anni] **T_R = 949**
 Accelerazione massima [g] suolo rigido **a_s = 0,085**
 Accelerazione massima [g] **a_{max} = 0,150**
 Coefficiente sismico orizzontale **K_h = 0,028**
 Coefficiente sismico verticale **K_v = ±0,014**

CONDIZIONI DI CARICO

Sovraccarico accidentale **q = 20** kPa
 Peso barriera fonica **R_z = 3,05** kN/m
 Pvento [Kpa] **R_s [kN/m] M_y [kNm/m]**
 1 3 4,5
 1,5 1,5 6,75
 2 6 9
 2,5 7,5 11,25

(*) altezza rilevato valutata a partire da quota imposta fondazione a piede scarpa



		HRIL 4,00 m	HRIL 6,00 m	HRIL 8,00 m
Pvento ≤ 3,0 Kpa	H _T 1,8 m	B _F ① 22020 3,75 H _F 3,10 ② 22012 3,75 0,4 B _V ③ 4020 6,00 0,20 ④ 2208 [2 / 30 cm]	B _F ① 22022 3,95 H _F 3,30 ② 22012 3,95 0,4 B _V ③ 4022 6,00 0,20 ④ 2408 [2 / 30 cm]	B _F ① 22022 4,05 H _F 3,40 ② 22014 4,05 0,4 B _V ③ 4022 6,00 0,20 ④ 2408 [2 / 30 cm]
	H _T 2,2 m	B _F ① 26022 4,05 H _F 3,40 ② 26014 4,05 0,4 B _V ③ 4022 6,00 0,20 ④ 2408 [2 / 30 cm]	B _F ① 26024 4,15 H _F 3,50 ② 26014 4,15 0,4 B _V ③ 4024 6,00 0,20 ④ 2408 [2 / 30 cm]	B _F ① 30022 4,25 H _F 3,60 ② 30012 4,25 0,4 B _V ③ 4022 6,00 0,20 ④ 2608 [2 / 30 cm]
	H _T 2,6 m	B _F ① 36022 4,35 H _F 3,70 ② 36012 4,35 0,4 B _V ③ 4022 6,00 0,20 ④ 2608 [2 / 30 cm]	B _F ① 38024 4,45 H _F 3,80 ② 38014 4,45 0,4 B _V ③ 4024 6,00 0,20 ④ 2608 [2 / 30 cm]	B _F ① 40024 4,65 H _F 4,00 ② 40014 4,65 0,4 B _V ③ 4024 6,00 0,20 ④ 2808 [2 / 30 cm]
	H _T 3 m	B _F ① 42026 4,85 H _F 4,20 ② 42012 4,85 0,4 B _V ③ 4026 6,00 0,20 ④ 3008 [2 / 30 cm]	B _F ① 42026 4,85 H _F 4,20 ② 42012 4,85 0,4 B _V ③ 4026 6,00 0,20 ④ 3008 [2 / 30 cm]	B _F ① 46026 4,95 H _F 4,30 ② 46012 4,95 0,4 B _V ③ 4026 6,00 0,20 ④ 3008 [2 / 30 cm]
Pvento ≤ 1,5 Kpa	H _T 1,8 m	B _F ① 20020 3,25 H _F 2,60 ② 20012 3,25 0,4 B _V ③ 4020 6,00 0,20 ④ 1808 [2 / 30 cm]	B _F ① 20020 3,35 H _F 2,70 ② 20012 3,35 0,4 B _V ③ 4020 6,00 0,20 ④ 2008 [2 / 30 cm]	B _F ① 20020 3,45 H _F 2,80 ② 20012 3,45 0,4 B _V ③ 4020 6,00 0,20 ④ 2008 [2 / 30 cm]
	H _T 2,2 m	B _F ① 26020 3,55 H _F 2,90 ② 26012 3,55 0,4 B _V ③ 4020 6,00 0,20 ④ 2008 [2 / 30 cm]	B _F ① 26020 3,75 H _F 3,10 ② 30012 3,75 0,4 B _V ③ 4020 6,00 0,20 ④ 2208 [2 / 30 cm]	B _F ① 26020 3,85 H _F 3,20 ② 30012 3,85 0,4 B _V ③ 4020 6,00 0,20 ④ 2208 [2 / 30 cm]
	H _T 2,6 m	B _F ① 26024 3,95 H _F 3,30 ② 26012 3,95 0,4 B _V ③ 4024 6,00 0,20 ④ 2408 [2 / 30 cm]	B _F ① 26024 4,15 H _F 3,50 ② 26012 4,15 0,4 B _V ③ 4024 6,00 0,20 ④ 2408 [2 / 30 cm]	B _F ① 30024 4,25 H _F 3,60 ② 30012 4,25 0,4 B _V ③ 4024 6,00 0,20 ④ 2608 [2 / 30 cm]
	H _T 3 m	B _F ① 36026 4,45 H _F 3,80 ② 36012 4,45 0,4 B _V ③ 4026 6,00 0,20 ④ 2608 [2 / 30 cm]	B _F ① 36026 4,55 H _F 3,90 ② 36012 4,55 0,4 B _V ③ 4026 6,00 0,20 ④ 2808 [2 / 30 cm]	B _F ① 40026 4,65 H _F 4,00 ② 40012 4,65 0,4 B _V ③ 4026 6,00 0,20 ④ 2808 [2 / 30 cm]
Pvento ≤ 2,0 Kpa	H _T 1,8 m	B _F ① 24018 3,45 H _F 2,80 ② 24012 3,45 0,4 B _V ③ 4018 6,00 0,20 ④ 2008 [2 / 30 cm]	B _F ① 24018 3,55 H _F 2,90 ② 24012 3,55 0,4 B _V ③ 4018 6,00 0,20 ④ 2008 [2 / 30 cm]	B _F ① 24018 3,65 H _F 3,00 ② 24012 3,65 0,4 B _V ③ 4018 6,00 0,20 ④ 2208 [2 / 30 cm]
	H _T 2,2 m	B _F ① 24020 3,75 H _F 3,10 ② 24012 3,75 0,4 B _V ③ 4020 6,00 0,20 ④ 2208 [2 / 30 cm]	B _F ① 34020 3,85 H _F 3,20 ② 34012 3,85 0,4 B _V ③ 4020 6,00 0,20 ④ 2208 [2 / 30 cm]	B _F ① 34020 3,95 H _F 3,30 ② 34012 3,95 0,4 B _V ③ 4020 6,00 0,20 ④ 2408 [2 / 30 cm]
	H _T 2,6 m	B _F ① 36022 4,05 H _F 3,40 ② 36012 4,05 0,4 B _V ③ 4022 6,00 0,20 ④ 2408 [2 / 30 cm]	B _F ① 36022 4,25 H _F 3,60 ② 36012 4,25 0,4 B _V ③ 4022 6,00 0,20 ④ 2608 [2 / 30 cm]	B _F ① 36022 4,35 H _F 3,70 ② 36012 4,35 0,4 B _V ③ 4022 6,00 0,20 ④ 2608 [2 / 30 cm]
	H _T 3 m	B _F ① 46024 4,55 H _F 3,90 ② 46012 4,55 0,4 B _V ③ 4024 6,00 0,20 ④ 2808 [2 / 30 cm]	B _F ① 46024 4,65 H _F 4,00 ② 46012 4,65 0,4 B _V ③ 4024 6,00 0,20 ④ 2808 [2 / 30 cm]	B _F ① 48024 4,75 H _F 4,10 ② 48012 4,75 0,4 B _V ③ 4024 6,00 0,20 ④ 2808 [2 / 30 cm]
Pvento ≤ 2,5 Kpa	H _T 1,8 m	B _F ① 22020 3,65 H _F 3,00 ② 22012 3,65 0,4 B _V ③ 4020 6,00 0,20 ④ 2208 [2 / 30 cm]	B _F ① 22020 3,75 H _F 3,10 ② 22012 3,75 0,4 B _V ③ 4020 6,00 0,20 ④ 2208 [2 / 30 cm]	B _F ① 22020 3,85 H _F 3,20 ② 22012 3,85 0,4 B _V ③ 4020 6,00 0,20 ④ 2208 [2 / 30 cm]
	H _T 2,2 m	B _F ① 26020 3,85 H _F 3,20 ② 26012 3,85 0,4 B _V ③ 4020 6,00 0,20 ④ 2208 [2 / 30 cm]	B _F ① 26022 4,05 H _F 3,40 ② 26012 4,05 0,4 B _V ③ 4022 6,00 0,20 ④ 2408 [2 / 30 cm]	B _F ① 30022 4,15 H _F 3,50 ② 30012 4,15 0,4 B _V ③ 4022 6,00 0,20 ④ 2408 [2 / 30 cm]
	H _T 2,6 m	B _F ① 36022 4,15 H _F 3,50 ② 36012 4,15 0,4 B _V ③ 4022 6,00 0,20 ④ 2408 [2 / 30 cm]	B _F ① 38022 4,35 H _F 3,70 ② 38012 4,35 0,4 B _V ③ 4022 6,00 0,20 ④ 2608 [2 / 30 cm]	B _F ① 38022 4,45 H _F 3,80 ② 38012 4,45 0,4 B _V ③ 4022 6,00 0,20 ④ 2608 [2 / 30 cm]
	H _T 3 m	B _F ① 42026 4,65 H _F 4,00 ② 42012 4,65 0,4 B _V ③ 4026 6,00 0,20 ④ 2808 [2 / 30 cm]	B _F ① 42026 4,75 H _F 4,10 ② 42012 4,75 0,4 B _V ③ 4026 6,00 0,20 ④ 2808 [2 / 30 cm]	B _F ① 44026 4,85 H _F 4,20 ② 44012 4,85 0,4 B _V ③ 4026 6,00 0,20 ④ 3008 [2 / 30 cm]

ALLEGATO 3

FONDAZIONI BARRIERE FONOASSORBENTI

TABULATI DI CALCOLO

TIPO $H_T=1.8m$, $H_{foa} 3m$, $P_{vento} 2.0 kPa$ $H_{ril} = 4m$

RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO

Altezza netta 140 cm

DATI DI PROGETTO

Normativa

Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Approccio **1**

Dati geotecnici

Angolo di attrito interno rilevato	ϕ	35	gradi
Peso specifico rilevato	γ	1.900	daN / m ³
Angolo di attrito terra-muro rilevato	δ	23	gradi
Angolo di inclinazione rilevato	ϵ	0	gradi
Coesione rilevato	c	0	daN / m ²
Altezza rilevato (da quota intradosso fondazione)	H_{ril}	4	m
Angolo di inclinazione del piano campagna	β_{APP}	24,94	gradi
Angolo di attrito interno fondazione	ϕ_{FOND}	24	gradi
Peso specifico fondazione	γ_{FOND}	1.900	daN / m ³
Coesione fondazione	c_{FOND}	0	daN / m ²
Ricoprimento fondazione a valle	h_2	0,40	m

Morfologia del muro

Tipologia muro	Tipo	T	
Altezza netta del muro	h_N	1,40	m
Altezza del muro	h_1	1,80	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	X_C	0,42	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		0,22	m
Peso elemento prefabbricato	P	5.096	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	β	90	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	b_1	6,00	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	0,85	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		0,55	m
Pendenza della nervatura	pendenza	19%	
Larghezza nervatura/e	s	1,10	m
Spessore soletta	sol	0,10	m

Morfologia della fondazione

Spessore massimo soletta di fondazione	h_2	0,40	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	h_3	0,40	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	h_4	0,40	m
Larghezza fondazione	L	3,00	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	0,20	m
Larghezza suola fondazione lato monte	l_1	2,70	m
Larghezza suola fuori nervatura	fo	2,03	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{sperone}$	0,00	m
Base sperone (lato monte)	$b_{sperone}$	0,00	m
Larghezza sottofondazione	L_F	0,00	m
Altezza fondazione	h_F	0,00	m
Sbalzo anteriore	sb_F	0,00	m

Barriera fonoassorbente

Altezza barriera fonoassorbente	h_{FONA}	3,00	m
Pressione del vento sulla barriera	P_{VENTO}	250	daN / m ²

Stratigrafia terreno di fondazione

Coefficiente di Poisson del terreno	ν	0,25	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	E	14.684	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	E_{0i}	-	kPa
Spessore dello strato i-esimo in cui è suddiviso lo strato compressibile	h_i	-	m
Profondità di influenza in cui si sviluppa il cedimento	h_{FON}	10,50	m
Strato 1	E_{01}	60.000	10,50 m
Strato 2	E_{02}		h_2
Strato 3	E_{03}		h_3
Strato 4	E_{04}		h_4
Spessore totale strato compressibile		10,50	m

Calcola Modulo

Verifica degli spostamenti in testa alla barriera

Spostamento massimo ammissibile		6,00	mm
Spostamento orizzontale calcolato alla testa del muro	d_{MUR}	1,47	mm

Carichi agenti

Sovraccarico permanente	G2	0	daN / m2
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	0	daN / m2
Traffico stradale / ferroviario	Q1	2.000	daN / m2
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	4.500	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	6.750	daNm / elemento
Neve	Q3	0	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A _d	0	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A _d	0	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	1.830	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	0,28	m

Parametri sismici

Stato Limite di Salvaguardia della Vita		SLV	
Classe d'uso		IV	
Coefficiente d'uso	C _U	2	
Vita nominale	V _N	50	anni
Periodo di riferimento	V _R	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T _R	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a _g (g)	0,085	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F ₀	2,380	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T _c *	0,303	sec
Categoria di sottosuolo		D	
Fattore di amplificazione stratigrafica	S _S	1,80	
Categoria topografica		T1	
Fattore di amplificazione topografica	S _T	1,00	

Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	-111,63	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	111,63	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	318,42	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	477,63	daNm / elemento

COMBINAZIONI DI CARICO

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	V _F	V _M	Q _{ki} dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	2.700	4.050	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	4.500	6.750	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	2.700	4.050	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	4.500	6.750	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	2.700	4.050	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	4.500	6.750	0	0
[7]	Sismica	SISMA	M1	-	400	0	0	0	0
[8]	Sismica	SISMA	M2	-	400	0	0	0	0
[9]	Eccezionale	URTO	M1	-	400	0	0	0	0
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	0	0
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	2.700	4.050	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	4.500	6.750	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	900	1.350	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

VERIFICHE DI SICUREZZA

Verifica a ribaltamento

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	2,95	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	------	--------

Verifica a scorrimento

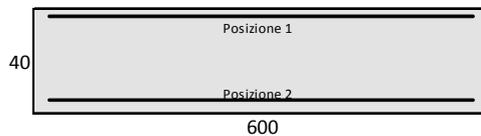
Combinazione dimensionante	[4]	A2 + M2	Vento dominante	4,22	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	-----------------	------	--------

Verifica a capacità portante

Combinazione dimensionante	[4]	A2 + M2	Vento dominante	1,07	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	-----------------	------	--------

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm ²]	Peso [kg]
Posizione 22 Ø 20	365	69,12	198,0
Posizione 22 Ø 12	365	24,88	71,3
Posizione 4 Ø 20 [appoggio]	600	12,57	59,2
Posizione 22 Ø 8 [2 / 30 cm]	600	11,06	<u>52,1</u>
Copriferro 3,0 cm			380,6



Verifica fondazione di monte

Momento resistente	M_{Rd}	92.817	daNm
Componente flettente dell'azione	M_{Ed}	69.590	daNm
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd} / M_{Ed}	1,33	

Verifica fondazione di valle

Momento resistente	M_{Rd}	34.239	daNm
Componente flettente dell'azione	M_{Ed}	9.815	daNm
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd} / M_{Ed}	3,49	

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

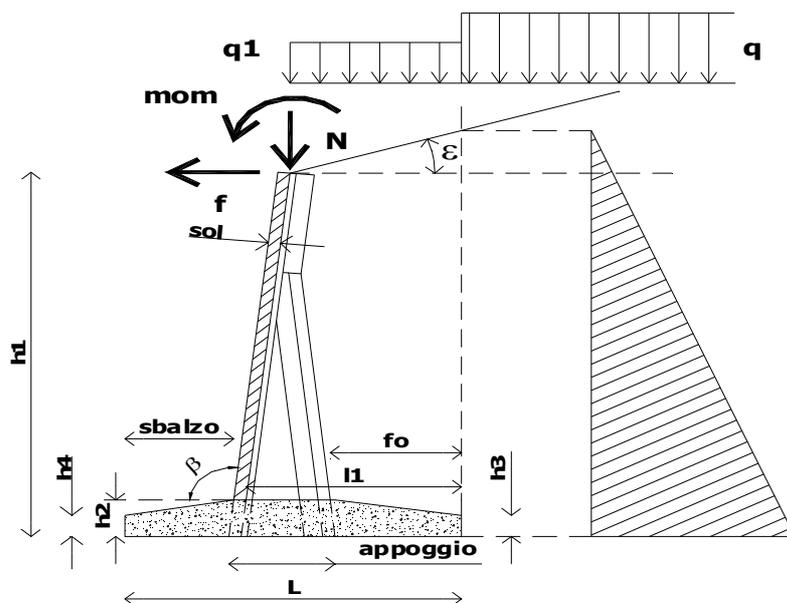
Verifica fondazione di monte

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	M_{cr}	32.241,78	> M_e	3.181,18	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	M_{cr}	32.241,78	> M_e	5.413,97	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	σ_c	16	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm ²
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	σ_c	3	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm ²
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	σ_s	689	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm ²

Verifica fondazione di valle

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	M_{cr}	33.705,49	> M_e	345,51	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	M_{cr}	33.705,49	> M_e	368,40	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	σ_c	1	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm ²
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	σ_c	0	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm ²
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	σ_s	63	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm ²

SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI



TIPO $H_T=2.2m$, $H_{foa} 3m$, $P_{vento} 2.0 kPa$ $H_{rii} = 4m$

RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO

Altezza netta 180 cm

DATI DI PROGETTO

Normativa

Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"

Approccio **1**

Dati geotecnici

Angolo di attrito interno rilevato	ϕ	35	gradi
Peso specifico rilevato	γ	1.900	daN / m3
Angolo di attrito terra-muro rilevato	δ	23	gradi
Angolo di inclinazione rilevato	ϵ	0	gradi
Coesione rilevato	c	0	daN / m2
Altezza rilevato (da quota intradosso fondazione)	H _{ril}	4	m
Angolo di inclinazione del piano campagna	β_{APE}	24,94	gradi
Angolo di attrito interno fondazione	ϕ_{FOND}	24	gradi
Peso specifico fondazione	γ_{FOND}	1.900	daN / m3
Coesione fondazione	c_{FOND}	0	daN / m2
Ricoprimento fondazione a valle	h_R	0,40	m

Morfologia del muro

Tipologia muro	Tipo	T	
Altezza netta del muro	h_N	1,80	m
Altezza del muro	h_1	2,20	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	X_G	0,41	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		0,21	m
Peso elemento prefabbricato	P	6.193	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	β	90	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	b_1	6,00	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	0,85	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		0,55	m
Pendenza della nervatura	pendenza	19%	
Larghezza nervatura/e	s	1,10	m
Spessore soletta	sol	0,10	m

Morfologia della fondazione

Spessore massimo soletta di fondazione	h_2	0,40	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	h_3	0,40	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	h_4	0,40	m
Larghezza fondazione	L	3,10	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	0,20	m
Larghezza suola fondazione lato monte	l_1	2,80	m
Larghezza suola fuori nervatura	fo	2,13	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{sperone}$	0,00	m
Base sperone (lato monte)	$b_{sperone}$	0,00	m
Larghezza sottofondazione	L_f	0,00	m
Altezza fondazione	h_f	0,00	m
Sbalzo anteriore	sb_f	0,00	m

Barriera fonoassorbente

Altezza barriera fonoassorbente	h_{FOA}	3,00	m
Pressione del vento sulla barriera	p_{vento}	200	daN / m2

Stratigrafia terreno di fondazione

Coefficiente di Poisson del terreno	ν	0,25	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	E	12.153	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	E_{0i}	-	kPa
Spessore dello strato i-esimo in cui è suddiviso lo strato compressibile	h_i	-	m
Profondità di influenza in cui si sviluppa il cedimento	h_{CED}	10,85	m

Strato 1	60.000	E_{01}	10,85	h_1
Strato 2		E_{02}		h_2
Strato 3		E_{03}		h_3
Strato 4		E_{04}		h_4
Spessore totale strato compressibile			10,85	m

Calcola Modulo

Verifica degli spostamenti in testa alla barriera

Spostamento massimo ammissibile		6,00	mm
Spostamento orizzontale calcolato alla testa del muro	d_{MURO}	2,12	mm

Carichi agenti

Sovraccarico permanente	G2	0	daN / m2
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	0	daN / m2
Traffico stradale / ferroviario	Q1	2.000	daN / m2
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	3.600	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	5.400	daNm / elemento
Neve	Q3	0	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A _d	0	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A _d	0	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	1.830	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	0,28	m

Parametri sismici

Stato Limite di Salvaguardia della Vita			SLV
Classe d'uso			IV
Coefficiente d'uso	C _U		2
Vita nominale	V _N	50	anni
Periodo di riferimento	V _R	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T _R	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a _e (g)	0,085	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F ₀	2,380	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T _c *	0,303	sec
Categoria di sottosuolo			D
Fattore di amplificazione stratigrafica	S _S	1,80	
Categoria topografica			T1
Fattore di amplificazione topografica	S _T	1,00	

Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	-111,63	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	111,63	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	318,42	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	477,63	daNm / elemento

COMBINAZIONI DI CARICO

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	Y _F	Y _M	Q _{ki} dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[7]	Sismica	SISMA	M1	-	400	0	0	0	0
[8]	Sismica	SISMA	M2	-	400	0	0	0	0
[9]	Eccezionale	URTO	M1	-	400	0	0	0	0
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	0	0
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	720	1.080	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

VERIFICHE DI SICUREZZA

Verifica a ribaltamento

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	3,43	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	------	--------

Verifica a scorrimento

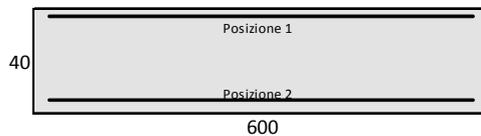
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	3,88	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	------	--------

Verifica a capacità portante

Combinazione dimensionante	[4]	A2 + M2	Vento dominante	1,05	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	-----------------	------	--------

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm ²]	Peso [kg]
Posizione 24 Ø 20	375	75,40	222,0
Posizione 24 Ø 12	375	27,14	79,9
Posizione 4 Ø 20 [appoggio]	600	12,57	59,2
Posizione 22 Ø 8 [2 / 30 cm]	600	11,06	52,1
Copriferro 3,0 cm			<u>413,1</u>



Verifica fondazione di monte

Momento resistente	M_{Rd}	100.996	daNm
Componente flettente dell'azione	M_{Ed}	93.364	daNm
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd} / M_{Ed}	1,08	

Verifica fondazione di valle

Momento resistente	M_{Rd}	37.250	daNm
Componente flettente dell'azione	M_{Ed}	8.572	daNm
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd} / M_{Ed}	4,35	

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

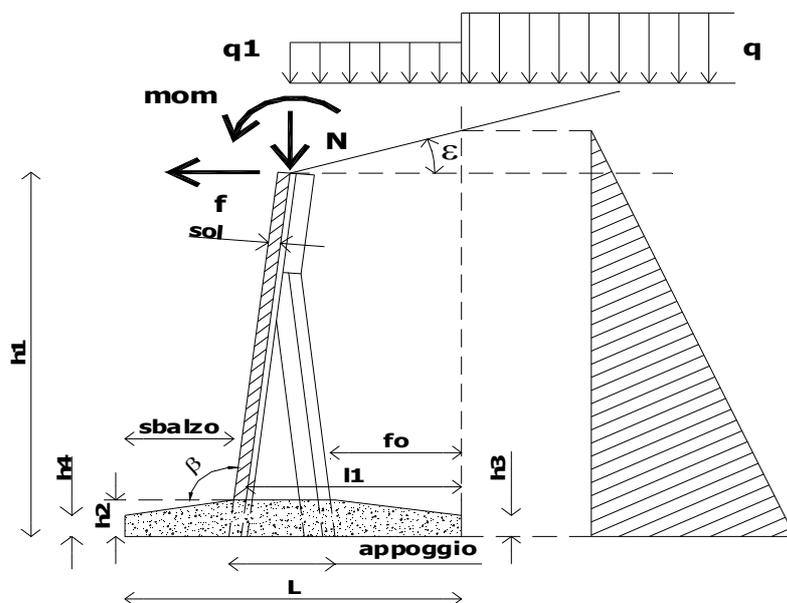
Verifica fondazione di monte

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	M_{cr}	32.497,65	> M_e	5.344,55	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	M_{cr}	32.497,65	> M_e	8.088,31	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	σ_c	17	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm ²
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	σ_c	5	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm ²
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	σ_s	718	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm ²

Verifica fondazione di valle

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	M_{cr}	34.102,13	> M_e	438,38	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	M_{cr}	34.102,13	> M_e	463,32	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	σ_c	1	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm ²
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	σ_c	1	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm ²
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	σ_s	66	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm ²

SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI



TIPO $H_T=2.6m$, $H_{foa} 3m$, $P_{vento} 2.0 kPa$ $H_{ril} = 4m$

RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO

Altezza netta 220 cm

DATI DI PROGETTO

Normativa

Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Approccio **1**

Dati geotecnici

Angolo di attrito interno rilevato	ϕ	35	gradi
Peso specifico rilevato	γ	1.900	daN / m ³
Angolo di attrito terra-muro rilevato	δ	23	gradi
Angolo di inclinazione rilevato	ϵ	0	gradi
Coazione rilevato	C	0	daN / m ²
Altezza rilevato (da quota intradosso fondazione)	H_{ril}	4	m
Angolo di inclinazione del piano campagna	β_{APE}	24,94	gradi
Angolo di attrito interno fondazione	ϕ_{FOND}	24	gradi
Peso specifico fondazione	γ_{FOND}	1.900	daN / m ³
Coazione fondazione	C_{FOND}	0	daN / m ²
Ricoprimento fondazione a valle	h_R	0,40	m

Morfologia del muro

Tipologia muro	Tipo	T	
Altezza netta del muro	h_N	2,20	m
Altezza del muro	h_1	2,60	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	X_G	0,41	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		0,21	m
Peso elemento prefabbricato	P	7.841	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	β	90	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	b_1	6,00	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	0,85	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		0,55	m
Pendenza della nervatura	pendenza	19%	
Larghezza nervatura/e	s	1,10	m
Spessore soletta	sol	0,10	m

Morfologia della fondazione

Spessore massimo soletta di fondazione	h_2	0,40	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	h_3	0,40	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	h_4	0,40	m
Larghezza fondazione	L	3,50	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	0,20	m
Larghezza suola fondazione lato monte	l_1	3,20	m
Larghezza suola fuori nervatura	f_0	2,53	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{sperone}$	0,00	m
Base sperone (lato monte)	$b_{sperone}$	0,00	m
Larghezza sottofondazione	L_F	0,00	m
Altezza fondazione	h_F	0,00	m
Sbalzo anteriore	sb_F	0,00	m

Barriera fonoassorbente

Altezza barriera fonoassorbente	h_{FOA}	3,00	m
Pressione del vento sulla barriera	p_{vento}	250	daN / m ²

Stratigrafia terreno di fondazione

Coefficiente di Poisson del terreno	ν	0,25	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	E	10.512	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	E_{0i}	-	kPa
Spessore dello strato i-esimo in cui è suddiviso lo strato compressibile	h_i	-	m
Profondità di influenza in cui si sviluppa il cedimento	h_{CED}	12,25	m
Strato 1	60.000 E_{01}	12,25	h_1
Strato 2	E_{02}		h_2
Strato 3	E_{03}		h_3
Strato 4	E_{04}		h_4
Spessore totale strato compressibile		12,25	m

Calcola Modulo

Verifica degli spostamenti in testa alla barriera

Spostamento massimo ammissibile		6,00	mm
Spostamento orizzontale calcolato alla testa del muro	d_{MURO}	3,18	mm

Carichi agenti

Sovraccarico permanente	G2	0	daN / m2
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	0	daN / m2
Traffico stradale / ferroviario	Q1	2.000	daN / m2
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	4.500	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	6.750	daNm / elemento
Neve	Q3	0	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A _d	0	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A _d	0	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	1.830	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	0,28	m

Parametri sismici

Stato Limite di Salvaguardia della Vita			SLV
Classe d'uso			IV
Coefficiente d'uso	C _U		2
Vita nominale	V _N	50	anni
Periodo di riferimento	V _R	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T _R	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a _e (g)	0,085	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F ₀	2,380	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T _C *	0,303	sec
Categoria di sottosuolo			D
Fattore di amplificazione stratigrafica	S _S	1,80	
Categoria topografica			T1
Fattore di amplificazione topografica	S _T	1,00	

Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	-111,63	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	111,63	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	318,42	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	477,63	daNm / elemento

COMBINAZIONI DI CARICO

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	V _F	V _M	Q _{ki} dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	2.700	4.050	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	4.500	6.750	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	2.700	4.050	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	4.500	6.750	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	2.700	4.050	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	4.500	6.750	0	0
[7]	Sismica	SISMA	M1	-	400	0	0	0	0
[8]	Sismica	SISMA	M2	-	400	0	0	0	0
[9]	Eccezionale	URTO	M1	-	400	0	0	0	0
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	0	0
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	2.700	4.050	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	4.500	6.750	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	900	1.350	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

VERIFICHE DI SICUREZZA

Verifica a ribaltamento

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	3,58	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	------	--------

Verifica a scorrimento

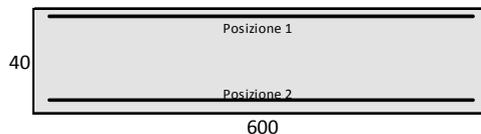
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	3,66	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	------	--------

Verifica a capacità portante

Combinazione dimensionante	[4]	A2 + M2	Vento dominante	1,01	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	-----------------	------	--------

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm ²]	Peso [kg]
Posizione 36 Ø 22	415	136,85	445,8
Posizione 36 Ø 12	415	40,72	132,6
Posizione 4 Ø 22 [appoggio]	600	15,21	71,6
Posizione 24 Ø 8 [2 / 30 cm]	600	12,06	56,8
Copriferro 3,0 cm			<u>706,9</u>



Verifica fondazione di monte

Momento resistente	M_{Rd}	179.437	daNm
Componente flettente dell'azione	M_{Ed}	152.483	daNm
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd} / M_{Ed}	1,18	

Verifica fondazione di valle

Momento resistente	M_{Rd}	55.173	daNm
Componente flettente dell'azione	M_{Ed}	8.111	daNm
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd} / M_{Ed}	6,80	

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

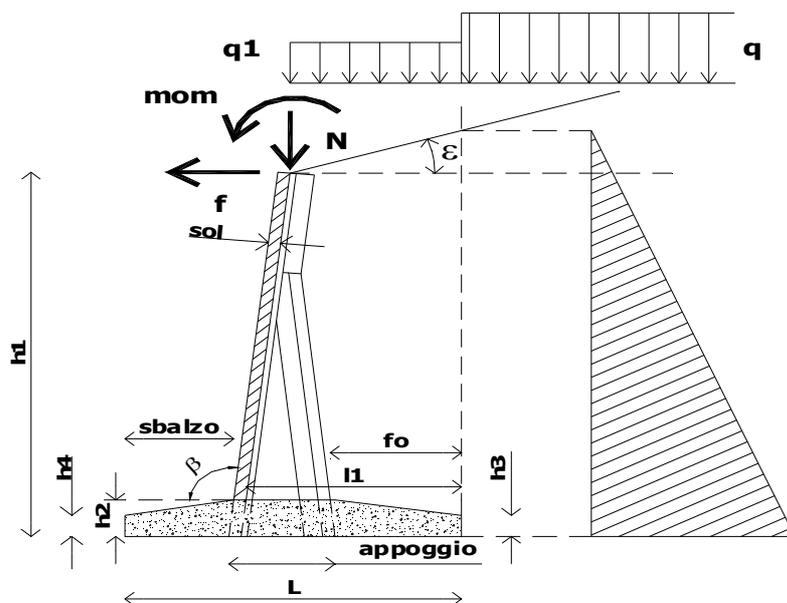
Verifica fondazione di monte

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	M_{cr}	34.391,84	> M_e	8.892,79	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	M_{cr}	34.391,84	> M_e	12.950,11	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	σ_c	20	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm ²
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	σ_c	7	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm ²
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	σ_s	617	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm ²

Verifica fondazione di valle

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	M_{cr}	37.706,12	> M_e	518,86	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	M_{cr}	37.706,12	> M_e	566,03	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	σ_c	1	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm ²
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	σ_c	1	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm ²
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	σ_s	53	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm ²

SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI



TIPO $H_T=3.0m$, $H_{foa} 3m$, $P_{vento} 2.0 kPa$ $H_{ril} = 4m$

RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO

Altezza netta 260 cm

DATI DI PROGETTO

Normativa

Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Approccio **1**

Dati geotecnici

Angolo di attrito interno rilevato	ϕ	35	gradi
Peso specifico rilevato	γ	1.900	daN / m ³
Angolo di attrito terra-muro rilevato	δ	23	gradi
Angolo di inclinazione rilevato	ϵ	0	gradi
Coesione rilevato	c	0	daN / m ²
Altezza rilevato (da quota intradosso fondazione)	H_{ril}	4	m
Angolo di inclinazione del piano campagna	β_{APE}	24,94	gradi
Angolo di attrito interno fondazione	ϕ_{FOND}	24	gradi
Peso specifico fondazione	γ_{FOND}	1.900	daN / m ³
Coesione fondazione	c_{FOND}	0	daN / m ²
Ricoprimento fondazione a valle	h_R	0,40	m

Morfologia del muro

Tipologia muro	Tipo	T	
Altezza netta del muro	h_N	2,60	m
Altezza del muro	h_1	3,00	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	X_{G1}	0,40	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		0,20	m
Peso elemento prefabbricato	P	8.937	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	β	90	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	b_1	6,00	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	0,85	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		0,55	m
Pendenza della nervatura	pendenza	19%	
Larghezza nervatura/e	s	1,10	m
Spessore soletta	sol	0,10	m

Morfologia della fondazione

Spessore massimo soletta di fondazione	h_2	0,40	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	h_3	0,40	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	h_4	0,40	m
Larghezza fondazione	L	4,00	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	0,20	m
Larghezza suola fondazione lato monte	l_1	3,70	m
Larghezza suola fuori nervatura	fo	3,03	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{sperone}$	0,00	m
Base sperone (lato monte)	$b_{sperone}$	0,00	m
Larghezza sottofondazione	L_F	0,00	m
Altezza fondazione	h_F	0,00	m
Sbalzo anteriore	sb_F	0,00	m

Barriera fonoassorbente

Altezza barriera fonoassorbente	h_{FOA}	3,00	m
Pressione del vento sulla barriera	p_{vento}	250	daN / m ²

Stratigrafia terreno di fondazione

Coefficiente di Poisson del terreno	ν	0,25	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	E	9.385	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	E_{0i}	-	kPa
Spessore dello strato i-esimo in cui è suddiviso lo strato compressibile	h_i	-	m
Profondità di influenza in cui si sviluppa il cedimento	h_{CED}	14,00	m
Strato 1	E_{01}	60.000	h_1
Strato 2	E_{02}		h_2
Strato 3	E_{03}		h_3
Strato 4	E_{04}		h_4
Spessore totale strato compressibile		14,00	m

Calcola Modulo

Verifica degli spostamenti in testa alla barriera

Spostamento massimo ammissibile		6,00	mm
Spostamento orizzontale calcolato alla testa del muro	d_{MURD}	3,55	mm

Carichi agenti

Sovraccarico permanente	G2	0	daN / m2
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	0	daN / m2
Traffico stradale / ferroviario	Q1	2.000	daN / m2
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	4.500	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	6.750	daNm / elemento
Neve	Q3	0	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A _d	0	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A _d	0	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	1.830	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	0,28	m

Parametri sismici

Stato Limite di Salvaguardia della Vita			SLV
Classe d'uso			IV
Coefficiente d'uso	C _U	2	
Vita nominale	V _N	50	anni
Periodo di riferimento	V _R	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T _R	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a _e (g)	0,085	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F ₀	2,380	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T _C *	0,303	sec
Categoria di sottosuolo			D
Fattore di amplificazione stratigrafica	S _S	1,80	
Categoria topografica			T1
Fattore di amplificazione topografica	S _T	1,00	

Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	-111,63	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	111,63	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	318,42	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	477,63	daNm / elemento

COMBINAZIONI DI CARICO

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	V _F	V _M	Q _{ki} dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	2.700	4.050	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	4.500	6.750	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	2.700	4.050	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	4.500	6.750	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	2.700	4.050	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	4.500	6.750	0	0
[7]	Sismica	SISMA	M1	-	400	0	0	0	0
[8]	Sismica	SISMA	M2	-	400	0	0	0	0
[9]	Eccezionale	URTO	M1	-	400	0	0	0	0
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	0	0
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	2.700	4.050	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	4.500	6.750	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	900	1.350	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

VERIFICHE DI SICUREZZA

Verifica a ribaltamento

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	4,29	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	------	--------

Verifica a scorrimento

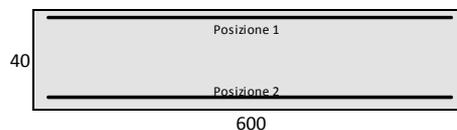
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	3,66	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	------	--------

Verifica a capacità portante

Combinazione dimensionante	[4]	A2 + M2	Vento dominante	1,01	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	-----------------	------	--------

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm ²]	Peso [kg]
Posizione 42 Ø 26	465	222,99	814,0
Posizione 42 Ø 12	465	47,50	173,4
Posizione 4 Ø 26 [appoggio]	600	21,24	100,0
Posizione 28 Ø 8 [2 / 30 cm]	600	14,07	66,3
Copriferro 3,0 cm			1153,7



Verifica fondazione di monte

Momento resistente	M_{Rd}	282.969	daNm
Componente flettente dell'azione	M_{Ed}	247.322	daNm
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd} / M_{Ed}	1,14	

Verifica fondazione di valle

Momento resistente	M_{Rd}	64.018	daNm
Componente flettente dell'azione	M_{Ed}	7.489	daNm
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd} / M_{Ed}	8,55	

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

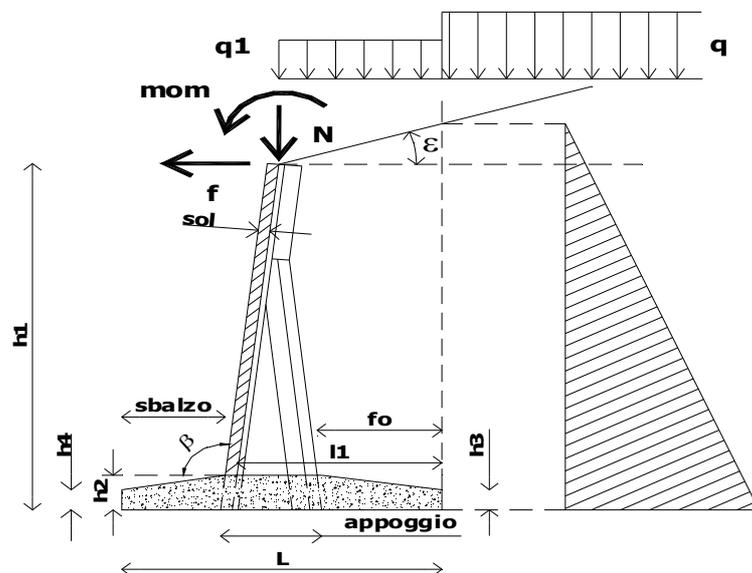
Verifica fondazione di monte

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	M_{cr}	35.973,51	> M_e	13.723,01	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	M_{cr}	35.973,51	> M_e	19.393,33	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	σ_c	23	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm ²
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	σ_c	8	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm ²
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	σ_s	509	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm ²

Verifica fondazione di valle

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	M_{cr}	42.208,27	> M_e	629,95	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	M_{cr}	42.208,27	> M_e	654,17	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	σ_c	1	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm ²
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	σ_c	1	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm ²
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	σ_s	49	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm ²

SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI



TIPO $H_T=1.8\text{m}$, $H_{foa} 3\text{m}$, $P_{vento} 2.0 \text{ kPa}$ $H_{rii} = 6\text{m}$

RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO

Altezza netta 140 cm

DATI DI PROGETTO

Normativa

Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Approccio **1**

Dati geotecnici

Angolo di attrito interno rilevato	ϕ	35	gradi
Peso specifico rilevato	γ	1.900	daN / m3
Angolo di attrito terra-muro rilevato	δ	23	gradi
Angolo di inclinazione rilevato	ϵ	0	gradi
Coesione rilevato	C	0	daN / m2
Altezza rilevato (da quota intradosso fondazione)	H _{ril}	6	m
Angolo di inclinazione del piano campagna	β_{APE}	26,38	gradi
Angolo di attrito interno fondazione	Φ_{FOND}	24	gradi
Peso specifico fondazione	γ_{FOND}	1.900	daN / m3
Coesione fondazione	C_{FOND}	0	daN / m2
Ricoprimento fondazione a valle	h_R	0,40	m

Morfologia del muro

Tipologia muro	Tipo	T	
Altezza netta del muro	h_N	1,40	m
Altezza del muro	h_1	1,80	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	X_G	0,42	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		0,22	m
Peso elemento prefabbricato	P	5.096	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	β	90	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	b_1	6,00	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	0,85	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		0,55	m
Pendenza della nervatura	pendenza	19%	
Larghezza nervatura/e	s	1,10	m
Spessore soletta	sol	0,10	m

Morfologia della fondazione

Spessore massimo soletta di fondazione	h_2	0,40	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	h_3	0,40	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	h_4	0,40	m
Larghezza fondazione	L	2,90	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	0,20	m
Larghezza suola fondazione lato monte	l_1	2,60	m
Larghezza suola fuori nervatura	fo	1,93	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{sperone}$	0,00	m
Base sperone (lato monte)	$b_{sperone}$	0,00	m
Larghezza sottofondazione	L_F	0,00	m
Altezza fondazione	h_F	0,00	m
Sbalzo anteriore	sb_F	0,00	m

Barriera fonoassorbente

Altezza barriera fonoassorbente	h_{FOA}	3,00	m
Pressione del vento sulla barriera	p_{vento}	200	daN / m2

Stratigrafia terreno di fondazione

Coefficiente di Poisson del terreno	ν	0,25	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	E	14.577	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	E_{0i}	-	kPa
Spessore dello strato i-esimo in cui è suddiviso lo strato compressibile	h_i	-	m
Profondità di influenza in cui si sviluppa il cedimento	h_{CED}	10,15	m
Strato 1	E_{01}	60.000	h_1
Strato 2	E_{02}		h_2
Strato 3	E_{03}		h_3
Strato 4	E_{04}		h_4
Spessore totale strato compressibile		10,15	m

Calcola Modulo

Verifica degli spostamenti in testa alla barriera

Spostamento massimo ammissibile		6,00	mm
Spostamento orizzontale calcolato alla testa del muro	d_{MURO}	1,31	mm

Carichi agenti

Sovraccarico permanente	G2	0	daN / m ²
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	0	daN / m ²
Traffico stradale / ferroviario	Q1	2.000	daN / m ²
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	3.600	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	5.400	daNm / elemento
Neve	Q3	0	daN / m ²
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A _d	0	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A _d	0	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	1.830	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	0,28	m

Parametri sismici

Stato Limite di Salvaguardia della Vita			SLV
Classe d'uso			IV
Coefficiente d'uso	C _U	2	
Vita nominale	V _N	50	anni
Periodo di riferimento	V _R	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T _R	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a _e (g)	0,085	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F ₀	2,380	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T _C *	0,303	sec
Categoria di sottosuolo			D
Fattore di amplificazione stratigrafica	S _s	1,80	
Categoria topografica			T1
Fattore di amplificazione topografica	S _T	1,00	

Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	-111,63	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	111,63	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	318,42	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	477,63	daNm / elemento

COMBINAZIONI DI CARICO

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	Y _F	Y _M	Q _{ki} dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[7]	Sismica	SISMA	M1	-	400	0	0	0	0
[8]	Sismica	SISMA	M2	-	400	0	0	0	0
[9]	Eccezionale	URTO	M1	-	400	0	0	0	0
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	0	0
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	720	1.080	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

VERIFICHE DI SICUREZZA

Verifica a ribaltamento

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	3,21	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	------	--------

Verifica a scorrimento

Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	5,77	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	------	--------

Verifica a capacità portante

Combinazione dimensionante	[4]	A2 + M2	Vento dominante	1,02	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	-----------------	------	--------

TIPO $H_T=2.2m$, $H_{foa} 3m$, $P_{vento} 2.0 kPa$ $H_{rii} = 6m$

RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO

Altezza netta 180 cm

DATI DI PROGETTO

Normativa

Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Approccio **1**

Dati geotecnici

Angolo di attrito interno rilevato	ϕ	35	gradi
Peso specifico rilevato	γ	1.900	daN / m3
Angolo di attrito terra-muro rilevato	δ	23	gradi
Angolo di inclinazione rilevato	ϵ	0	gradi
Coesione rilevato	c	0	daN / m2
Altezza rilevato (da quota intradosso fondazione)	H_{ril}	6	m
Angolo di inclinazione del piano campagna	β_{APE}	26,38	gradi
Angolo di attrito interno fondazione	ϕ_{FOND}	24	gradi
Peso specifico fondazione	γ_{FOND}	1.900	daN / m3
Coesione fondazione	c_{FOND}	0	daN / m2
Ricoprimento fondazione a valle	h_R	0,40	m

Morfologia del muro

Tipologia muro	Tipo	T	
Altezza netta del muro	h_N	1,80	m
Altezza del muro	h_1	2,20	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	X_G	0,41	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		0,21	m
Peso elemento prefabbricato	P	6.193	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	β	90	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	b_1	6,00	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	0,85	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		0,55	m
Pendenza della nervatura	pendenza	19%	
Larghezza nervatura/e	s	1,10	m
Spessore soletta	sol	0,10	m

Morfologia della fondazione

Spessore massimo soletta di fondazione	h_2	0,40	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	h_3	0,40	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	h_4	0,40	m
Larghezza fondazione	L	3,20	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	0,20	m
Larghezza suola fondazione lato monte	l_1	2,90	m
Larghezza suola fuori nervatura	fo	2,23	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{sperone}$	0,00	m
Base sperone (lato monte)	$b_{sperone}$	0,00	m
Larghezza sottofondazione	L_F	0,00	m
Altezza fondazione	h_F	0,00	m
Sbalzo anteriore	sb_F	0,00	m

Barriera fonoassorbente

Altezza barriera fonoassorbente	h_{FOA}	3,00	m
Pressione del vento sulla barriera	p_{vento}	200	daN / m2

Stratigrafia terreno di fondazione

Coefficiente di Poisson del terreno	ν	0,25	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	E	12.235	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	E_{0i}	-	kPa
Spessore dello strato i-esimo in cui è suddiviso lo strato compressibile	h_i	-	m
Profondità di influenza in cui si sviluppa il cedimento	h_{CED}	11,20	m

Strato 1	60.000	E_{01}	11,20	h_1
Strato 2		E_{02}		h_2
Strato 3		E_{03}		h_3
Strato 4		E_{04}		h_4
Spessore totale strato compressibile			11,20	m

Calcola Modulo

Verifica degli spostamenti in testa alla barriera

Spostamento massimo ammissibile		6,00	mm
Spostamento orizzontale calcolato alla testa del muro	d_{MURO}	1,88	mm

Carichi agenti

Sovraccarico permanente	G2	0	daN / m2
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	0	daN / m2
Traffico stradale / ferroviario	Q1	2.000	daN / m2
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	3.600	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	5.400	daNm / elemento
Neve	Q3	0	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A _d	0	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A _d	0	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	1.830	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	0,28	m

Parametri sismici

Stato Limite di Salvaguardia della Vita			SLV
Classe d'uso			IV
Coefficiente d'uso	C _U		2
Vita nominale	V _N	50	anni
Periodo di riferimento	V _R	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T _R	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a _e (g)	0,085	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F ₀	2,380	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T _c *	0,303	sec
Categoria di sottosuolo			D
Fattore di amplificazione stratigrafica	S _S	1,80	
Categoria topografica			T1
Fattore di amplificazione topografica	S _T	1,00	

Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	-111,63	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	111,63	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	318,42	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	477,63	daNm / elemento

COMBINAZIONI DI CARICO

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	V _F	V _M	Q _{ki} dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[7]	Sismica	SISMA	M1	-	400	0	0	0	0
[8]	Sismica	SISMA	M2	-	400	0	0	0	0
[9]	Eccezionale	URTO	M1	-	400	0	0	0	0
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	0	0
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	720	1.080	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

VERIFICHE DI SICUREZZA

Verifica a ribaltamento

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	3,65	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	------	--------

Verifica a scorrimento

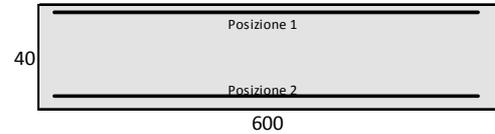
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	5,25	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	------	--------

Verifica a capacità portante

Combinazione dimensionante	[4]	A2 + M2	Vento dominante	1,02	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	-----------------	------	--------

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm ²]	Peso [kg]
Posizione 34 Ø 20	385	106,81	322,8
Posizione 34 Ø 12	385	38,45	116,2
Posizione 4 Ø 20 [appoggio]	600	12,57	59,2
Posizione 22 Ø 8 [2 / 30 cm]	600	11,06	52,1
Copriferro 3,0 cm			550,3



Verifica fondazione di monte

Momento resistente	M_{Rd}	141.499	daNm
Componente flettente dell'azione	M_{Ed}	101.593	daNm
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd} / M_{Ed}	1,39	

Verifica fondazione di valle

Momento resistente	M_{Rd}	52.222	daNm
Componente flettente dell'azione	M_{Ed}	15.054	daNm
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd} / M_{Ed}	3,47	

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

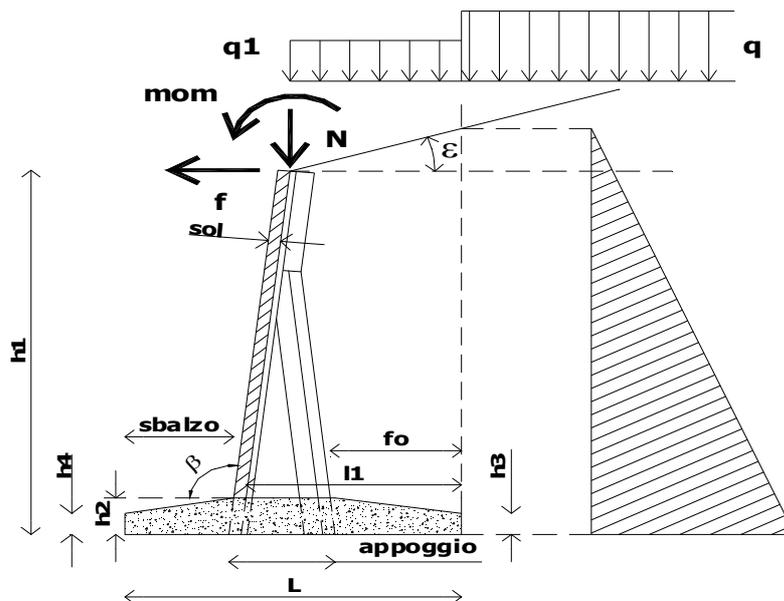
Verifica fondazione di monte

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	M_{cr}	33.754,95	> M_e	5.449,65	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	M_{cr}	33.754,95	> M_e	8.238,59	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	σ_c	15	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm ²
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	σ_c	4	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm ²
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	σ_s	522	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm ²

Verifica fondazione di valle

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	M_{cr}	36.080,03	> M_e	436,14	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	M_{cr}	36.080,03	> M_e	458,63	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	σ_c	1	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm ²
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	σ_c	0	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm ²
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	σ_s	46	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm ²

SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI



TIPO $H_T=2.6m$, $H_{foa} 3m$, $P_{vento} 2.0 kPa$ $H_{rii} = 6m$

RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO

Altezza netta 220 cm

DATI DI PROGETTO

Normativa

Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"

Approccio **1**

Dati geotecnici

Angolo di attrito interno rilevato	ϕ	35	gradi
Peso specifico rilevato	γ	1.900	daN / m ³
Angolo di attrito terra-muro rilevato	δ	23	gradi
Angolo di inclinazione rilevato	ϵ	0	gradi
Coesione rilevato	c	0	daN / m ²
Altezza rilevato (da quota intradosso fondazione)	H_{ril}	6	m
Angolo di inclinazione del piano campagna	β_{APE}	26,38	gradi
Angolo di attrito interno fondazione	Φ_{FOND}	24	gradi
Peso specifico fondazione	γ_{FOND}	1.900	daN / m ³
Coesione fondazione	c_{FOND}	0	daN / m ²
Ricoprimento fondazione a valle	h_R	0,40	m

Morfologia del muro

Tipologia muro	Tipo	T	
Altezza netta del muro	h_N	2,20	m
Altezza del muro	h_1	2,60	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	X_G	0,41	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		0,21	m
Peso elemento prefabbricato	P	7.841	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	β	90	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	b_1	6,00	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	0,85	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		0,55	m
Pendenza della nervatura	pendenza	19%	
Larghezza nervatura/e	s	1,10	m
Spessore soletta	sol	0,10	m

Morfologia della fondazione

Spessore massimo soletta di fondazione	h_2	0,40	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	h_3	0,40	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	h_4	0,40	m
Larghezza fondazione	L	3,60	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	0,20	m
Larghezza suola fondazione lato monte	l_1	3,30	m
Larghezza suola fuori nervatura	fo	2,63	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{sperone}$	0,00	m
Base sperone (lato monte)	$b_{sperone}$	0,00	m
Larghezza sottofondazione	L_F	0,00	m
Altezza fondazione	h_F	0,00	m
Sbalzo anteriore	sb_F	0,00	m

Barriera fonoassorbente

Altezza barriera fonoassorbente	h_{FOA}	3,00	m
Pressione del vento sulla barriera	p_{vento}	200	daN / m ²

Stratigrafia terreno di fondazione

Coefficiente di Poisson del terreno	ν	0,25	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	E	10.577	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	E_{0i}	-	kPa
Spessore dello strato i-esimo in cui è suddiviso lo strato compressibile	h_i	-	m
Profondità di influenza in cui si sviluppa il cedimento	h_{CED}	12,60	m
Strato 1	E_{01}	60.000	h_1
Strato 2	E_{02}	12,60	h_2
Strato 3	E_{03}		h_3
Strato 4	E_{04}		h_4
Spessore totale strato compressibile		12,60	m

Calcola Modulo

Verifica degli spostamenti in testa alla barriera

Spostamento massimo ammissibile		6,00	mm
Spostamento orizzontale calcolato alla testa del muro	d_{MURO}	2,85	mm

Carichi agenti

Sovraccarico permanente	G2	0	daN / m2
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	0	daN / m2
Traffico stradale / ferroviario	Q1	2.000	daN / m2
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	3.600	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	5.400	daNm / elemento
Neve	Q3	0	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A _d	0	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A _d	0	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	1.830	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	0,28	m

Parametri sismici

Stato Limite di Salvaguardia della Vita			SLV
Classe d'uso			IV
Coefficiente d'uso	C _{II}		2
Vita nominale	V _N	50	anni
Periodo di riferimento	V _R	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T _R	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a _e (g)	0,085	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F ₀	2,380	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T _C *	0,303	sec
Categoria di sottosuolo			D
Fattore di amplificazione stratigrafica	S _S	1,80	
Categoria topografica			T1
Fattore di amplificazione topografica	S _T	1,00	

Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	-111,63	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	111,63	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	318,42	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	477,63	daNm / elemento

COMBINAZIONI DI CARICO

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	V _F	V _M	Q _{ki} dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[7]	Sismica	SISMA	M1	-	400	0	0	0	0
[8]	Sismica	SISMA	M2	-	400	0	0	0	0
[9]	Eccezionale	URTO	M1	-	400	0	0	0	0
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	0	0
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	720	1.080	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

VERIFICHE DI SICUREZZA

Verifica a ribaltamento

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	4,23	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	------	--------

Verifica a scorrimento

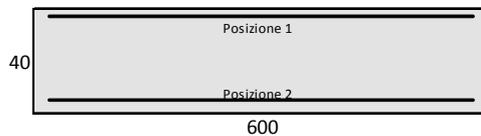
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	5,00	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	------	--------

Verifica a capacità portante

Combinazione dimensionante	[4]	A2 + M2	Vento dominante	1,06	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	-----------------	------	--------

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm ²]	Peso [kg]
Posizione 36 Ø 22	425	136,85	456,6
Posizione 36 Ø 12	425	40,72	135,8
Posizione 4 Ø 22 [appoggio]	600	15,21	71,6
Posizione 26 Ø 8 [2 / 30 cm]	600	13,07	61,6
Copriferro 3,0 cm			725,6



Verifica fondazione di monte

Momento resistente	M_{Rd}	179.437	daNm
Componente flettente dell'azione	M_{Ed}	163.826	daNm
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd} / M_{Ed}	1,10	

Verifica fondazione di valle

Momento resistente	M_{Rd}	55.173	daNm
Componente flettente dell'azione	M_{Ed}	13.549	daNm
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd} / M_{Ed}	4,07	

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

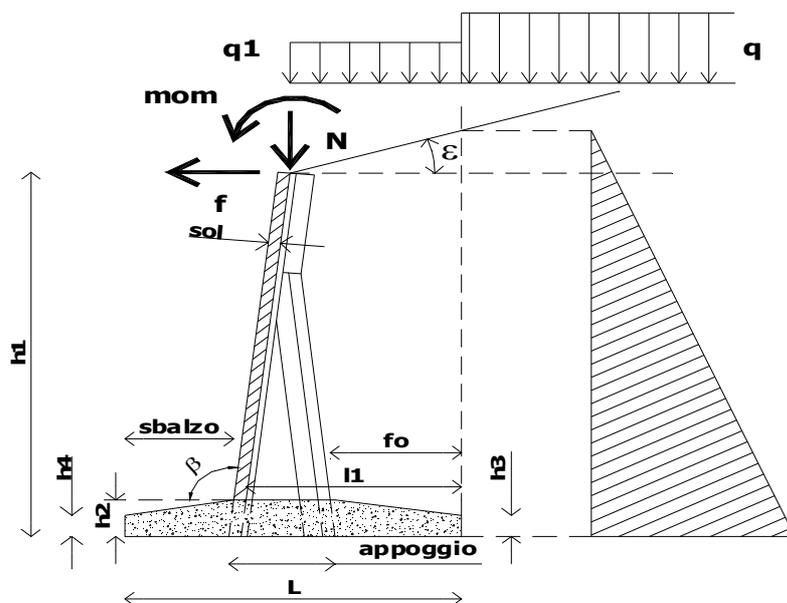
Verifica fondazione di monte

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	M_{cr}	34.391,84	> M_e	9.021,29	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	M_{cr}	34.391,84	> M_e	13.124,92	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	σ_c	18	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm ²
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	σ_c	7	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm ²
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	σ_s	558	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm ²

Verifica fondazione di valle

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	M_{cr}	37.706,12	> M_e	537,44	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	M_{cr}	37.706,12	> M_e	560,89	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	σ_c	1	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm ²
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	σ_c	1	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm ²
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	σ_s	49	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm ²

SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI



TIPO $H_T=3.0m$, $H_{foa} 3m$, $P_{vento} 2.0 kPa$ $H_{rll} = 6m$

RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO

Altezza netta 260 cm

DATI DI PROGETTO

Normativa

Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Approccio **1**

Dati geotecnici

Angolo di attrito interno rilevato	ϕ	35	gradi
Peso specifico rilevato	γ	1.900	daN / m3
Angolo di attrito terra-muro rilevato	δ	23	gradi
Angolo di inclinazione rilevato	ϵ	0	gradi
Coesione rilevato	c	0	daN / m2
Altezza rilevato (da quota intradosso fondazione)	H_{rll}	6	m
Angolo di inclinazione del piano campagna	β_{APE}	26,38	gradi
Angolo di attrito interno fondazione	ϕ_{FOND}	24	gradi
Peso specifico fondazione	γ_{FOND}	1.900	daN / m3
Coesione fondazione	c_{FOND}	0	daN / m2
Ricoprimento fondazione a valle	h_R	0,40	m

Morfologia del muro

Tipologia muro	Tipo	T	
Altezza netta del muro	h_N	2,60	m
Altezza del muro	h_1	3,00	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	X_G	0,40	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		0,20	m
Peso elemento prefabbricato	P	8.937	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	β	90	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	b_1	6,00	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	0,85	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		0,55	m
Pendenza della nervatura	pendenza	19%	
Larghezza nervatura/e	s	1,10	m
Spessore soletta	sol	0,10	m

Morfologia della fondazione

Spessore massimo soletta di fondazione	h_2	0,40	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	h_3	0,40	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	h_4	0,40	m
Larghezza fondazione	L	4,00	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	0,20	m
Larghezza suola fondazione lato monte	l_1	3,70	m
Larghezza suola fuori nervatura	f_0	3,03	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{sperone}$	0,00	m
Base sperone (lato monte)	$b_{sperone}$	0,00	m
Larghezza sottofondazione	L_F	0,00	m
Altezza fondazione	h_F	0,00	m
Sbalzo anteriore	sb_F	0,00	m

Barriera fonoassorbente

Altezza barriera fonoassorbente	h_{FOA}	3,00	m
Pressione del vento sulla barriera	p_{vento}	200	daN / m2

Stratigrafia terreno di fondazione

Coefficiente di Poisson del terreno	ν	0,25	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	E	9.385	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	E_{0i}	-	kPa
Spessore dello strato i-esimo in cui è suddiviso lo strato compressibile	h_i	-	m
Profondità di influenza in cui si sviluppa il cedimento	h_{CFD}	14,00	m
Strato 1	60.000 E_{01}	14,00	h_1
Strato 2	E_{02}		h_2
Strato 3	E_{03}		h_3
Strato 4	E_{04}		h_4
Spessore totale strato compressibile		14,00	m

Calcola Modulo

Verifica degli spostamenti in testa alla barriera

Spostamento massimo ammissibile		6,00	mm
Spostamento orizzontale calcolato alla testa del muro	d_{MURO}	3,55	mm

Carichi agenti

Sovraccarico permanente	G2	0	daN / m2
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	0	daN / m2
Traffico stradale / ferroviario	Q1	2.000	daN / m2
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	3.600	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	5.400	daNm / elemento
Neve	Q3	0	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A _d	0	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A _d	0	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	1.830	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	0,28	m

Parametri sismici

Stato Limite di Salvaguardia della Vita			SLV
Classe d'uso			IV
Coefficiente d'uso	C _U	2	
Vita nominale	V _N	50	anni
Periodo di riferimento	V _R	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T _R	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a _e (g)	0,085	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F ₀	2,380	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T _C *	0,303	sec
Categoria di sottosuolo			D
Fattore di amplificazione stratigrafica	S _S	1,80	
Categoria topografica			T1
Fattore di amplificazione topografica	S _T	1,00	

Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	-111,63	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	111,63	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	318,42	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	477,63	daNm / elemento

COMBINAZIONI DI CARICO

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	V _F	V _M	Q _{ki} dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[7]	Sismica	SISMA	M1	-	400	0	0	0	0
[8]	Sismica	SISMA	M2	-	400	0	0	0	0
[9]	Eccezionale	URTO	M1	-	400	0	0	0	0
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	0	0
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	2.160	3.240	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	3.600	5.400	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	720	1.080	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

VERIFICHE DI SICUREZZA

Verifica a ribaltamento

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	4,74	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	------	--------

Verifica a scorrimento

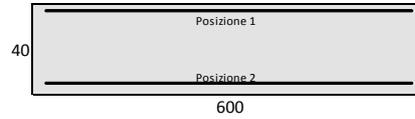
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	4,79	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	------	--------

Verifica a capacità portante

Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	1,06	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	------	--------

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm ²]	Peso [kg]
Posizione 46 Ø 24	465	208,10	759,6
Posizione 46 Ø 12	465	52,02	189,9
Posizione 4 Ø 24 [appoggio]	600	18,10	85,2
Posizione 28 Ø 8 [2 / 30 cm]	600	14,07	66,3
Copriferro 3,0 cm			1101,0



Verifica fondazione di monte

Momento resistente	M_{Rd}	266.903	daNm
Componente flettente dell'azione	M_{Ed}	247.325	daNm
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd} / M_{Ed}	1,08	

Verifica fondazione di valle

Momento resistente	M_{Rd}	69.984	daNm
Componente flettente dell'azione	M_{Ed}	12.515	daNm
Coefficiente di sicurezza	M_{Rd} / M_{Ed}	5,59	

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

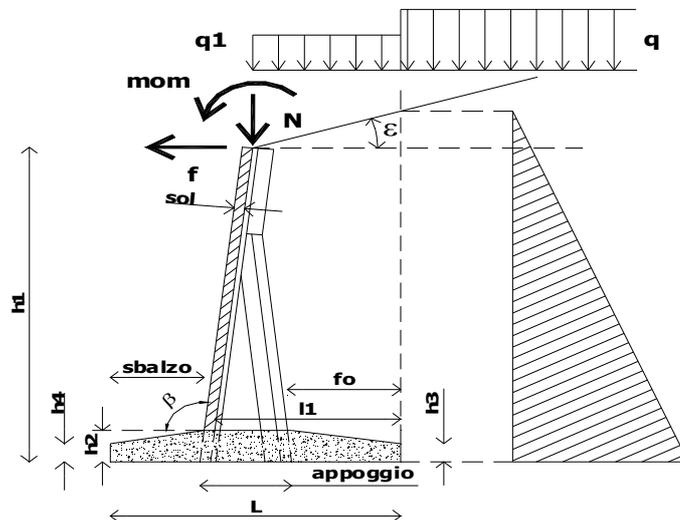
Verifica fondazione di monte

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	Mcr	36.101,59	> Me	13.723,01	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	Mcr	36.101,59	> Me	19.393,33	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	σ_c	21	< 0,60 f_{ck}	150	daN / cm ²
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	σ_c	9	< 0,45 f_{ck}	112,5	daN / cm ²
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	σ_s	491	< 0,80 f_{yk}	3.520	daN / cm ²

Verifica fondazione di valle

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	Mcr	41.646,55	> Me	629,95	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	Mcr	41.646,55	> Me	654,17	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	σ_c	1	< 0,60 f_{ck}	150	daN / cm ²
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	σ_c	1	< 0,45 f_{ck}	112,5	daN / cm ²
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	σ_s	43	< 0,80 f_{yk}	3.520	daN / cm ²

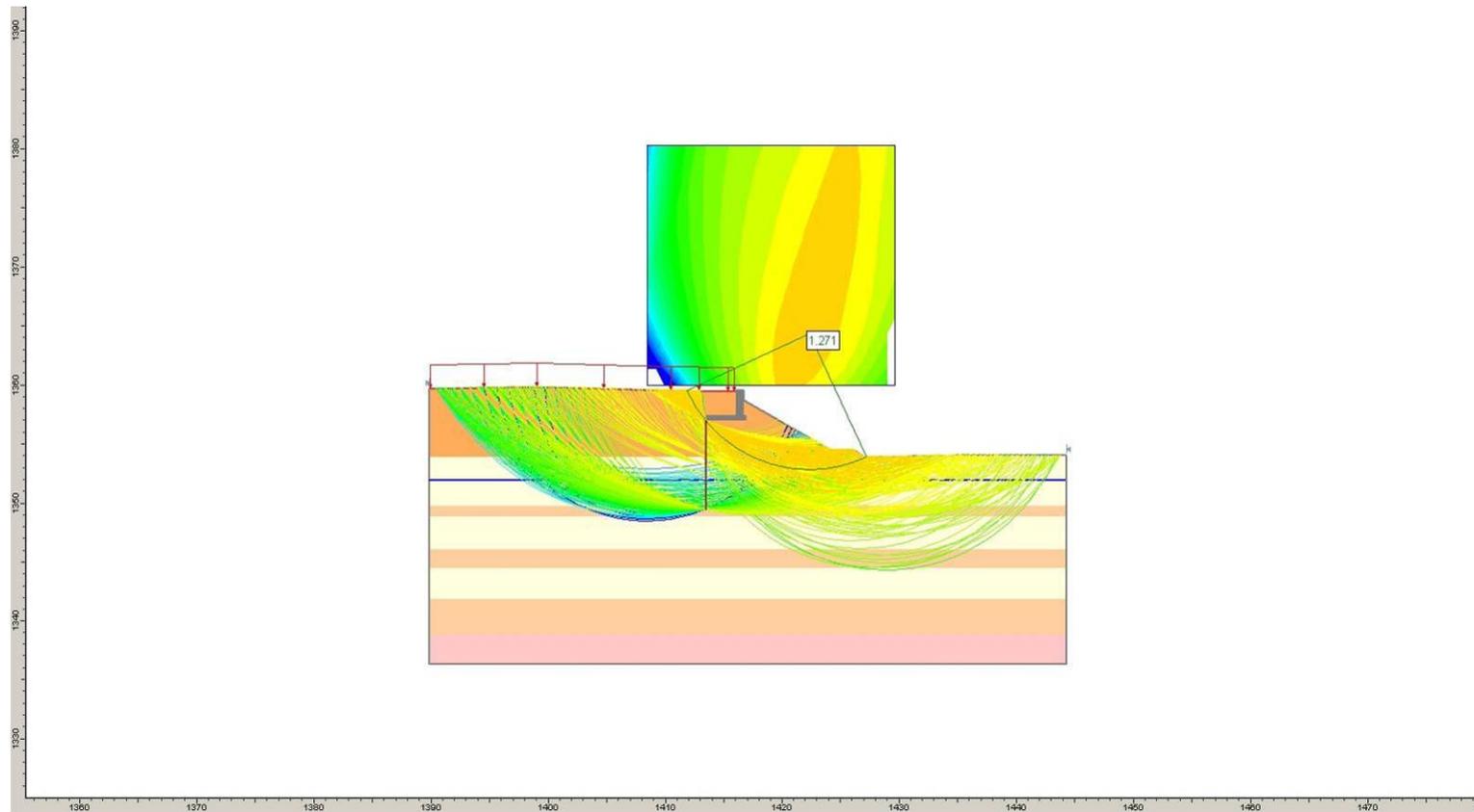
SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI



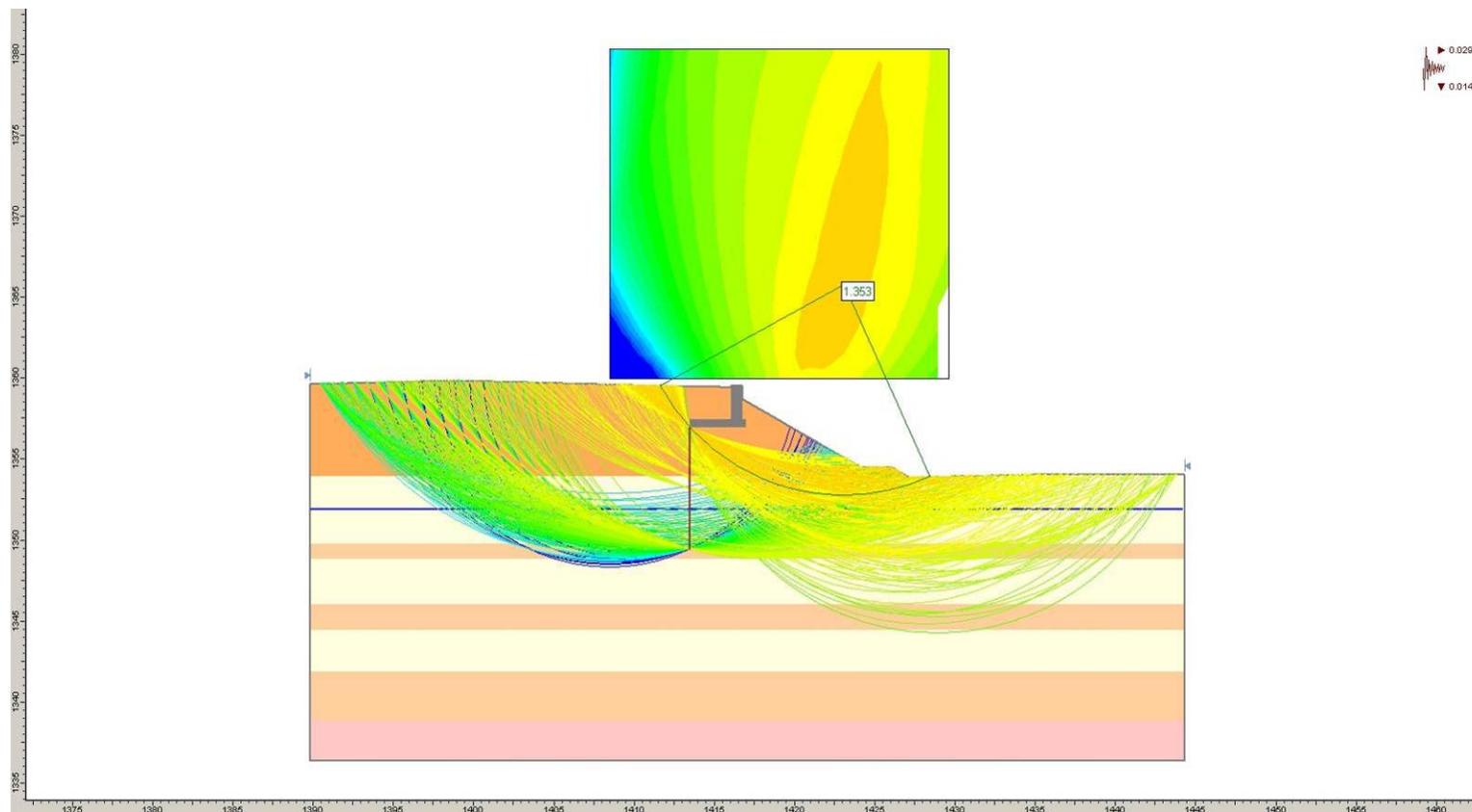
ALLEGATO 4

Analisi di stabilità globale

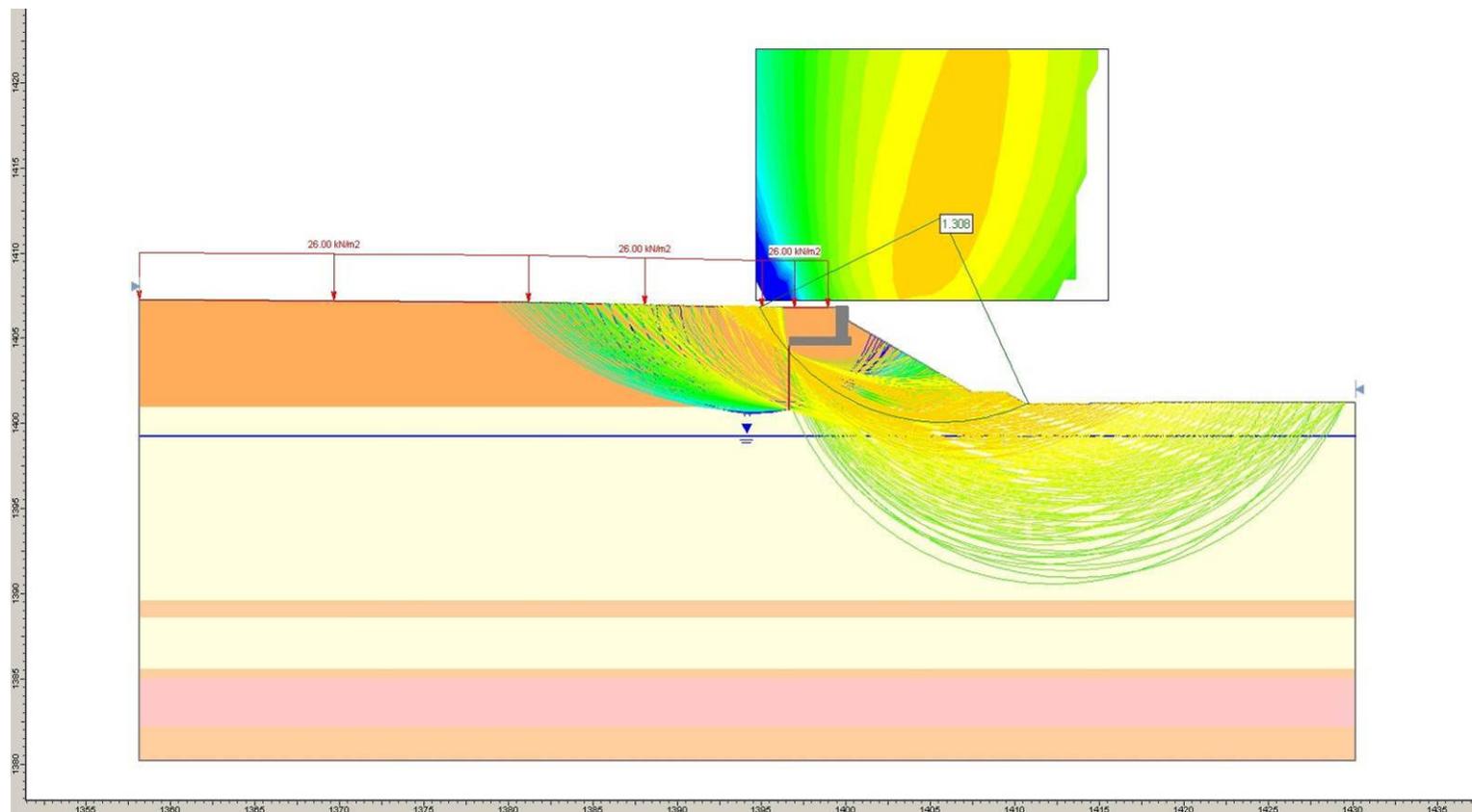
MURO SU FONDAZIONE DIRETTA - F005 - Caso statico



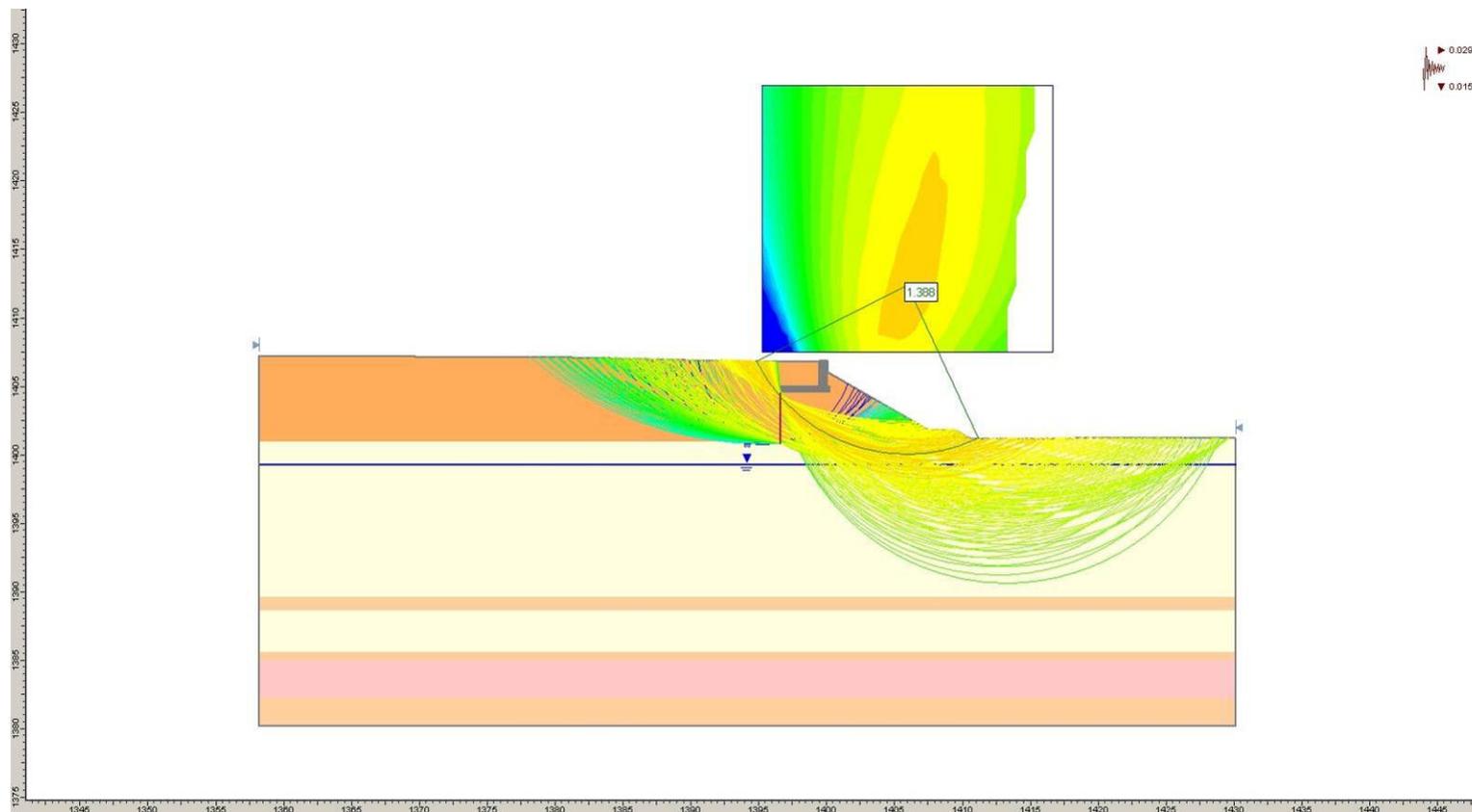
MURO SU FONDAZIONE DIRETTA - F005-Caso sismico



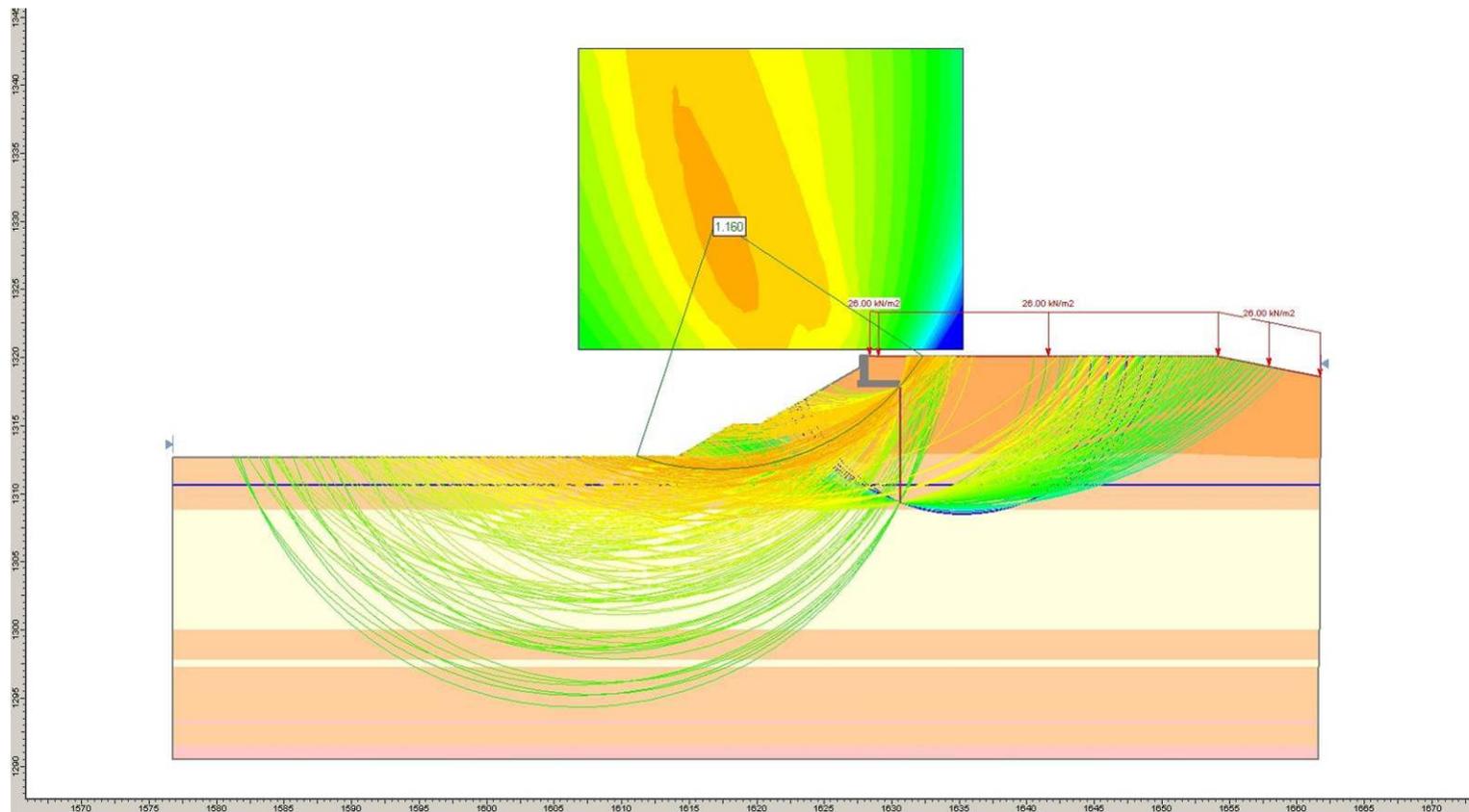
MURO SU FONDAZIONE DIRETTA – F006 - Caso statico



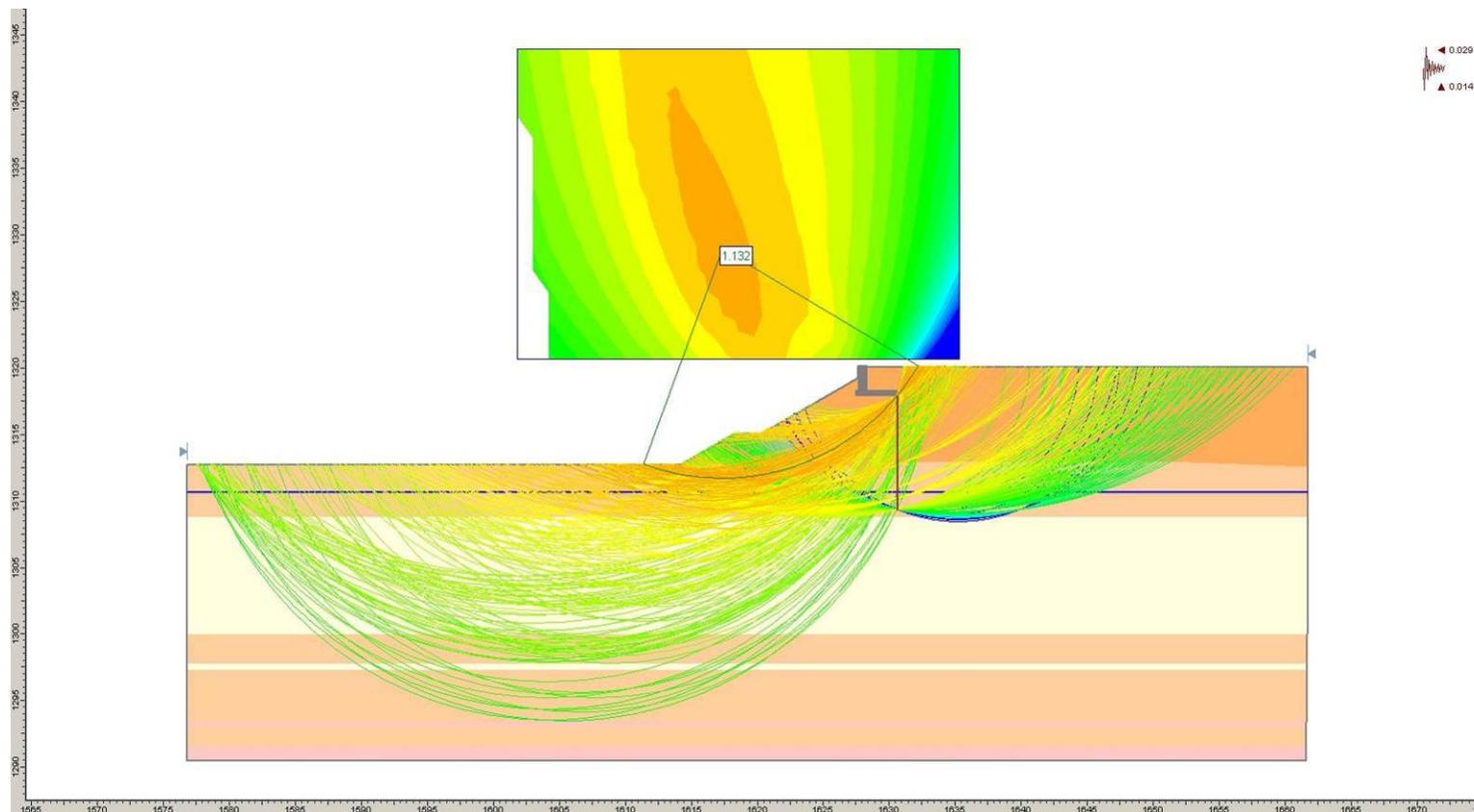
MURO SU FONDAZIONE DIRETTA – F006- Caso sismico



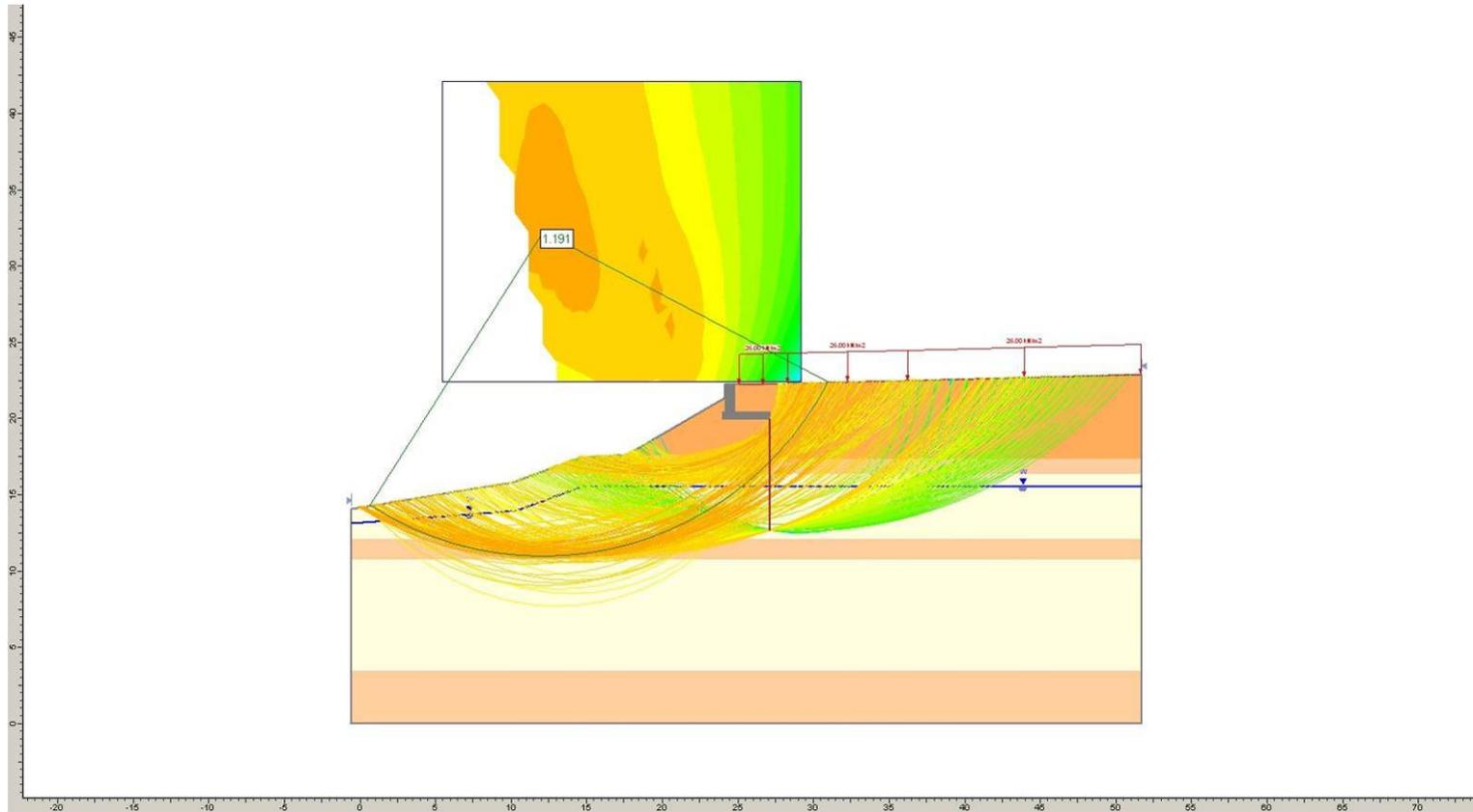
MURO SU FONDAZIONE DIRETTA – F103- Caso statico



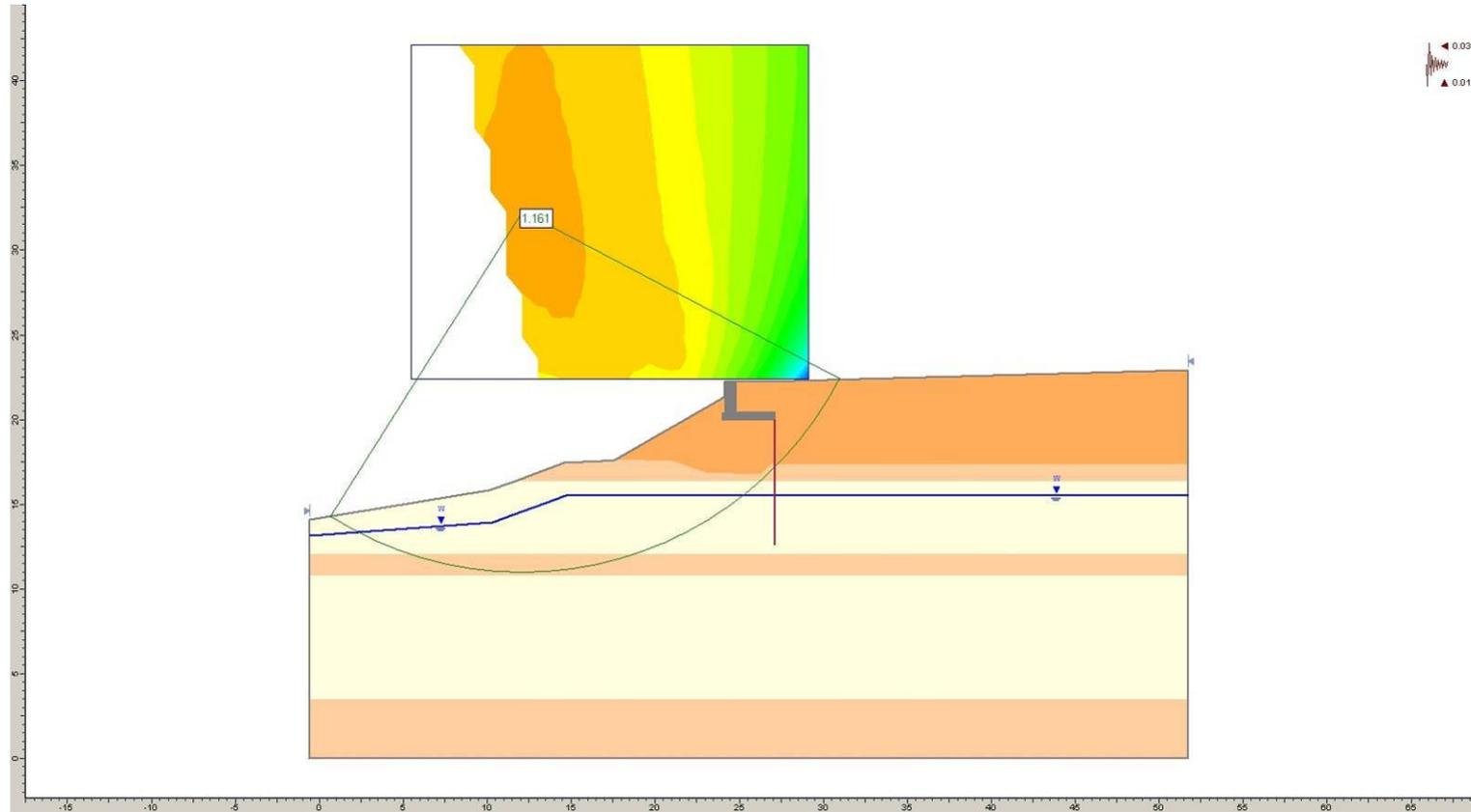
MURO SU FONDAZIONE DIRETTA- F103- Caso sismico



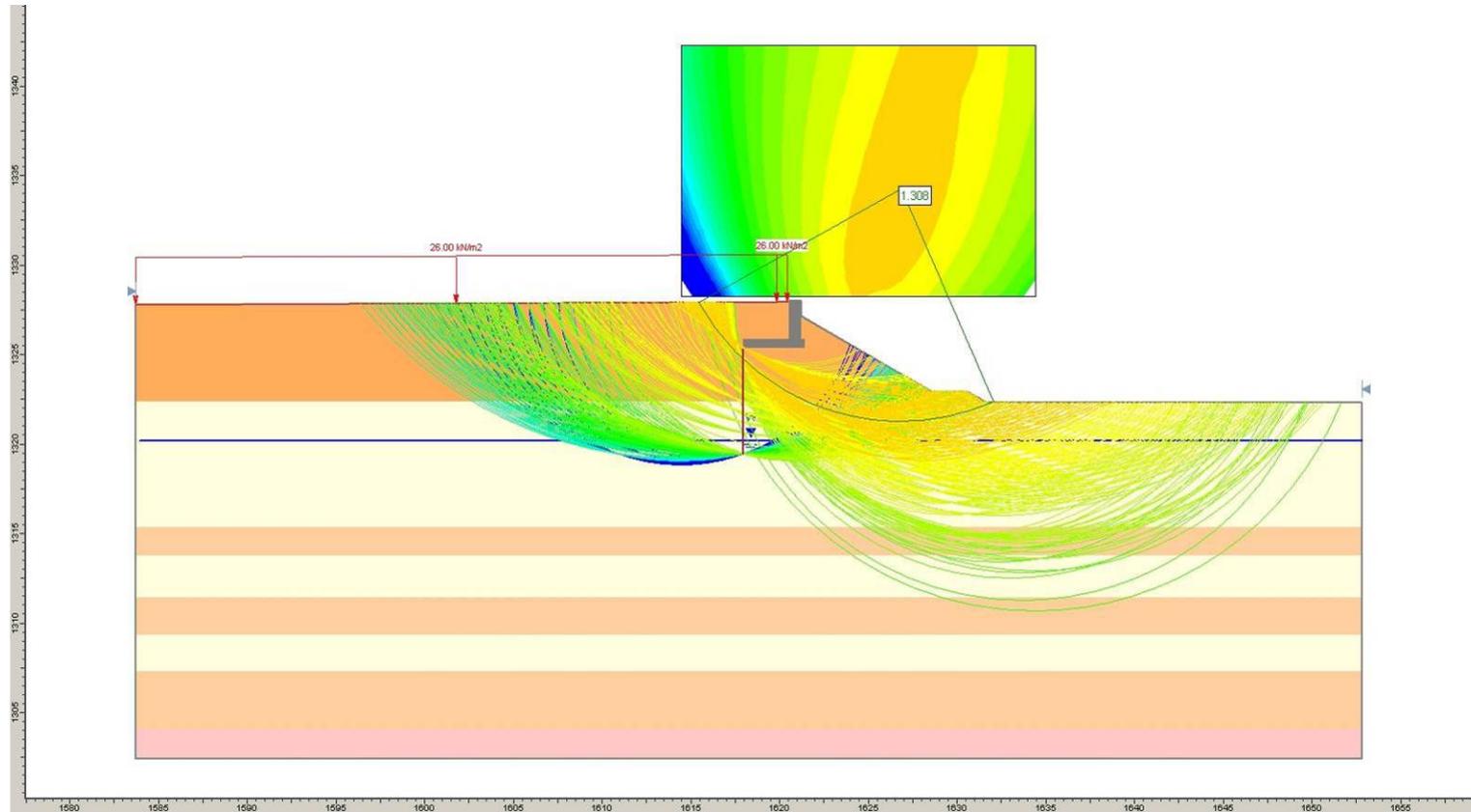
MURO SU FONDAZIONE DIRETTA- F111- Caso statico



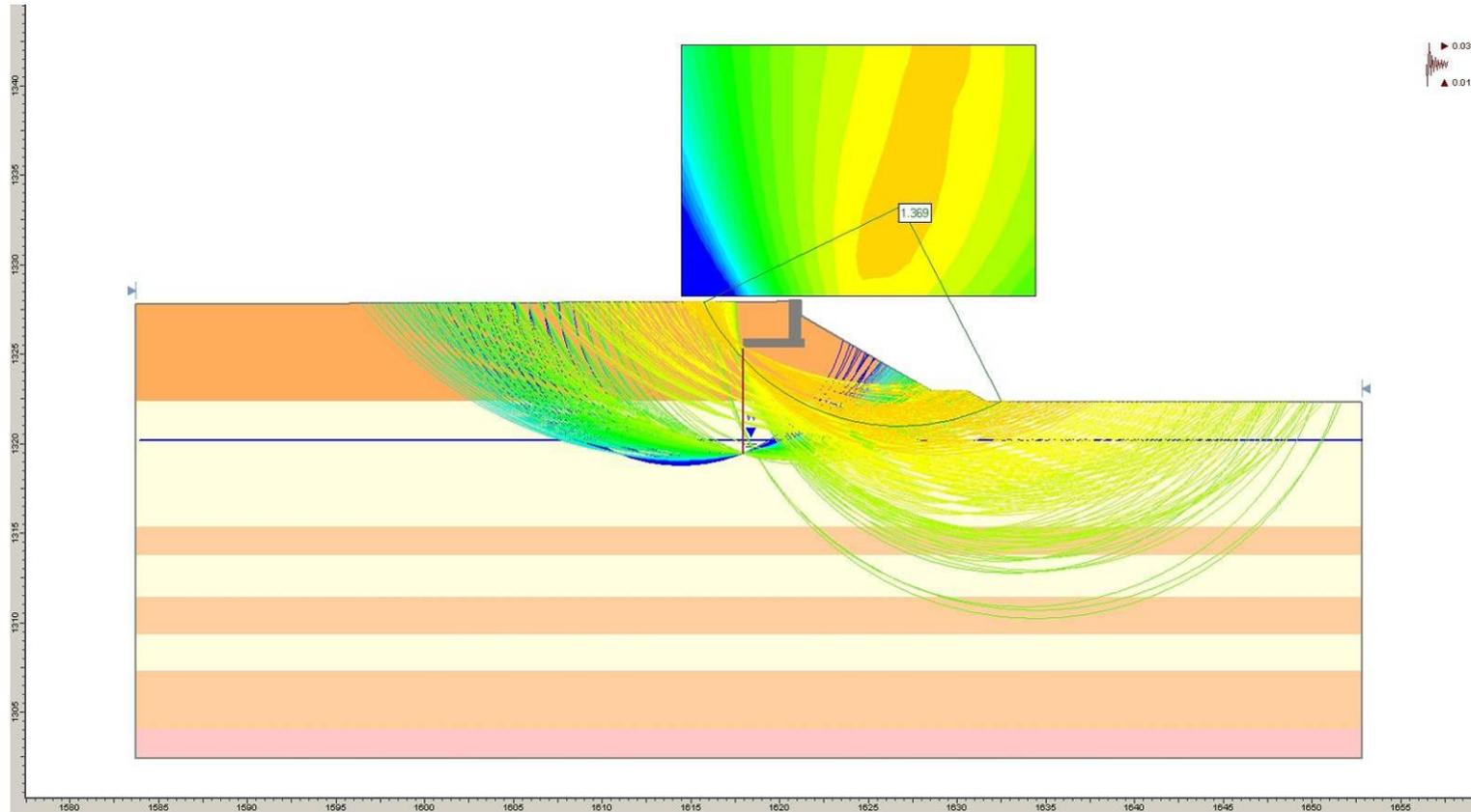
MURO SU FONDAZIONE DIRETTA- F111- Caso sismico



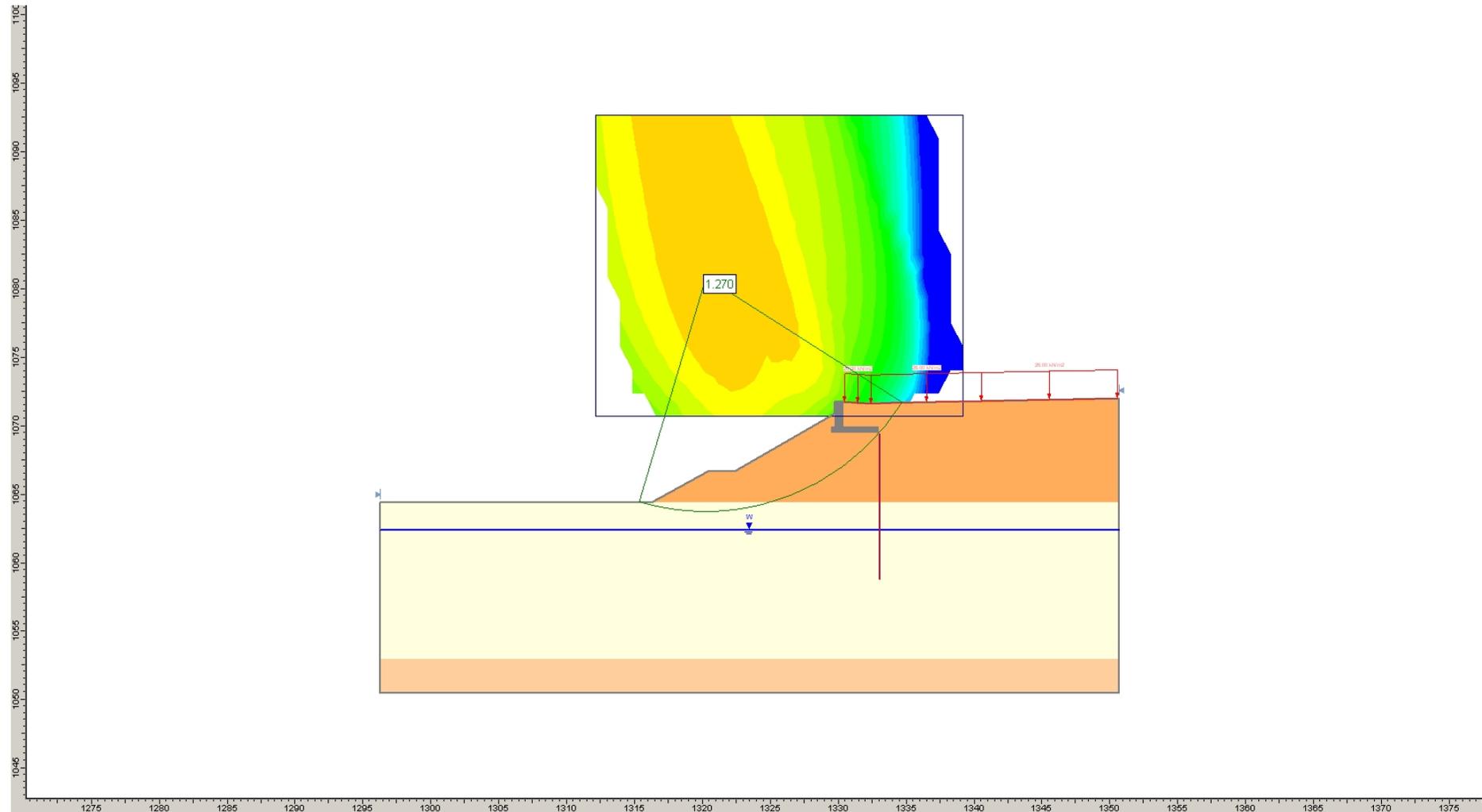
MURO SU FONDAZIONE DIRETTA- F011- Caso statico



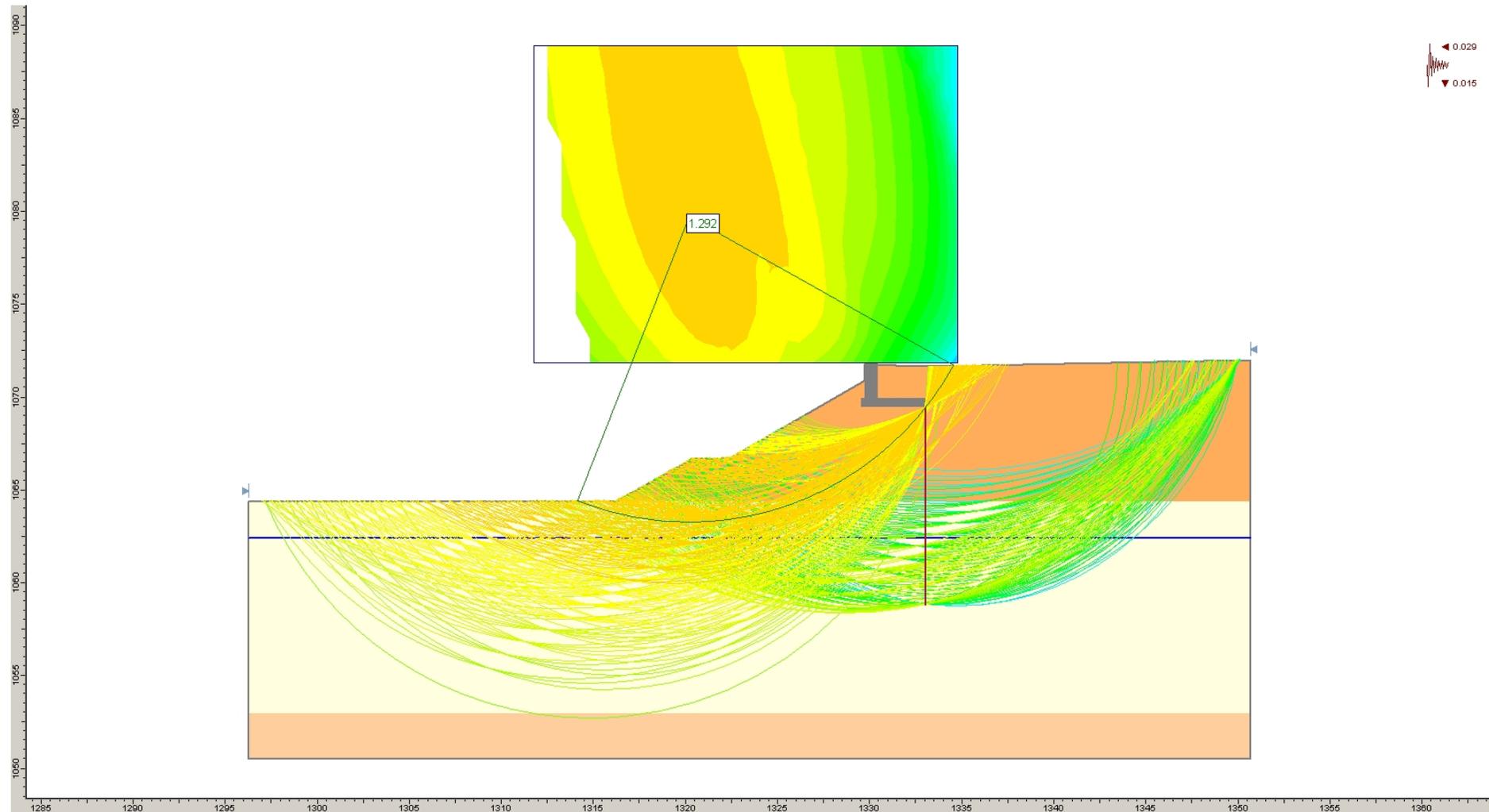
MURO SU FONDAZIONE DIRETTA- F011- Caso sismico



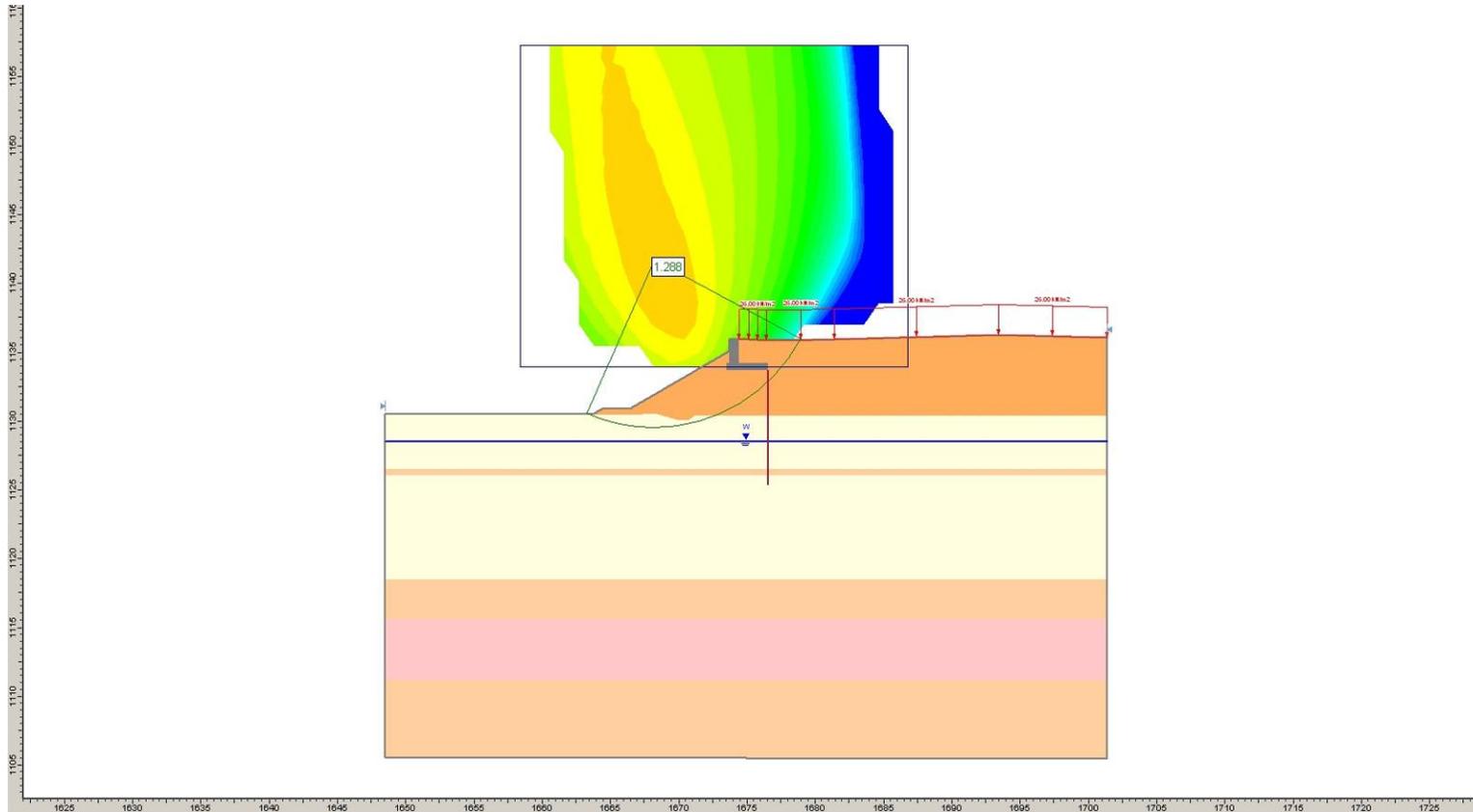
MURO SU FONDAZIONE DIRETTA – F105- Caso statico



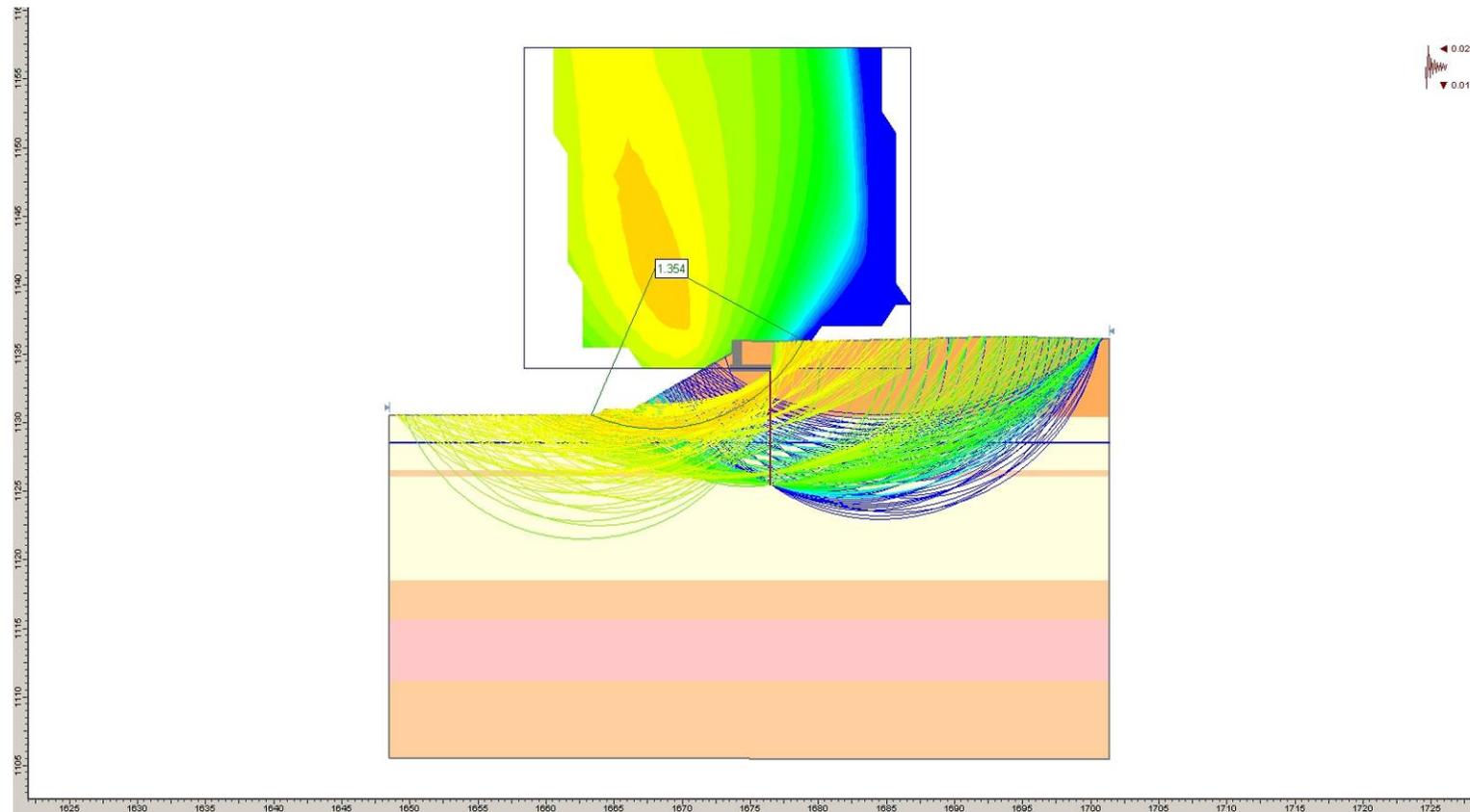
MURO SU FONDAZIONE DIRETTA – F105- Caso sismico



MURO SU FONDAZIONE DIRETTA- F104- Caso statico



MURO SU FONDAZIONE DIRETTA – F104 - Caso sismico



File Input/Output SLIDE

Per ciascuna sezione di cui è riportato output grafico si riporta di seguito il file di output sia nella combinazione SLU A2+M2+R2 che sismica.

Document Name

File Name: F005.sli

Project Settings

Project Title: F005

Failure Direction: Left to Right

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Number of slices: 30

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search

Radius increment: 10

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: Not Defined

Loading

1 Distributed Load present:

Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Vertical, Magnitude: 26 kN/m²

Material Properties

Material: Rilevato

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 29 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A2

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: Muro

Strength Type: Infinite strength

Unit Weight: 24 kN/m³

Material: A1 H>15

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.299870

Center: 1422.338, 1364.331

Radius: 11.550

Left Slip Surface Endpoint: 1411.841, 1359.514

Right Slip Surface Endpoint: 1427.191, 1353.850

Resisting Moment=5623.04 kN-m

Driving Moment=4325.83 kN-m

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.270750

Center: 1422.338, 1364.331

Radius: 11.550

Left Slip Surface Endpoint: 1411.841, 1359.514

Right Slip Surface Endpoint: 1427.191, 1353.850

Resisting Moment=5497.04 kN-m

Driving Moment=4325.83 kN-m

Resisting Horizontal Force=408.761 kN

Driving Horizontal Force=321.67 kN

Document Name

File Name: F005_sisma.sli

Project Settings

Project Title: F005

Failure Direction: Left to Right

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Number of slices: 30

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search

Radius increment: 10

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.029

Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.014

Material Properties

Material: Rilevato

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 29 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A2

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: Muro

Strength Type: Infinite strength

Unit Weight: 24 kN/m³

Material: A1 H>15

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.352830

Center: 1423.067, 1365.785

Radius: 13.058

Left Slip Surface Endpoint: 1411.612, 1359.518

Right Slip Surface Endpoint: 1428.433, 1353.881

Resisting Moment=5815.66 kN-m

Driving Moment=4298.89 kN-m

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.330040

Center: 1423.067, 1365.785

Radius: 13.058

Left Slip Surface Endpoint: 1411.612, 1359.518

Right Slip Surface Endpoint: 1428.433, 1353.881

Resisting Moment=5717.69 kN-m

Driving Moment=4298.89 kN-m

Resisting Horizontal Force=389.853 kN

Driving Horizontal Force=293.114 kN

Document Name

File Name: F006.sli

Project Settings

Project Title: F006

Failure Direction: Left to Right

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Number of slices: 30

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search

Radius increment: 10

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: Not Defined

Loading

1 Distributed Load present:

Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Vertical, Magnitude: 26 kN/m²

Material Properties

Material: Rilevato

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 29 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A2

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: Muro

Strength Type: Infinite strength

Unit Weight: 24 kN/m³

Material: A1 H>15

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.337390

Center: 1406.387, 1413.366

Radius: 13.426

Left Slip Surface Endpoint: 1394.664, 1406.823

Right Slip Surface Endpoint: 1411.933, 1401.139

Resisting Moment=7158.16 kN-m

Driving Moment=5352.32 kN-m

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.307560

Center: 1405.735, 1412.137

Radius: 12.120

Left Slip Surface Endpoint: 1394.843, 1406.819

Right Slip Surface Endpoint: 1410.801, 1401.127

Resisting Moment=6149.66 kN-m

Driving Moment=4703.17 kN-m

Resisting Horizontal Force=438.497 kN

Driving Horizontal Force=335.356 kN

Document Name

File Name: F006_sisma.sli

Project Settings

Project Title: F103

Failure Direction: Left to Right

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Number of slices: 30

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search

Radius increment: 10

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.029

Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.015

Material Properties

Material: Rilevato

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 29 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A2

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: Muro

Strength Type: Infinite strength

Unit Weight: 24 kN/m³

Material: A1 H>15

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.387700

Center: 1405.912, 1412.376

Radius: 12.411

Left Slip Surface Endpoint: 1394.815, 1406.820

Right Slip Surface Endpoint: 1411.162, 1401.130

Resisting Moment=5859.7 kN-m

Driving Moment=4222.59 kN-m

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.361870

Center: 1405.912, 1412.376

Radius: 12.411

Left Slip Surface Endpoint: 1394.815, 1406.820

Right Slip Surface Endpoint: 1411.162, 1401.130

Resisting Moment=5750.61 kN-m

Driving Moment=4222.59 kN-m

Resisting Horizontal Force=411.511 kN

Driving Horizontal Force=302.166 kN

Document Name

File Name: F103.sli

Project Settings

Project Title: F103

Failure Direction: Right to Left

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Number of slices: 30

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search

Radius increment: 10

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: Not Defined

Loading

1 Distributed Load present:

Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Vertical, Magnitude: 26 kN/m²

Material Properties

Material: Rilevato

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 29 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: A2

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 0 kPa
Friction Angle: 19.6 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Material: Muro

Strength Type: Infinite strength
Unit Weight: 24 kN/m³

Material: A1 H>15

Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 4 kPa
Friction Angle: 19.6 degrees
Water Surface: Water Table
Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.160000
Center: 1616.988, 1330.084
Radius: 18.353
Left Slip Surface Endpoint: 1611.094, 1312.703
Right Slip Surface Endpoint: 1632.358, 1320.055
Resisting Moment=10413.9 kN-m
Driving Moment=8977.53 kN-m

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.136390

Center: 1616.988, 1330.084

Radius: 18.353

Left Slip Surface Endpoint: 1611.094, 1312.703

Right Slip Surface Endpoint: 1632.358, 1320.055

Resisting Moment=10202 kN-m

Driving Moment=8977.53 kN-m

Resisting Horizontal Force=482.139 kN

Driving Horizontal Force=424.272 kN

Document Name

File Name: F103_sisma.sli

Project Settings

Project Title: F103

Failure Direction: Right to Left

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Number of slices: 30

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search

Radius increment: 10

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.029

Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.014

Material Properties

Material: Rilevato

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 29 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A2

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: Muro

Strength Type: Infinite strength

Unit Weight: 24 kN/m³

Material: A1 H>15

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.152150

Center: 1617.366, 1328.951

Radius: 17.324

Left Slip Surface Endpoint: 1611.353, 1312.704

Right Slip Surface Endpoint: 1632.263, 1320.108

Resisting Moment=8937.47 kN-m

Driving Moment=7757.24 kN-m

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.131610

Center: 1617.366, 1328.951

Radius: 17.324

Left Slip Surface Endpoint: 1611.353, 1312.704

Right Slip Surface Endpoint: 1632.263, 1320.108

Resisting Moment=8778.2 kN-m

Driving Moment=7757.24 kN-m

Resisting Horizontal Force=446.044 kN

Driving Horizontal Force=394.167 kN

Document Name

File Name: F111.sli

Project Settings

Project Title: F111

Failure Direction: Right to Left

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Number of slices: 30

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search

Radius increment: 10

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: Not Defined

Loading

1 Distributed Load present:

Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Vertical, Magnitude: 26 kN/m²

Material Properties

Material: Rilevato

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 29 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A2

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: Muro

Strength Type: Infinite strength

Unit Weight: 24 kN/m³

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.189770

Center: 12.112, 33.489

Radius: 22.580

Left Slip Surface Endpoint: 0.336, 14.222

Right Slip Surface Endpoint: 31.779, 22.395

Resisting Moment=23215.6 kN-m

Driving Moment=19512.7 kN-m

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.191260

Center: 12.112, 32.257

Radius: 21.333

Left Slip Surface Endpoint: 0.639, 14.272

Right Slip Surface Endpoint: 31.019, 22.376

Resisting Moment=20979.7 kN-m

Driving Moment=17611.3 kN-m

Resisting Horizontal Force=849.105 kN

Driving Horizontal Force=712.776 kN

Document Name

File Name: F111_sisma.sli

Project Settings

Project Title: F111

Failure Direction: Right to Left

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Number of slices: 30

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search

Radius increment: 10

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.03

Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.015

Material Properties

Material: Rilevato

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 29 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A2

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: Muro

Strength Type: Infinite strength

Unit Weight: 24 kN/m³

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.161060

Center: 12.112, 32.257

Radius: 21.333

Left Slip Surface Endpoint: 0.639, 14.272

Right Slip Surface Endpoint: 31.019, 22.376

Resisting Moment=18947.9 kN-m

Driving Moment=16319.6 kN-m

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.163400

Center: 12.112, 33.489

Radius: 22.580

Left Slip Surface Endpoint: 0.336, 14.222

Right Slip Surface Endpoint: 31.779, 22.395

Resisting Moment=20924 kN-m

Driving Moment=17985.2 kN-m

Resisting Horizontal Force=821.598 kN

Driving Horizontal Force=706.205 kN

File Name: M102.sli

Project Settings

Project Title: M102

Failure Direction: Right to Left

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Number of slices: 30

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search

Radius increment: 10

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: Not Defined

Loading

1 Distributed Load present:

Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Vertical, Magnitude: 26 kN/m²

Material Properties

Material: Rilevato

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 29 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A2

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: Muro

Strength Type: Infinite strength

Unit Weight: 24 kN/m³

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.733980

Center: 1326.830, 991.505

Radius: 6.592

Left Slip Surface Endpoint: 1322.038, 986.979

Right Slip Surface Endpoint: 1333.135, 989.584

Resisting Moment=2347.07 kN-m

Driving Moment=1353.57 kN-m

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.714060

Center: 1326.830, 991.505

Radius: 6.592

Left Slip Surface Endpoint: 1322.038, 986.979

Right Slip Surface Endpoint: 1333.135, 989.584

Resisting Moment=2320.1 kN-m

Driving Moment=1353.57 kN-m

Resisting Horizontal Force=300.458 kN

Driving Horizontal Force=175.29 kN

Document Name

File Name: F011.sli

Project Settings

Project Title: F011

Failure Direction: Left to Right

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Number of slices: 31

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search

Radius increment: 10

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: Not Defined

Loading

1 Distributed Load present:

Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Vertical, Magnitude: 26 kN/m²

Material Properties

Material: Rilevato

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 29 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A2

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: Muro

Strength Type: Infinite strength

Unit Weight: 24 kN/m³

Material: A1 per H>15

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.336590

Center: 1626.826, 1333.267

Radius: 12.346

Left Slip Surface Endpoint: 1615.700, 1327.914

Right Slip Surface Endpoint: 1632.526, 1322.315

Resisting Moment=6860.5 kN-m

Driving Moment=5132.84 kN-m

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.308020

Center: 1626.826, 1334.268

Radius: 13.053

Left Slip Surface Endpoint: 1615.425, 1327.912

Right Slip Surface Endpoint: 1632.069, 1322.315

Resisting Moment=6864.81 kN-m

Driving Moment=5248.26 kN-m

Resisting Horizontal Force=460.369 kN

Driving Horizontal Force=351.96 kN

Document Name

File Name: F011_sisma.sli

Project Settings

Project Title: F011
Failure Direction: Left to Right
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Number of slices: 31
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.03

Seismic Load Coefficient (Vertical): -0.015

Material Properties

Material: Rilevato

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 29 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A2

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: Muro

Strength Type: Infinite strength

Unit Weight: 24 kN/m³

Material: A1 per H>15

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.389920

Center: 1626.826, 1333.267

Radius: 12.346

Left Slip Surface Endpoint: 1615.700, 1327.914

Right Slip Surface Endpoint: 1632.526, 1322.315

Resisting Moment=5945.2 kN-m

Driving Moment=4277.36 kN-m

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.369470

Center: 1626.826, 1333.267

Radius: 12.346

Left Slip Surface Endpoint: 1615.700, 1327.914

Right Slip Surface Endpoint: 1632.526, 1322.315

Resisting Moment=5857.7 kN-m

Driving Moment=4277.36 kN-m

Resisting Horizontal Force=421.291 kN

Driving Horizontal Force=307.632 kN

Document Name

File Name: F105.sli

Project Settings

Project Title: F105

Failure Direction: Right to Left

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Number of slices: 30

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search

Radius increment: 10

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: Not Defined

Loading

1 Distributed Load present:

Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Vertical, Magnitude: 26 kN/m²

Material Properties

Material: Rilevato

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 29 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A2

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: Muro

Strength Type: Infinite strength

Unit Weight: 24 kN/m³

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.301560

Center: 1320.256, 1080.838

Radius: 17.175

Left Slip Surface Endpoint: 1315.337, 1064.382

Right Slip Surface Endpoint: 1334.788, 1071.683

Resisting Moment=10802 kN-m

Driving Moment=8299.22 kN-m

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.269690

Center: 1320.256, 1080.838

Radius: 17.175

Left Slip Surface Endpoint: 1315.337, 1064.382

Right Slip Surface Endpoint: 1334.788, 1071.683

Resisting Moment=10537.4 kN-m

Driving Moment=8299.22 kN-m

Resisting Horizontal Force=538.811 kN

Driving Horizontal Force=424.364 kN

Document Name

File Name: F105_sisma.sli

Project Settings

Project Title: F105

Failure Direction: Right to Left

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Number of slices: 30

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search

Radius increment: 10

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.029

Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.015

Material Properties

Material: Rilevato

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 29 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A2

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: Muro

Strength Type: Infinite strength

Unit Weight: 24 kN/m³

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.318450

Center: 1320.194, 1079.716

Radius: 16.497

Left Slip Surface Endpoint: 1314.108, 1064.382

Right Slip Surface Endpoint: 1334.601, 1071.679

Resisting Moment=10282.7 kN-m

Driving Moment=7799.03 kN-m

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.291630

Center: 1320.194, 1079.716

Radius: 16.497

Left Slip Surface Endpoint: 1314.108, 1064.382

Right Slip Surface Endpoint: 1334.601, 1071.679

Resisting Moment=10073.5 kN-m

Driving Moment=7799.03 kN-m

Resisting Horizontal Force=542.239 kN

Driving Horizontal Force=419.809 kN

Document Name

File Name: F104.sli

Project Settings

Project Title: F104

Failure Direction: Right to Left

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Number of slices: 30

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search

Radius increment: 10

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: Not Defined

Loading

1 Distributed Load present:

Distributed Load Constant Distribution, Orientation: Vertical, Magnitude: 26 kN/m²

Material Properties

Material: Rilevato

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 29 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A2

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: Muro

Strength Type: Infinite strength

Unit Weight: 24 kN/m³

Material: A1 H>15

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.316180

Center: 1668.200, 1141.721

Radius: 12.246

Left Slip Surface Endpoint: 1663.250, 1130.520

Right Slip Surface Endpoint: 1678.985, 1135.920

Resisting Moment=5900.19 kN-m

Driving Moment=4482.81 kN-m

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.287730

Center: 1668.200, 1141.721

Radius: 12.246

Left Slip Surface Endpoint: 1663.250, 1130.520

Right Slip Surface Endpoint: 1678.985, 1135.920

Resisting Moment=5772.65 kN-m

Driving Moment=4482.81 kN-m

Resisting Horizontal Force=409.956 kN

Driving Horizontal Force=318.356 kN

Document Name

File Name: F104_sisma.sli

Project Settings

Project Title: F104

Failure Direction: Right to Left

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine

Number of slices: 30

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Search Method: Grid Search

Radius increment: 10

Composite Surfaces: Disabled

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Minimum Elevation: Not Defined

Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.029

Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.014

Material Properties

Material: Rilevato

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 29 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A1

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19.5 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: A2

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 0 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Material: Muro

Strength Type: Infinite strength

Unit Weight: 24 kN/m³

Material: A1 H>15

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Cohesion: 4 kPa

Friction Angle: 19.6 degrees

Water Surface: Water Table

Custom Hu value: 1

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.380110

Center: 1668.200, 1141.721

Radius: 12.217

Left Slip Surface Endpoint: 1663.322, 1130.520

Right Slip Surface Endpoint: 1678.951, 1135.919

Resisting Moment=5119.07 kN-m

Driving Moment=3709.18 kN-m

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.354380

Center: 1668.200, 1141.721

Radius: 12.217

Left Slip Surface Endpoint: 1663.322, 1130.520

Right Slip Surface Endpoint: 1678.951, 1135.919

Resisting Moment=5023.63 kN-m

Driving Moment=3709.18 kN-m

Resisting Horizontal Force=367.039 kN

Driving Horizontal Force=271.002 kN