



SPEA ENGINEERING

# **AUTOSTRADA (A13) BOLOGNA-PADOVA**

**Ampliamento alla terza corsia del tratto**

**Bologna Arcoveggio – Ferrara Sud**

## **PROGETTO DEFINITIVO**

OPERE D'ARTE MINORI

OPERE DI SOSTEGNO

MURI PREFABBRICATI

Relazione descrittiva e di calcolo

APE800



<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>4</b>
<b>2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b>	<b>7</b>
2.1 Normativa di riferimento	7
2.2 Documentazione di progetto	8
2.3 Software	8
<b>3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b>	<b>9</b>
3.1 Acciaio	9
3.2 Calcestruzzo	9
<b>4. STRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI RIFERIMENTO</b>	<b>10</b>
4.1 Condizioni stratigrafiche di riferimento	10
4.2 Livello della falda	12
4.3 Caratterizzazione sismica del sito	13
4.3.1 Categoria di sottosuolo	13
4.3.2 Periodo di riferimento per l'azione sismica	13
4.3.3 Azione sismica di riferimento	13
<b>5. DESCRIZIONE DELLE OPERE</b>	<b>15</b>
5.1 Elemento prefabbricato tipo "T"	15
5.2 Particolari costruttivi	15
5.3 Definizione delle soluzioni tipologiche	16
<b>6. ANALISI DEI CARICHI</b>	<b>17</b>
6.1 Azioni permanenti	17
6.1.1 Pesi propri	17
6.1.2 Spinta delle terre	17
6.2 Azioni variabili	19
6.2.1 Sovraccarico uniforme indefinito	19
6.2.2 Carichi trasmessi dalle barriere foniche	19
6.3 Azioni eccezionali	19
6.4 Azione sismica	20
6.4.1 Spinta sismica del terreno a tergo del muro	20
6.4.2 Forze d'inerzia	21
<b>7. CRITERI DI VERIFICA E COMBINAZIONI DI CARICO</b>	<b>23</b>

7.1	Verifiche geotecniche e strutturali – SLU	24
7.1.1	Verifica di capacità portante	26
7.1.2	Verifica di stabilità globale	27
7.2	Verifiche geotecniche e strutturali – SLE	29
7.2.1	Stima dei cedimenti dell’opera	29
7.2.2	Stima degli spostamenti orizzontali dell’opera	30
7.2.3	Stima delle rotazioni dell’opera	31
7.2.4	Verifiche strutturali	35
7.3	Schemi di verifica del pannello prefabbricato	36
7.3.1	Verifica a flessione nel piano verticale	36
7.3.2	Verifica a flessione nel piano orizzontale	36
7.3.3	Verifica a taglio	37
7.4	Schema di verifica della soletta di fondazione	39
7.4.1	Verifica a flessione	39

## **ALLEGATI**

<b>Allegato 1</b>	<b>Carichi trasmessi dalle barriere foniche</b>
<b>Allegato 2</b>	<b>Dimensionamento interno dei muri di sostegno- abachi progettuali</b>
<b>Allegato 3</b>	<b>Dimensionamento interno dei muri di sostegno- tabulati di calcolo</b>
<b>Allegato 4</b>	<b>Valutazione dei cedimenti dei rilevati</b>
<b>Allegato 5</b>	<b>Analisi di stabilità globali</b>

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione è finalizzata alla progettazione delle opere prefabbricate a sostegno del rilevato autostradale previsti nell'ambito del progetto definitivo di ampliamento alla 3<sup>a</sup> corsia della tratta Bologna - Padova, dalla progr. Km 1+070 alla progr. Km 33+547 dell'autostrada A13.

La relazione, in particolare, ha per oggetto:

- l'esposizione dei criteri generali seguiti nel dimensionamento geotecnico delle soluzioni tipologiche dei muri di sostegno;
- la presentazione dei risultati ottenuti in termini di:
  - dimensionamento 'interno' delle strutture (verifiche di ribaltamento, scorrimento, capacità portante, valutazione degli spostamenti orizzontali, verifiche strutturali);
  - valutazione dei cedimenti (immediati e di consolidazione) dei rilevati sostenuti dai muri;
  - analisi di stabilità globale.

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 riportati in calce alla presente relazione, e organizzati come di seguito descritto:

- Allegato 3 - Dimensionamento interno dei muri di sostegno
- Allegato 4 - Valutazione dei cedimenti indotti dal rilevato
- Allegato 5 - Analisi di stabilità globali

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;
- la variabilità delle strutture da progettare (in termini di altezza, tipo di elemento marginale, ubicazione e caratteristiche dei terreni di imposta);
- la diffusa presenza di barriere foniche alla testa dei muri e, pertanto, la sostanziale omogeneità della tipologia di muro di sostegno adottato (tipo "T", cfr par. 5.1)

si è ritenuto utile procedere, per la progettazione delle opere oggetto della presente relazione, 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 e per differenti stratigrafie tipologiche, con riferimento a muri tipo T che sostengono le barriere anti-svio metalliche.

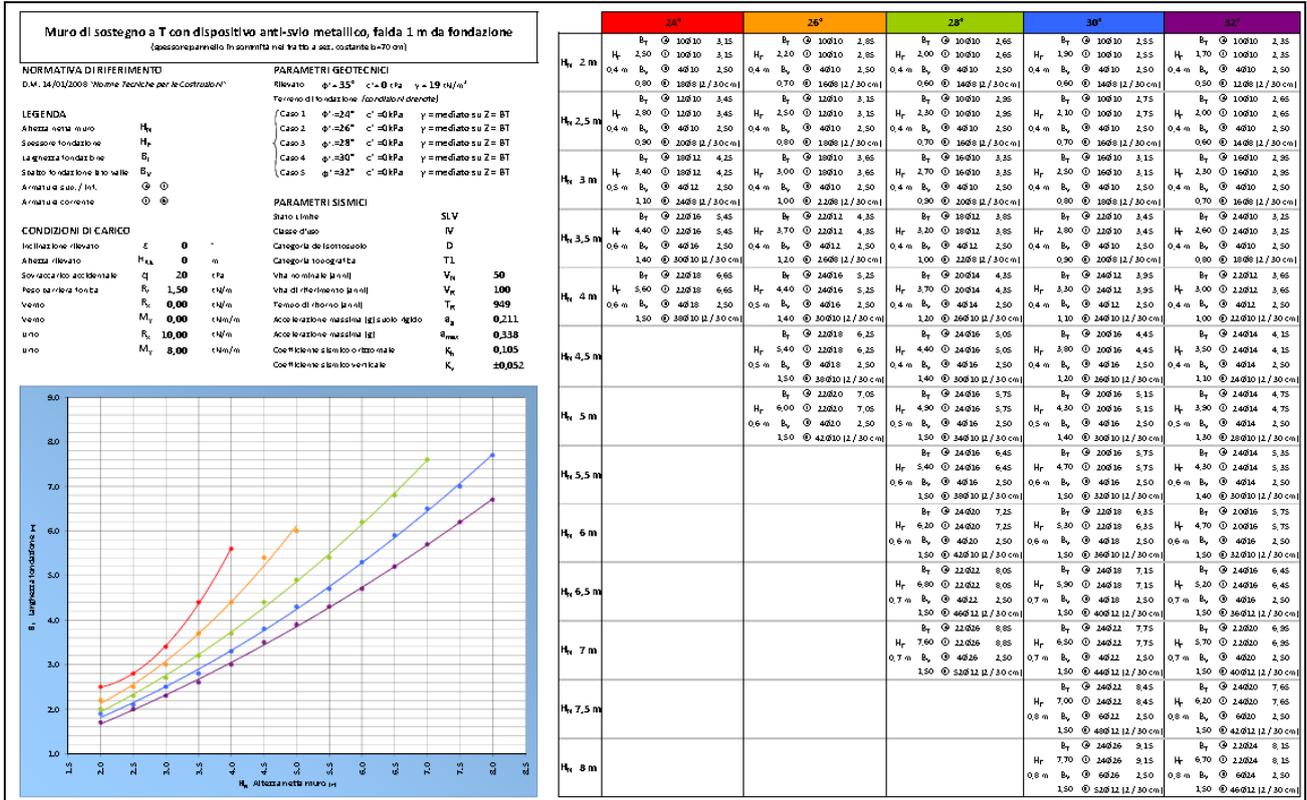


Figura 1 - Esempio di abaco per la progettazione

## 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] SLOpeW – GeoSLOpe ([www.geo-slope.com](http://www.geo-slope.com))
- [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

La zona oggetto di studio è situata all'interno dell'ampio bacino sedimentario padano, al bordo settentrionale del Sistema Appenninico. Le condizioni stratigrafiche di riferimento per il sottosuolo del progetto in esame sono rappresentate nei Profili Geotecnici (elaborati APE0003 ÷ APE0026), cui si fa rimando per maggiori dettagli.

La formazione della Pianura Padana, ha inizio subito dopo il processo orogenetico che ha determinato la formazione della catena montuosa degli Appennini. La rotazione del blocco sardo corso, che ha portato alla collocazione attuale le regioni della Sardegna e della Corsica precedentemente attaccate al margine meridionale della Francia, ha determinato la formazione dei rilievi appenninici mediante un regime tettonico compressivo. La Pianura Padana rappresenta l'avampese di tale catena montuosa, dove, a seguito del sollevamento e dell'emersione dei sedimenti più antichi, ha avuto inizio l'azione erosiva e di trasporto da parte delle acque superficiali, a discapito delle formazioni litologiche che costituiscono le catene appenniniche, con la formazione dei terrazzi fluviali, dei conoidi e delle alluvioni di pianura. In particolare, i depositi di colmamento più recenti sono stati prodotti principalmente dall'attività deposizionale del sistema fluvio-deltizio padano con direzione verso.

Da un punto di vista stratigrafico le indagini in sito eseguite (SPT, CPTU e sondaggi con prelievo di campioni) hanno rilevato la presenza di depositi di materiale alluvionale; tale materiale è costituito prevalentemente da materiali fini e poco permeabili quali argille, argille limose e limi argillosi. Questi materiali fini si estendono dal piano campagna a profondità che raggiungono i 20 metri, distribuiti in modo complessivamente uniforme per tutta la tratta in esame.

Si riassumono di seguito le unità individuate:

- Unità 1: Limo - limo sabbioso - argilla limosa di color nocciola- ocra; tale unità viene considerata a comportamento prevalentemente coesivo;

- Unità 1a: Intercalazioni di sabbia limosa o sabbia di colore ocra-nocciola; tale unità viene considerata a comportamento prevalentemente granulare;
- Unità 2: Argilla limosa o debolmente limosa/ limo argilloso o debolmente argilloso - sabbioso di colore grigio, tale unità viene considerata a comportamento prevalentemente coesivo;
- Unità 2 a: Intercalazioni di sabbia limosa o sabbia di colore grigio; tale unità viene considerata a comportamento prevalentemente granulare;
- Unità 2 b: ghiaia sabbiosa e sabbia con ghiaia;
- Unità 3: Argilla limosa o limo argilloso/sabbioso con torba o debolmente torbosa; tale unità viene considerata a comportamento prevalentemente coesivo;
- Unità 4: Torba.

Unità	Descrizione
R/V	Terreno di riporto e terreno vegetale
1	Limo - Limo sabbioso – Argilla limosa – Argilla di color nocciola /ocra
1a	Intercalazioni di sabbia limosa o sabbia di color nocciola /ocra
2	Argilla limosa o Debolmente limosa / Limo argilloso o debolmente argilloso - sabbioso- Color grigio
2a	Intercalazioni di sabbia limosa o sabbia di color grigio
2b	Ghiaia o sabbia ghiaiosa
3	Argilla limosa o Limo argilloso con Torba o debolmente torboso
4	Torba

Unità	Profondità (m)	N <sub>opt</sub>		$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	D <sub>r</sub> (%)	$\varphi'$ (°) (°)	c' (°) (kPa)	c <sub>u</sub> (°)		E <sub>25</sub>		M	
		intervallo valori (colpi)	valore medio (colpi)					intervallo valori (kPa)	valori medi (kPa)	intervallo valori (MPa)	valori medi (MPa)	intervallo valori (MPa)	valori medi (MPa)
1	0-6	5-15	10	18.50-20.50	-	22-25	5	20-80	50	-	-	2-10	6
	6-14	8-18	13	18.50-20.50	-	22-25	10	40-120	80	-	-	4-14	9
	14-34	10-25	17	18.50-20.50	-	22-25	10	50-150	100	-	-	6-14	10

Unità	Profondità (m)	N <sub>opt</sub>		$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	D <sub>r</sub> (%)	$\varphi'$ (°) (°)	c' (°) (kPa)	c <sub>u</sub> (°)		E <sub>25</sub>		M	
		intervallo valori (colpi)	valore medio (colpi)					intervallo valori (kPa)	valori medi (kPa)	intervallo valori (MPa)	valori medi (MPa)	intervallo valori (MPa)	valori medi (MPa)
1a	0-10	3-10	7	19.00-21.00	30-60	32-36	0	-	-	3-11	7	-	-
	10-30	10-20	15	19.00-21.00	40-70	33-38	0	-	-	10-25	17	-	-

Unità	Profondità	N <sub>opt</sub>		γ <sub>n</sub>	D <sub>r</sub>	φ' (°)	c' (kPa)	c <sub>u</sub> (kPa)		E <sub>25</sub>		M	
	(m)	intervallo valori (colpi)	valore medio (colpi)					(kN/m <sup>3</sup> )	(%)	(°)	(kPa)	intervallo valori (kPa)	valori medi (kPa)
2	4-14	4-16	10	18.00-19.50	-	20-25	0-5	30-90	60	-	-	3 - 9	6
	14-60	8-30	19	18.00-19.50	-	20-25	0-5	(30 ÷ 95) - (90 ÷ 155)	( 60÷ 125)	-	-	(5 ÷ 9) - (12 ÷ 16)	(7÷ 14)

Unità	Profondità	N <sub>opt</sub>		γ <sub>n</sub>	D <sub>r</sub>	φ' (°)	c' (kPa)	c <sub>u</sub> (kPa)		E <sub>25</sub>		M	
	(m)	intervallo valori (colpi)	valore medio (colpi)					(kN/m <sup>3</sup> )	(%)	(°)	(kPa)	intervallo valori (kPa)	valori medi (kPa)
2a /2b	10-25	5-20	12	18.50-21.00	30-70	32-38	0	-	-	8-26	17	-	-
	25-60	10-30	15	18.50-21.00	35-70	33-39	0	-	-	10-35	20	-	-

Unità	Profondità	N <sub>opt</sub>		γ <sub>n</sub>	D <sub>r</sub>	φ' (°)	c' (kPa)	c <sub>u</sub> (kPa)		E <sub>25</sub>		M	
	(m)	intervallo valori (colpi)	valore medio (colpi)					(kN/m <sup>3</sup> )	(%)	(°)	(kPa)	intervallo valori (kPa)	valori medi (kPa)
3	0-8	2-10	6	16.00-19.00	-	20-24	0-5	10-40	25	-	-	1-4	2.5
	8-18	8-20	14	17.00-19.00	-	20-24	0-10	30-110	70	-	-	4-10	7
	22-40	15-35	25	18.00-19.00	-	20-24	0-5	(40 ÷ 60) - (100 ÷ 120)	(70 ÷ 90)	-	-	(5 ÷ 7) - (12÷ 14)	(8.5 ÷ 10)

Unità	Profondità	N <sub>opt</sub>		γ <sub>n</sub>	D <sub>r</sub>	φ' (°)	c' (kPa)	c <sub>u</sub> (kPa)		E <sub>25</sub>		M	
	(m)	intervallo valori (colpi)	valore medio (colpi)					(kN/m <sup>3</sup> )	(%)	(°)	(kPa)	intervallo valori (kPa)	valori medi (kPa)
4	-	-	-	10.00-13.00 (**)	-	-	-	5-15 (**)	10 (**)	-	-	0.5-1 (**)	0.75 (**)

Le proprietà meccaniche dei terreni interessati dalle strutture in progetto, sono sostanzialmente scarse:

γ <sub>t</sub> (kN/m <sup>3</sup> )	19
c <sub>u</sub> (kPa)	fase di revisione
c' (kPa)	0
φ' (°)	24

## 4.2 Livello della falda

Per quanto riguarda la soggiacenza del livello della falda freatica, le informazioni disponibili dalle campagne di indagine pregresse e dalla campagna a supporto della progettazione preliminare e definitiva indicano un andamento della freatimetria generalmente compreso tra i 1m e 2m dal piano di campagna.

Per quanto riguarda le analisi di stabilità globale e la valutazione dei cedimenti, si rimanda agli specifici allegati per la definizione delle soggiacenze di progetto considerate nelle analisi.

### 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 A.

#### 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  $T_R$ :

$$T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR}) = -100 / \ln(1-0.10) = 949 \text{ anni}$$

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.

COMUNE	PROV	$a_g$		cat.sottosuolo	$S_s$	$S_t$	$a_{max}$		$\beta$	$k_h$	$k_v$
Bologna	BO	0.21	g	D	1.633	1	0.343	g	0.28	0.096	0.048
Castelmaggiore	BO	0.2	g	D	1.642	1	0.328	g	0.28	0.092	0.046
Bentivoglio	BO	0.211	g	D	1.603	1	0.338	g	0.28	0.095	0.047
Malalbergo	BO	0.207	g	D	1.614	1	0.334	g	0.28	0.094	0.047
Poggio Renatico	FE	0.204	g	D	1.624	1	0.331	g	0.28	0.093	0.046
Ferrara	FE	0.237	g	D	1.535	1	0.364	g	0.28	0.102	0.051

Tabella 1 – Parametri di riferimento per la progettazione sismica

Per i dimensionamenti, si fa riferimento al Comune di Ferrara, che presenta i valori maggiori di  $a_g$ .

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

$a_g = 0.237 \text{ g}$  accel. orizz. max attesa al sito su suolo di cat. A

$S_S = 1.535$  coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_T = 1.00$  coefficiente di amplificazione topografica

L'accelerazione di picco risulta pertanto:

$a_{max} = a_g \times S_S \times S_T = 0.364 \text{ g}$  accelerazione massima orizzontale attesa al sito.

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

$\beta_m = 0.28$  coeff. riduttivo di  $a_{max}$  (tab.7.11.II NTC2008)

$k_h = \beta_m \times a_{max} / g = 0.102$  coeff.sismico orizzontale

$k_v = \pm 0.5 k_h = \pm 0.051$  coeff.sismico verticale

## 5. DESCRIZIONE DELLE OPERE

### 5.1 Elemento prefabbricato tipo "T"

L'analisi dei muri di sostegno 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.

### 5.2 Particolari costruttivi

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

### 5.3 Definizione delle soluzioni tipologiche

Come già precedentemente accennato, i dimensionamenti interni dei muri di sostegno 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 netta del muro, ovvero la distanza tra l'estradosso della fondazione e la testa del pannello prefabbricato. In base all'altezza netta del muro ed alla zona omogenea sono stati analizzati i seguenti tratti di calcolo in riferimento al tipologico riportato di seguito:

TIPO	Hn [m]	Bt [m]	Bv [m]	Hf [m]	MURI	TRATTO
TIPO0	1.5	2.1	0.4	0.4	M060	2
TIPO1	2.01-2.50	2.8	0.9	0.4	M010	1
					M050	2
					M020	1-2
					M080	4
TIPO2	2	2.5	0.8	0.4	M060	1
TIPO3	2.51-3.00	3.4	1.1	0.5	M050	1
					M080	3
TIPO4	3.01-3.50	4.4	1.4	0.6	M080	2
TIPO5	3.51-4.00	5.6	1.5	0.6	M080	1

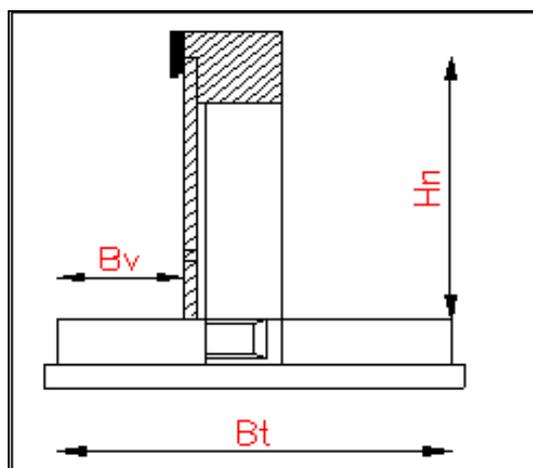


Tabella 2 – Sezioni di calcolo – riepilogo

## 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  $\phi'$  angolo di resistenza al taglio di progetto.

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

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

- $\sigma'_v(z)$  = 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:

- $\phi$  = angolo di resistenza al taglio del terreno
- $\beta$  = inclinazione del terreno a monte del muro rispetto all'orizzontale (positivo per terreno che sale allontanandosi dal muro)
- $\psi$  = inclinazione del muro rispetto all'orizzontale ( $>90^\circ$  per parete inclinata verso valle)
- $\delta$  = angolo di attrito muro-terreno
- $\theta$  = 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  $\delta$  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

Non sono presenti barriere foniche montate al di sopra dei muri di sostegno

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):

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

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
- $\beta_m$  = 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  $\beta_m$  viene desunto dalla tabella 7.11. II della normativa vigente qui di seguito riprodotta:

Intervallo dell'accelerazione sismica	$\beta_m$	
	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 3 – Coefficiente riduttivo  $\beta_m$  per gli spostamenti dell'opera

Per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno il coefficiente  $\beta_m$  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	
	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$
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	1.5	1.0	1.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
A2+M2 - traffico	1.0	1.0	1.5	0.7	1.5	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	0.3	1.0	0.3	1.0	0.0	0.0	0.0
URTO	1.0	1.0	1.0	0.3	1.0	0.3	0.0	0.0	1.0	0.0

### 2. Combinazioni SLE:

COMBINAZIONE	PERMANENTI		ACCIDENTALI		VENTO		SISMA		URTO	
	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$	$\gamma$	$\psi$
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 sia 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  $\gamma_F$**

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	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  $\gamma_M$**

*Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno*

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

## COEFFICIENTI SULLE RESISTENZE $\gamma_R$

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

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

### 7.1.1 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		
	$N_c$	$(N_q-1)\cot\phi$	Hansen
	$N_\gamma$	$1,5*(N_q-1)\tan\phi$	Hansen
	$N_q$	$e^{\pi\tan\phi}\tan^2(45+\phi/2)$	Hansen
Fattori correttivi	forma		
	$s_c$	1 per fondazioni nastriformi	Hansen
	$s_\gamma$	1 per fondazioni nastriformi	Hansen
	$s_q$	1 per fondazioni nastriformi	Hansen
	approfondimento		
	$d_c$	$1+0,4k$	Hansen e Vesic
	$d_\gamma$	1	Hansen e Vesic
	$d_q$	$1+2\tan\phi(1-\sin\phi)k$	Hansen e Vesic
	Inclinazione carico		
	$i_c$	$i_q - (1-i_q)/(N_q-1)$	Hansen e Vesic
	$i_\gamma$	$(1-(0,7*H)/(N+B'*c*\cot\phi))^5$	Hansen
	$i_q$	$(1-(0,5*H)/(N+B'*c*\cot\phi))^5$	Hansen
	Inclinazione fondazione*		
	$b_c$	$1-\eta/147^\circ$	Hansen
	$b_\gamma$	$\exp(-2,7*\eta\tan\phi)$	Hansen
$b_q$	$\exp(-2*\eta\tan\phi)$	Hansen	
Inclinazione piano campagna**			
$g_c$	$g_q - [(1-g_q)/(N_c*\tan\phi)]$	Hansen	
$g_\gamma$	$(1-\tan\beta)^2$	Hansen	
$g_q$	$g_\gamma$	Hansen	

\* $\eta$  = inclinazione base fondazione

*\*\* $\beta$  = inclinazione pendio (dipende dall'angolo d'inclinazione del rilevato e dall'altezza del rilevato)*

Tabella 4 – 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<kp)

### 7.1.2 Verifica di stabilità globale

Si fa ricorso ad un modello semplificato basato sulla nota teoria dell'equilibrio limite nell'ambito della quale i terreni sono stati caratterizzati mediante un legame costitutivo rigido-plastico con criterio di rottura di Mohr-Coulomb (analisi in termini di sforzi efficaci).

Tale approccio consente di svincolarsi da tutte le complesse problematiche legate all'analisi dello stato deformativo dell'ammasso e di definire un semplice fattore di sicurezza, convenzionalmente valutato come rapporto tra le forze di taglio potenzialmente mobilitabili lungo la superficie di rottura analizzata e le forze di taglio effettivamente mobilitate sotto l'azione delle forze agenti sull'ammasso (pesi propri, carichi esterni, ecc.).

Come prescritto dalla normativa la verifica viene effettuata secondo la "Combinazione 2" (A2+M2+R2).

L'analisi delle condizioni di equilibrio viene svolta con ricorso al codice di calcolo SLOPE (Doc. Rif.[21]). Il calcolo viene condotto utilizzando i metodi dell'equilibrio limite con particolare riferimento a quelli di Bishop semplificato e Morgenstern-Price, considerando forme di superfici di scivolamento compatibili con i cinematismi di rottura attesi. Vengono quindi analizzate tutte le possibili superfici di scivolamento passanti esternamente rispetto all'opera di sostegno (stabilità globale).

La metodologia di calcolo adottata dal programma consiste nell'analizzare molteplici superfici di scivolamento ben definite, fornendone il fattore di sicurezza. La resistenza al taglio agente lungo la superficie di scivolamento necessaria all'equilibrio è calcolata attraverso l'equazione della statica. Il coefficiente di sicurezza è inteso come il fattore per il quale possono essere divisi i parametri di resistenza meccanica del materiale per portare il pendio alle condizioni di equilibrio limite, implicitamente assunto costante lungo tutta la superficie di scivolamento. Nello specifico, nel metodo di Bishop si divide la massa di terreno interessata dal cinematismo in più conci assumendo che le azioni agenti all'interfaccia dei conci stessi abbiano risultante orizzontale, trascurando gli sforzi di taglio all'interfaccia tra i vari volumetti.

Le forze di inerzia, orizzontali e verticali, applicate alle masse in condizioni sismiche sono valutate mediante i coefficienti  $k_h$  e  $k_v$  di cui al paragrafo § 6.4.1. Il coefficiente  $\beta$ , in questo caso denominato  $\beta_s$ , assume i valori indicati nella seguente tabella della normativa vigente e qui di seguito riprodotta:

Intervallo dell'accelerazione sismica	$\beta_s$	
	A	B, C, D, E
$0.2 < a_g \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g \leq 0.1$	0.20	0.20

Tabella 5 - Coefficiente riduttivo  $\beta_s$  per le verifiche di stabilità globale

## 7.2 Verifiche geotecniche e strutturali – SLE

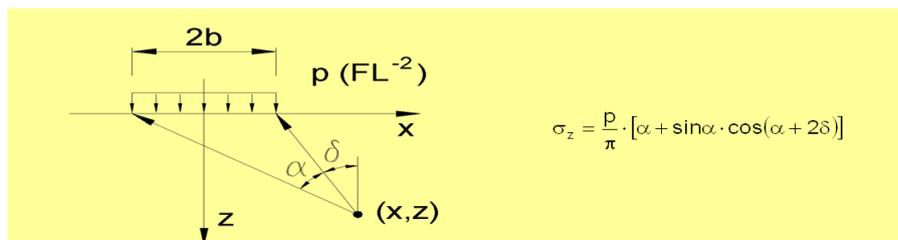
Le verifiche geotecniche allo SLE sono riassunte e descritte nei paragrafi seguenti.

### 7.2.1 Stima dei cedimenti dell'opera

Come noto, il problema dei cedimenti può essere diviso in cedimento immediato, cedimento di consolidazione primario e cedimento dovuto alla deformazione differita nel tempo dopo il termine del processo di consolidazione primario, detto anche cedimento secondario. La consolidazione primaria è associata ai processi di dissipazione delle sovrappressioni interstiziali e si esaurisce in tempi relativamente brevi, mentre la consolidazione secondaria, legata a fenomeni di origine viscosa, si sviluppa in tempi molto più lunghi.

È da tener conto che la costruzione di un rilevato stradale tra i muri comporta un incremento di tensione sul terreno che si trasferisce in profondità con un progressivo decremento fino ad annullarsi. Prima di procedere nella stima dei cedimenti è dunque necessario calcolare l'incremento di tensione a tali profondità indotto dai lavori.

Con riferimento allo schema riportato, il calcolo dello stato tensionale in profondità deriva dalla seguente relazione di applicazione della teoria del semispazio elastico:



*Incremento di tensione indotto dal carico sul terreno*

La stima del cedimento immediato in terreni stratificati è valutata mediante la formula seguente:

$$w = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta H_i \cdot \Delta \sigma_{zi}}{E_i}$$

dove:

- n = numero degli strati di terreno;
- $\Delta H_i$  = altezza dello strato i-esimo;

- $\Delta\sigma_{zi}$  = incremento medio della pressione verticale indotto dall'area di carico nello strato i-esimo;
- $E_i$  = modulo elastico dello strato i-esimo.

I cedimenti (immediati e di consolidazione) del rilevato autostradale sostenuto dai muri sono riportati nell'Allegato 5 alla presente relazione.

### 7.2.2 Stima degli spostamenti orizzontali dell'opera

Gli spostamenti orizzontali  $\varepsilon_h$  indotti da una forza orizzontale  $T_H$  agente nella direzione del lato di dimensioni  $B$  di una fondazione quadrata o rettangolare poggiante su un semispazio elastico verranno valutati sulla base della seguente espressione:

$$\varepsilon_h = \frac{T_H \cdot (1 - \nu'^2)}{\beta_x \cdot \sqrt{B \cdot L} \cdot E'}$$

in cui:

- $\nu'$  = modulo di Poisson del terreno;
- $E'$  = modulo elastico del terreno;
- $L$  = dimensione della fondazione ortogonale al lato  $B$  ( $L=1.0$  m per le fondazioni continue);
- $\beta_x$  = coefficiente di influenza per il calcolo di spostamenti

	L/B						
	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	5.0	10.0
$\nu'$	<b>Coefficiente di influenza (<math>\beta_x</math>)</b>						
<b>0.1</b>	1.040	1.000	1.010	1.020	1.050	1.150	1.25
<b>0.2</b>	0.990	0.938	0.942	0.945	0.975	1.050	1.160
<b>0.3</b>	0.926	0.868	0.864	0.870	0.906	0.950	1.040
<b>0.4</b>	0.844	0.792	0.770	0.784	0.806	0.850	0.940
<b>0.5</b>	0.770	0.704	0.692	0.686	0.700	0.732	0.840

Tabella 6 - Coefficiente di influenza  $\beta_x$  per il calcolo di spostamenti (Poulos & Davis, 1974)

Infine, oltre allo spostamento orizzontale  $\varepsilon_h$  della fondazione, si calcola uno spostamento orizzontale in sommità dell'opera dovuto alla rotazione.

### 7.2.3 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:

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

con:

- $\nu$  = coefficiente di Poisson del terreno;
- $E$  = modulo di deformabilità del terreno;
- $M$  = momento flettente applicato al baricentro della fondazione;
- $B_{\text{reag}}$  = 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;
- $I_{\theta}$  = coefficiente di influenza della fondazione, dipendente dal rapporto  $L/B$  (cfr. Bowles J. E., 1991).

<b>Coefficiente di influenza per le fondazioni rigide (<math>I_{\theta}</math>)</b>											
<b>L/B</b>	0.10	0.20	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	3.00	5.00	10.00	100.00
$I_{\theta}$	1.59	2.42	3.54	3.94	4.17	4.44	4.59	4.74	4.87	4.98	5.06

Tabella 7 – Coefficiente di influenza  $I_{\theta}$  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 0, 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:

$$s_B = \frac{q_{reag} \cdot B_{reag} \cdot \left( -v'^2 \right) \cdot I_s}{E}$$

essendo:

- $q'_{reag} = (q_{reag} - q_0')$  = 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
  - $A_{\text{reag}}$  = 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
  - $B_{\text{reag}}$  = larghezza della fondazione in cui la pressione di contatto tra calcestruzzo e terreno risulta positiva
  - $\nu'$  = 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:

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

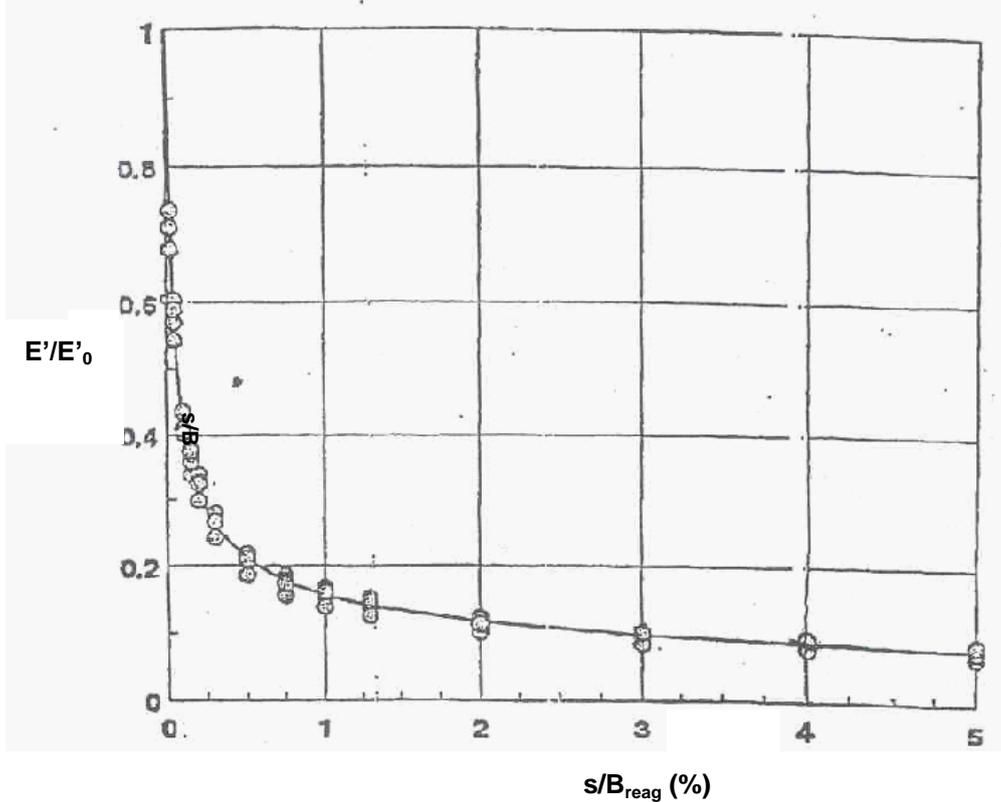


Figura 1 Curva di decadimento del modulo di Young in funzione di  $s/B$  (Berardi, 1999)

Tabella  
del

H <sub>ced</sub> /B <sub>reag</sub>	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<sub>reag</sub> = dimensione minore della fondazione (dove  $\sigma$  contatto con terreno sono positive)  
L = dimensione maggiore della fondazione rettangolare  
H<sub>ced</sub> = profondità di influenza, nell'ambito della quale si sviluppa gran parte del cedimento

8 Valori

coefficiente di influenza  $I_s$  (Tsytoovich, 1951)

## 7.2.4 Verifiche strutturali

Le verifiche strutturali sono di seguito descritte:

### Verifica a fessurazione:

Secondo le prescrizioni riportate nella norma UNI EN 206-1 il muro Paver 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 :  $w_k=1.7*w_m < w_2=0,3$  mm
- combinazione quasi permanente :  $w_k=1.7*w_m < w_3=0,2$  mm

### Verifica delle tensioni di esercizio:

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

#### *Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio*

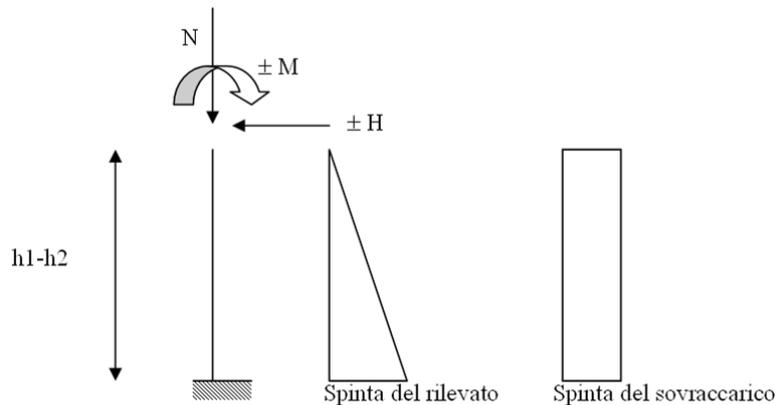
Per l'acciaio avente caratteristiche corrispondenti a quanto indicato al cap. 11, la tensione massima,  $\sigma_s$ , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0.8 f_{yk}$$

### 7.3 Schemi di verifica del pannello prefabbricato

#### 7.3.1 Verifica a flessione nel piano verticale

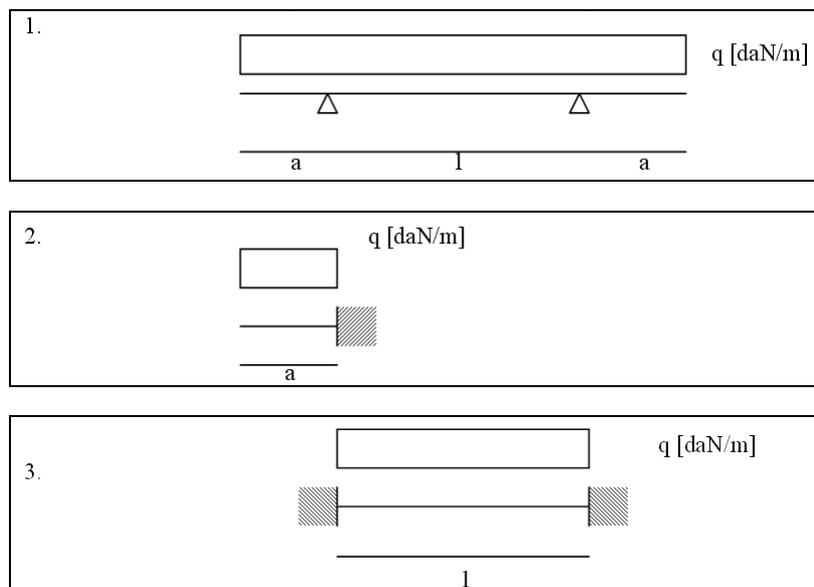
Si adotta lo schema statico di mensola incastrata nella fondazione, secondo lo schema seguente:



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 :

#### *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  $\theta$  dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2.5$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

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:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

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

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$$

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

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

$A_{sw}$  area dell'armatura trasversale;

$s$  interasse tra due armature trasversali consecutive;

$\alpha$  angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

$f'_{cd}$  resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f'_{cd}=0.5f_{cd}$ );

$\alpha_c$  coefficiente maggiorativo pari a 1 per membrature non compresse

$$1 + \sigma_{cp}/f_{cd} \text{ per } 0 \leq \sigma_{cp} < 0.25f_{cd}$$

$$1.25 \text{ per } 0.25f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0.5f_{cd}$$

$$2.5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd}) \text{ per } 0.5f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$$

## 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	6
3.3 Coefficiente di forma	10
3.4 Coefficiente di Topografia	12
3.5 Pressione del vento assunta nei calcoli	12
4. Azioni sismiche trasmesse dalle barriere foniche	15

## 1. Generalità

Il vento esercita sulle superfici esposte della barriere 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  $q_b$  ( $\text{N/m}^2$ ) 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);
- $\rho$  è la densità dell'aria assunta costante e pari a  $1.25 \text{ kg/m}^3$

### 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:

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

$$c_e \stackrel{z < z_{min}}{=} c_{e_{min}} \quad \text{per } z < z_{min}$$

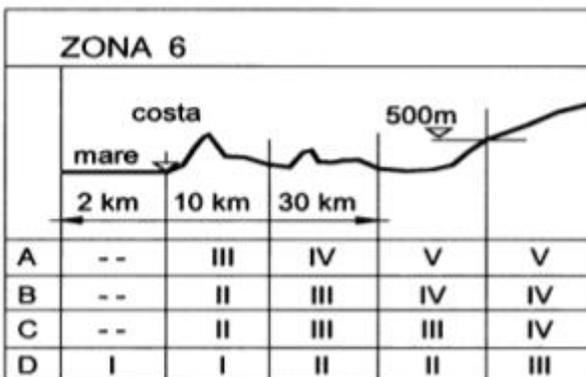
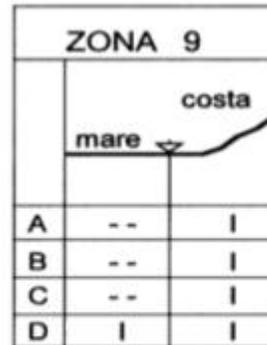
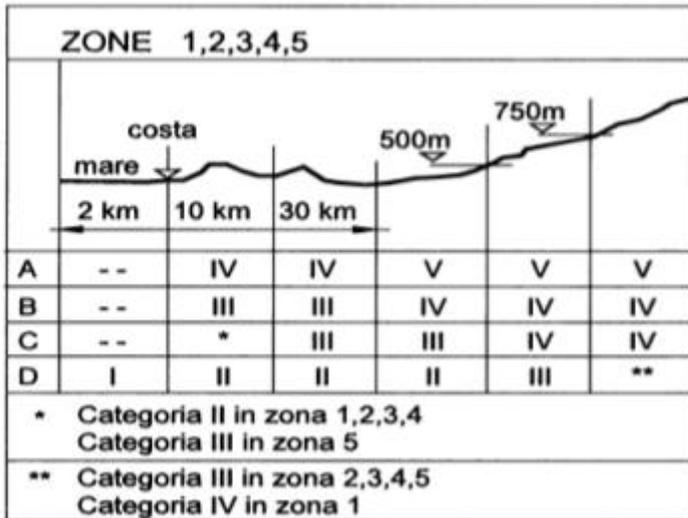
dove:

- $k_r$  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, .... )

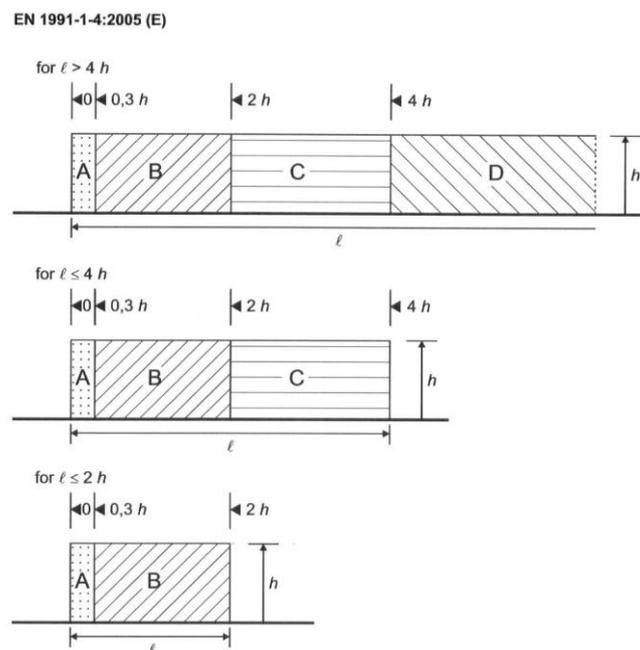
L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica dei terreno. Affinché una barriera antirumore possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla struttura di mitigazione acustica per 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.

**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
<sup>a</sup> Linear interpolation may be used for return corner lengths between 0,0 and $h$						

**Tabella 4: Coefficienti di pressione compressiva 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  $\Psi_s$ , 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  $\Psi_s$  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.

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

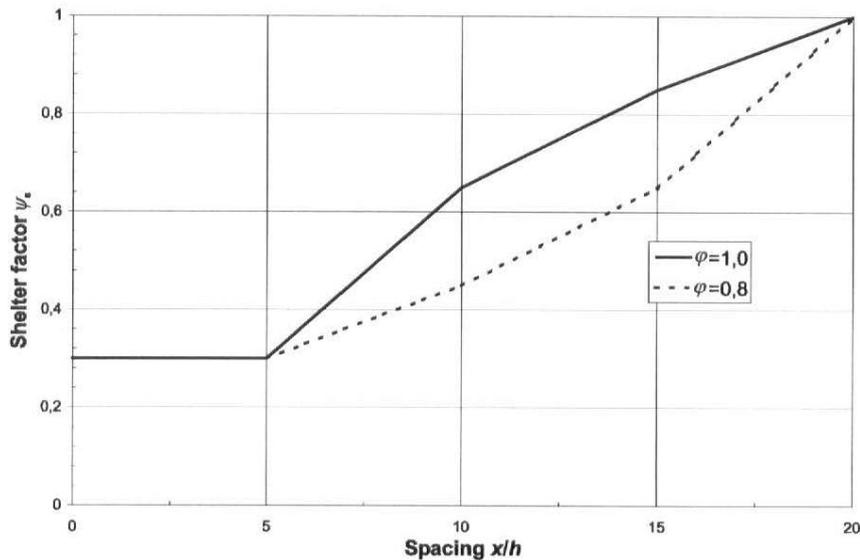


Figura 4: Coefficiente di schermatura

### 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
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**

**Dimensionamento interno dei muri di sostegno- abachi progettuali**

**Muro di sostegno a T con barriera fonica semplice  $H_{FOA} \leq 3$  m**

spvento  $\leq 1,5$  kPa (falda a 1 m dal piano di posa della fondazione)

**NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

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

**LEGENDA**

Altezza netta muro  $H_N$   
Spessore fondazione  $H_F$   
Larghezza fondazione  $B_T$   
Sbalzo fondazione lato valle  $B_V$   
Armatura sup. / inf. ① ②  
Armatura corrente ③ ④

**CONDIZIONI DI CARICO**

Inclinazione rilevato  $\epsilon$  0 °  
Altezza rilevato  $H_{RIL}$  0 m  
Sovraccarico accidentale  $q$  20 kPa  
Peso barriera fonica  $R_z$  3,05 kN/m  
Vento  $R_w$  4,50 kN/m  
Vento  $M_w$  6,75 kNm/m  
Urto  $R_u$  10,00 kN/m  
Urto  $M_u$  8,00 kNm/m

**PARAMETRI GEOTECNICI**

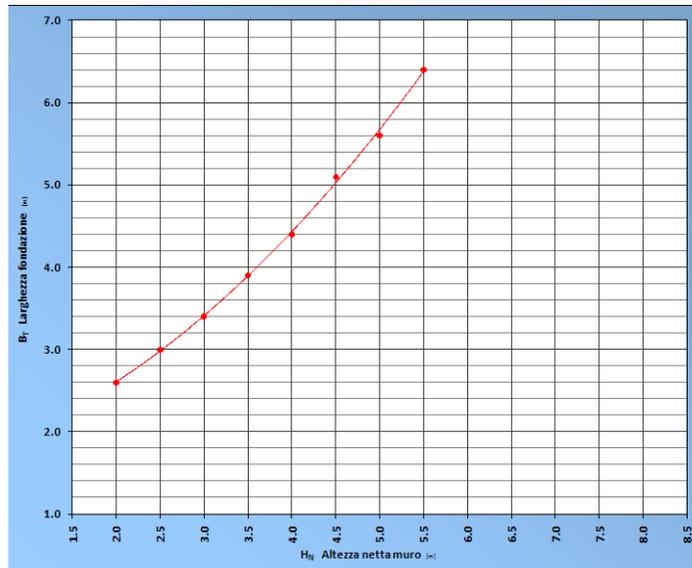
Rilevato  $\phi' = 35^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma = 19$  kN/m<sup>3</sup>

Terreno di fondazione (condizioni drenate)

Caso 1  $\phi' = 24^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma$  mediato su  $z = B_T$   
Caso 2  $\phi' = 26^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma$  mediato su  $z = B_T$   
Caso 3  $\phi' = 28^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma$  mediato su  $z = B_T$   
Caso 4  $\phi' = 30^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma$  mediato su  $z = B_T$   
Caso 5  $\phi' = 32^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma$  mediato su  $z = B_T$

**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\_r 0,085**  
Accelerazione massima [g] **a\_max 0,153**  
Coefficiente sismico orizzontale **K\_h 0,028**  
Coefficiente sismico verticale **K\_v  $\pm 0,014$**



	24°	26°	28°	30°	32°
H <sub>N</sub> 2 m	B <sub>T</sub> ① 12Ø10 3,25				
	H <sub>F</sub> 2,60 ② 12Ø10 3,25				
	0,4 m B <sub>V</sub> ③ 4Ø10 2,50				
	0,80 ④ 18Ø8 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 2,5 m	B <sub>T</sub> ① 18Ø10 3,65				
	H <sub>F</sub> 3,00 ② 18Ø10 3,65				
	0,4 m B <sub>V</sub> ③ 4Ø10 2,50				
	1,00 ④ 22Ø8 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 3 m	B <sub>T</sub> ① 18Ø12 4,15				
	H <sub>F</sub> 3,40 ② 18Ø12 4,15				
	0,45 m B <sub>V</sub> ③ 4Ø12 2,50				
	1,10 ④ 24Ø8 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 3,5 m	B <sub>T</sub> ① 22Ø14 4,75				
	H <sub>F</sub> 3,90 ② 22Ø14 4,75				
	0,5 m B <sub>V</sub> ③ 4Ø14 2,50				
	1,30 ④ 28Ø10 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 4 m	B <sub>T</sub> ① 18Ø18 5,35				
	H <sub>F</sub> 4,40 ② 18Ø18 5,35				
	0,55 m B <sub>V</sub> ③ 4Ø18 2,50				
	1,40 ④ 30Ø10 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 4,5 m	B <sub>T</sub> ① 18Ø16 6,15				
	H <sub>F</sub> 5,10 ② 18Ø16 6,15				
	0,6 m B <sub>V</sub> ③ 4Ø16 2,50				
	1,50 ④ 36Ø10 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 5 m	B <sub>T</sub> ① 18Ø18 6,85				
	H <sub>F</sub> 5,60 ② 18Ø18 6,85				
	0,7 m B <sub>V</sub> ③ 4Ø18 2,50				
	1,50 ④ 38Ø10 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 5,5 m	B <sub>T</sub> ① 18Ø22 7,65				
	H <sub>F</sub> 6,40 ② 18Ø22 7,65				
	0,7 m B <sub>V</sub> ③ 4Ø22 2,50				
	1,50 ④ 44Ø10 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 6 m					
H <sub>N</sub> 6,5 m					
H <sub>N</sub> 7 m					
H <sub>N</sub> 7,5 m					
H <sub>N</sub> 8 m					

**Muro di sostegno a T con barriera fonica semplice  $H_{FOA} \leq 3$  m**  
**pvento  $\leq 2,0$  kPa (falda a 1 m da piano di posa fondazione)**

**NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

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

**LEGENDA**

Altezza netta muro  $H_N$   
Spessore fondazione  $H_F$   
Larghezza fondazione  $B_T$   
Sbalzo fondazione lato valle  $B_V$   
Armatura sup. / inf. ① ②  
Armatura corrente ③ ④

**CONDIZIONI DI CARICO**

Inclinazione rilevato  $\epsilon$  0 °  
Altezza rilevato  $H_{RIL}$  0 m  
Sovraccarico accidentale  $q$  20 kPa  
Peso barriera fonica  $R_z$  3,05 kN/m  
Vento  $R_x$  6,00 kN/m  
Vento  $M_y$  9,00 kNm/m  
Urto  $R_x$  10,00 kN/m  
Urto  $M_y$  8,00 kNm/m

**PARAMETRI GEOTECNICI**

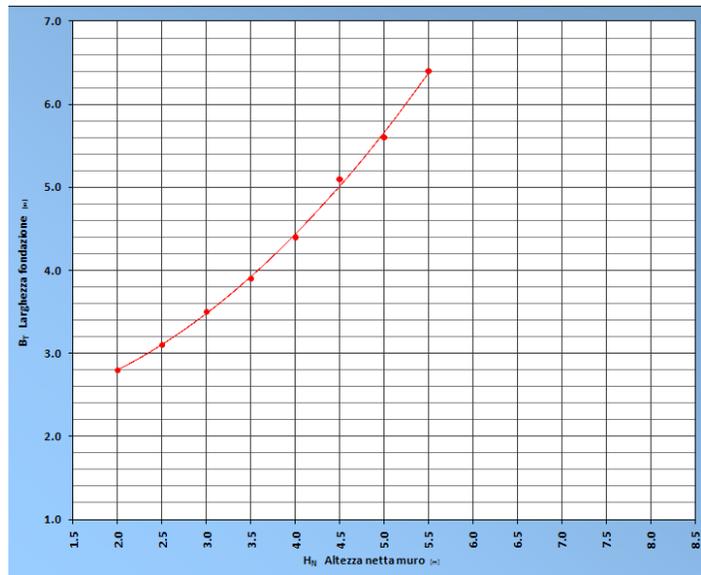
Rilevato  $\phi' = 35^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma = 19$  kN/m<sup>3</sup>

Terreno di fondazione (condizioni drenate)

Caso 1  $\phi' = 24^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma$  mediato su  $z = B_T$   
Caso 2  $\phi' = 26^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma$  mediato su  $z = B_T$   
Caso 3  $\phi' = 28^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma$  mediato su  $z = B_T$   
Caso 4  $\phi' = 30^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma$  mediato su  $z = B_T$   
Caso 5  $\phi' = 32^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma$  mediato su  $z = B_T$

**PARAMETRI SISMICI**

Stato Limite **SLV**  
Classe d'uso **IV**  
Categoria del sottosuolo **D**  
Categoria topografica **T1**  
Vita nominale [anni] **V<sub>N</sub> 50**  
Vita di riferimento [anni] **V<sub>R</sub> 100**  
Tempo di ritorno [anni] **T<sub>R</sub> 949**  
Accelerazione massima [g] suolo rigido **a<sub>s</sub> 0,085**  
Accelerazione massima [g] **a<sub>max</sub> 0,153**  
Coefficiente sismico orizzontale **K<sub>h</sub> 0,028**  
Coefficiente sismico verticale **K<sub>v</sub> ±0,014**



		24°	26°	28°	30°	32°
H <sub>N</sub> 2 m	B <sub>T</sub>	① 12010 3,45				
	H <sub>F</sub>	2,80 ② 12010 3,45				
	0,4 m B <sub>V</sub>	③ 4010 2,50 ④ 2008 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 2,5 m	B <sub>T</sub>	① 18010 3,75				
	H <sub>F</sub>	3,10 ② 18010 3,75				
	0,4 m B <sub>V</sub>	③ 4010 2,50 ④ 2208 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 3 m	B <sub>T</sub>	① 18012 4,25				
	H <sub>F</sub>	3,50 ② 18012 4,25				
	0,45 m B <sub>V</sub>	③ 4012 2,50 ④ 2408 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 3,5 m	B <sub>T</sub>	① 22014 4,75				
	H <sub>F</sub>	3,90 ② 22014 4,75				
	0,5 m B <sub>V</sub>	③ 4014 2,50 ④ 28010 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 4 m	B <sub>T</sub>	① 18018 5,35				
	H <sub>F</sub>	4,40 ② 18018 5,35				
	0,55 m B <sub>V</sub>	③ 4018 2,50 ④ 30010 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 4,5 m	B <sub>T</sub>	① 18016 6,15				
	H <sub>F</sub>	5,10 ② 18016 6,15				
	0,6 m B <sub>V</sub>	③ 4016 2,50 ④ 36010 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 5 m	B <sub>T</sub>	① 18018 6,85				
	H <sub>F</sub>	5,60 ② 18018 6,85				
	0,7 m B <sub>V</sub>	③ 4018 2,50 ④ 38010 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 5,5 m	B <sub>T</sub>	① 18022 7,65				
	H <sub>F</sub>	6,40 ② 18022 7,65				
	0,7 m B <sub>V</sub>	③ 4022 2,50 ④ 44010 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 6 m						
H <sub>N</sub> 6,5 m						
H <sub>N</sub> 7 m						
H <sub>N</sub> 7,5 m						
H <sub>N</sub> 8 m						

**Muro di sostegno a T con barriera fonica integrata  $H_{FOA} \leq 4$  m**  
**pvento  $\leq 2,0$  kPa (falda a 1 m da piano di posa fondazione)**

**NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

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

**LEGENDA**

Altezza netta muro  $H_N$   
Spessore fondazione  $H_F$   
Larghezza fondazione  $B_T$   
Sbalzo fondazione lato valle  $B_V$   
Armatura sup. / inf. ① ②  
Armatura corrente ③ ④

**CONDIZIONI DI CARICO**

Inclinazione rilevato  $\epsilon$  0 °  
Altezza rilevato  $H_{RIL}$  0 m  
Sovraccarico accidentale  $q$  20 kPa  
Peso barriera fonica  $R_z$  3,72 kN/m  
Vento  $R_x$  8,00 kN/m  
Vento  $M_y$  16,00 kNm/m  
Urto  $R_x$  10,0 kN/m  
Urto  $M_y$  8,00 kNm/m

**PARAMETRI GEOTECNICI**

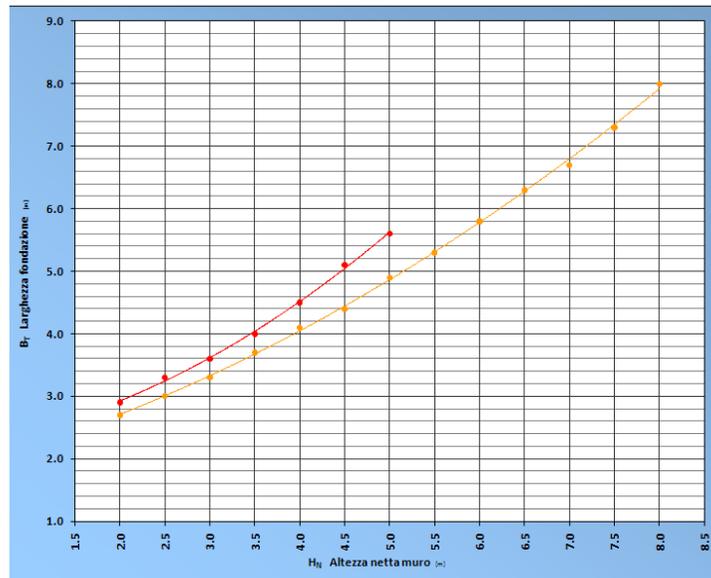
Rilevato  $\phi' = 35^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma = 19$  kN/m<sup>3</sup>

Terreno di fondazione (condizioni drenate)

Caso 1  $\phi' = 24^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma =$  mediato su  $z = B_T$   
Caso 2  $\phi' = 26^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma =$  mediato su  $z = B_T$   
Caso 3  $\phi' = 28^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma =$  mediato su  $z = B_T$   
Caso 4  $\phi' = 30^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma =$  mediato su  $z = B_T$   
Caso 5  $\phi' = 32^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma =$  mediato su  $z = B_T$

**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  $a_p$  0,085  
Accelerazione massima [g]  $a_{max}$  0,153  
Coefficiente sismico orizzontale  $K_h$  0,028  
Coefficiente sismico verticale  $K_v$   $\pm 0,014$



	24°	26°	28°	30°	32°
$H_N$ 2 m	$B_T$ ① 10012 3,55	$B_T$ ① 10012 3,55			
	$H_F$ 2,90 ② 10012 3,55	$H_F$ 2,70 ② 10012 3,55			
$H_N$ 2,5 m	0,4 m $B_V$ ③ 4012 2,50	0,4 m $B_V$ ③ 4012 2,50			
	0,90 ④ 2008 [2 / 30 cm]	0,90 ④ 2008 [2 / 30 cm]			
$H_N$ 3 m	$B_T$ ① 16012 3,95	$B_T$ ① 14012 3,65			
	$H_F$ 3,30 ② 16012 3,95	$H_F$ 3,00 ② 14012 3,65			
$H_N$ 3,5 m	0,4 m $B_V$ ③ 4012 2,50	0,4 m $B_V$ ③ 4012 2,50			
	1,10 ④ 2408 [2 / 30 cm]	1,00 ④ 2208 [2 / 30 cm]			
$H_N$ 4 m	$B_T$ ① 16014 4,35	$B_T$ ① 14014 3,95			
	$H_F$ 3,60 ② 16014 4,35	$H_F$ 3,30 ② 14014 3,95			
$H_N$ 4,5 m	0,45 m $B_V$ ③ 4014 2,50	0,4 m $B_V$ ③ 4016 2,50			
	1,20 ④ 2608 [2 / 30 cm]	1,10 ④ 2408 [2 / 30 cm]			
$H_N$ 5 m	$B_T$ ① 18014 4,85	$B_T$ ① 16016 4,35			
	$H_F$ 4,00 ② 18014 4,85	$H_F$ 3,70 ② 16016 4,35			
$H_N$ 5,5 m	0,5 m $B_V$ ③ 4014 2,50	0,4 m $B_V$ ③ 4016 2,50			
	1,30 ④ 28010 [2 / 30 cm]	1,20 ④ 2608 [2 / 30 cm]			
$H_N$ 6 m	$B_T$ ① 18016 5,45	$B_T$ ① 18016 4,95			
	$H_F$ 4,50 ② 18016 5,45	$H_F$ 4,10 ② 18016 4,95			
$H_N$ 6,5 m	0,55 m $B_V$ ③ 4016 2,50	0,5 m $B_V$ ③ 4016 2,50			
	1,50 ④ 32010 [2 / 30 cm]	1,30 ④ 28010 [2 / 30 cm]			
$H_N$ 7 m	$B_T$ ① 18016 6,15	$B_T$ ① 18016 5,45			
	$H_F$ 5,10 ② 18016 6,15	$H_F$ 4,40 ② 18016 5,45			
$H_N$ 7,5 m	0,6 m $B_V$ ③ 4016 2,50	0,6 m $B_V$ ③ 4016 2,50			
	1,50 ④ 36010 [2 / 30 cm]	1,40 ④ 30010 [2 / 30 cm]			
$H_N$ 8 m	$B_T$ ① 18018 6,85	$B_T$ ① 18016 5,95			
	$H_F$ 5,60 ② 18018 6,85	$H_F$ 4,90 ② 18016 5,95			
$H_N$ 8,5 m	0,7 m $B_V$ ③ 4018 2,50	0,6 m $B_V$ ③ 4016 2,50			
	1,50 ④ 38010 [2 / 30 cm]	1,50 ④ 34010 [2 / 30 cm]			

**Muro di sostegno a T con barriera fonica semplice  $H_{FOA} \leq 5$  m**

**pvento  $\leq 1,5$  kPa (falda 1 m da piano di posa fondazione)**

**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/m<sup>3</sup>

Terreno di fondazione (condizioni drenate)

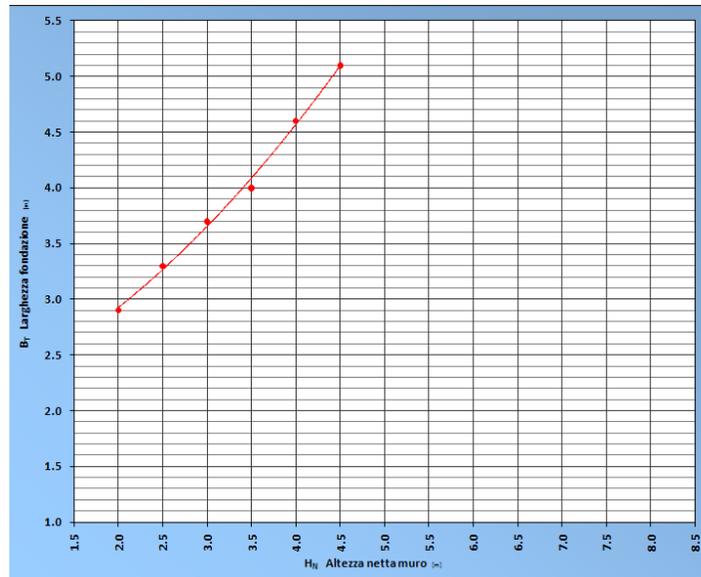
- Caso 1  $\phi' = 24^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma$  mediato su  $z = B_T$
- Caso 2  $\phi' = 26^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma$  mediato su  $z = B_T$
- Caso 3  $\phi' = 28^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma$  mediato su  $z = B_T$
- Caso 4  $\phi' = 30^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma$  mediato su  $z = B_T$
- Caso 5  $\phi' = 32^\circ$   $c' = 0$  kPa  $\gamma$  mediato su  $z = B_T$

**PARAMETRI SISMICI**

- Stato Limite **SLV**
- Classe d'uso **IV**
- Categoria del sottosuolo **D**
- Categoria topografica **T1**
- Vita nominale [anni] **V<sub>N</sub> 50**
- Vita di riferimento [anni] **V<sub>R</sub> 100**
- Tempo di ritorno [anni] **T<sub>R</sub> 949**
- Accelerazione massima [g] suolo rigido **a<sub>s</sub> 0,085**
- Accelerazione massima [g] **a<sub>max</sub> 0,153**
- Coefficiente sismico orizzontale **K<sub>h</sub> 0,028**
- Coefficiente sismico verticale **K<sub>v</sub> ±0,014**

**CONDIZIONI DI CARICO**

- Inclinazione rilevato  $\epsilon$  **0** °
- Altezza rilevato  $H_{RIL}$  **0** m
- Sovraccarico accidentale  $q$  **20** kPa
- Peso barriera fonica  $R_z$  **4,76** kN/m
- Vento  $R_x$  **7,50** kN/m
- Vento  $M_y$  **18,75** kNm/m
- Urto  $R_x$  **10,00** kN/m
- Urto  $M_y$  **8,00** kNm/m



		24°	26°	28°	30°	32°
H <sub>N</sub> 2 m	B <sub>T</sub>	① 18Ø10 3,55				
	H <sub>F</sub>	2,90 ② 18Ø10 3,55				
0,4 m	B <sub>V</sub>	③ 4Ø10 2,50				
		0,90 ④ 20Ø8 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 2,5 m	B <sub>T</sub>	① 22Ø10 3,95				
	H <sub>F</sub>	3,30 ② 22Ø10 3,95				
0,4 m	B <sub>V</sub>	③ 4Ø10 2,50				
		1,10 ④ 24Ø8 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 3 m	B <sub>T</sub>	① 22Ø12 4,35				
	H <sub>F</sub>	3,70 ② 22Ø12 4,35				
0,4 m	B <sub>V</sub>	③ 4Ø12 2,50				
		1,20 ④ 26Ø8 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 3,5 m	B <sub>T</sub>	① 22Ø14 4,85				
	H <sub>F</sub>	4,00 ② 22Ø14 4,85				
0,5 m	B <sub>V</sub>	③ 4Ø14 2,50				
		1,30 ④ 28Ø10 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 4 m	B <sub>T</sub>	① 24Ø14 5,45				
	H <sub>F</sub>	4,60 ② 24Ø14 5,45				
0,5 m	B <sub>V</sub>	③ 4Ø14 2,50				
		1,50 ④ 32Ø10 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 4,5 m	B <sub>T</sub>	① 20Ø18 6,15				
	H <sub>F</sub>	5,10 ② 20Ø18 6,15				
0,6 m	B <sub>V</sub>	③ 4Ø18 2,50				
		1,50 ④ 36Ø10 [2 / 30 cm]				
H <sub>N</sub> 5 m						
H <sub>N</sub> 5,5 m						
H <sub>N</sub> 6 m						
H <sub>N</sub> 6,5 m						
H <sub>N</sub> 7 m						
H <sub>N</sub> 7,5 m						
H <sub>N</sub> 8 m						

## **ALLEGATO 3**

### **MURI PREFABBRICATI**

### **TABULATI DI CALCOLO**

**TIPO Hn=2m, Hfoa 3m, Pvento 1.5 kPa**
**RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO**
**Altezza netta 200 cm**
**DATI DI PROGETTO**
**Normativa**

 Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Approccio **1**
**Dati geotecnici terreno di riempimento**

Angolo di attrito interno	$\phi$	<b>35</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma$	<b>1.900</b>	daN / m <sup>3</sup>
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	<b>23</b>	gradi
Angolo di inclinazione piano di campagna	$\epsilon$	<b>0</b>	gradi
Coesione	$c$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Dati geotecnici terreno di fondazione**

Angolo di attrito interno	$\phi_{FOND}$	<b>24</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma_{FOND}$	<b>1.296</b>	daN / m <sup>3</sup>
Coesione	$c_{FOND}$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>
Ricoprimento fondazione a valle	$h_R$	<b>0,40</b>	m

**Morfologia del muro**

Tipologia muro	Tipo	T	
Altezza netta del muro	$h_N$	<b>2,00</b>	m
Altezza del muro	$h_1$	<b>2,40</b>	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	$X_{CG}$	<b>1,00</b>	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		<b>0,20</b>	m
Peso elemento prefabbricato	P	<b>2.341</b>	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	$\beta$	<b>90</b>	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	$b_1$	<b>2,50</b>	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	<b>0,70</b>	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		<b>0,70</b>	m
Pendenza della nervatura	pendenza	<b>20%</b>	
Larghezza nervatura/e	s	<b>0,30</b>	m
Spessore soletta	sol	<b>0,10</b>	m

**Morfologia della fondazione**

Spessore massimo soletta di fondazione	$h_2$	<b>0,40</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	$h_3$	<b>0,40</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	$h_4$	<b>0,40</b>	m
Larghezza fondazione	L	<b>2,60</b>	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	<b>0,80</b>	m
Larghezza suola fondazione lato monte	$l_1$	<b>1,70</b>	m
Larghezza suola fuori nervatura	$fo$	<b>1,18</b>	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{SPERONE}$	<b>0,00</b>	m
Base sperone (lato monte)	$b_{SPERONE}$	<b>0,00</b>	m
Larghezza sottofondazione	$L_F$	<b>0,00</b>	m
Altezza fondazione	$h_F$	<b>0,00</b>	m
Sbalzo anteriore	$sb_F$	<b>0,00</b>	m

**Barriera fonoassorbente**

Altezza barriera fonoassorbente	$h_{FOA}$	<b>3,00</b>	m
Pressione del vento sulla barriera	$p_{VENTO}$	<b>150</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Stratigrafia terreno di fondazione**

Coefficiente di Poisson del terreno	$\nu$	<b>0,25</b>	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	E	<b>35.184</b>	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	$E_{TH}$	-	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	$h_{CED}$	<b>9,10</b>	m
Strato 1	$E_{01}$	<b>60.000</b>	$h_1$
Strato 2	$E_{02}$		$h_2$
Strato 3	$E_{03}$		$h_3$
Strato 4	$E_{04}$		$h_4$
Spessore totale strato compressibile		<b>9,10</b>	m

[Calcola Modulo](#)
**Verifica degli spostamenti in testa alla barriera**

Spostamento massimo ammissibile ( $h_{FOA} / 500$ )	$d_{MAX}$	<b>6,00</b>	mm
Spostamento calcolato alla testa della barriera	$d_{FOA}$	<b>1,38</b>	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	1.125	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	1.688	daNm / elemento
Neve	Q3	0	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A <sub>d</sub>	2.500	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A <sub>h</sub>	2.000	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	763	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	0,35	m

**Parametri sismici**

Stato Limite di Salvaguardia della Vita		SLV	
Classe d'uso		IV	
Coefficiente d'uso	C <sub>II</sub>	2	
Vita nominale	V <sub>N</sub>	50	anni
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T <sub>R</sub>	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a <sub>e</sub> (g)	0,085	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F <sub>n</sub>	2,732	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T <sub>c</sub> *	0,370	sec
Categoria di sottosuolo		D	
Fattore di amplificazione stratigrafica	S <sub>s</sub>	1,80	
Categoria topografica		T1	
Fattore di amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	1,00	

**Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente**

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	-46,6	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	46,6	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	132,85	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	199,27	daNm / elemento

**COMBINAZIONI DI CARICO**

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	Y <sub>F</sub>	Y <sub>M</sub>	Q <sub>ci</sub> dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	675	1.013	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	1.125	1.688	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	675	1.013	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	1.125	1.688	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	675	1.013	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	1.125	1.688	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	2.500	2.000
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	2.500	2.000
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	675	1.013	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	1.125	1.688	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	225	338	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

**VERIFICHE DI SICUREZZA**
**Verifica a ribaltamento**

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	2,61	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	------	--------

**Verifica a scorrimento**

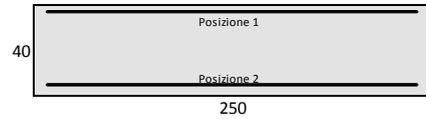
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	1,01	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	------	--------

**Verifica a capacità portante**

Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	1,12	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	------	--------

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI**

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Peso [kg]
Posizione 12 Ø 10	325	9,42	24,0
Posizione 12 Ø 10	325	9,42	24,0
Posizione 4 Ø 10 [appoggio]	250	3,14	6,2
Posizione 18 Ø 8 [2 / 30 cm]	250	9,05	17,8
Copriferro 3,0 cm			72,0



**Verifica fondazione di monte**

Momento resistente	$M_{Rd}$	12.997	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Ed}$	9.563	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Ed}$	<b>1,36</b>	

**Verifica fondazione di valle**

Momento resistente	$M_{Rd}$	12.997	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{F,d}$	3.701	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{F,d}$	<b>3,51</b>	

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

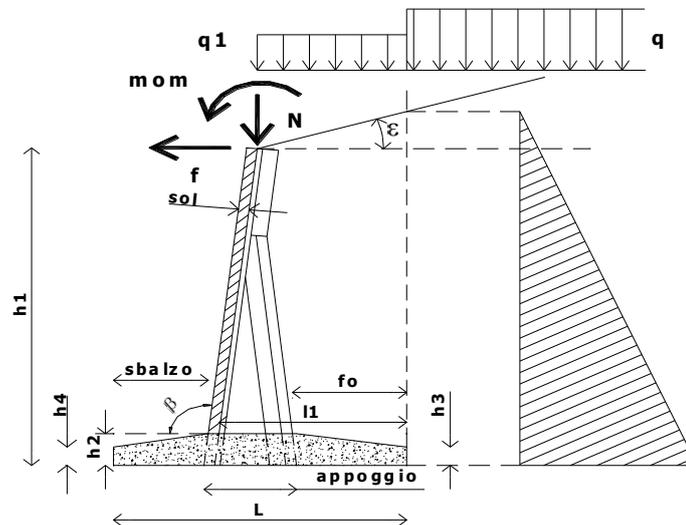
**Verifica fondazione di monte**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	Mcr	<b>12.962,65</b>	> Me	936,98	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	Mcr	<b>12.962,65</b>	> Me	1.702,98	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>13</b>	< 0,60 $f_{rk}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>3</b>	< 0,45 $f_{rk}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>1.089</b>	< 0,80 $f_{vk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**Verifica fondazione di valle**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	Mcr	<b>12.962,65</b>	> Me	1.085,50	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	Mcr	<b>12.962,65</b>	> Me	1.596,80	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>10</b>	< 0,60 $f_{rk}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>4</b>	< 0,45 $f_{rk}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>815</b>	< 0,80 $f_{vk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI**



**TIPO Hn=2.5m, Hfoa 3m, Pvento 1.5 kPa**
**RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO**
**Altezza netta 250 cm**
**DATI DI PROGETTO**
**Normativa**

 Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Approccio **1**
**Dati geotecnici terreno di riempimento**

Angolo di attrito interno	$\phi$	<b>35</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma$	<b>1.900</b>	daN / m <sup>3</sup>
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	<b>23</b>	gradi
Angolo di inclinazione piano di campagna	$\epsilon$	<b>0</b>	gradi
Coesione	$c$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Dati geotecnici terreno di fondazione**

Angolo di attrito interno	$\phi_{FOND}$	<b>24</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma_{FOND}$	<b>1.246</b>	daN / m <sup>3</sup>
Coesione	$c_{FOND}$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>
Ricoprimento fondazione a valle	$h_R$	<b>0,40</b>	m

**Morfologia del muro**

Tipologia muro	Tipo	<b>T</b>	
Altezza netta del muro	$h_N$	<b>2,50</b>	m
Altezza del muro	$h_1$	<b>2,90</b>	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	$X_G$	<b>1,20</b>	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		<b>0,20</b>	m
Peso elemento prefabbricato	$P$	<b>2.884</b>	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	$\beta$	<b>90</b>	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	$b_1$	<b>2,50</b>	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	<b>0,70</b>	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		<b>0,70</b>	m
Pendenza della nervatura	pendenza	<b>20%</b>	
Larghezza nervatura/e	$s$	<b>0,30</b>	m
Spessore soletta	$sol$	<b>0,10</b>	m

**Morfologia della fondazione**

Spessore massimo soletta di fondazione	$h_2$	<b>0,40</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	$h_3$	<b>0,40</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	$h_4$	<b>0,40</b>	m
Larghezza fondazione	$L$	<b>3,00</b>	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	<b>1,00</b>	m
Larghezza suola fondazione lato monte	$l_1$	<b>1,90</b>	m
Larghezza suola fuori nervatura	$fo$	<b>1,38</b>	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{sperone}$	<b>0,00</b>	m
Base sperone (lato monte)	$b_{sperone}$	<b>0,00</b>	m
Larghezza sottofondazione	$L_F$	<b>0,00</b>	m
Altezza fondazione	$h_F$	<b>0,00</b>	m
Sbalzo anteriore	$sb_F$	<b>0,00</b>	m

**Barriera fonoassorbente**

Altezza barriera fonoassorbente	$h_{FOA}$	<b>3,00</b>	m
Pressione del vento sulla barriera	$p_{vento}$	<b>150</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Stratigrafia terreno di fondazione**

Coefficiente di Poisson del terreno	$\nu$	<b>0,25</b>	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	$E$	<b>30.833</b>	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	$h_{CFD}$	<b>10,50</b>	m
Strato 1	$E_{01}$	<b>60.000</b>	$h_1$
Strato 2	$E_{02}$		$h_2$
Strato 3	$E_{03}$		$h_3$
Strato 4	$E_{04}$		$h_4$
Spessore totale strato compressibile		<b>10,50</b>	m

**Verifica degli spostamenti in testa alla barriera**

Spostamento massimo ammissibile ( $h_{FOA} / 500$ )	$d_{MAX}$	<b>6,00</b>	mm
Spostamento calcolato alla testa della barriera	$d_{FOA}$	<b>2,47</b>	mm

**Carichi agenti**

Sovraccarico permanente	G2	<b>0</b>	daN / m2
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	<b>0</b>	daN / m2
Traffico stradale / ferroviario	Q1	<b>2.000</b>	daN / m2
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	1.125	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	1.688	daNm / elemento
Neve	Q3	<b>0</b>	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A <sub>n</sub>	<b>2.500</b>	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A <sub>n</sub>	<b>2.000</b>	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	<b>763</b>	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	<b>0,35</b>	m

**Parametri sismici**

Stato Limite di Salvaguardia della Vita			SLV
Classe d'uso			<b>IV</b>
Coefficiente d'uso	C <sub>11</sub>		2
Vita nominale	V <sub>N</sub>	<b>50</b>	anni
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T <sub>R</sub>	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a <sub>e</sub> (g)	<b>0,085</b>	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F <sub>0</sub>	<b>2,732</b>	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T <sub>c</sub> *	<b>0,370</b>	sec
Categoria di sottosuolo		<b>D</b>	
Fattore di amplificazione stratigrafica	S <sub>s</sub>	1,80	
Categoria topografica		<b>T1</b>	
Fattore di amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	1,00	

**Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente**

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	<b>-46,6</b>	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	<b>46,6</b>	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	<b>132,85</b>	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	<b>199,27</b>	daNm / elemento

**COMBINAZIONI DI CARICO**

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	V <sub>F</sub>	V <sub>M</sub>	Q <sub>k</sub> dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	675	1.013	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	1.125	1.688	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	675	1.013	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	1.125	1.688	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	675	1.013	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	1.125	1.688	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	2.500	2.000
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	2.500	2.000
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	675	1.013	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	1.125	1.688	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	225	338	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

**VERIFICHE DI SICUREZZA**
**Verifica a ribaltamento**

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

**Verifica a scorrimento**

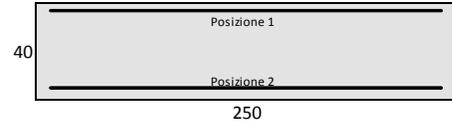
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	<b>1,03</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	-------------	--------

**Verifica a capacità portante**

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

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Peso [kg]
Posizione 18 Ø 10	365	14,14	40,5
Posizione 18 Ø 10	365	14,14	40,5
Posizione 4 Ø 10 [appoggio]	250	3,14	6,2
Posizione 22 Ø 8 [2 / 30 cm]	250	11,06	21,7
Copriferro 3,0 cm			108,9



Verifica fondazione di monte

Momento resistente	$M_{Rd}$	19.308	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Ed}$	14.293	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Ed}$	1,35	

Verifica fondazione di valle

Momento resistente	$M_{Rd}$	19.308	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Ed}$	5.775	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Ed}$	3,34	

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

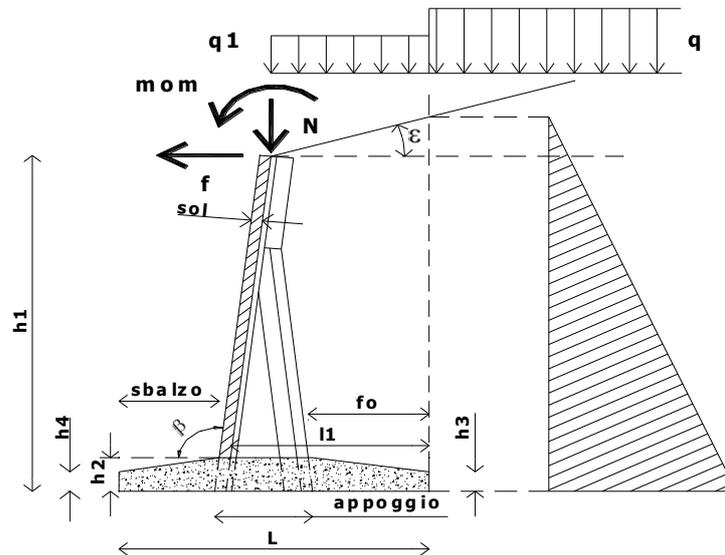
Verifica fondazione di monte

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	Mcr	13.336,92	> Me	1.734,34	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	Mcr	13.336,92	> Me	2.876,53	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	15	< 0,60 $f_{ck}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	5	< 0,45 $f_{ck}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	1.031	< 0,80 $f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

Verifica fondazione di valle

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	Mcr	13.336,92	> Me	1.674,64	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	Mcr	13.336,92	> Me	2.549,30	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	13	< 0,60 $f_{ck}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	5	< 0,45 $f_{ck}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	861	< 0,80 $f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI



**TIPO Hn=3m, Hfoa 3m, Pvento 1.5 kPa**
**RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO**
**Altezza netta 300 cm**
**DATI DI PROGETTO**
**Normativa**

 Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Approccio **1**
**Dati geotecnici terreno di riempimento**

Angolo di attrito interno	$\phi$	<b>35</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma$	<b>1.900</b>	daN / m3
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	<b>23</b>	gradi
Angolo di inclinazione piano di campagna	$\epsilon$	<b>0</b>	gradi
Coesione	$c$	<b>0</b>	daN / m2

**Dati geotecnici terreno di fondazione**

Angolo di attrito interno	$\phi_{FOND}$	<b>24</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma_{FOND}$	<b>1.208</b>	daN / m3
Coesione	$c_{FOND}$	<b>0</b>	daN / m2
Ricoprimento fondazione a valle	$h_R$	<b>0,40</b>	m

**Morfologia del muro**

Tipologia muro	Tipo	<b>T</b>	
Altezza netta del muro	$h_N$	<b>3,00</b>	m
Altezza del muro	$h_1$	<b>3,45</b>	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	$X_{C_1}$	<b>1,30</b>	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		<b>0,20</b>	m
Peso elemento prefabbricato	$P$	<b>3.447</b>	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	$\beta$	<b>90</b>	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	$b_1$	<b>2,50</b>	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	<b>0,70</b>	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		<b>0,70</b>	m
Pendenza della nervatura	pendenza	<b>20%</b>	
Larghezza nervatura/e	$s$	<b>0,30</b>	m
Spessore soletta	$sol$	<b>0,10</b>	m

**Morfologia della fondazione**

Spessore massimo soletta di fondazione	$h_2$	<b>0,45</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	$h_3$	<b>0,45</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	$h_4$	<b>0,45</b>	m
Larghezza fondazione	$L$	<b>3,40</b>	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	<b>1,10</b>	m
Larghezza suola fondazione lato monte	$l_1$	<b>2,20</b>	m
Larghezza suola fuori nervatura	$fo$	<b>1,69</b>	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{sperone}$	<b>0,00</b>	m
Base sperone (lato monte)	$b_{sperone}$	<b>0,00</b>	m
Larghezza sottofondazione	$L_F$	<b>0,00</b>	m
Altezza fondazione	$h_F$	<b>0,00</b>	m
Sbalzo anteriore	$sb_F$	<b>0,00</b>	m

**Barriera fonoassorbente**

Altezza barriera fonoassorbente	$h_{FOA}$	<b>3,00</b>	m
Pressione del vento sulla barriera	$p_{vento}$	<b>150</b>	daN / m2

**Stratigrafia terreno di fondazione**

Coefficiente di Poisson del terreno	$\nu$	<b>0,25</b>	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	$E$	<b>26.384</b>	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	$h_{CFD}$	<b>11,90</b>	m
Strato 1	$E_{01}$	<b>60.000</b>	$h_1$
Strato 2	$E_{02}$		$h_2$
Strato 3	$E_{03}$		$h_3$
Strato 4	$E_{04}$		$h_4$
Spessore totale strato compressibile		<b>11,90</b>	m

[Calcola Modulo](#)
**Verifica degli spostamenti in testa alla barriera**

Spostamento massimo ammissibile ( $h_{FOA} / 500$ )	$d_{MAX}$	<b>6,00</b>	mm
Spostamento calcolato alla testa della barriera	$d_{FOA}$	<b>3,71</b>	mm

**Carichi agenti**

Sovraccarico permanente	G2	<b>0</b>	daN / m2
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	<b>0</b>	daN / m2
Traffico stradale / ferroviario	Q1	<b>2.000</b>	daN / m2
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	1.125	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	1.688	daNm / elemento
Neve	Q3	<b>0</b>	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A <sub>d</sub>	<b>2.500</b>	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A <sub>d</sub>	<b>2.000</b>	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	<b>763</b>	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	<b>0,35</b>	m

**Parametri sismici**

Stato Limite di Salvaguardia della Vita		SLV	
Classe d'uso		<b>IV</b>	
Coefficiente d'uso	C <sub>II</sub>	2	
Vita nominale	V <sub>N</sub>	<b>50</b>	anni
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T <sub>R</sub>	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a <sub>p</sub> (g)	<b>0,085</b>	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F <sub>0</sub>	<b>2,732</b>	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T <sub>c</sub> *	<b>0,370</b>	sec
Categoria di sottosuolo		<b>D</b>	
Fattore di amplificazione stratigrafica	S <sub>S</sub>	1,80	
Categoria topografica		<b>T1</b>	
Fattore di amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	1,00	

**Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente**

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	<b>-46,6</b>	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	<b>46,6</b>	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	<b>132,85</b>	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	<b>199,27</b>	daNm / elemento

**COMBINAZIONI DI CARICO**

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	Y <sub>F</sub>	Y <sub>M</sub>	Q <sub>ki</sub> dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	675	1.013	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	1.125	1.688	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	675	1.013	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	1.125	1.688	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	675	1.013	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	1.125	1.688	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	2.500	2.000
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	2.500	2.000
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	675	1.013	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	1.125	1.688	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	225	338	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

**VERIFICHE DI SICUREZZA**
**Verifica a ribaltamento**

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	<b>3,24</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	-------------	--------

**Verifica a scorrimento**

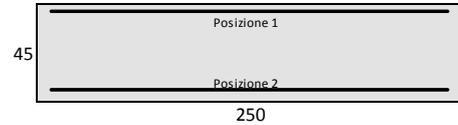
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	<b>1,08</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	-------------	--------

**Verifica a capacità portante**

Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	<b>1,02</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	-------------	--------

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI**

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Peso [kg]
Posizione 18 Ø 12	415	20,36	66,3
Posizione 18 Ø 12	415	20,36	66,3
Posizione 4 Ø 12 [appoggio]	250	4,52	8,9
Posizione 24 Ø 8 [2 / 30 cm]	250	12,06	23,7
Copriferro 3,0 cm			165,2



**Verifica fondazione di monte**

Momento resistente	$M_{Rd}$	31.389	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Fd}$	23.380	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Fd}$	<b>1,34</b>	

**Verifica fondazione di valle**

Momento resistente	$M_{Rd}$	31.389	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Ed}$	7.729	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Ed}$	<b>4,06</b>	

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

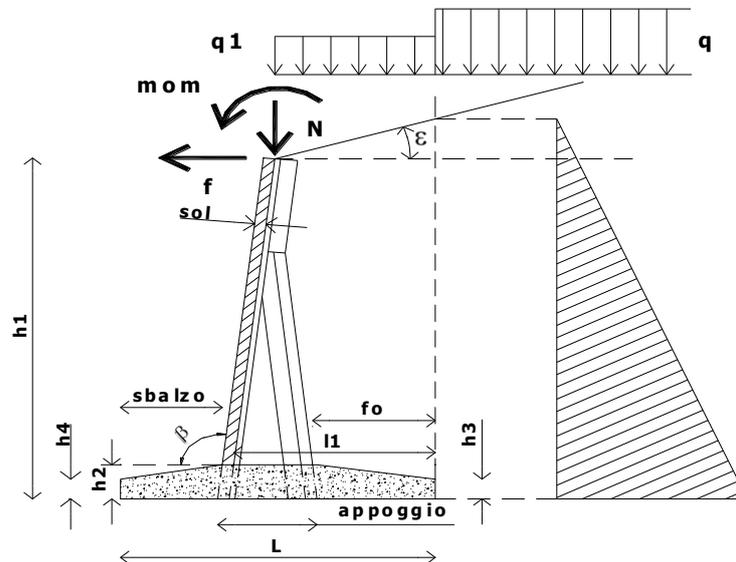
**Verifica fondazione di monte**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	$M_{cr}$	<b>17.349,46</b>	> $M_e$	3.310,08	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	$M_{cr}$	<b>17.349,46</b>	> $M_e$	5.130,31	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>16</b>	< $0,60 f_{rk}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>7</b>	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>989</b>	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**Verifica fondazione di valle**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	$M_{cr}$	<b>17.349,46</b>	> $M_e$	2.657,23	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	$M_{cr}$	<b>17.349,46</b>	> $M_e$	3.824,12	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>12</b>	< $0,60 f_{rk}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>5</b>	< $0,45 f_{rk}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>701</b>	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI**



**TIPO Hn=3.5m, Hfoa 3m, Pvento 1.5 kPa**
**RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO**
**Altezza netta 350 cm**
**DATI DI PROGETTO**
**Normativa**

 Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Approccio **1**
**Dati geotecnici terreno di riempimento**

Angolo di attrito interno	$\phi$	<b>35</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma$	<b>1.900</b>	daN / m <sup>3</sup>
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	<b>23</b>	gradi
Angolo di inclinazione piano di campagna	$\epsilon$	<b>0</b>	gradi
Coesione	$c$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Dati geotecnici terreno di fondazione**

Angolo di attrito interno	$\phi_{FOND}$	<b>24</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma_{FOND}$	<b>1.171</b>	daN / m <sup>3</sup>
Coesione	$c_{FOND}$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>
Ricoprimento fondazione a valle	$h_R$	<b>0,40</b>	m

**Morfologia del muro**

Tipologia muro	Tipo	<b>T</b>	
Altezza netta del muro	$h_N$	<b>3,50</b>	m
Altezza del muro	$h_1$	<b>4,00</b>	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	$X_C$	<b>1,50</b>	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		<b>0,20</b>	m
Peso elemento prefabbricato	$P$	<b>4.028</b>	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	$\beta$	<b>90</b>	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	$b_1$	<b>2,50</b>	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	<b>0,70</b>	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		<b>0,70</b>	m
Pendenza della nervatura	pendenza	<b>20%</b>	
Larghezza nervatura/e	$s$	<b>0,30</b>	m
Spessore soletta	$sol$	<b>0,10</b>	m

**Morfologia della fondazione**

Spessore massimo soletta di fondazione	$h_2$	<b>0,50</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	$h_3$	<b>0,50</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	$h_4$	<b>0,50</b>	m
Larghezza fondazione	$L$	<b>3,90</b>	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	<b>1,30</b>	m
Larghezza suola fondazione lato monte	$l_1$	<b>2,50</b>	m
Larghezza suola fuori nervatura	$fo$	<b>2,00</b>	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{sperone}$	<b>0,00</b>	m
Base sperone (lato monte)	$b_{comprens}$	<b>0,00</b>	m
Larghezza sottofondazione	$L_F$	<b>0,00</b>	m
Altezza fondazione	$h_F$	<b>0,00</b>	m
Sbalzo anteriore	$sb_F$	<b>0,00</b>	m

**Barriera fonoassorbente**

Altezza barriera fonoassorbente	$h_{FOA}$	<b>3,00</b>	m
Pressione del vento sulla barriera	$p_{vento}$	<b>150</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Stratigrafia terreno di fondazione**

Coefficiente di Poisson del terreno	$\nu$	<b>0,25</b>	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	$E$	<b>23.808</b>	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	$E_{ni}$	-	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	$h_{CFD}$	<b>13,65</b>	m
Strato 1	<b>60.000</b>	$E_{01}$	<b>13,65</b> $h_1$
Strato 2		$E_{02}$	$h_2$
Strato 3		$E_{03}$	$h_3$
Strato 4		$E_{04}$	$h_4$
Spessore totale strato compressibile		<b>13,65</b>	m

[Calcola Modulo](#)
**Verifica degli spostamenti in testa alla barriera**

Spostamento massimo ammissibile ( $h_{FOA} / 500$ )	$d_{MAX}$	<b>6,00</b>	mm
Spostamento calcolato alla testa della barriera	$d_{FOA}$	<b>5,51</b>	mm

**Carichi agenti**

Sovraccarico permanente	G2	<b>0</b>	daN / m2
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	<b>0</b>	daN / m2
Traffico stradale / ferroviario	Q1	<b>2.000</b>	daN / m2
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	<b>1.125</b>	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	<b>1.688</b>	daNm / elemento
Neve	Q3	<b>0</b>	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A <sub>d</sub>	<b>2.500</b>	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A <sub>ri</sub>	<b>2.000</b>	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	<b>763</b>	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	<b>0,35</b>	m

**Parametri sismici**

Stato Limite di Salvaguardia della Vita		SLV	
Classe d'uso		<b>IV</b>	
Coefficiente d'uso	C <sub>II</sub>	<b>2</b>	
Vita nominale	V <sub>N</sub>	<b>50</b>	anni
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>	<b>100</b>	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T <sub>R</sub>	<b>949</b>	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a <sub>p</sub> (g)	<b>0,085</b>	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F <sub>0</sub>	<b>2,732</b>	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T <sub>c</sub> *	<b>0,370</b>	sec
Categoria di sottosuolo		<b>D</b>	
Fattore di amplificazione stratigrafica	S <sub>s</sub>	<b>1,80</b>	
Categoria topografica		<b>T1</b>	
Fattore di amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	<b>1,00</b>	

**Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente**

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	<b>-46,6</b>	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	<b>46,6</b>	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	<b>132,85</b>	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	<b>199,27</b>	daNm / elemento

**COMBINAZIONI DI CARICO**

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	Y <sub>F</sub>	Y <sub>M</sub>	Q <sub>ki</sub> dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	675	1.013	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	1.125	1.688	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	675	1.013	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	1.125	1.688	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	675	1.013	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	1.125	1.688	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	2.500	2.000
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	2.500	2.000
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	675	1.013	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	1.125	1.688	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	225	338	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

**VERIFICHE DI SICUREZZA**
**Verifica a ribaltamento**

Combinazione dimensionante	[5]	EQU + M2	Traffico dominante	<b>3,55</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	--------------------	-------------	--------

**Verifica a scorrimento**

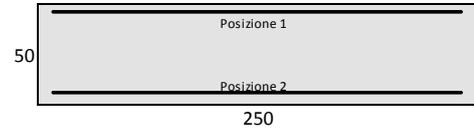
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	<b>1,13</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	-------------	--------

**Verifica a capacità portante**

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

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI**

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Peso [kg]
Posizione 22 Ø 14	475	33,87	126,3
Posizione 22 Ø 14	475	33,87	126,3
Posizione 4 Ø 14 [appoggio]	250	6,16	12,1
Posizione 28 Ø 10 [2 / 30 cm]	250	21,99	43,2
Copriferro 3,0 cm			307,8



**Verifica fondazione di monte**

Momento resistente	$M_{Rd}$	58.061	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Fd}$	34.957	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Fd}$	1,66	

**Verifica fondazione di valle**

Momento resistente	$M_{Rd}$	58.061	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Fd}$	11.079	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Fd}$	5,24	

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

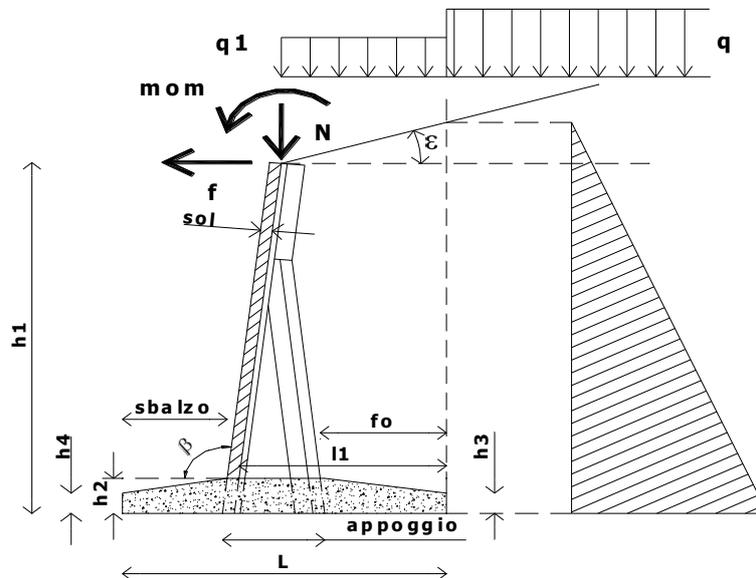
**Verifica fondazione di monte**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	Mcr	22.688,25	> Me	5.406,86	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	Mcr	22.688,25	> Me	7.970,41	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	15	< 0,60 $f_{rk}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	7	< 0,45 $f_{rk}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	758	< 0,80 $f_{vk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**Verifica fondazione di valle**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	Mcr	22.688,25	> Me	3.866,31	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	Mcr	22.688,25	> Me	5.530,35	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	10	< 0,60 $f_{rk}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	5	< 0,45 $f_{rk}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	516	< 0,80 $f_{vk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI**



**TIPO Hn=2m, Hfoa 3m, Pvento 2.0 kPa**
**RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO**
**Altezza netta 200 cm**
**DATI DI PROGETTO**
**Normativa**

 Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Approccio **1**
**Dati geotecnici terreno di riempimento**

Angolo di attrito interno	$\phi$	<b>35</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma$	<b>1.900</b>	daN / m <sup>3</sup>
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	<b>23</b>	gradi
Angolo di inclinazione piano di campagna	$\epsilon$	<b>0</b>	gradi
Coesione	$c$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Dati geotecnici terreno di fondazione**

Angolo di attrito interno	$\phi_{FOND}$	<b>24</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma_{FOND}$	<b>1.269</b>	daN / m <sup>3</sup>
Coesione	$c_{FOND}$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>
Ricoprimento fondazione a valle	$h_R$	<b>0,40</b>	m

**Morfologia del muro**

Tipologia muro	Tipo	<b>T</b>	
Altezza netta del muro	$h_N$	<b>2,00</b>	m
Altezza del muro	$h_1$	<b>2,40</b>	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	$X_{RC}$	<b>1,10</b>	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		<b>0,20</b>	m
Peso elemento prefabbricato	$P$	<b>2.341</b>	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	$\beta$	<b>90</b>	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	$b_1$	<b>2,50</b>	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	<b>0,70</b>	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		<b>0,70</b>	m
Pendenza della nervatura	pendenza	<b>20%</b>	
Larghezza nervatura/e	$s$	<b>0,30</b>	m
Spessore soletta	$sol$	<b>0,10</b>	m

**Morfologia della fondazione**

Spessore massimo soletta di fondazione	$h_2$	<b>0,40</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	$h_3$	<b>0,40</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	$h_4$	<b>0,40</b>	m
Larghezza fondazione	$L$	<b>2,80</b>	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	<b>0,90</b>	m
Larghezza suola fondazione lato monte	$l_1$	<b>1,80</b>	m
Larghezza suola fuori nervatura	$fo$	<b>1,28</b>	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{sperone}$	<b>0,00</b>	m
Base sperone (lato monte)	$b_{sperone}$	<b>0,00</b>	m
Larghezza sottofondazione	$L_F$	<b>0,00</b>	m
Altezza fondazione	$h_F$	<b>0,00</b>	m
Sbalzo anteriore	$sb_E$	<b>0,00</b>	m

**Barriera fonoassorbente**

Altezza barriera fonoassorbente	$h_{FOA}$	<b>3,00</b>	m
Pressione del vento sulla barriera	$p_{VENTO}$	<b>200</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Stratigrafia terreno di fondazione**

Coefficiente di Poisson del terreno	$\nu$	<b>0,25</b>	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	$E$	<b>36.570</b>	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	$h_{CED}$	<b>9,80</b>	m
Strato 1	<b>60.000</b> $E_{01}$	<b>9,80</b> $h_1$	
Strato 2	$E_{02}$	$h_2$	
Strato 3	$E_{03}$	$h_3$	
Strato 4	$E_{04}$	$h_4$	
Spessore totale strato compressibile		<b>9,80</b>	m

[Calcola Modulo](#)
**Verifica degli spostamenti in testa alla barriera**

Spostamento massimo ammissibile ( $h_{FOA} / 500$ )	$d_{MAX}$	<b>6,00</b>	mm
Spostamento calcolato alla testa della barriera	$d_{FOA}$	<b>1,45</b>	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	1.500	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	2.250	daNm / elemento
Neve	Q3	0	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A <sub>d</sub>	2.500	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A <sub>d</sub>	2.000	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	763	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	0,35	m

**Parametri sismici**

Stato Limite di Salvaguardia della Vita		SLV	
Classe d'uso		IV	
Coefficiente d'uso	C <sub>11</sub>	2	
Vita nominale	V <sub>N</sub>	50	anni
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T <sub>R</sub>	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a <sub>s</sub> (g)	0,085	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F <sub>0</sub>	2,732	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T <sub>c</sub> *	0,370	sec
Categoria di sottosuolo		D	
Fattore di amplificazione stratigrafica	S <sub>s</sub>	1,80	
Categoria topografica		T1	
Fattore di amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	1,00	

**Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente**

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	-46,6	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	46,6	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	132,85	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	199,27	daNm / elemento

**COMBINAZIONI DI CARICO**

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	Y <sub>F</sub>	Y <sub>M</sub>	Q <sub>ki</sub> dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	900	1.350	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	1.500	2.250	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	900	1.350	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	1.500	2.250	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	900	1.350	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	1.500	2.250	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	2.500	2.000
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	2.500	2.000
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	900	1.350	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	1.500	2.250	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	300	450	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

**VERIFICHE DI SICUREZZA**
**Verifica a ribaltamento**

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	2,60	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	------	--------

**Verifica a scorrimento**

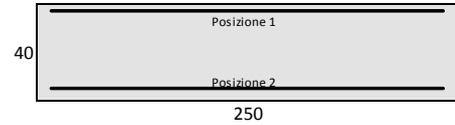
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	1,03	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	------	--------

**Verifica a capacità portante**

Combinazione dimensionante	[4]	A2 + M2	Vento dominante	1,23	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	-----------------	------	--------

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI**

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Peso [kg]
Posizione 12 Ø 10	345	9,42	25,5
Posizione 12 Ø 10	345	9,42	25,5
Posizione 4 Ø 10 [appoggio]	250	3,14	6,2
Posizione 20 Ø 8 [2 / 30 cm]	250	10,05	19,7
Copriferro 3,0 cm			76,9



**Verifica fondazione di monte**

Momento resistente	$M_{Rd}$	12.997	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Ed}$	11.068	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Ed}$	1,17	

**Verifica fondazione di valle**

Momento resistente	$M_{Rd}$	12.997	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Ed}$	4.524	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Ed}$	2,87	

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

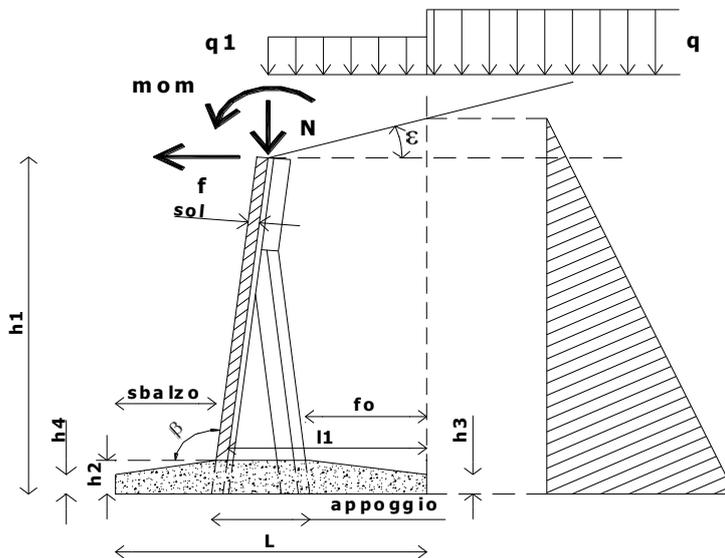
**Verifica fondazione di monte**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	$M_{cr}$	12.962,65	> $M_e$	850,52	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	$M_{cr}$	12.962,65	> $M_e$	1.625,25	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	15	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_r$	3	< $0,45 f_{rk}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	1.265	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**Verifica fondazione di valle**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	$M_{cr}$	12.962,65	> $M_e$	1.102,28	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	$M_{cr}$	12.962,65	> $M_e$	1.659,74	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	12	< $0,60 f_{rk}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_r$	4	< $0,45 f_{rk}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	996	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI**



## TIPO Hn=2.5m, Hfoa 3m, Pvento 2.0 kPa

## RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO

Altezza netta 250 cm

## DATI DI PROGETTO

## Normativa

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

## Dati geotecnici terreno di riempimento

Angolo di attrito interno	$\phi$	35	gradi
Peso specifico	$\gamma$	1.900	daN / m <sup>3</sup>
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	23	gradi
Angolo di inclinazione piano di campagna	$\epsilon$	0	gradi
Coesione	$c$	0	daN / m <sup>2</sup>

## Dati geotecnici terreno di fondazione

Angolo di attrito interno	$\phi_{FOND}$	24	gradi
Peso specifico	$\gamma_{FOND}$	1.235	daN / m <sup>3</sup>
Coesione	$c_{FOND}$	0	daN / m <sup>2</sup>
Ricoprimento fondazione a valle	$h_R$	0,40	m

## Morfologia del muro

Tipologia muro	Tipo	T	
Altezza netta del muro	$h_N$	2,50	m
Altezza del muro	$h_1$	2,90	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	$X_R$	1,20	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		0,20	m
Peso elemento prefabbricato	$P$	2.884	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	$\beta$	90	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	$b_1$	2,50	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	0,70	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		0,70	m
Pendenza della nervatura	pendenza	20%	
Larghezza nervatura/e	$s$	0,30	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	1,00	m
Larghezza suola fondazione lato monte	$l_1$	2,00	m
Larghezza suola fuori nervatura	$fo$	1,48	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 <sup>2</sup>

## Stratigrafia terreno di fondazione

Coefficiente di Poisson del terreno	$\nu$	0,25	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	$E$	30.747	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	$E_{ni}$	-	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	$E_{01}$	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		10,85	m

Calcola Modulo

## Verifica degli spostamenti in testa alla barriera

Spostamento massimo ammissibile ( $h_{FOA} / 500$ )	$d_{MAX}$	6,00	mm
Spostamento calcolato alla testa della barriera	$d_{FOA}$	2,40	mm

**Carichi agenti**

Sovraccarico permanente	G2	<b>0</b>	daN / m2
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	<b>0</b>	daN / m2
Traffico stradale / ferroviario	Q1	<b>2.000</b>	daN / m2
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	<b>1.500</b>	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	<b>2.250</b>	daNm / elemento
Neve	Q3	<b>0</b>	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A <sub>d</sub>	<b>2.500</b>	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A <sub>H</sub>	<b>2.000</b>	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	<b>763</b>	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	<b>0,35</b>	m

**Parametri sismici**

Stato Limite di Salvaguardia della Vita		SLV	
Classe d'uso		<b>IV</b>	
Coefficiente d'uso	C <sub>II</sub>	2	
Vita nominale	V <sub>N</sub>	<b>50</b>	anni
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T <sub>R</sub>	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a <sub>p</sub> (g)	<b>0,085</b>	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F <sub>0</sub>	<b>2,732</b>	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T <sub>c</sub> *	<b>0,370</b>	sec
Categoria di sottosuolo		<b>D</b>	
Fattore di amplificazione stratigrafica	S <sub>S</sub>	1,80	
Categoria topografica		<b>T1</b>	
Fattore di amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	1,00	

**Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente**

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	<b>-46,6</b>	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	<b>46,6</b>	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	<b>132,85</b>	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	<b>199,27</b>	daNm / elemento

**COMBINAZIONI DI CARICO**

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	Y <sub>F</sub>	Y <sub>M</sub>	Q <sub>ki</sub> dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	900	1.350	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	1.500	2.250	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	900	1.350	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	1.500	2.250	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	900	1.350	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	1.500	2.250	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	2.500	2.000
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	2.500	2.000
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	900	1.350	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	1.500	2.250	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	300	450	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

**VERIFICHE DI SICUREZZA**
**Verifica a ribaltamento**

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	<b>2,81</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	-------------	--------

**Verifica a scorrimento**

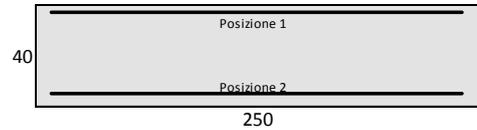
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	<b>1,04</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	-------------	--------

**Verifica a capacità portante**

Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	<b>1,07</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	-------------	--------

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI**

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Peso [kg]
Posizione 18 Ø 10	375	14,14	41,6
Posizione 18 Ø 10	375	14,14	41,6
Posizione 4 Ø 10 [appoggio]	250	3,14	6,2
Posizione 22 Ø 8 [2 / 30 cm]	250	11,06	21,7
Copriferro 3,0 cm			111,1



**Verifica fondazione di monte**

Momento resistente	$M_{Rd}$	19.308	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Ed}$	16.391	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Ed}$	<b>1,18</b>	

**Verifica fondazione di valle**

Momento resistente	$M_{Rd}$	19.308	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Fd}$	6.183	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Fd}$	<b>3,12</b>	

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

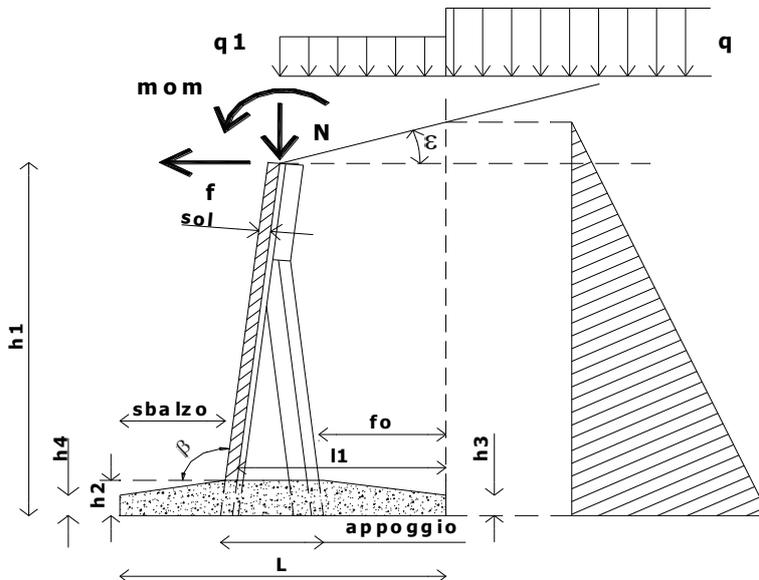
**Verifica fondazione di monte**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	Mcr	<b>13.336,92</b>	> Me	1.737,96	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	Mcr	<b>13.336,92</b>	> Me	2.947,69	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>18</b>	< 0,60 $f_{rk}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>5</b>	< 0,45 $f_{ck}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>1.229</b>	< 0,80 $f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**Verifica fondazione di valle**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	Mcr	<b>13.336,92</b>	> Me	1.723,22	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	Mcr	<b>13.336,92</b>	> Me	2.542,94	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>14</b>	< 0,60 $f_{rk}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>5</b>	< 0,45 $f_{ck}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>944</b>	< 0,80 $f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI**



## TIPO Hn=3m, Hfoa 3m, Pvento 2.0 kPa

## RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO

Altezza netta 300 cm

## DATI DI PROGETTO

## Normativa

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

## Dati geotecnici terreno di riempimento

Angolo di attrito interno	$\phi$	35	gradi
Peso specifico	$\gamma$	1.900	daN / m <sup>3</sup>
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	23	gradi
Angolo di inclinazione piano di campagna	$\epsilon$	0	gradi
Coesione	c	0	daN / m <sup>2</sup>

## Dati geotecnici terreno di fondazione

Angolo di attrito interno	$\phi_{FOND}$	24	gradi
Peso specifico	$\gamma_{FOND}$	1.199	daN / m <sup>3</sup>
Coesione	$c_{FOND}$	0	daN / m <sup>2</sup>
Ricoprimento fondazione a valle	$h_R$	0,40	m

## Morfologia del muro

Tipologia muro	Tipo	T	
Altezza netta del muro	$h_N$	3,00	m
Altezza del muro	$h_1$	3,45	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	$X_R$	1,30	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		0,20	m
Peso elemento prefabbricato	P	3.447	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	$\beta$	90	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	b1	2,50	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	0,70	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		0,70	m
Pendenza della nervatura	pendenza	20%	
Larghezza nervatura/e	s	0,30	m
Spessore soletta	sol	0,10	m

## Morfologia della fondazione

Spessore massimo soletta di fondazione	$h_2$	0,45	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	$h_3$	0,45	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	$h_4$	0,45	m
Larghezza fondazione	L	3,50	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	1,10	m
Larghezza suola fondazione lato monte	l1	2,30	m
Larghezza suola fuori nervatura	fo	1,79	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 <sup>2</sup>

## Stratigrafia terreno di fondazione

Coefficiente di Poisson del terreno	$\nu$	0,25	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	E	26.325	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	$E_{ni}$	-	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	$E_{01}$	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		12,25	m

Calcola Modulo

## Verifica degli spostamenti in testa alla barriera

Spostamento massimo ammissibile ( $h_{FOA} / 500$ )	$d_{MAX}$	6,00	mm
Spostamento calcolato alla testa della barriera	$d_{FOA}$	3,64	mm

**Carichi agenti**

Sovraccarico permanente	G2	<b>0</b>	daN / m2
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	<b>0</b>	daN / m2
Traffico stradale / ferroviario	Q1	<b>2.000</b>	daN / m2
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	<b>1.500</b>	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	<b>2.250</b>	daNm / elemento
Neve	Q3	<b>0</b>	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A <sub>H</sub>	<b>2.500</b>	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A <sub>H</sub>	<b>2.000</b>	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	<b>763</b>	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	<b>0,35</b>	m

**Parametri sismici**

Stato Limite di Salvaguardia della Vita			SLV
Classe d'uso			<b>IV</b>
Coefficiente d'uso	C <sub>II</sub>	<b>2</b>	
Vita nominale	V <sub>N</sub>	<b>50</b>	anni
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>	<b>100</b>	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T <sub>R</sub>	<b>949</b>	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a <sub>r</sub> (g)	<b>0,085</b>	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F <sub>0</sub>	<b>2,732</b>	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T <sub>C</sub> *	<b>0,370</b>	sec
Categoria di sottosuolo		<b>D</b>	
Fattore di amplificazione stratigrafica	S <sub>κ</sub>	<b>1,80</b>	
Categoria topografica		<b>T1</b>	
Fattore di amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	<b>1,00</b>	

**Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente**

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	<b>-46,6</b>	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	<b>46,6</b>	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	<b>132,85</b>	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	<b>199,27</b>	daNm / elemento

**COMBINAZIONI DI CARICO**

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	Y <sub>F</sub>	Y <sub>M</sub>	Q <sub>ki</sub> dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	900	1.350	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	1.500	2.250	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	900	1.350	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	1.500	2.250	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	900	1.350	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	1.500	2.250	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	2.500	2.000
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	2.500	2.000
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	900	1.350	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	1.500	2.250	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	300	450	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

**VERIFICHE DI SICUREZZA**
**Verifica a ribaltamento**

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	<b>3,13</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	-------------	--------

**Verifica a scorrimento**

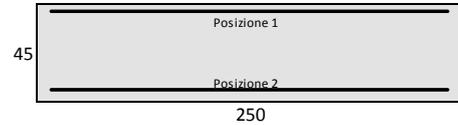
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	<b>1,10</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	-------------	--------

**Verifica a capacità portante**

Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	<b>1,04</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	-------------	--------

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI**

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Peso [kg]
Posizione 18 Ø 12	425	20,36	67,9
Posizione 18 Ø 12	425	20,36	67,9
Posizione 4 Ø 12 [appoggio]	250	4,52	8,9
Posizione 24 Ø 8 [2 / 30 cm]	250	12,06	23,7
Copriferro 3,0 cm			168,4



**Verifica fondazione di monte**

Momento resistente	$M_{Rd}$	31.389	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Fd}$	25.781	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Fd}$	<b>1,22</b>	

**Verifica fondazione di valle**

Momento resistente	$M_{Rd}$	31.389	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Ed}$	8.156	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Ed}$	<b>3,85</b>	

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

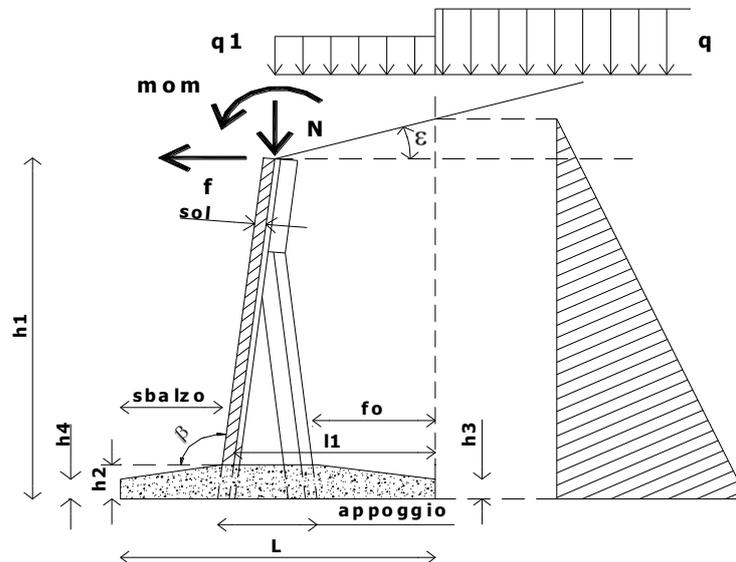
**Verifica fondazione di monte**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	$M_{cr}$	<b>17.349,46</b>	> $M_e$	3.325,87	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	$M_{cr}$	<b>17.349,46</b>	> $M_e$	5.225,25	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>19</b>	< $0,60 f_{rk}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>7</b>	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>1.136</b>	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**Verifica fondazione di valle**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	$M_{cr}$	<b>17.349,46</b>	> $M_e$	2.706,33	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	$M_{cr}$	<b>17.349,46</b>	> $M_e$	3.808,17	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>12</b>	< $0,60 f_{rk}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>6</b>	< $0,45 f_{rk}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>757</b>	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI**



## TIPO Hn=3.5m, Hfoa 3m, Pvento 2.0 kPa

## RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO

Altezza netta 350 cm

## DATI DI PROGETTO

## Normativa

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

Approccio

1

## Dati geotecnici terreno di riempimento

Angolo di attrito interno	$\phi$	35	gradi
Peso specifico	$\gamma$	1.900	daN / m <sup>3</sup>
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	23	gradi
Angolo di inclinazione piano di campagna	$\epsilon$	0	gradi
Coesione	c	0	daN / m <sup>2</sup>

## Dati geotecnici terreno di fondazione

Angolo di attrito interno	$\phi_{FOND}$	24	gradi
Peso specifico	$\gamma_{FOND}$	1.171	daN / m <sup>3</sup>
Coesione	$c_{FOND}$	0	daN / m <sup>2</sup>
Ricoprimento fondazione a valle	$h_R$	0,40	m

## Morfologia del muro

Tipologia muro	Tipo	T	
Altezza netta del muro	$h_N$	3,50	m
Altezza del muro	$h_1$	4,00	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	$X_G$	1,50	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		0,20	m
Peso elemento prefabbricato	P	4.028	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	$\beta$	90	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	$b_1$	2,50	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	0,70	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		0,70	m
Pendenza della nervatura	pendenza	20%	
Larghezza nervatura/e	s	0,30	m
Spessore soletta	sol	0,10	m

## Morfologia della fondazione

Spessore massimo soletta di fondazione	$h_2$	0,50	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	$h_3$	0,50	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	$h_4$	0,50	m
Larghezza fondazione	L	3,90	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	1,30	m
Larghezza suola fondazione lato monte	$l_1$	2,50	m
Larghezza suola fuori nervatura	$fo$	2,00	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	$h_{FNA}$	3,00	m
Pressione del vento sulla barriera	$p_{VENTO}$	200	daN / m <sup>2</sup>

## Stratigrafia terreno di fondazione

Coefficiente di Poisson del terreno	$\nu$	0,25	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	E	23.808	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	$E_{ni}$	-	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	$h_{CED}$	13,65	m
Strato 1	$E_{01}$	60.000	$h_1$
Strato 2	$E_{02}$	13,65	$h_2$
Strato 3	$E_{03}$		$h_3$
Strato 4	$E_{04}$		$h_4$
Spessore totale strato compressibile		13,65	m

Calcola Modulo

## Verifica degli spostamenti in testa alla barriera

Spostamento massimo ammissibile ( $h_{FOA} / 500$ )	$d_{MAX}$	6,00	mm
Spostamento calcolato alla testa della barriera	$d_{FOA}$	5,40	mm

**Carichi agenti**

Sovraccarico permanente	G2	<b>0</b>	daN / m2
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	<b>0</b>	daN / m2
Traffico stradale / ferroviario	Q1	<b>2.000</b>	daN / m2
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	<b>1.500</b>	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	<b>2.250</b>	daNm / elemento
Neve	Q3	<b>0</b>	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A <sub>d</sub>	<b>2.500</b>	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A <sub>d</sub>	<b>2.000</b>	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	<b>763</b>	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	<b>0,35</b>	m

**Parametri sismici**

Stato Limite di Salvaguardia della Vita		SLV	
Classe d'uso		<b>IV</b>	
Coefficiente d'uso	C <sub>U</sub>	<b>2</b>	
Vita nominale	V <sub>N</sub>	<b>50</b>	anni
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>	<b>100</b>	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T <sub>R</sub>	<b>949</b>	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a <sub>p</sub> (g)	<b>0,085</b>	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F <sub>0</sub>	<b>2,732</b>	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T <sub>c</sub> *	<b>0,370</b>	sec
Categoria di sottosuolo		<b>D</b>	
Fattore di amplificazione stratigrafica	S <sub>S</sub>	<b>1,80</b>	
Categoria topografica		<b>T1</b>	
Fattore di amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	<b>1,00</b>	

**Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente**

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	<b>-46,6</b>	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	<b>46,6</b>	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	<b>132,85</b>	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	<b>199,27</b>	daNm / elemento

**COMBINAZIONI DI CARICO**

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	Y <sub>F</sub>	Y <sub>M</sub>	Q <sub>ki</sub> dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	900	1.350	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	1.500	2.250	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	900	1.350	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	1.500	2.250	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	900	1.350	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	1.500	2.250	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	2.500	2.000
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	2.500	2.000
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	900	1.350	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	1.500	2.250	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	300	450	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

**VERIFICHE DI SICUREZZA**
**Verifica a ribaltamento**

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	<b>3,34</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	-------------	--------

**Verifica a scorrimento**

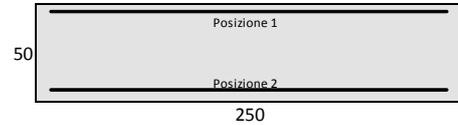
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	<b>1,11</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	-------------	--------

**Verifica a capacità portante**

Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	<b>1,02</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	-------------	--------

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI**

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Peso [kg]
Posizione <b>22</b> Ø <b>14</b>	475	33,87	126,3
Posizione <b>22</b> Ø <b>14</b>	475	33,87	126,3
Posizione 4 Ø 14 [appoggio]	250	6,16	12,1
Posizione 28 Ø 10 [2 / 30 cm]	250	21,99	43,2
Copriferro 3,0 cm			307,8



**Verifica fondazione di monte**

Momento resistente	$M_{Rd}$	58.061	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Fd}$	35.921	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Fd}$	<b>1,62</b>	

**Verifica fondazione di valle**

Momento resistente	$M_{Rd}$	58.061	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Fd}$	11.717	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Fd}$	<b>4,96</b>	

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

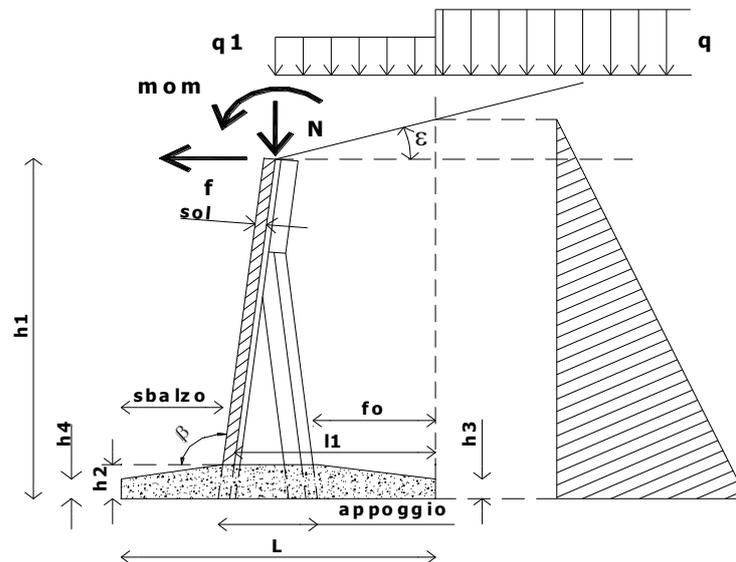
**Verifica fondazione di monte**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	$M_{cr}$	<b>22.688,25</b>	> $M_e$	5.406,86	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	$M_{cr}$	<b>22.688,25</b>	> $M_e$	7.970,41	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>16</b>	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>7</b>	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>831</b>	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**Verifica fondazione di valle**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	$M_{cr}$	<b>22.688,25</b>	> $M_e$	3.866,31	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	$M_{cr}$	<b>22.688,25</b>	> $M_e$	5.530,35	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>11</b>	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>5</b>	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>564</b>	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI**



**TIPO Hn=2m, Hfoa 4m, Pvento 2.0 kPa**
**RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO**
**Altezza netta 200 cm**
**DATI DI PROGETTO**
**Normativa**

 Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Approccio **1**
**Dati geotecnici terreno di riempimento**

Angolo di attrito interno	$\phi$	<b>35</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma$	<b>1.900</b>	daN / m <sup>3</sup>
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	<b>23</b>	gradi
Angolo di inclinazione piano di campagna	$\epsilon$	<b>0</b>	gradi
Coesione	$c$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Dati geotecnici terreno di fondazione**

Angolo di attrito interno	$\phi_{FOND}$	<b>24</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma_{FOND}$	<b>1.257</b>	daN / m <sup>3</sup>
Coesione	$c_{FOND}$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>
Ricoprimento fondazione a valle	$h_R$	<b>0,40</b>	m

**Morfologia del muro**

Tipologia muro	Tipo	<b>T</b>	
Altezza netta del muro	$h_N$	<b>2,00</b>	m
Altezza del muro	$h_1$	<b>2,40</b>	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	$X_{CR}$	<b>1,10</b>	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		<b>0,20</b>	m
Peso elemento prefabbricato	$P$	<b>2.341</b>	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	$\beta$	<b>90</b>	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	$b_1$	<b>2,50</b>	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	<b>0,70</b>	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		<b>0,70</b>	m
Pendenza della nervatura	pendenza	<b>20%</b>	
Larghezza nervatura/e	$s$	<b>0,30</b>	m
Spessore soletta	$sol$	<b>0,10</b>	m

**Morfologia della fondazione**

Spessore massimo soletta di fondazione	$h_2$	<b>0,40</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	$h_3$	<b>0,40</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	$h_4$	<b>0,40</b>	m
Larghezza fondazione	$L$	<b>2,90</b>	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	<b>0,90</b>	m
Larghezza suola fondazione lato monte	$l_1$	<b>1,90</b>	m
Larghezza suola fuori nervatura	$fo$	<b>1,38</b>	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{sperone}$	<b>0,00</b>	m
Base sperone (lato monte)	$b_{sperone}$	<b>0,00</b>	m
Larghezza sottofondazione	$L_f$	<b>0,00</b>	m
Altezza fondazione	$h_F$	<b>0,00</b>	m
Sbalzo anteriore	$sb_z$	<b>0,00</b>	m

**Barriera fonoassorbente**

Altezza barriera fonoassorbente	$h_{FOA}$	<b>4,00</b>	m
Pressione del vento sulla barriera	$p_{VENTO}$	<b>200</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Stratigrafia terreno di fondazione**

Coefficiente di Poisson del terreno	$\nu$	<b>0,25</b>	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	$E$	<b>36.244</b>	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	$h_{CED}$	<b>10,15</b>	m
Strato 1	<b>60.000</b> $E_{01}$	<b>10,15</b> $h_1$	
Strato 2	$E_{02}$	$h_2$	
Strato 3	$E_{03}$	$h_3$	
Strato 4	$E_{04}$	$h_4$	
Spessore totale strato compressibile		<b>10,15</b>	m

[Calcola Modulo](#)
**Verifica degli spostamenti in testa alla barriera**

Spostamento massimo ammissibile ( $h_{FOA} / 500$ )	$d_{MAX}$	<b>8,00</b>	mm
Spostamento calcolato alla testa della barriera	$d_{FOA}$	<b>1,55</b>	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	2.000	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	4.000	daNm / elemento
Neve	Q3	0	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A <sub>rt</sub>	2.500	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A <sub>rd</sub>	2.000	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	930	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	0,35	m

**Parametri sismici**

Stato Limite di Salvaguardia della Vita		SLV	
Classe d'uso		IV	
Coefficiente d'uso	C <sub>II</sub>	2	
Vita nominale	V <sub>N</sub>	50	anni
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T <sub>R</sub>	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a <sub>o</sub> (g)	0,085	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F <sub>0</sub>	2,732	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T <sub>c</sub> *	0,370	sec
Categoria di sottosuolo		D	
Fattore di amplificazione stratigrafica	S <sub>s</sub>	1,80	
Categoria topografica		T1	
Fattore di amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	1,00	

**Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente**

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	-56,73	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	56,73	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	161,82	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	323,64	daNm / elemento

**COMBINAZIONI DI CARICO**

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	Y <sub>F</sub>	Y <sub>M</sub>	Q <sub>ki</sub> dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	1.200	2.400	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	2.000	4.000	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	1.200	2.400	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	2.000	4.000	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	1.200	2.400	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	2.000	4.000	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	2.500	2.000
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	2.500	2.000
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	1.200	2.400	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	2.000	4.000	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	400	800	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

**VERIFICHE DI SICUREZZA**
**Verifica a ribaltamento**

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	2,22	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	------	--------

**Verifica a scorrimento**

Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	1,04	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	------	--------

**Verifica a capacità portante**

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



**TIPO Hn=2.5m, Hfoa 4m, Pvento 2.0 kPa**
**RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO**
**Altezza netta 250 cm**
**DATI DI PROGETTO**
**Normativa**

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

Approccio

**1**
**Dati geotecnici terreno di riempimento**

Angolo di attrito interno	$\phi$	<b>35</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma$	<b>1.900</b>	daN / m <sup>3</sup>
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	<b>23</b>	gradi
Angolo di inclinazione piano di campagna	$\epsilon$	<b>0</b>	gradi
Coesione	$c$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Dati geotecnici terreno di fondazione**

Angolo di attrito interno	$\phi_{FOND}$	<b>24</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma_{FOND}$	<b>1.216</b>	daN / m <sup>3</sup>
Coesione	$c_{FOND}$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>
Ricoprimento fondazione a valle	$h_R$	<b>0,40</b>	m

**Morfologia del muro**

Tipologia muro	Tipo	T	
Altezza netta del muro	$h_N$	<b>2,50</b>	m
Altezza del muro	$h_1$	2,90	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	$X_G$	1,30	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		0,20	m
Peso elemento prefabbricato	$P$	2.884	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	$\beta$	<b>90</b>	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	$b_1$	2,50	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	0,70	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		<b>0,70</b>	m
Pendenza della nervatura	pendenza	20%	
Larghezza nervatura/e	$s$	0,30	m
Spessore soletta	$sol$	0,10	m

**Morfologia della fondazione**

Spessore massimo soletta di fondazione	$h_2$	<b>0,40</b>	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	$L$	<b>3,30</b>	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	1,10	m
Larghezza suola fondazione lato monte	$l_1$	2,10	m
Larghezza suola fuori nervatura	$fo$	1,58	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{sperone}$	<b>0,00</b>	m
Base sperone (lato monte)	$b_{sperone}$	<b>0,00</b>	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	$h_{FOA}$	<b>4,00</b>	m
Pressione del vento sulla barriera	$p_{vento}$	<b>200</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Stratigrafia terreno di fondazione**

Coefficiente di Poisson del terreno	$\nu$	<b>0,25</b>	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	$E$	31.578	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	$E_{pi}$	-	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	$h_{CED}$	11,55	m
Strato 1	$E_{01}$	<b>60.000</b>	$h_1$
Strato 2	$E_{02}$		$h_2$
Strato 3	$E_{03}$		$h_3$
Strato 4	$E_{04}$		$h_4$
Spessore totale strato compressibile		11,55	m

[Calcola Modulo](#)
**Verifica degli spostamenti in testa alla barriera**

Spostamento massimo ammissibile ( $h_{FOA} / 500$ )	$d_{MAX}$	8,00	mm
Spostamento calcolato alla testa della barriera	$d_{FOA}$	<b>2,81</b>	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	2.000	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	4.000	daNm / elemento
Neve	Q3	0	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A <sub>H</sub>	2.500	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A <sub>H</sub>	2.000	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	930	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	0,35	m

**Parametri sismici**

Stato Limite di Salvaguardia della Vita		SLV	
Classe d'uso		IV	
Coefficiente d'uso	C <sub>II</sub>	2	
Vita nominale	V <sub>N</sub>	50	anni
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T <sub>R</sub>	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a <sub>r</sub> (g)	0,085	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F <sub>0</sub>	2,732	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T <sub>C</sub> *	0,370	sec
Categoria di sottosuolo		D	
Fattore di amplificazione stratigrafica	S <sub>κ</sub>	1,80	
Categoria topografica		T1	
Fattore di amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	1,00	

**Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente**

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	-56,73	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	56,73	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	161,82	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	323,64	daNm / elemento

**COMBINAZIONI DI CARICO**

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	Y <sub>F</sub>	Y <sub>M</sub>	Q <sub>ki</sub> dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	1.200	2.400	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	2.000	4.000	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	1.200	2.400	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	2.000	4.000	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	1.200	2.400	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	2.000	4.000	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	2.500	2.000
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	2.500	2.000
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	1.200	2.400	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	2.000	4.000	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	400	800	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

**VERIFICHE DI SICUREZZA**
**Verifica a ribaltamento**

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	2,61	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	------	--------

**Verifica a scorrimento**

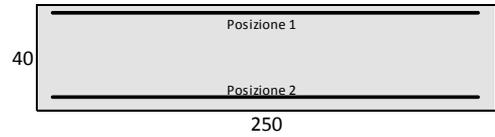
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	1,06	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	------	--------

**Verifica a capacità portante**

Combinazione dimensionante	[4]	A2 + M2	Vento dominante	1,08	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	-----------------	------	--------

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI**

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Peso [kg]
Posizione: 16 Ø 12	395	18,10	56,1
Posizione: 16 Ø 12	395	18,10	56,1
Posizione: 4 Ø 12 [appoggio]	250	4,52	8,9
Posizione: 24 Ø 8 [2 / 30 cm]	250	12,06	23,7
Copriferro 3,0 cm			144,8



**Verifica fondazione di monte**

Momento resistente	$M_{Rd}$	24.562	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Frd}$	19.346	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Ed}$	<b>1,27</b>	

**Verifica fondazione di valle**

Momento resistente	$M_{Rd}$	24.562	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Frd}$	7.816	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Frd}$	<b>3,14</b>	

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

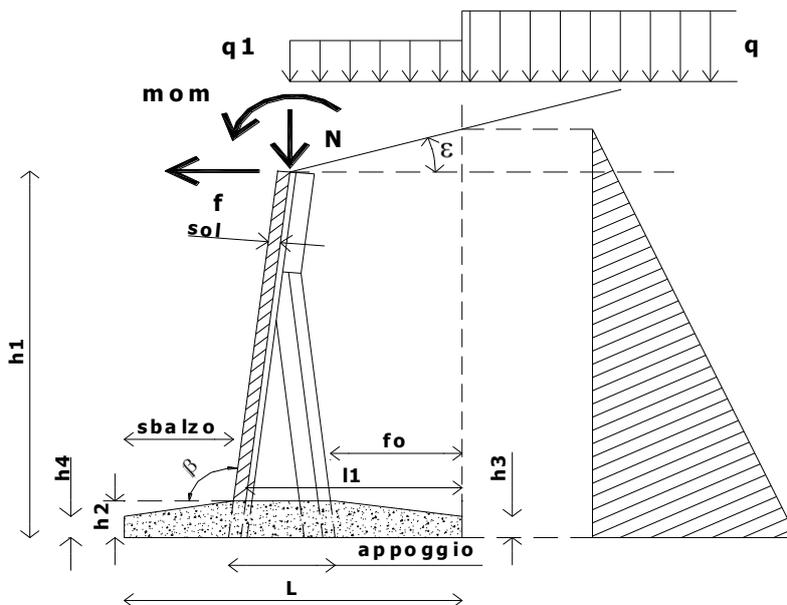
**Verifica fondazione di monte**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	Mcr	<b>13.651,31</b>	> Me	1.573,11	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	Mcr	<b>13.651,31</b>	> Me	2.788,16	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>20</b>	< 0,60 $f_{rk}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>4</b>	< 0,45 $f_{rk}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>1.183</b>	< 0,80 $f_{vk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**Verifica fondazione di valle**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	Mcr	<b>13.651,31</b>	> Me	1.738,97	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	Mcr	<b>13.651,31</b>	> Me	2.613,63	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>15</b>	< 0,60 $f_{rk}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>5</b>	< 0,45 $f_{ck}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>904</b>	< 0,80 $f_{vk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI**



**TIPO Hn=3m, Hfoa 4m, Pvento 2.0 kPa**
**RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO**
**Altezza netta 300 cm**
**DATI DI PROGETTO**
**Normativa**

 Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Approccio **1**
**Dati geotecnici terreno di riempimento**

Angolo di attrito interno	$\phi$	<b>35</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma$	<b>1.900</b>	daN / m <sup>3</sup>
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	<b>23</b>	gradi
Angolo di inclinazione piano di campagna	$\epsilon$	<b>0</b>	gradi
Coesione	$c$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Dati geotecnici terreno di fondazione**

Angolo di attrito interno	$\phi_{FOND}$	<b>24</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma_{FOND}$	<b>1.192</b>	daN / m <sup>3</sup>
Coesione	$c_{FOND}$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>
Ricoprimento fondazione a valle	$h_R$	<b>0,40</b>	m

**Morfologia del muro**

Tipologia muro	Tipo	<b>T</b>	
Altezza netta del muro	$h_N$	<b>3,00</b>	m
Altezza del muro	$h_1$	<b>3,45</b>	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	$X_R$	<b>1,40</b>	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		<b>0,20</b>	m
Peso elemento prefabbricato	$P$	<b>3.447</b>	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	$\beta$	<b>90</b>	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	$b_1$	<b>2,50</b>	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	<b>0,70</b>	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		<b>0,70</b>	m
Pendenza della nervatura	pendenza	<b>20%</b>	
Larghezza nervatura/e	$s$	<b>0,30</b>	m
Spessore soletta	$sol$	<b>0,10</b>	m

**Morfologia della fondazione**

Spessore massimo soletta di fondazione	$h_2$	<b>0,45</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	$h_3$	<b>0,45</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	$h_4$	<b>0,45</b>	m
Larghezza fondazione	$L$	<b>3,60</b>	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	<b>1,20</b>	m
Larghezza suola fondazione lato monte	$l_1$	<b>2,30</b>	m
Larghezza suola fuori nervatura	$fo$	<b>1,79</b>	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{SPERONE}$	<b>0,00</b>	m
Base sperone (lato monte)	$b_{SPERONE}$	<b>0,00</b>	m
Larghezza sottofondazione	$L_F$	<b>0,00</b>	m
Altezza fondazione	$h_F$	<b>0,00</b>	m
Sbalzo anteriore	$sb_F$	<b>0,00</b>	m

**Barriera fonoassorbente**

Altezza barriera fonoassorbente	$h_{FNA}$	<b>4,00</b>	m
Pressione del vento sulla barriera	$p_{VENTO}$	<b>200</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Stratigrafia terreno di fondazione**

Coefficiente di Poisson del terreno	$\nu$	<b>0,25</b>	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	$E$	<b>27.058</b>	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	$E_{Ni}$	-	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	$h_{CFD}$	<b>12,60</b>	m
Strato 1	$E_{01}$	<b>60.000</b>	$h_1$
Strato 2	$E_{02}$		$h_2$
Strato 3	$E_{03}$		$h_3$
Strato 4	$E_{04}$		$h_4$
Spessore totale strato compressibile		<b>12,60</b>	m

[Calcola Modulo](#)
**Verifica degli spostamenti in testa alla barriera**

Spostamento massimo ammissibile ( $h_{FOA} / 500$ )	$d_{MAX}$	<b>8,00</b>	mm
Spostamento calcolato alla testa della barriera	$d_{FNA}$	<b>4,22</b>	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	2.000	daNm / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	4.000	daNm / elemento
Neve	Q3	0	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A <sub>ri</sub>	2.500	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A <sub>ri</sub>	2.000	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	930	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	0,35	m

**Parametri sismici**

Stato Limite di Salvaguardia della Vita		SLV	
Classe d'uso		IV	
Coefficiente d'uso	C <sub>ii</sub>	2	
Vita nominale	V <sub>N</sub>	50	anni
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T <sub>R</sub>	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a <sub>g</sub> (g)	0,085	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F <sub>0</sub>	2,732	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T <sub>C</sub> *	0,370	sec
Categoria di sottosuolo		D	
Fattore di amplificazione stratigrafica	S <sub>s</sub>	1,80	
Categoria topografica		T1	
Fattore di amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	1,00	

**Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente**

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	-56,73	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	56,73	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	161,82	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	323,64	daNm / elemento

**COMBINAZIONI DI CARICO**

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	V <sub>F</sub>	V <sub>M</sub>	Q <sub>ki</sub> dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	1.200	2.400	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	2.000	4.000	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	1.200	2.400	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	2.000	4.000	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	1.200	2.400	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	2.000	4.000	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	2.500	2.000
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	2.500	2.000
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	1.200	2.400	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	2.000	4.000	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	400	800	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

**VERIFICHE DI SICUREZZA**
**Verifica a ribaltamento**

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	2,81	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	------	--------

**Verifica a scorrimento**

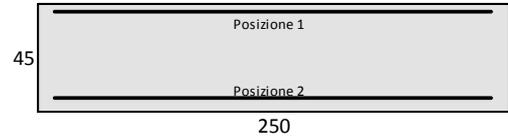
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	1,08	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	------	--------

**Verifica a capacità portante**

Combinazione dimensionante	[4]	A2 + M2	Vento dominante	1,03	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	-----------------	------	--------

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI**

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Peso [kg]
Posizione 16 Ø 14	435	24,63	84,1
Posizione 16 Ø 14	435	24,63	84,1
Posizione 4 Ø 14 [appoggio]	250	6,16	12,1
Posizione 26 Ø 8 [2 / 30 cm]	250	13,07	25,6
Copriferro 3,0 cm			205,9



**Verifica fondazione di monte**

Momento resistente	$M_{Rd}$	37.821	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Fd}$	27.620	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Fd}$	<b>1,37</b>	

**Verifica fondazione di valle**

Momento resistente	$M_{Rd}$	37.821	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Fd}$	10.240	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Fd}$	<b>3,69</b>	

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

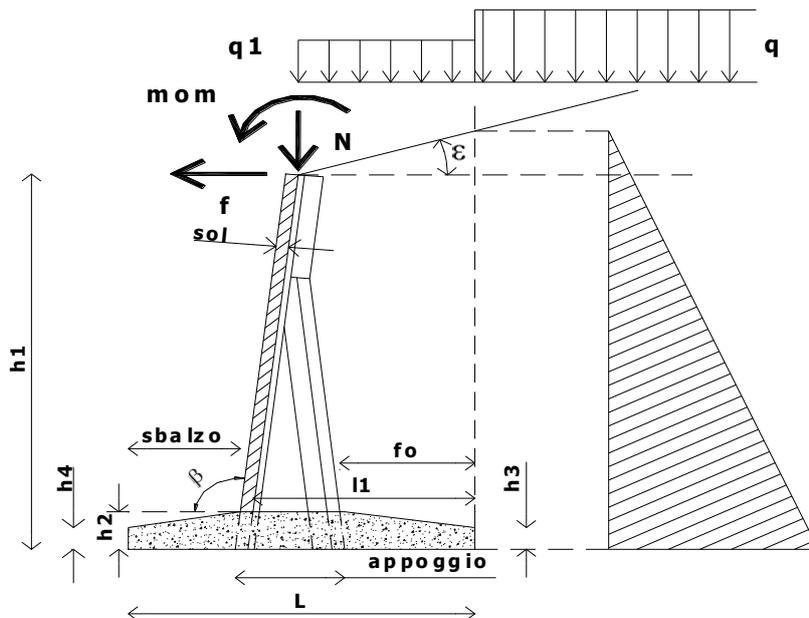
**Verifica fondazione di monte**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	Mcr	<b>17.746,34</b>	> Me	3.107,57	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	Mcr	<b>17.746,34</b>	> Me	4.928,70	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>19</b>	< 0,60 $f_{ck}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>6</b>	< 0,45 $f_{ck}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>1.075</b>	< 0,80 $f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**Verifica fondazione di valle**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	Mcr	<b>17.746,34</b>	> Me	2.671,13	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	Mcr	<b>17.746,34</b>	> Me	3.909,02	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>14</b>	< 0,60 $f_{ck}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>5</b>	< 0,45 $f_{ck}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>789</b>	< 0,80 $f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI**



**TIPO Hn=3.5m, Hfoa 4m, Pvento 2.0 kPa**
**RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO**
**Altezza netta 350 cm**
**DATI DI PROGETTO**
**Normativa**

 Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Approccio **1**
**Dati geotecnici terreno di riempimento**

Angolo di attrito interno	$\phi$	<b>35</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma$	<b>1.900</b>	daN / m3
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	<b>23</b>	gradi
Angolo di inclinazione piano di campagna	$\epsilon$	<b>0</b>	gradi
Coesione	$c$	<b>0</b>	daN / m2

**Dati geotecnici terreno di fondazione**

Angolo di attrito interno	$\phi_{FOND}$	<b>24</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma_{FOND}$	<b>1.164</b>	daN / m3
Coesione	$c_{FOND}$	<b>0</b>	daN / m2
Ricoprimento fondazione a valle	$h_R$	<b>0,40</b>	m

**Morfologia del muro**

Tipologia muro	Tipo	<b>T</b>	
Altezza netta del muro	$h_N$	<b>3,50</b>	m
Altezza del muro	$h_1$	<b>4,00</b>	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	$X_{CR}$	<b>1,50</b>	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		<b>0,20</b>	m
Peso elemento prefabbricato	$P$	<b>4.028</b>	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	$\beta$	<b>90</b>	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	$b_1$	<b>2,50</b>	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	<b>0,70</b>	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		<b>0,70</b>	m
Pendenza della nervatura	pendenza	<b>20%</b>	
Larghezza nervatura/e	$s$	<b>0,30</b>	m
Spessore soletta	$sol$	<b>0,10</b>	m

**Morfologia della fondazione**

Spessore massimo soletta di fondazione	$h_2$	<b>0,50</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	$h_3$	<b>0,50</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	$h_4$	<b>0,50</b>	m
Larghezza fondazione	$L$	<b>4,00</b>	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	<b>1,30</b>	m
Larghezza suola fondazione lato monte	$l_1$	<b>2,60</b>	m
Larghezza suola fuori nervatura	$fo$	<b>2,10</b>	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{CSPERONE}$	<b>0,00</b>	m
Base sperone (lato monte)	$b_{CSPERONE}$	<b>0,00</b>	m
Larghezza sottofondazione	$L_F$	<b>0,00</b>	m
Altezza fondazione	$h_F$	<b>0,00</b>	m
Sbalzo anteriore	$sb_F$	<b>0,00</b>	m

**Barriera fonoassorbente**

Altezza barriera fonoassorbente	$h_{FOA}$	<b>4,00</b>	m
Pressione del vento sulla barriera	$p_{VENTO}$	<b>200</b>	daN / m2

**Stratigrafia terreno di fondazione**

Coefficiente di Poisson del terreno	$\nu$	<b>0,25</b>	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	$E$	<b>23.676</b>	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	$E_{ni}$	-	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	$h_{CED}$	<b>14,00</b>	m
Strato 1	$E_{01}$	<b>60.000</b>	$h_1$
Strato 2	$E_{02}$		$h_2$
Strato 3	$E_{03}$		$h_3$
Strato 4	$E_{04}$		$h_4$
Spessore totale strato compressibile		<b>14,00</b>	m

[Calcola Modulo](#)
**Verifica degli spostamenti in testa alla barriera**

Spostamento massimo ammissibile ( $h_{FOA} / 500$ )	$d_{MAX}$	<b>8,00</b>	mm
Spostamento calcolato alla testa della barriera	$d_{FOA}$	<b>6,00</b>	mm

**Carichi agenti**

Sovraccarico permanente	G2	<b>0</b>	daN / m2
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	<b>0</b>	daN / m2
Traffico stradale / ferroviario	Q1	<b>2.000</b>	daN / m2
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	2.000	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	4.000	daNm / elemento
Neve	Q3	<b>0</b>	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A <sub>ri</sub>	<b>2.500</b>	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A <sub>ri</sub>	<b>2.000</b>	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	<b>930</b>	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	<b>0,35</b>	m

**Parametri sismici**

Stato Limite di Salvaguardia della Vita			SLV
Classe d'uso			<b>IV</b>
Coefficiente d'uso	C <sub>1i</sub>	2	
Vita nominale	V <sub>N</sub>	<b>50</b>	anni
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T <sub>R</sub>	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a <sub>p</sub> (g)	<b>0,085</b>	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F <sub>n</sub>	<b>2,732</b>	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T <sub>C</sub> *	<b>0,370</b>	sec
Categoria di sottosuolo		<b>D</b>	
Fattore di amplificazione stratigrafica	S <sub>s</sub>	1,80	
Categoria topografica		<b>T1</b>	
Fattore di amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	1,00	

**Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente**

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	<b>-56,73</b>	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	<b>56,73</b>	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	<b>161,82</b>	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	<b>323,64</b>	daNm / elemento

**COMBINAZIONI DI CARICO**

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	V <sub>R</sub>	V <sub>M</sub>	Q <sub>ki</sub> dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	1.200	2.400	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	2.000	4.000	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	1.200	2.400	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	2.000	4.000	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	1.200	2.400	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	2.000	4.000	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	2.500	2.000
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	2.500	2.000
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	1.200	2.400	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	2.000	4.000	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	400	800	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

**VERIFICHE DI SICUREZZA**
**Verifica a ribaltamento**

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	<b>3,11</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	-------------	--------

**Verifica a scorrimento**

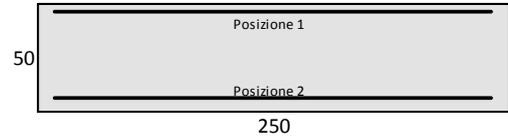
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	<b>1,13</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	-------------	--------

**Verifica a capacità portante**

Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	<b>1,01</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	-------------	--------

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI**

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Peso [kg]
Posizione 18 Ø 14	485	27,71	105,5
Posizione 18 Ø 14	485	27,71	105,5
Posizione 4 Ø 14 [appoggio]	250	6,16	12,1
Posizione 28 Ø 10 [2 / 30 cm]	250	21,99	43,2
Copriferro 3,0 cm			266,2



**Verifica fondazione di monte**

Momento resistente	$M_{Rd}$	47.679	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Fd}$	40.199	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Fd}$	<b>1,19</b>	

**Verifica fondazione di valle**

Momento resistente	$M_{Rd}$	47.679	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Fd}$	12.861	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Fd}$	<b>3,71</b>	

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

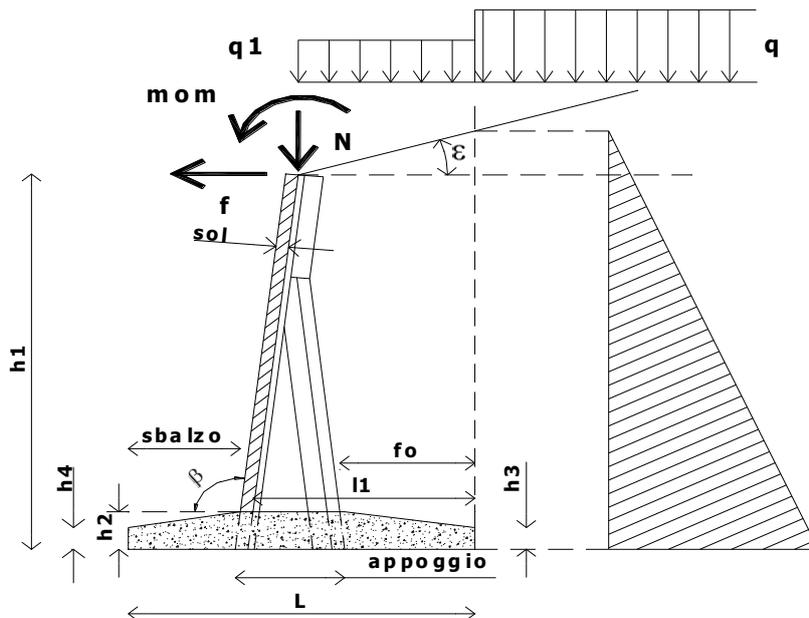
**Verifica fondazione di monte**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	Mcr	<b>22.033,03</b>	> Me	5.360,96	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	Mcr	<b>22.033,03</b>	> Me	8.014,58	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>21</b>	< 0,60 $f_{ck}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>8</b>	< 0,45 $f_{ck}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>1.194</b>	< 0,80 $f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**Verifica fondazione di valle**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	Mcr	<b>22.033,03</b>	> Me	3.990,62	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	Mcr	<b>22.033,03</b>	> Me	5.573,36	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>14</b>	< 0,60 $f_{ck}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>6</b>	< 0,45 $f_{ck}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>777</b>	< 0,80 $f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI**



## TIPO Hn=2m, Hfoa 5m, Pvento 1.5 kPa

## RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO

Altezza netta 200 cm

## DATI DI PROGETTO

## Normativa

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

Approccio

1

## Dati geotecnici terreno di riempimento

Angolo di attrito interno	$\phi$	35	gradi
Peso specifico	$\gamma$	1.900	daN / m <sup>3</sup>
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	23	gradi
Angolo di inclinazione piano di campagna	$\epsilon$	0	gradi
Coesione	c	0	daN / m <sup>2</sup>

## Dati geotecnici terreno di fondazione

Angolo di attrito interno	$\phi_{FOND}$	24	gradi
Peso specifico	$\gamma_{FOND}$	1.257	daN / m <sup>3</sup>
Coesione	$c_{FOND}$	0	daN / m <sup>2</sup>
Ricoprimento fondazione a valle	$h_R$	0,40	m

## Morfologia del muro

Tipologia muro	Tipo	T	
Altezza netta del muro	$h_N$	2,00	m
Altezza del muro	$h_1$	2,40	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	$X_{CG}$	1,10	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		0,20	m
Peso elemento prefabbricato	P	2.341	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	$\beta$	90	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	b1	2,50	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	0,70	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		0,70	m
Pendenza della nervatura	pendenza	20%	
Larghezza nervatura/e	s	0,30	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	0,90	m
Larghezza suola fondazione lato monte	l1	1,90	m
Larghezza suola fuori nervatura	fo	1,38	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{SPERONE}$	0,00	m
Base sperone (lato monte)	$b_{SPERONE}$	0,00	m
Larghezza sottofondazione	$L_c$	0,00	m
Altezza fondazione	$h_F$	0,00	m
Sbalzo anteriore	$sb_c$	0,00	m

## Barriera fonoassorbente

Altezza barriera fonoassorbente	$h_{FOA}$	5,00	m
Pressione del vento sulla barriera	$p_{VENTO}$	150	daN / m <sup>2</sup>

## Stratigrafia terreno di fondazione

Coefficiente di Poisson del terreno	$\nu$	0,25	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	E	35.859	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	$E_{ni}$	-	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	$h_{CFD}$	10,15	m
Strato 1	60.000	$E_{01}$	10,15
			$h_1$
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 ( $h_{FOA} / 500$ )	$d_{MAX}$	10,00	mm
Spostamento calcolato alla testa della barriera	$d_{FOA}$	1,77	mm

**Carichi agenti**

Sovraccarico permanente	G2	<b>0</b>	daN / m2
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	<b>0</b>	daN / m2
Traffico stradale / ferroviario	Q1	<b>2.000</b>	daN / m2
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	<b>1.875</b>	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	<b>4.688</b>	daNm / elemento
Neve	Q3	<b>0</b>	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A <sub>d</sub>	<b>2.500</b>	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A <sub>h</sub>	<b>2.000</b>	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	<b>1.190</b>	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	<b>0,35</b>	m

**Parametri sismici**

Stato Limite di Salvaguardia della Vita			SLV
Classe d'uso			<b>IV</b>
Coefficiente d'uso	C <sub>II</sub>	<b>2</b>	
Vita nominale	V <sub>N</sub>	<b>50</b>	anni
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>	<b>100</b>	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T <sub>R</sub>	<b>949</b>	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a <sub>e</sub> (g)	<b>0,085</b>	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F <sub>0</sub>	<b>2,732</b>	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T <sub>C</sub> *	<b>0,370</b>	sec
Categoria di sottosuolo			<b>D</b>
Fattore di amplificazione stratigrafica	S <sub>s</sub>	<b>1,80</b>	
Categoria topografica			<b>T1</b>
Fattore di amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	<b>1,00</b>	

**Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente**

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	<b>-72,59</b>	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	<b>72,59</b>	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	<b>207,06</b>	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	<b>517,65</b>	daNm / elemento

**COMBINAZIONI DI CARICO**

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	Y <sub>F</sub>	Y <sub>M</sub>	Q <sub>ki</sub> dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	1.125	2.813	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	1.875	4.688	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	1.125	2.813	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	1.875	4.688	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	1.125	2.813	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	1.875	4.688	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	2.500	2.000
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	2.500	2.000
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	1.125	2.813	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	1.875	4.688	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	375	938	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

**VERIFICHE DI SICUREZZA**
**Verifica a ribaltamento**

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	<b>2,17</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	-------------	--------

**Verifica a scorrimento**

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

**Verifica a capacità portante**

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



**TIPO Hn=2.5m, Hfoa 5m, Pvento 1.5 kPa**
**RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO**
**Altezza netta 250 cm**
**DATI DI PROGETTO**
**Normativa**

 Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Approccio **1**
**Dati geotecnici terreno di riempimento**

Angolo di attrito interno	$\phi$	<b>35</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma$	<b>1.900</b>	daN / m <sup>3</sup>
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	<b>23</b>	gradi
Angolo di inclinazione piano di campagna	$\epsilon$	<b>0</b>	gradi
Coesione	$c$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Dati geotecnici terreno di fondazione**

Angolo di attrito interno	$\phi_{FOND}$	<b>24</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma_{FOND}$	<b>1.216</b>	daN / m <sup>3</sup>
Coesione	$c_{FOND}$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>
Ricoprimento fondazione a valle	$h_R$	<b>0,40</b>	m

**Morfologia del muro**

Tipologia muro	Tipo	<b>T</b>	
Altezza netta del muro	$h_N$	<b>2,50</b>	m
Altezza del muro	$h_1$	<b>2,90</b>	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	$X_{R1}$	<b>1,30</b>	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		<b>0,20</b>	m
Peso elemento prefabbricato	$P$	<b>2.884</b>	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	$\beta$	<b>90</b>	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	$b_1$	<b>2,50</b>	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	<b>0,70</b>	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		<b>0,70</b>	m
Pendenza della nervatura	pendenza	<b>20%</b>	
Larghezza nervatura/e	$s$	<b>0,30</b>	m
Spessore soletta	$sol$	<b>0,10</b>	m

**Morfologia della fondazione**

Spessore massimo soletta di fondazione	$h_2$	<b>0,40</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	$h_3$	<b>0,40</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	$h_4$	<b>0,40</b>	m
Larghezza fondazione	$L$	<b>3,30</b>	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	<b>1,10</b>	m
Larghezza suola fondazione lato monte	$l_1$	<b>2,10</b>	m
Larghezza suola fuori nervatura	$fo$	<b>1,58</b>	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{SPERONE}$	<b>0,00</b>	m
Base sperone (lato monte)	$b_{SPERONE}$	<b>0,00</b>	m
Larghezza sottofondazione	$L_F$	<b>0,00</b>	m
Altezza fondazione	$h_F$	<b>0,00</b>	m
Sbalzo anteriore	$sb_z$	<b>0,00</b>	m

**Barriera fonoassorbente**

Altezza barriera fonoassorbente	$h_{FOA}$	<b>5,00</b>	m
Pressione del vento sulla barriera	$p_{VENTO}$	<b>150</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Stratigrafia terreno di fondazione**

Coefficiente di Poisson del terreno	$\nu$	<b>0,25</b>	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	$E$	<b>31.327</b>	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	$E_{ni}$	-	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	$h_{CED}$	<b>11,55</b>	m
Strato 1	$E_{01}$	<b>60,000</b>	$h_1$
Strato 2	$E_{02}$		$h_2$
Strato 3	$E_{03}$		$h_3$
Strato 4	$E_{04}$		$h_4$
Spessore totale strato compressibile		<b>11,55</b>	m

[Calcola Modulo](#)
**Verifica degli spostamenti in testa alla barriera**

Spostamento massimo ammissibile ( $h_{FOA} / 500$ )	$d_{MAX}$	<b>10,00</b>	mm
Spostamento calcolato alla testa della barriera	$d_{FOA}$	<b>3,20</b>	mm

**Carichi agenti**

Sovraccarico permanente	G2	<b>0</b>	daN / m2
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	<b>0</b>	daN / m2
Traffico stradale / ferroviario	Q1	<b>2.000</b>	daN / m2
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	<b>1.875</b>	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	<b>4.688</b>	daNm / elemento
Neve	Q3	<b>0</b>	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A <sub>ri</sub>	<b>2.500</b>	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A <sub>ri</sub>	<b>2.000</b>	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	<b>1.190</b>	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	<b>0,35</b>	m

**Parametri sismici**

Stato Limite di Salvaguardia della Vita			SLV
Classe d'uso			<b>IV</b>
Coefficiente d'uso	C <sub>II</sub>	<b>2</b>	
Vita nominale	V <sub>N</sub>	<b>50</b>	anni
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>	<b>100</b>	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T <sub>R</sub>	<b>949</b>	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a <sub>r</sub> (g)	<b>0,085</b>	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F <sub>0</sub>	<b>2,732</b>	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T <sub>C</sub> *	<b>0,370</b>	sec
Categoria di sottosuolo		<b>D</b>	
Fattore di amplificazione stratigrafica	S <sub>s</sub>	<b>1,80</b>	
Categoria topografica		<b>T1</b>	
Fattore di amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	<b>1,00</b>	

**Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente**

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	<b>-72,59</b>	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	<b>72,59</b>	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	<b>207,06</b>	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	<b>517,65</b>	daNm / elemento

**COMBINAZIONI DI CARICO**

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	V <sub>F</sub>	V <sub>M</sub>	Q <sub>ki</sub> dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	1.125	2.813	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	1.875	4.688	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	1.125	2.813	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	1.875	4.688	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	1.125	2.813	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	1.875	4.688	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	2.500	2.000
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	2.500	2.000
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	1.125	2.813	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	1.875	4.688	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	375	938	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

**VERIFICHE DI SICUREZZA**
**Verifica a ribaltamento**

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	<b>2,58</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	-------------	--------

**Verifica a scorrimento**

Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	<b>1,08</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	-------------	--------

**Verifica a capacità portante**

Combinazione dimensionante	[4]	A2 + M2	Vento dominante	<b>1,09</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	-----------------	-------------	--------



**TIPO Hn=3m, Hfoa 5m, Pvento 1.5 kPa**
**RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO**
**Altezza netta 300 cm**
**DATI DI PROGETTO**
**Normativa**

 Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" Approccio **1**
**Dati geotecnici terreno di riempimento**

Angolo di attrito interno	$\phi$	<b>35</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma$	<b>1.900</b>	daN / m <sup>3</sup>
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	<b>23</b>	gradi
Angolo di inclinazione piano di campagna	$\epsilon$	<b>0</b>	gradi
Coesione	$c$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Dati geotecnici terreno di fondazione**

Angolo di attrito interno	$\phi_{FOND}$	<b>24</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma_{FOND}$	<b>1.184</b>	daN / m <sup>3</sup>
Coesione	$c_{FOND}$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>
Ricoprimento fondazione a valle	$h_R$	<b>0,40</b>	m

**Morfologia del muro**

Tipologia muro	Tipo	<b>T</b>	
Altezza netta del muro	$h_N$	<b>3,00</b>	m
Altezza del muro	$h_1$	<b>3,40</b>	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	$X_G$	<b>1,40</b>	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		<b>0,20</b>	m
Peso elemento prefabbricato	$P$	<b>3.427</b>	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	$\beta$	<b>90</b>	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	$b_1$	<b>2,50</b>	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	<b>0,70</b>	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		<b>0,70</b>	m
Pendenza della nervatura	pendenza	<b>20%</b>	
Larghezza nervatura/e	$s$	<b>0,30</b>	m
Spessore soletta	$sol$	<b>0,10</b>	m

**Morfologia della fondazione**

Spessore massimo soletta di fondazione	$h_2$	<b>0,40</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	$h_3$	<b>0,40</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	$h_4$	<b>0,40</b>	m
Larghezza fondazione	$L$	<b>3,70</b>	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	<b>1,20</b>	m
Larghezza suola fondazione lato monte	$l_1$	<b>2,40</b>	m
Larghezza suola fuori nervatura	$fo$	<b>1,88</b>	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{sperone}$	<b>0,00</b>	m
Base sperone (lato monte)	$b_{sperone}$	<b>0,00</b>	m
Larghezza sottofondazione	$L_F$	<b>0,00</b>	m
Altezza fondazione	$h_F$	<b>0,00</b>	m
Sbalzo anteriore	$sb_F$	<b>0,00</b>	m

**Barriera fonoassorbente**

Altezza barriera fonoassorbente	$h_{FOA}$	<b>5,00</b>	m
Pressione del vento sulla barriera	$p_{vento}$	<b>150</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Stratigrafia terreno di fondazione**

Coefficiente di Poisson del terreno	$\nu$	<b>0,25</b>	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	$E$	<b>27.072</b>	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	$h_{CED}$	<b>12,95</b>	m
Strato 1	$E_{01}$	<b>12,95</b>	$h_1$
Strato 2	$E_{02}$		$h_2$
Strato 3	$E_{03}$		$h_3$
Strato 4	$E_{04}$		$h_4$
Spessore totale strato compressibile		<b>12,95</b>	m

[Calcola Modulo](#)
**Verifica degli spostamenti in testa alla barriera**

Spostamento massimo ammissibile ( $h_{FOA} / 500$ )	$d_{MAX}$	<b>10,00</b>	mm
Spostamento calcolato alla testa della barriera	$d_{FOA}$	<b>4,82</b>	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	1.875	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	4.688	daNm / elemento
Neve	Q3	0	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A <sub>d</sub>	2.500	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A <sub>d</sub>	2.000	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	1.190	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	0,35	m

**Parametri sismici**

Stato Limite di Salvaguardia della Vita		SLV	
Classe d'uso		IV	
Coefficiente d'uso	C <sub>U</sub>	2	
Vita nominale	V <sub>N</sub>	50	anni
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>	100	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T <sub>R</sub>	949	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a <sub>g</sub> (g)	0,085	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F <sub>0</sub>	2,732	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T <sub>C</sub> *	0,370	sec
Categoria di sottosuolo		D	
Fattore di amplificazione stratigrafica	S <sub>S</sub>	1,80	
Categoria topografica		T1	
Fattore di amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	1,00	

**Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente**

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	-72,59	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	72,59	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	207,06	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	517,65	daNm / elemento

**COMBINAZIONI DI CARICO**

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	Y <sub>F</sub>	Y <sub>M</sub>	Q <sub>ki</sub> dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	1.125	2.813	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	1.875	4.688	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	1.125	2.813	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	1.875	4.688	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	1.125	2.813	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	1.875	4.688	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	2.500	2.000
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	2.500	2.000
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	1.125	2.813	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	1.875	4.688	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	375	938	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

**VERIFICHE DI SICUREZZA**
**Verifica a ribaltamento**

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	2,96	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	------	--------

**Verifica a scorrimento**

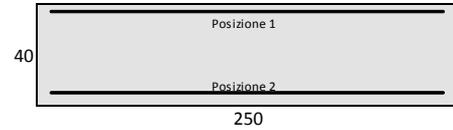
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	1,12	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	------	--------

**Verifica a capacità portante**

Combinazione dimensionante	[4]	A2 + M2	Vento dominante	1,08	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	-----------------	------	--------

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI**

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Peso [kg]
Posizione 22 Ø 12	435	24,88	85,0
Posizione 22 Ø 12	435	24,88	85,0
Posizione 4 Ø 12 [appoggio]	250	4,52	8,9
Posizione 26 Ø 8 [2 / 30 cm]	250	13,07	25,6
Copriferro 3,0 cm			204,5



**Verifica fondazione di monte**

Momento resistente	$M_{Rd}$	33.503	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Ed}$	28.478	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Ed}$	<b>1,18</b>	

**Verifica fondazione di valle**

Momento resistente	$M_{Rd}$	33.503	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Ed}$	9.935	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Ed}$	<b>3,37</b>	

**VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

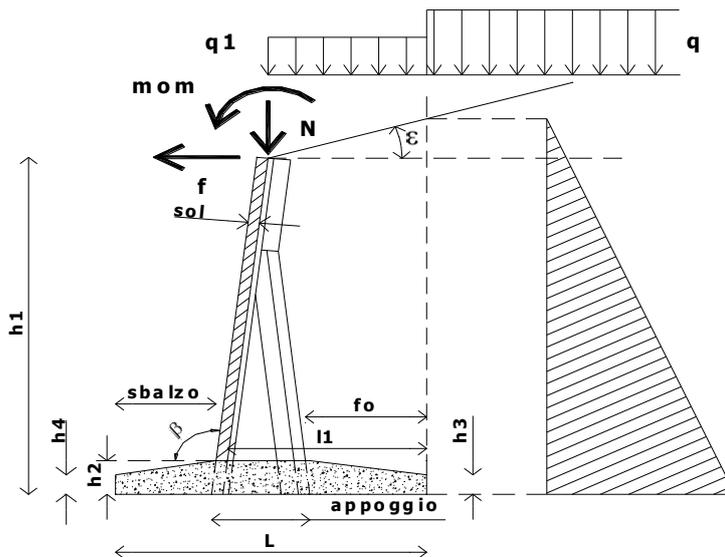
**Verifica fondazione di monte**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	$M_{cr}$	<b>14.190,25</b>	> $M_e$	2.773,93	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	$M_{cr}$	<b>14.190,25</b>	> $M_e$	4.600,89	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>23</b>	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>6</b>	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>1.207</b>	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**Verifica fondazione di valle**

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	$M_{cr}$	<b>14.190,25</b>	> $M_e$	2.722,37	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	$M_{cr}$	<b>14.190,25</b>	> $M_e$	3.861,20	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>17</b>	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>6</b>	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>869</b>	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

**SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI**



**TIPO Hn=3.5m, Hfoa 5m, Pvento 1.5 kPa**
**RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO PREFABBRICATO**
**Altezza netta 350 cm**
**DATI DI PROGETTO**
**Normativa**

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

Approccio

**1**
**Dati geotecnici terreno di riempimento**

Angolo di attrito interno	$\phi$	<b>35</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma$	<b>1.900</b>	daN / m <sup>3</sup>
Angolo di attrito terra-muro	$\delta$	<b>23</b>	gradi
Angolo di inclinazione piano di campagna	$\epsilon$	<b>0</b>	gradi
Coesione	c	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Dati geotecnici terreno di fondazione**

Angolo di attrito interno	$\phi_{FOND}$	<b>24</b>	gradi
Peso specifico	$\gamma_{FOND}$	<b>1.164</b>	daN / m <sup>3</sup>
Coesione	$c_{FOND}$	<b>0</b>	daN / m <sup>2</sup>
Ricoprimento fondazione a valle	$h_R$	<b>0,40</b>	m

**Morfologia del muro**

Tipologia muro	Tipo	T	
Altezza netta del muro	$h_N$	<b>3,50</b>	m
Altezza del muro	$h_1$	4,00	m
Distanza punto di ribaltamento - baricentro elemento prefabbricato	$X_G$	1,50	m
Distanza baricentro elemento prefabbricato - soletta		0,20	m
Peso elemento prefabbricato	P	4.028	daN
Inclinazione parete prefabbricato rispetto l'orizzontale	$\beta$	<b>90</b>	gradi
Larghezza elemento prefabbricato	b1	2,50	m
Dimensione base di appoggio muro	appoggio	0,70	m
Altezza sezione nel tratto a sezione costante in sommità		<b>0,70</b>	m
Pendenza della nervatura	pendenza	20%	
Larghezza nervatura/e	s	0,30	m
Spessore soletta	sol	0,10	m

**Morfologia della fondazione**

Spessore massimo soletta di fondazione	h2	<b>0,50</b>	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato monte	h3	0,50	m
Spessore minimo soletta di fondazione lato valle	h4	0,50	m
Larghezza fondazione	L	<b>4,00</b>	m
Dimensione sbalzo anteriore	sbalzo	1,30	m
Larghezza suola fondazione lato monte	l1	2,60	m
Larghezza suola fuori nervatura	fo	2,10	m
Altezza sperone (lato monte)	$h_{sperone}$	<b>0,00</b>	m
Base sperone (lato monte)	$b_{cappellone}$	<b>0,00</b>	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	$h_{FOA}$	<b>5,00</b>	m
Pressione del vento sulla barriera	$p_{vento}$	<b>150</b>	daN / m <sup>2</sup>

**Stratigrafia terreno di fondazione**

Coefficiente di Poisson del terreno	$\nu$	<b>0,25</b>	
Modulo di deformabilità del terreno (procedura Berardi, 1999)	E	23.564	kPa
Modulo di Young a piccole deformazioni nel punto medio di ogni strato	$E_{ni}$	-	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	$E_{01}$	<b>60.000</b>	$h_1$
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 ( $h_{FOA}/500$ )	$d_{MAX}$	10,00	mm
Spostamento calcolato alla testa della barriera	$d_{FOA}$	<b>6,74</b>	mm

**Carichi agenti**

Sovraccarico permanente	G2	<b>0</b>	daN / m2
Sovraccarico sulla fondazione a monte	G2	<b>0</b>	daN / m2
Traffico stradale / ferroviario	Q1	<b>2.000</b>	daN / m2
Vento Rx (positivo tende lato monte)	Q2	<b>1.875</b>	daN / elemento
Vento My (positivo tende lato monte)	Q2	<b>4.688</b>	daNm / elemento
Neve	Q3	<b>0</b>	daN / m2
Urto Rx (positivo tende lato monte)	A <sub>rt</sub>	<b>2.500</b>	daN / elemento
Urto My (positivo tende lato monte)	A <sub>rd</sub>	<b>2.000</b>	daNm / elemento
Forza verticale in testa Rz (positivo di compressione)	N	<b>1.190</b>	daN / elemento
Braccio di N rispetto al paramento verticale (positivo verso nervature)	braccio	<b>0,35</b>	m

**Parametri sismici**

Stato Limite di Salvaguardia della Vita		<b>SLV</b>	
Classe d'uso		<b>IV</b>	
Coefficiente d'uso	C <sub>II</sub>	<b>2</b>	
Vita nominale	V <sub>N</sub>	<b>50</b>	anni
Periodo di riferimento	V <sub>R</sub>	<b>100</b>	anni
Tempo di ritorno per il calcolo dell'azione sismica	T <sub>R</sub>	<b>949</b>	anni
Accelerazione orizzontale massima attesa su un sito di riferimento rigido	a <sub>o</sub> (g)	<b>0,085</b>	
Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro	F <sub>o</sub>	<b>2,732</b>	
Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro	T <sub>c</sub> *	<b>0,370</b>	sec
Categoria di sottosuolo		<b>D</b>	
Fattore di amplificazione stratigrafica	S <sub>s</sub>	<b>1,80</b>	
Categoria topografica		<b>T1</b>	
Fattore di amplificazione topografica	S <sub>T</sub>	<b>1,00</b>	

**Azioni sismiche trasmesse dalla barriera fonoassorbente**

Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↑	<b>-72,59</b>	daN / elemento
Azione verticale (positiva verso il basso)	Rz ↓	<b>72,59</b>	daN / elemento
Azione orizzontale (positiva tende lato monte)	Rx	<b>207,06</b>	daN / elemento
Momento (positivo tende lato monte)	My	<b>517,65</b>	daNm / elemento

**COMBINAZIONI DI CARICO**

Foglio	Combinazione (§ 2.5.3)	V <sub>F</sub>	V <sub>M</sub>	Q <sub>ki</sub> dominante	Traffico	Vento Rx	Vento My	Urto Rx	Urto My
[1]	Fondamentale	A1	M1	Traffico	2.000	1.125	2.813	0	0
[2]	Fondamentale	A1	M1	Vento	1.500	1.875	4.688	0	0
[3]	Fondamentale	A2	M2	Traffico	2.000	1.125	2.813	0	0
[4]	Fondamentale	A2	M2	Vento	1.500	1.875	4.688	0	0
[5]	Fondamentale	EQU	M2	Traffico	2.000	1.125	2.813	0	0
[6]	Fondamentale	EQU	M2	Vento	1.500	1.875	4.688	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	2.500	2.000
[10]	Eccezionale	URTO	M2	-	400	0	0	2.500	2.000
[11]	Rara	-	-	Traffico	2.000	1.125	2.813	0	0
[12]	Rara	-	-	Vento	1.500	1.875	4.688	0	0
[13]	Frequente	-	-	Traffico	1.500	0	0	0	0
[14]	Frequente	-	-	Vento	400	375	938	0	0
[15]	Quasi Permanente	-	-	-	400	0	0	0	0

**VERIFICHE DI SICUREZZA**
**Verifica a ribaltamento**

Combinazione dimensionante	[6]	EQU + M2	Vento dominante	<b>3,10</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	----------	-----------------	-------------	--------

**Verifica a scorrimento**

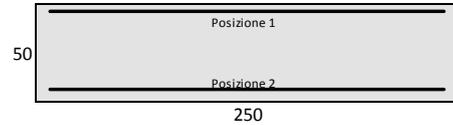
Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	<b>1,14</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	-------------	--------

**Verifica a capacità portante**

Combinazione dimensionante	[3]	A2 + M2	Traffico dominante	<b>1,01</b>	≥ 1,00
----------------------------	-----	---------	--------------------	-------------	--------

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Armatura fondazione	Lungh. [cm]	Area [cm <sup>2</sup> ]	Peso [kg]
Posizione <b>22</b> Ø <b>14</b>	485	33,87	128,9
Posizione <b>22</b> Ø <b>14</b>	485	33,87	128,9
Posizione 4 Ø 14 [appoggio]	250	6,16	12,1
Posizione 28 Ø 10 [2 / 30 cm]	250	21,99	43,2
Copriferro 3,0 cm			313,1



Verifica fondazione di monte

Momento resistente	$M_{Rd}$	58.061	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Ed}$	40.256	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Ed}$	<b>1,44</b>	

Verifica fondazione di valle

Momento resistente	$M_{Rd}$	58.061	daNm
Componente flettente dell'azione	$M_{Ed}$	13.001	daNm
Coefficiente di sicurezza	$M_{Rd} / M_{Ed}$	<b>4,47</b>	

VERIFICA FONDAZIONE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

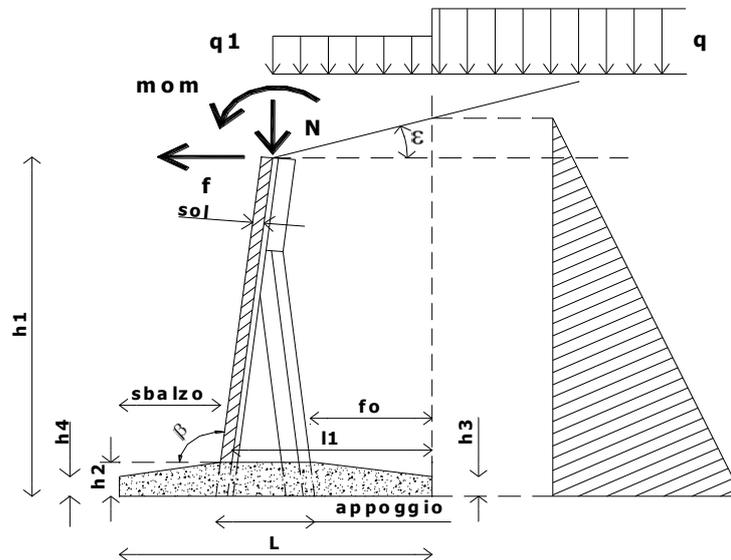
Verifica fondazione di monte

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	$M_{cr}$	<b>22.688,25</b>	> $M_e$	5.266,55	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	$M_{cr}$	<b>22.688,25</b>	> $M_e$	7.920,17	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>19</b>	< $0,60 f_{ck}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>7</b>	< $0,45 f_{rk}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>981</b>	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

Verifica fondazione di valle

Verifica di fessurazione	Combinazione Quasi Permanente	$M_{cr}$	<b>22.688,25</b>	> $M_e$	4.076,54	daNm
Verifica di fessurazione	Combinazione Frequente	$M_{cr}$	<b>22.688,25</b>	> $M_e$	5.659,29	daNm
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Rara	$\sigma_c$	<b>13</b>	< $0,60 f_{rk}$	150	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima del calcestruzzo	Combinazione Quasi Permanente	$\sigma_c$	<b>5</b>	< $0,45 f_{ck}$	112,5	daN / cm <sup>2</sup>
Tensione massima dell'acciaio	Combinazione Rara	$\sigma_s$	<b>649</b>	< $0,80 f_{yk}$	3.520	daN / cm <sup>2</sup>

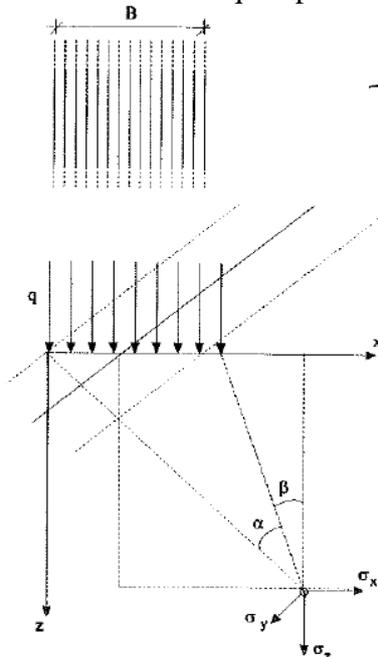
SEZIONE TIPOLOGICA DEL MURO DI SOSTEGNO CON INDICAZIONE DEI SIMBOLI UTILIZZATI



## 1. Metodo di calcolo

Per il calcolo dei cedimenti del terreno generati dal sovraccarico dovuto all'ampliamento della sezione stradale è stato impiegato un foglio di calcolo excel di cui di seguito sono riassunte le caratteristiche.

Viene impiegata la teoria dell'elasticità, assumendo un rapporto di Poisson  $\nu$  pari a 0.25; le tensioni indotte dovute al solo sovraccarico dell'ampliamento del rilevato sono calcolate secondo la teoria di Boussinesq, con particolare riferimento allo schema qui riportato.



Le tensioni indotte da una pressione verticale uniforme su una striscia indefinita sono fornite dalla seguente equazione:

$$\sigma_z = \frac{q}{\pi} \cdot \left[ \pi + \sin \alpha \cdot \cos(\alpha + 2\beta) \right]$$

Ai fini del calcolo del cedimento inoltre, si sono considerati i contributi degli strati che soddisfano la condizione per cui il rapporto tra la tensione geostatica e quella totale si mantenga superiore al 10%.

I cedimenti sono stati calcolati in due diverse posizioni: la prima in mezzeria dell'ampliamento, mentre la seconda ad una distanza  $d = 1.4\text{m}$  dallo spigolo esterno del rilevato stesso.

Infine i moduli del terreno impiegati per il calcolo sono quelli dei rispettivi strati riassunti nel testo della presente relazione APE0300 e riportati nelle pagine seguenti.

## 2. Calcolo muri

Il calcolo dei muri è stato eseguito su ciascuna sezione di progetto, in particolare una per ogni tipologia di muro.

I dati presi in considerazione ai fini del calcolo sono i seguenti:

- Unità geotecnica di riferimento;
- profondità del piano di posa e conseguente caratterizzazione dello strato su cui poggia l'opera;
- stratigrafia del terreno sottostante con le proprie caratteristiche geometriche e geotecniche;
- entità e geometria del carico applicato.

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva delle diverse tipologie di muri di sostegno adottati:

TIPO	Hn [m]	Bt [m]	Bv [m]	Hf [m]	MURI	TRATTO
TIPO0	1.5	2.1	0.4	0.4	M060	2
TIPO1	2.01-2.50	2.8	0.9	0.4	M010	1
					M050	2
					M020	1-2
					M080	4
TIPO2	2	2.5	0.8	0.4	M060	1
TIPO3	2.51-3.00	3.4	1.1	0.5	M050	1
					M080	3
TIPO4	3.01-3.50	4.4	1.4	0.6	M080	2
TIPO5	3.51-4.00	5.6	1.5	0.6	M080	1

Nel dettaglio si riassumono le assunzioni fatte per ciascun muro:

### MURO M060

$q=38 \text{ kN/m}^2$   
 $l=5 \text{ m}$   
 $d= 1.4 \text{ m}$   
unità 1:  $M=6000 \text{ kPa}$

### MURO M010

$q=57 \text{ kN/m}^2$   
 $l=5 \text{ m}$   
 $d= 1.4 \text{ m}$   
unità 1:  $M=6000 \text{ kPa}$

### MURO M020

$q=49.4 \text{ kN/m}^2$   
 $l=5 \text{ m}$   
 $d= 1.4 \text{ m}$   
unità 1:  $M=6000 \text{ kPa}$

### MURO M050

$q=57 \text{ kN/m}^2$   
 $l=5 \text{ m}$   
 $d= 1.4 \text{ m}$   
unità 1:  $M=6000 \text{ kPa}$

**MURO M080**

$q=49.4 \text{ kN/m}^2$

$l=5 \text{ m}$

$d= 1.4 \text{ m}$

unità 1:  $M=6000 \text{ kPa}$



M020		UNITA' 1		q= 49.4 kN/m <sup>2</sup>		TENSIONI GEOSTATICHE												Mezza Larghezza Rilevato	CED CENTRO RILEVATO										ced		CED. RILEVATO A DISTANZA d										ced	
Strato	Quota	$\gamma$	$\sigma_{vo}$	u	$\sigma'_{vo}$	H <sub>i</sub>	z	$\sigma_1$	u	$\sigma'_1$	z <sub>1</sub>	M																														
		[KN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[m]	[m]																					[m]	[cm]											[m]	[cm]	
												Diagonale	cosa	$\alpha$ (rad)	$\beta$	$\Delta\sigma_1$	$\sigma'_1 + \Delta\sigma_1$	%	[m]	[cm]	Diagonale1	Diagonale2	d	cos $\beta$	$\beta$ (rad)	cosa+ $\beta$	$\alpha+\beta$ (rad)	$\alpha$ (rad)	$\Delta\sigma_1$	$\sigma_1 + \Delta\sigma_1$	%	[m]	[cm]									
0.0	0.0	19	9.5	5.0	4.5	0.5	0.25	4.75	2.50	2.25	0.25	6000	1.9	1.92	0.13	2.88	-1.44	49.35	51.60	95.6%	0.0041	0.41	5.21	1.42	1.40	0.18	1.39	0.05	1.52	0.13	0.06	2.31	2.4%	0.0000	0.00							
-1.0	1.0	19	19.0	10.0	9.0	0.5	0.75	14.25	7.50	6.75	0.75	6000		2.04	0.37	1.19	-0.60	33.41	40.16	83.2%	0.0028	0.28	5.25	1.59		0.47	1.08	0.14	1.43	0.35	1.13	7.88	14.3%	0.0001	0.01							
-1.5	1.5	19	28.5	15.0	13.5	0.5	1.25	23.75	12.50	11.25	1.25	6000		2.27	0.55	0.99	-0.49	28.69	39.94	71.8%	0.0024	0.24	5.35	1.88		0.67	0.84	0.23	1.33	0.49	3.39	14.64	23.2%	0.0003	0.03							
-2.0	2.0	19	38.0	20.0	18.0	0.5	1.75	33.25	17.50	15.75	1.75	6000		2.58	0.68	0.83	-0.41	24.56	40.31	60.9%	0.0020	0.20	5.49	2.24		0.78	0.67	0.32	1.25	0.57	5.92	21.67	27.3%	0.0005	0.05							
-2.5	2.5	19	47.5	25.0	22.5	0.5	2.25	42.75	22.50	20.25	2.25	6000		2.94	0.76	0.70	-0.35	21.17	41.42	51.1%	0.0018	0.18	5.67	2.65		0.85	0.56	0.40	1.16	0.61	8.12	28.37	28.6%	0.0007	0.07							
-3.0	3.0	19	57.0	30.0	27.0	0.5	2.75	52.25	27.50	24.75	2.75	6000		3.34	0.82	0.60	-0.30	18.45	43.20	42.7%	0.0015	0.15	5.88	3.09		0.89	0.47	0.47	1.08	0.61	9.80	34.55	28.4%	0.0008	0.08							
-3.5	3.5	19	66.5	35.0	31.5	0.5	3.25	61.75	32.50	29.25	3.25	6000		3.76	0.86	0.53	-0.26	16.25	45.50	35.7%	0.0014	0.14	6.13	3.54		0.92	0.41	0.53	1.01	0.61	10.96	40.21	27.3%	0.0009	0.09							
-4.0	4.0	19	76.0	40.0	36.0	0.5	3.75	71.25	37.50	33.75	3.75	6000		4.20	0.89	0.47	-0.23	14.48	48.23	30.0%	0.0012	0.12	6.41	4.00		0.94	0.36	0.58	0.95	0.59	11.69	45.44	25.7%	0.0010	0.10							
-4.5	4.5	19	85.5	45.0	40.5	0.5	4.25	80.75	42.50	38.25	4.25	6000		4.66	0.91	0.42	-0.21	13.03	51.28	25.4%	0.0011	0.11	6.72	4.47		0.95	0.32	0.63	0.89	0.57	12.10	50.35	24.0%	0.0010	0.10							
-5.0	5.0	19	95.0	50.0	45.0	0.5	4.75	90.25	47.50	42.75	4.75	6000		5.12	0.93	0.38	-0.19	11.82	54.57	21.7%	0.0010	0.10	7.04	4.95		0.96	0.29	0.67	0.83	0.54	12.27	55.02	22.3%	0.0010	0.10							
-5.5	5.5	19	104.5	55.0	49.5	0.5	5.25	99.75	52.50	47.25	5.25	6000		5.58	0.94	0.35	-0.17	10.81	58.06	18.6%	0.0009	0.09	7.39	5.43		0.97	0.26	0.71	0.78	0.52	12.26	59.51	20.6%	0.0010	0.10							
-6.0	6.0	19	114.0	60.0	54.0	0.5	5.75	109.25	57.50	51.75	5.75	6000		6.06	0.95	0.32	-0.16	9.95	61.70	16.1%	0.0008	0.08	7.75	5.92		0.97	0.24	0.74	0.74	0.50	12.13	63.88	19.0%	0.0010	0.10							
-6.5	6.5	19	123.5	65.0	58.5	0.5	6.25	118.75	62.50	56.25	6.25	6000		6.53	0.96	0.30	-0.15	9.21	65.46	14.1%	0.0008	0.08	8.13	6.40		0.98	0.22	0.77	0.69	0.47	11.93	68.18	17.5%	0.0010	0.10							
-7.0	7.0	19	133.0	70.0	63.0	0.5	6.75	128.25	67.50	60.75	6.75	6000		7.01	0.96	0.27	-0.14	8.58	69.33	12.4%	0.0007	0.07	8.52	6.89		0.98	0.20	0.79	0.66	0.45	11.67	72.42	16.1%	0.0010	0.10							
-7.5	7.5	19	142.5	75.0	67.5	0.5	7.25	137.75	72.50	65.25	7.25	6000		7.49	0.97	0.26	-0.13	8.02	73.27	10.9%	0.0007	0.07	8.92	7.38		0.98	0.19	0.81	0.62	0.43	11.38	76.63	14.8%	0.0009	0.09							
-8.0	8.0	19	152.0	80.0	72.0	0.5	7.75	147.25	77.50	69.75	7.75	6000		7.98	0.97	0.24	-0.12	7.52	77.27	9.7%	0.0006	0.06	9.33	7.88		0.98	0.18	0.83	0.59	0.41	11.07	80.82	13.7%	0.0009	0.09							
-8.5	8.5	19	161.5	85.0	76.5	0.5	8.25	156.75	82.50	74.25	8.25	6000		8.47	0.97	0.23	-0.11	7.09	81.34	8.7%	0.0006	0.06	9.75	8.37		0.99	0.17	0.85	0.56	0.39	10.75	85.00	12.6%	0.0009	0.09							
-9.0	9.0	19	171.0	90.0	81.0	0.5	8.75	166.25	87.50	78.75	8.75	6000		8.95	0.98	0.21	-0.11	6.70	85.45	7.8%	0.0006	0.06	10.18	8.86		0.99	0.16	0.86	0.54	0.38	10.43	89.18	11.7%	0.0009	0.09							
-9.5	9.5	19	180.5	95.0	85.5	0.5	9.25	175.75	92.50	83.25	9.25	6000		9.44	0.98	0.20	-0.10	6.35	89.60	7.1%	0.0006	0.06	10.61	9.36		0.99	0.15	0.87	0.51	0.36	10.12	93.37	10.8%	0.0008	0.08							
-10.0	10.0	19	190.0	100.0	90.0	0.5	9.75	185.25	97.50	87.75	9.75	6000		9.93	0.98	0.19	-0.10	6.03	93.78	6.4%	0.0006	0.06	11.05	9.85		0.99	0.14	0.88	0.49	0.35	9.81	97.56	10.1%	0.0008	0.08							
-10.5	10.5	19	199.5	105.0	94.5	0.5	10.25	194.75	102.50	92.25	10.25	6000		10.42	0.98	0.18	-0.09	5.75	98.00	5.9%	0.0006	0.06	11.49	10.35		0.99	0.14	0.89	0.47	0.33	9.51	101.76	9.3%	0.0000	0.00							
-11.0	11.0	19	209.0	110.0	99.0	0.5	10.75	204.25	107.50	96.75	10.75	6000		10.92	0.98	0.17	-0.09	5.49	102.24	5.4%	0.0006	0.06	11.94	10.84		0.99	0.13	0.90	0.45	0.32	9.22	105.97	8.7%	0.0000	0.00							
-11.5	11.5	19	218.5	115.0	103.5	0.5	11.25	213.75	112.50	101.25	11.25	6000		11.41	0.99	0.17	-0.08	5.25	106.50	4.9%	0.0006	0.06	12.39	11.34		0.99	0.12	0.91	0.43	0.31	8.94	110.19	8.1%	0.0000	0.00							
-12.0	12.0	19	228.0	120.0	108.0	0.5	11.75	223.25	117.50	105.75	11.75	6000		11.90	0.99	0.16	-0.08	5.03	110.78	4.5%	0.0006	0.06	12.85	11.83		0.99	0.12	0.91	0.42	0.30	8.67	114.42	7.6%	0.0000	0.00							
-12.5	12.5	19	237.5	125.0	112.5	0.5	12.25	232.75	122.50	110.25	12.25	6000		12.40	0.99	0.15	-0.08	4.83	115.08	4.2%	0.0006	0.06	13.31	12.33		0.99	0.11	0.92	0.40	0.29	8.42	118.67	7.1%	0.0000	0.00							
-13.0	13.0	19	247.0	130.0	117.0	0.5	12.75	242.25	127.50	114.75	12.75	6000		12.89	0.99	0.15	-0.07	4.64	119.39	3.9%	0.0006	0.06	13.77	12.83		0.99	0.11	0.93	0.39	0.28	8.17	122.92	6.6%	0.0000	0.00							
-13.5	13.5	19	256.5	135.0	121.5	0.5	13.25	251.75	132.50	119.25	13.25	6000		13.39	0.99	0.14	-0.07	4.47	123.72	3.6%	0.0006	0.06	14.23	13.32		0.99	0.11	0.93	0.37	0.27	7.94	127.19	6.2%	0.0000	0.00							
-14.0	14.0	19	266.0	140.0	126.0	0.5	13.75	261.25	137.50	123.75	13.75	6000		13.88	0.99	0.14	-0.07	4.31	128.06	3.4%	0.0006	0.06	14.70	13.82		0.99	0.10	0.94	0.36	0.26	7.72	131.47	5.9%	0.0000	0.00							
-14.5	14.5	19	275.5	145.0	130.5	0.5	14.25	270.75	142.50	128.25	14.25	6000		14.38	0.99	0.13	-0.07	4.16	132.41	3.1%	0.0006	0.06	15.17	14.32		1.00	0.10	0.94	0.35	0.25	7.50	135.75	5.5%	0.0000	0.00							
-15.0	15.0	19	285.0	150.0	135.0	0.5	14.75	280.25	147.50	132.75	14.75	6000		14.87	0.99	0.13	-0.06	4.02	136.77	2.9%	0.0006	0.06	15.64	14.82		1.00	0.09	0.94	0.34	0.24	7.30	140.05	5.2%	0.0000	0.00							
-15.5	15.5	19	294.5	155.0	139.5	0.5	15.25	289.75	152.50	137.25	15.25	6000		15.37	0.99	0.12	-0.06	3.89	141.14	2.8%	0.0006	0.06	16.11	15.31		1.00	0.09	0.95	0.33	0.24	7.10	144.35	4.9%	0.0000	0.00							
-16.0	16.0	19	304.0	160.0	144.0	0.5	15.75	299.25	157.50	141.75	15.75	6000		15.86	0.99	0.12	-0.06	3.77	145.52	2.6%	0.0006	0.06	16.59	15.81		1.00	0.09	0.95	0.32	0.23	6.92	148.67	4.7%	0.0000	0.00							
-16.5	16.5	19	313.5	165.0	148.5	0.5	16.25	308.75	162.50	146.25	16.25	6000		16.36	0.99	0.12	-0.06	3.66	149.91	2.4%	0.0006	0.06	17.06	16.31		1.00	0.09	0.95	0.31	0.22	6.74	152.99	4.4%	0.0000	0.00							
-17.0	17.0	19	323.0	170.0	153.0	0.5	16.75	318.25	167.50	150.75	16.75	6000		16.86	0.99	0.11	-0.06	3.55	154.30	2.3%	0.0006	0.06	17.54	16.81		1.00	0.08	0.96	0.30	0.22	6.57	157.32	4.2%	0.0000	0.00							
-17.5	17.5	19	332.5	175.0	157.5	0.5	17.25	327.75	172.50	155.25	17.25	6000		17.35	0.99	0.11	-0.05	3.45	158.70	2.2%	0.0006	0.06	18.02	17.31		1.00	0.08	0.96	0.29	0.21	6.41	161.66	4.0%	0.0000	0.00							
-18.0	18.0	19	342.0	180.0	162.0	0.5	17.75	337.25																																		





M080																																				
UNITA' 1																																				
q= 49.4 kN/m <sup>2</sup>																																				
TENSIONI GEOSTATICHE																																				
Strato	Quota	$\gamma$	$\sigma_{vo}$	u	$\sigma'_{vo}$	H <sub>i</sub>	z	$\sigma_z$	u	$\sigma'_z$	z <sub>l</sub>	M	Mezza Larghezza Rilevato	CED CENTRO RILEVATO						ced		CED. RILEVATO A DISTANZA d										ced				
		[KN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[m]	[m]							Diagonale	cos $\alpha$	$\alpha$ (rad)	$\beta$	$\Delta\sigma_z$	$\sigma'_z + \Delta\sigma_z$	%	[m]	[cm]	Diagonale1	Diagonale2	d	cos $\beta$	$\beta$ (rad)	cos $\alpha + \beta$	$\alpha + \beta$ (rad)	$\alpha$ (rad)	$\Delta\sigma_z$	$\sigma'_z + \Delta\sigma_z$	%	[m]	[cm]	
	0.0	0.0	19	9.5	5.0	4.5	0.5	0.25	4.75	2.50	2.25	0.25	6000	3.1	3.11	0.08	2.98	-1.49	49.39	51.64	95.6%	0.0041	0.41	7.60	1.42	1.40	0.18	1.39	0.03	1.54	0.14	0.06	2.31	2.5%	0.0000	0.00
	-0.5	0.5	19	19.0	10.0	9.0	0.5	0.75	14.25	7.50	6.75	0.75	6000		3.19	0.24	1.33	-0.67	36.25	43.00	84.3%	0.0030	0.30	7.64	1.59		0.47	1.08	0.10	1.47	0.39	1.14	7.89	14.4%	0.0001	0.01
	-1.0	1.0	19	28.5	15.0	13.5	0.5	1.25	23.75	12.50	11.25	1.25	6000		3.34	0.37	1.19	-0.59	33.26	44.51	74.7%	0.0028	0.28	7.70	1.88		0.67	0.84	0.16	1.41	0.57	3.43	14.68	23.3%	0.0003	0.03
	-1.5	1.5	19	38.0	20.0	18.0	0.5	1.75	33.25	17.50	15.75	1.75	6000		3.56	0.49	1.06	-0.53	30.31	46.06	65.8%	0.0025	0.25	7.80	2.24		0.78	0.67	0.22	1.34	0.67	6.03	21.78	27.7%	0.0005	0.05
	-2.0	2.0	19	47.5	25.0	22.5	0.5	2.25	42.75	22.50	20.25	2.25	6000		3.83	0.59	0.94	-0.47	27.55	47.80	57.6%	0.0023	0.23	7.93	2.65		0.85	0.56	0.28	1.28	0.73	8.41	28.66	29.3%	0.0007	0.07
	-2.5	2.5	19	57.0	30.0	27.0	0.5	2.75	52.25	27.50	24.75	2.75	6000		4.14	0.66	0.85	-0.42	25.05	49.80	50.3%	0.0021	0.21	8.08	3.09		0.89	0.47	0.34	1.22	0.75	10.38	35.13	29.5%	0.0009	0.09
	-3.0	3.0	19	66.5	35.0	31.5	0.5	3.25	61.75	32.50	29.25	3.25	6000		4.49	0.72	0.76	-0.38	22.83	52.08	43.8%	0.0019	0.19	8.27	3.54		0.92	0.41	0.39	1.17	0.76	11.92	41.17	29.0%	0.0010	0.10
	-3.5	3.5	19	76.0	40.0	36.0	0.5	3.75	71.25	37.50	33.75	3.75	6000		4.87	0.77	0.69	-0.35	20.88	54.63	38.2%	0.0017	0.17	8.47	4.00		0.94	0.36	0.44	1.11	0.76	13.07	46.82	27.9%	0.0011	0.11
	-4.0	4.0	19	85.5	45.0	40.5	0.5	4.25	80.75	42.50	38.25	4.25	6000		5.26	0.81	0.63	-0.32	19.18	57.43	33.4%	0.0016	0.16	8.71	4.47		0.95	0.32	0.49	1.06	0.74	13.90	52.15	26.6%	0.0012	0.12
	-4.5	4.5	19	95.0	50.0	45.0	0.5	4.75	90.25	47.50	42.75	4.75	6000		5.67	0.84	0.58	-0.29	17.69	60.44	29.3%	0.0015	0.15	8.96	4.95		0.96	0.29	0.53	1.01	0.73	14.45	57.20	25.3%	0.0012	0.12
	-5.0	5.0	19	104.5	55.0	49.5	0.5	5.25	99.75	52.50	47.25	5.25	6000		6.10	0.86	0.53	-0.27	16.38	63.63	25.7%	0.0014	0.14	9.24	5.43		0.97	0.26	0.57	0.97	0.71	14.80	62.05	23.9%	0.0012	0.12
	-5.5	5.5	19	114.0	60.0	54.0	0.5	5.75	109.25	57.50	51.75	5.75	6000		6.53	0.88	0.49	-0.25	15.24	66.99	22.7%	0.0013	0.13	9.53	5.92		0.97	0.24	0.60	0.92	0.68	14.98	66.73	22.5%	0.0012	0.12
	-6.0	6.0	19	123.5	65.0	58.5	0.5	6.25	118.75	62.50	56.25	6.25	6000		6.98	0.90	0.46	-0.23	14.23	70.48	20.2%	0.0012	0.12	9.84	6.40		0.98	0.22	0.64	0.88	0.66	15.04	71.29	21.1%	0.0013	0.13
	-6.5	6.5	19	133.0	70.0	63.0	0.5	6.75	128.25	67.50	60.75	6.75	6000		7.43	0.91	0.43	-0.22	13.33	74.08	18.0%	0.0011	0.11	10.16	6.89		0.98	0.20	0.66	0.84	0.64	15.00	75.75	19.8%	0.0012	0.12
	-7.0	7.0	19	142.5	75.0	67.5	0.5	7.25	137.75	72.50	65.25	7.25	6000		7.88	0.92	0.40	-0.20	12.54	77.79	16.1%	0.0010	0.10	10.50	7.38		0.98	0.19	0.69	0.81	0.62	14.88	80.13	18.6%	0.0012	0.12
	-7.5	7.5	19	152.0	80.0	72.0	0.5	7.75	147.25	77.50	69.75	7.75	6000		8.35	0.93	0.38	-0.19	11.82	81.57	14.3%	0.0010	0.10	10.85	7.88		0.98	0.18	0.71	0.78	0.60	14.71	84.46	17.4%	0.0012	0.12
	-8.0	8.0	19	161.5	85.0	76.5	0.5	8.25	156.75	82.50	74.25	8.25	6000		8.81	0.94	0.36	-0.18	11.18	85.43	13.1%	0.0009	0.09	11.22	8.37		0.99	0.17	0.74	0.74	0.58	14.49	88.74	16.3%	0.0012	0.12
	-8.5	8.5	19	171.0	90.0	81.0	0.5	8.75	166.25	87.50	78.75	8.75	6000		9.28	0.94	0.34	-0.17	10.61	89.36	11.9%	0.0009	0.09	11.59	8.86		0.99	0.16	0.75	0.72	0.56	14.25	93.00	15.3%	0.0012	0.12
	-9.0	9.0	19	180.5	95.0	85.5	0.5	9.25	175.75	92.50	83.25	9.25	6000		9.76	0.95	0.32	-0.16	10.08	93.33	10.8%	0.0008	0.08	11.97	9.36		0.99	0.15	0.77	0.69	0.54	13.99	97.24	14.4%	0.0012	0.12
	-9.5	9.5	19	190.0	100.0	90.0	0.5	9.75	185.25	97.50	87.75	9.75	6000		10.23	0.95	0.31	-0.15	9.61	97.36	9.9%	0.0008	0.08	12.36	9.85		0.99	0.14	0.79	0.66	0.52	13.71	101.46	13.5%	0.0011	0.11
	-10.0	10.0	19	199.5	105.0	94.5	0.5	10.25	194.75	102.50	92.25	10.25	6000		10.71	0.96	0.29	-0.15	9.17	101.42	9.0%	0.0008	0.08	12.76	10.35		0.99	0.14	0.80	0.64	0.50	13.43	105.68	12.7%	0.0011	0.11
	-10.5	10.5	19	209.0	110.0	99.0	0.5	10.75	204.25	107.50	96.75	10.75	6000		11.19	0.96	0.28	-0.14	8.77	105.52	8.3%	0.0008	0.08	13.17	10.84		0.99	0.13	0.82	0.62	0.49	13.14	109.89	12.0%	0.0011	0.11
	-11.0	11.0	19	218.5	115.0	103.5	0.5	11.25	213.75	112.50	101.25	11.25	6000		11.67	0.96	0.27	-0.13	8.41	109.66	7.7%	0.0008	0.08	13.58	11.34		0.99	0.12	0.83	0.59	0.47	12.85	114.10	11.3%	0.0011	0.11
	-11.5	11.5	19	228.0	120.0	108.0	0.5	11.75	223.25	117.50	105.75	11.75	6000		12.15	0.97	0.26	-0.13	8.07	113.82	7.1%	0.0008	0.08	13.99	11.83		0.99	0.12	0.84	0.57	0.46	12.56	118.31	10.6%	0.0010	0.10
	-12.0	12.0	19	237.5	125.0	112.5	0.5	12.25	232.75	122.50	110.25	12.25	6000		12.64	0.97	0.25	-0.12	7.76	118.01	6.6%	0.0008	0.08	14.42	12.33		0.99	0.11	0.85	0.56	0.44	12.28	122.53	10.0%	0.0010	0.10
	-12.5	12.5	19	247.0	130.0	117.0	0.5	12.75	242.25	127.50	114.75	12.75	6000		13.12	0.97	0.24	-0.12	7.47	122.22	6.1%	0.0008	0.08	14.84	12.83		0.99	0.11	0.86	0.54	0.43	12.00	126.75	9.5%	0.0000	0.00
	-13.0	13.0	19	256.5	135.0	121.5	0.5	13.25	251.75	132.50	119.25	13.25	6000		13.61	0.97	0.23	-0.11	7.20	126.45	5.7%	0.0008	0.08	15.27	13.32		0.99	0.11	0.87	0.52	0.42	11.73	130.98	9.0%	0.0000	0.00
	-13.5	13.5	19	266.0	140.0	126.0	0.5	13.75	261.25	137.50	123.75	13.75	6000		14.10	0.98	0.22	-0.11	6.95	130.70	5.3%	0.0008	0.08	15.71	13.82		0.99	0.10	0.88	0.50	0.40	11.46	135.21	8.5%	0.0000	0.00
	-14.0	14.0	19	275.5	145.0	130.5	0.5	14.25	270.75	142.50	128.25	14.25	6000		14.58	0.98	0.21	-0.11	6.71	134.96	5.0%	0.0008	0.08	16.15	14.32		1.00	0.10	0.88	0.49	0.39	11.20	139.45	8.0%	0.0000	0.00
	-14.5	14.5	19	285.0	150.0	135.0	0.5	14.75	280.25	147.50	132.75	14.75	6000		15.07	0.98	0.21	-0.10	6.49	139.24	4.7%	0.0008	0.08	16.59	14.82		1.00	0.09	0.89	0.48	0.38	10.95	143.70	7.6%	0.0000	0.00
	-15.0	15.0	19	294.5	155.0	139.5	0.5	15.25	289.75	152.50	137.25	15.25	6000		15.56	0.98	0.20	-0.10	6.29	143.54	4.4%	0.0008	0.08	17.04	15.31		1.00	0.09	0.90	0.46	0.37	10.71	147.96	7.2%	0.0000	0.00
	-15.5	15.5	19	304.0	160.0	144.0	0.5	15.75	299.25	157.50																										

## 1. Programma di calcolo

La valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità viene condotta mediante il modulo "Slope W" del programma GeoStudio 2007 versione 4 della GEO-SLOPE International.

Tale programma consente un'analisi di stabilità all'equilibrio limite tenendo conto di terreni variamente stratificati, dell'eventuale falda idrica, della presenza di pressioni neutre diverse dalle pressioni idrostatiche, di sollecitazioni sismiche mediante un'analisi di tipo pseudostatica, di tiranti di ancoraggio e di eventuali altri elementi di rinforzo (ad esempio geogriglie).

Il programma è in grado di fornire una soluzione generale al problema bidimensionale di stabilità ricavandone il coefficiente di sicurezza (FS) come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie di possibile scorrimento e quella effettivamente mobilitata dal volume di terreno coinvolto nel movimento; il criterio di rottura adottato è quello classico di Mohr - Coulomb.

La valutazione del coefficiente di sicurezza viene effettuata per tentativi, generando un elevato numero di superfici mediante un algoritmo pseudo - casuale.

Il programma è in grado di effettuare le verifiche di stabilità fornendo il coefficiente di sicurezza secondo differenti criteri; nel caso in esame l'analisi è stata sviluppata con superfici circolari adottando il metodo di Bishop.

## 2. Analisi di stabilità globale dei rilevati

Tali verifiche di stabilità interessano sia il corpo rilevato sia il terreno di fondazione dello stesso e consentono di definire l'eventuale necessità di elementi di rinforzo alla base o all'interno del corpo rilevato.

Le verifiche di stabilità sono state sviluppate secondo la normativa vigente in particolare:

- **D.M. 14/01/2008** – “Nuove norme tecniche per le costruzioni”
- **Circolare n. 617 - 02/02/2009** – “Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”.

Le norme suddette indicano che le verifiche consistono nel soddisfacimento della seguente condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

- $E_d$  rappresenta il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;
- $R_d$  rappresenta il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico.

Le verifiche devono essere condotte secondo l'Approccio 1:

- Combinazione 2: A2+M2+R2

in cui:

- A2 rappresenta il gruppo di coefficienti parziali  $\gamma_F$  da applicare alle azioni o all'effetto delle azioni ;
- M2 rappresenta il gruppo di coefficienti parziali  $\gamma_M$  da applicare ai parametri del terreno;
- R2 rappresenta il gruppo di coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche di sicurezza.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale ( $\gamma_F$ )	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	1.0
	Sfavorevole		1.0
Permanenti non strutturali	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0.0
	Sfavorevole		1.3
Variabili	Favorevole	$\gamma_Q$	0.0
	Sfavorevole		1.3

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	Coefficiente parziale ( $\gamma_M$ )	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.25
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1.25
<i>Resistenza non drenata</i>	$c'_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.40
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	$\gamma_{\gamma}$	1.00

Coefficiente ( $\gamma_R$ )	R2
$\gamma_R$	1.1

Le verifiche del raggiungimento della condizione di stato limite ultimo sono state sviluppate considerando le seguenti condizioni di analisi:

- Condizione statica:
  - parametri drenati del terreno;
  - sovraccarico stradale assunto di valore caratteristico pari a 20kPa;
- Condizione SISMA +:
  - parametri drenati per il terreno di fondazione;
  - accelerazione sismica orizzontale, accelerazione sismica verticale diretta verso il basso;
  - sovraccarico stradale assunto di valore caratteristico pari a 20kPa e coefficiente di combinazione pari a 0.2;
- Condizione SISMA -:
  - parametri drenati per il terreno di fondazione;
  - accelerazione sismica orizzontale, accelerazione sismica verticale diretta verso l'alto;

- sovraccarico stradale assunto di valore caratteristico pari a 20kPa e coefficiente di combinazione pari a 0.2.

Per la stabilità in condizioni sismiche è stato utilizzato il metodo pseudostatico che consente di rappresentare l'azione sismica mediante un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile.

Nelle verifiche allo Stato Limite Ultimo le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come:

- $F_h = k_h \cdot W$
- $F_v = k_v \cdot W$

con  $k_h$  e  $k_v$  rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

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

dove

- $\beta_s$  rappresenta il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
- $a_{\max}$  rappresenta l'accelerazione massima orizzontale attesa al sito indicata nella relazione APE0300;
- $g$  rappresenta l'accelerazione di gravità.

I valori di  $\beta_s$  sono riportati in funzione del valore dell'accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido  $a_g$  e della categoria di sottosuolo.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B,C,D,E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

In questo caso  $a_g(g) = 0.2 < 0.255 \leq 0.4 \rightarrow \beta_s = 0.28$ .

Si riportano di seguito i valori adottati:

$a_g$	$\beta_s$	$S_s$	$S_T$	$a_{\max}$	$k_h$	$k_v$
0.237g	0.28	1.535	1.0	0.364g	<b>0.102</b>	<b><math>\pm 0.051</math></b>

### 3. Sezioni di calcolo e materiali

Le verifiche di stabilità globale sono state eseguite sulle sezioni delle opere di altezza:

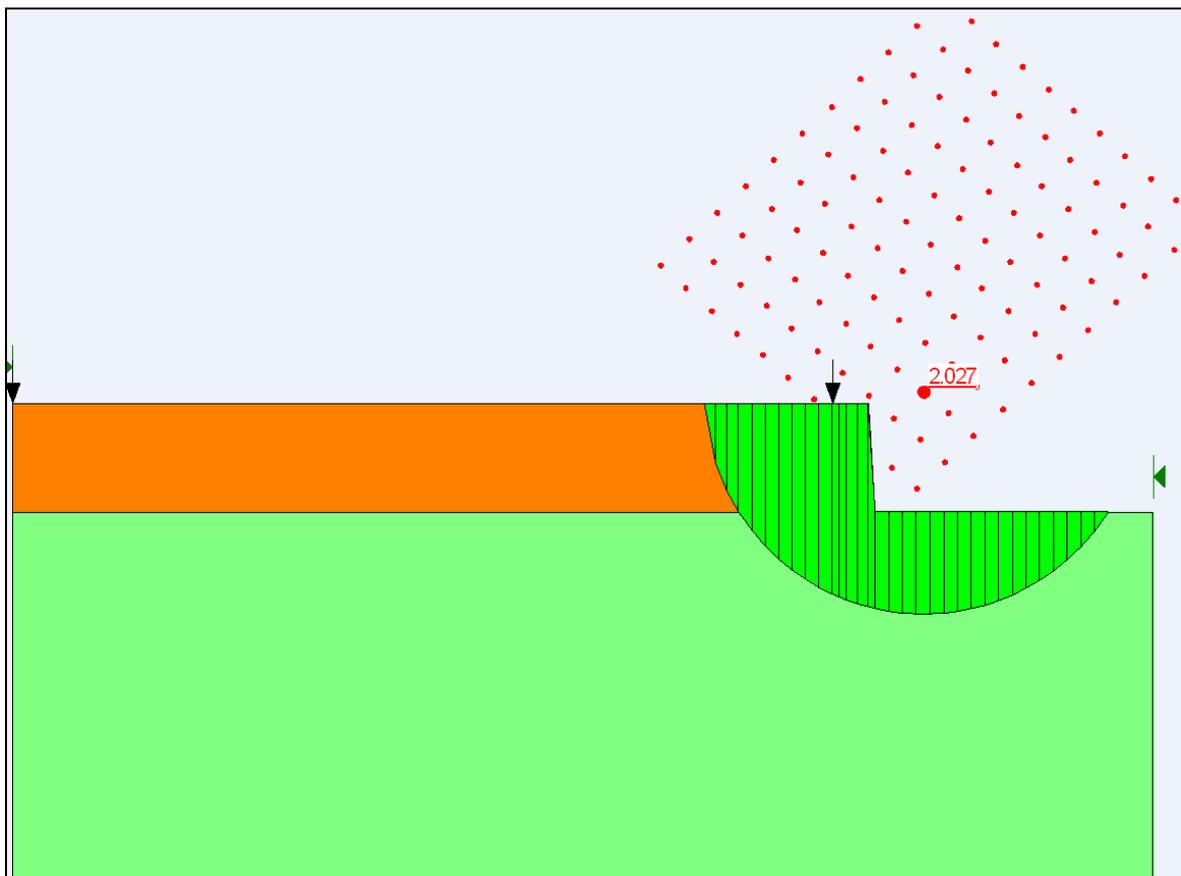
- 2.00m
- 2.50m
- 3.00m
- 3.50m
- 4.00m

Il materiale che costituisce il rilevato stradale è caratterizzato da un valore di angolo di resistenza al taglio  $\phi_k=35^\circ$  e un valore di coesione  $c'_k=0\text{kPa}$ .

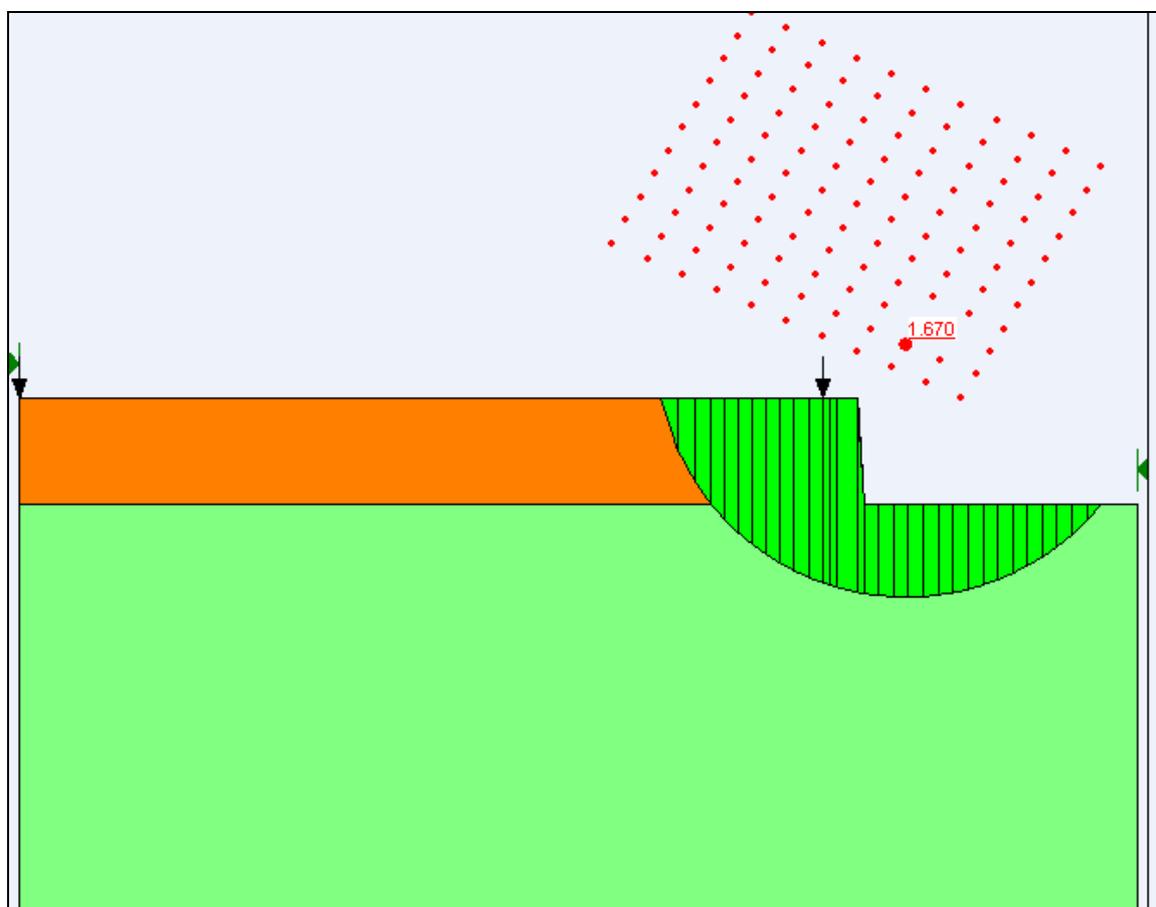
Per quanto concerne il materiale sottostante si è scelto un valore di angolo di resistenza al taglio  $\phi_k=24^\circ$  e un valore di coesione  $c'_k=0\text{kPa}$ .

Questa scelta ha permesso di verificare con FS maggiore di 1.3 tutte le sezioni in esame, sia in condizioni allo stato limite ultimo che in condizioni sismiche (come illustrato nelle figure seguenti). Alla luce dei risultati ottenuti, la stabilità globale delle opere risulta soddisfatta.

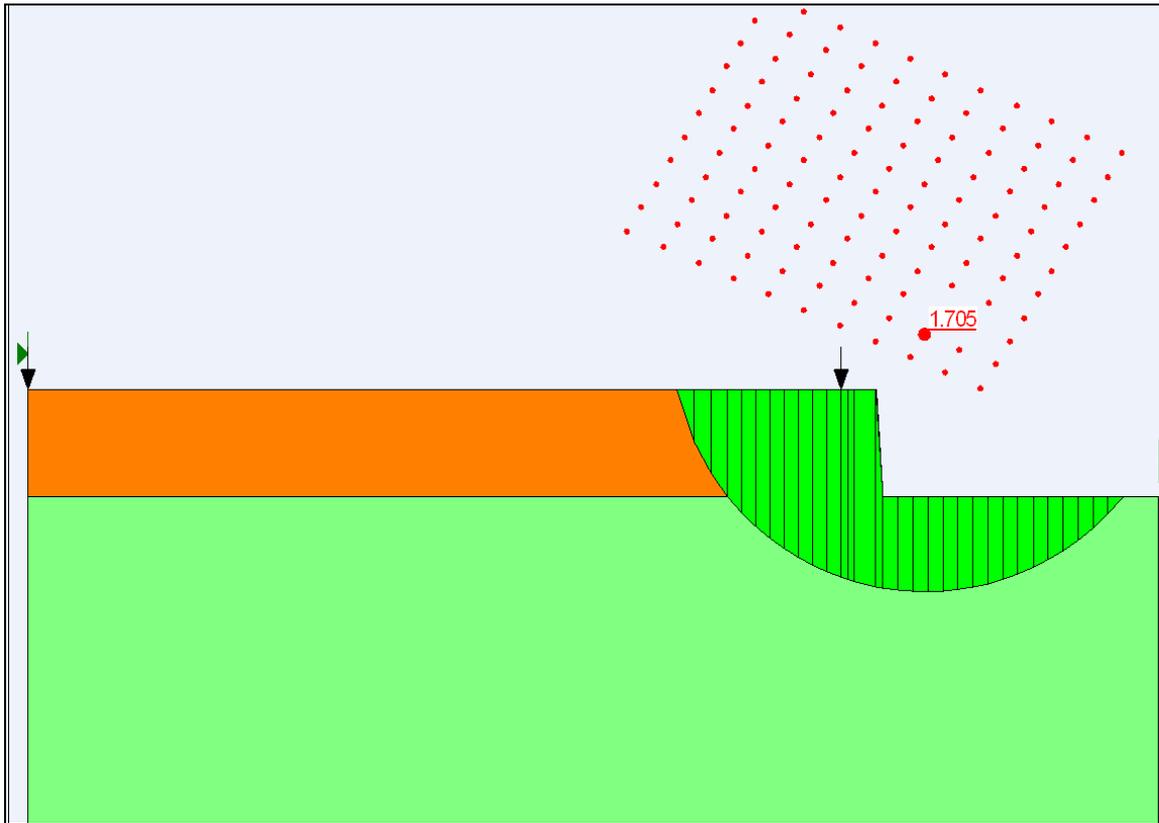
TIPO	Hn [m]	Bt [m]	Bv [m]	Hf [m]	MURI	TRATTO
TIPO0	1.5	2.1	0.4	0.4	M060	2
TIPO1	2.01-2.50	2.8	0.9	0.4	M010	1
					M050	2
					M020	1-2
					M080	4
TIPO2	2	2.5	0.8	0.4	M060	1
TIPO3	2.51-3.00	3.4	1.1	0.5	M050	1
					M080	3
TIPO4	3.01-3.50	4.4	1.4	0.6	M080	2
TIPO5	3.51-4.00	5.6	1.5	0.6	M080	1



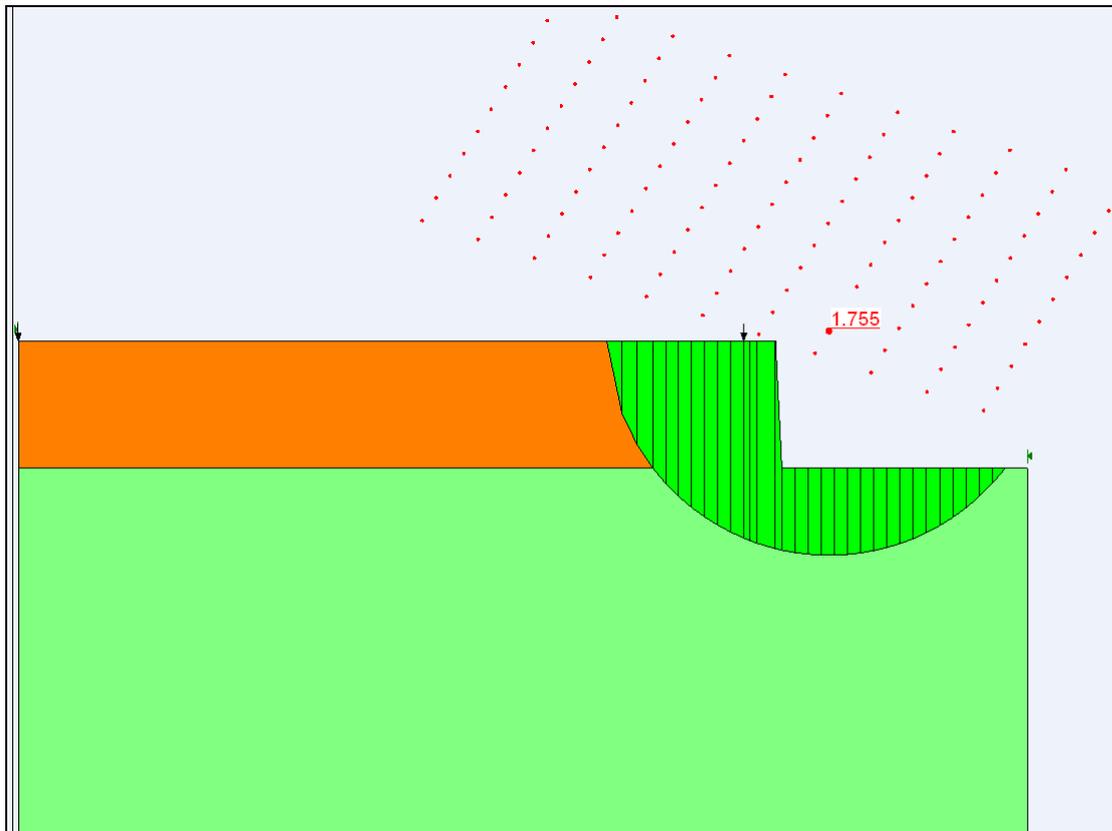
**Figura 1 Muro  $H=2m$ , condizione statica**



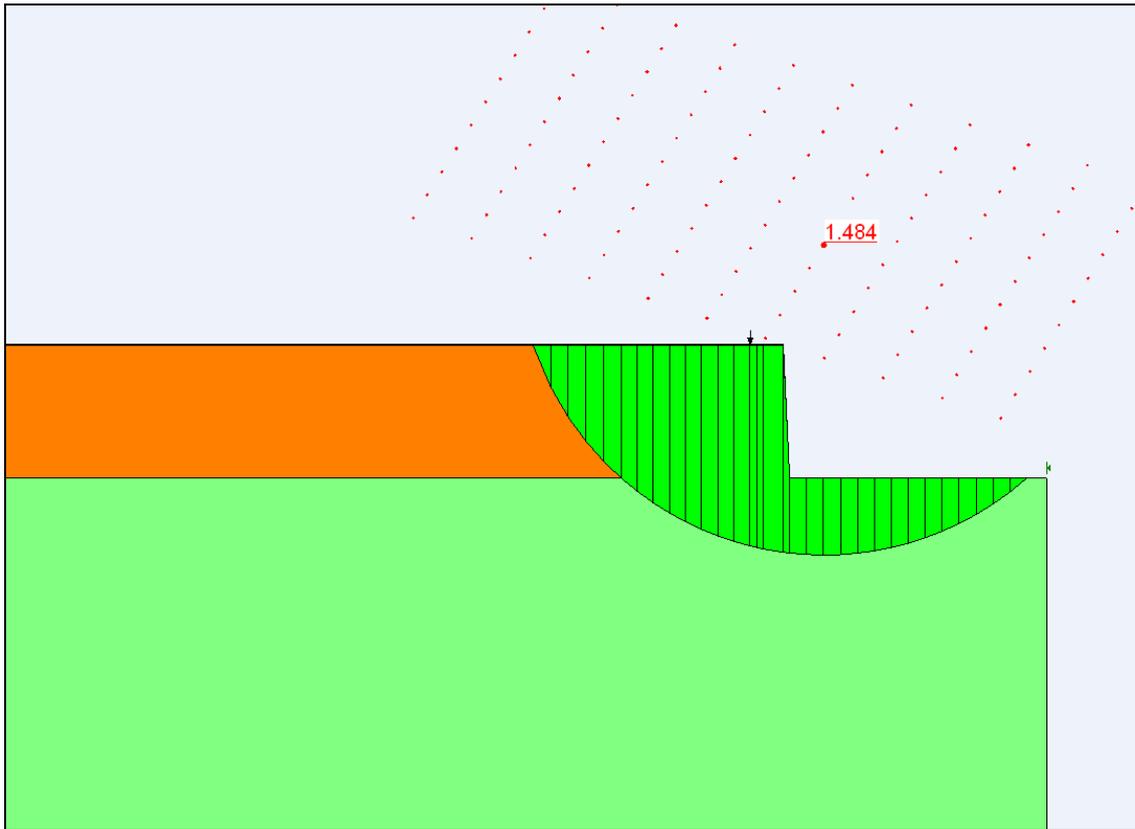
**Figura 2 Muro  $H=2m$ , condizione sisma+**



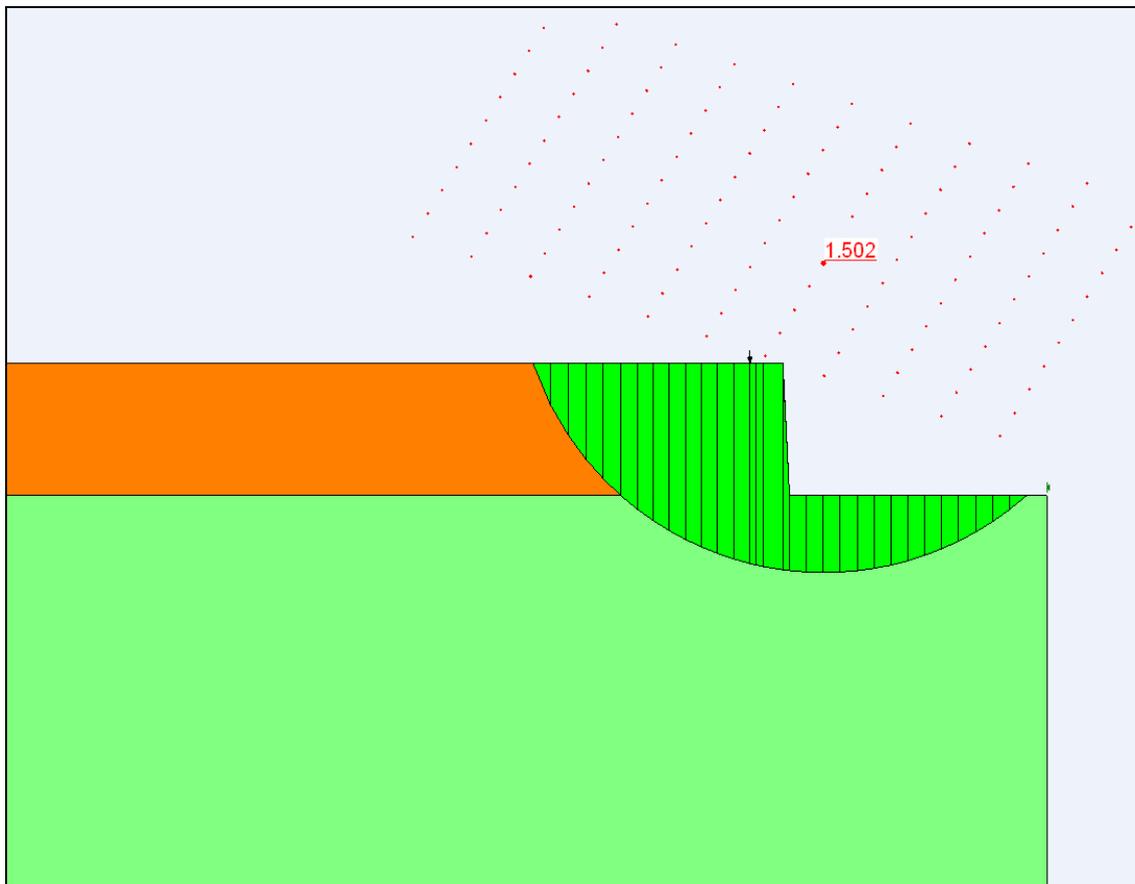
**Figura 3 Muro H=2m, condizione sisma-**



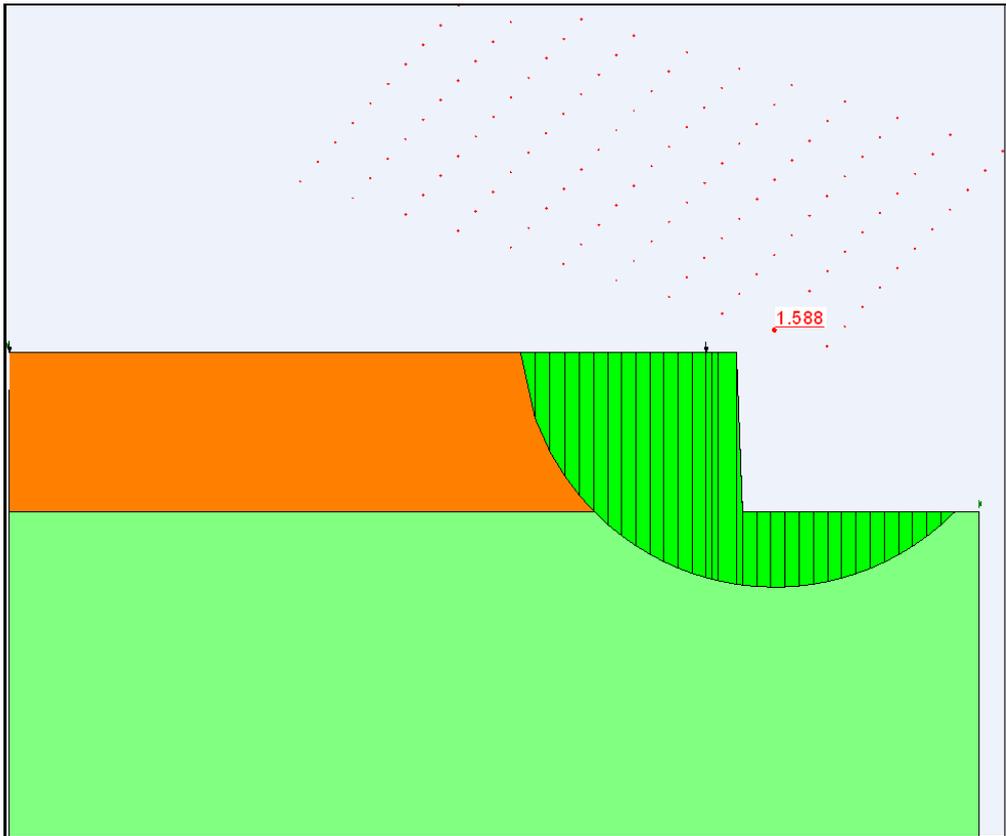
**Figura 4 Muro H=2.5m, condizione statica**



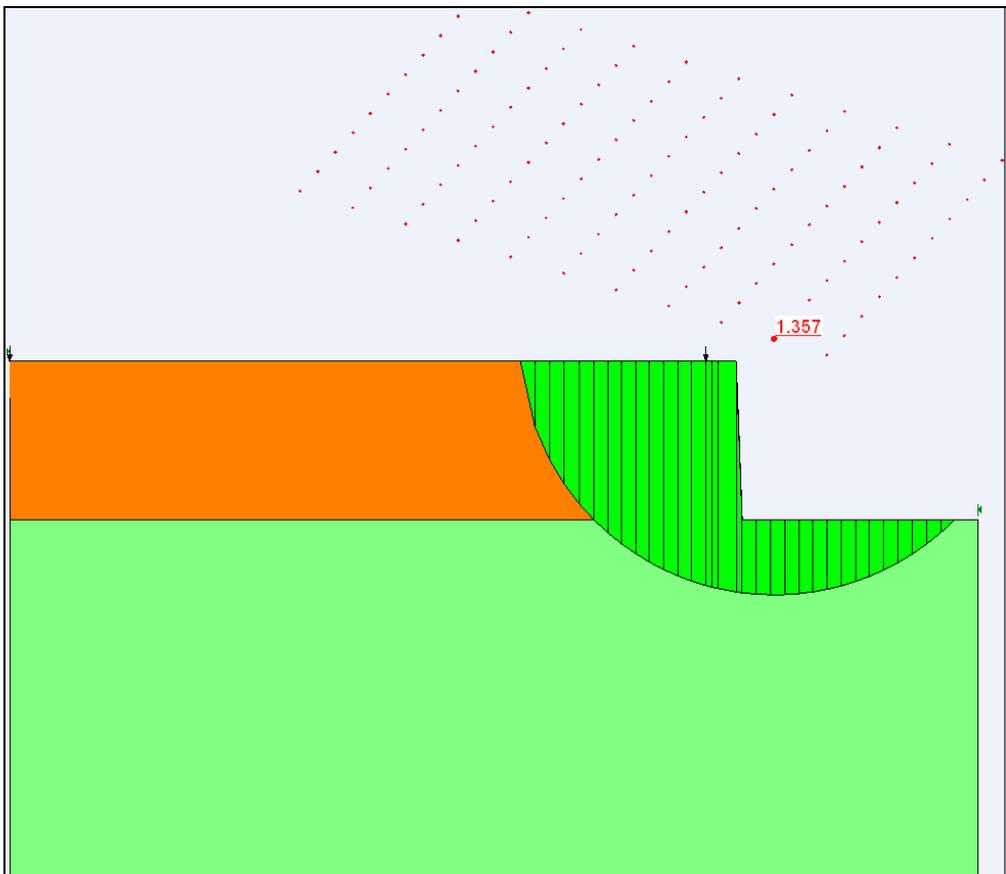
**Figura 5 Muro H=2.5m, condizione sisma+**



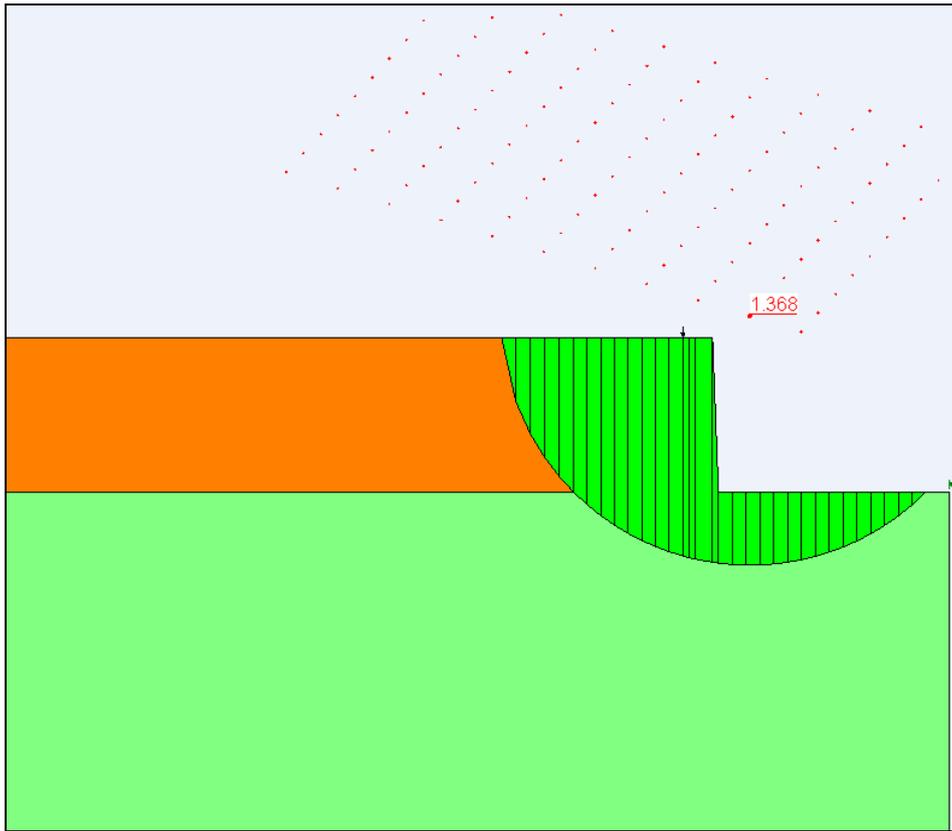
**Figura 6 Muro H=2.5m, condizione sisma-**



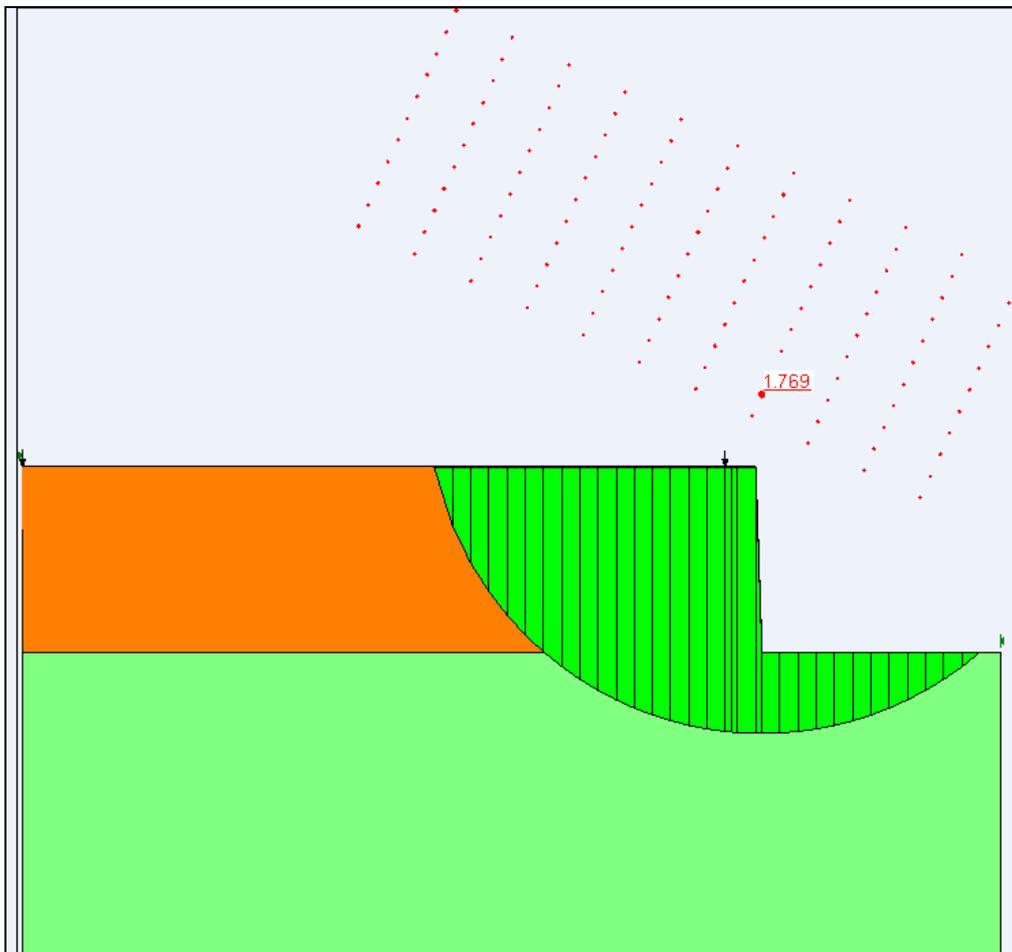
**Figura 7 Muro  $H=3m$ , condizione statica**



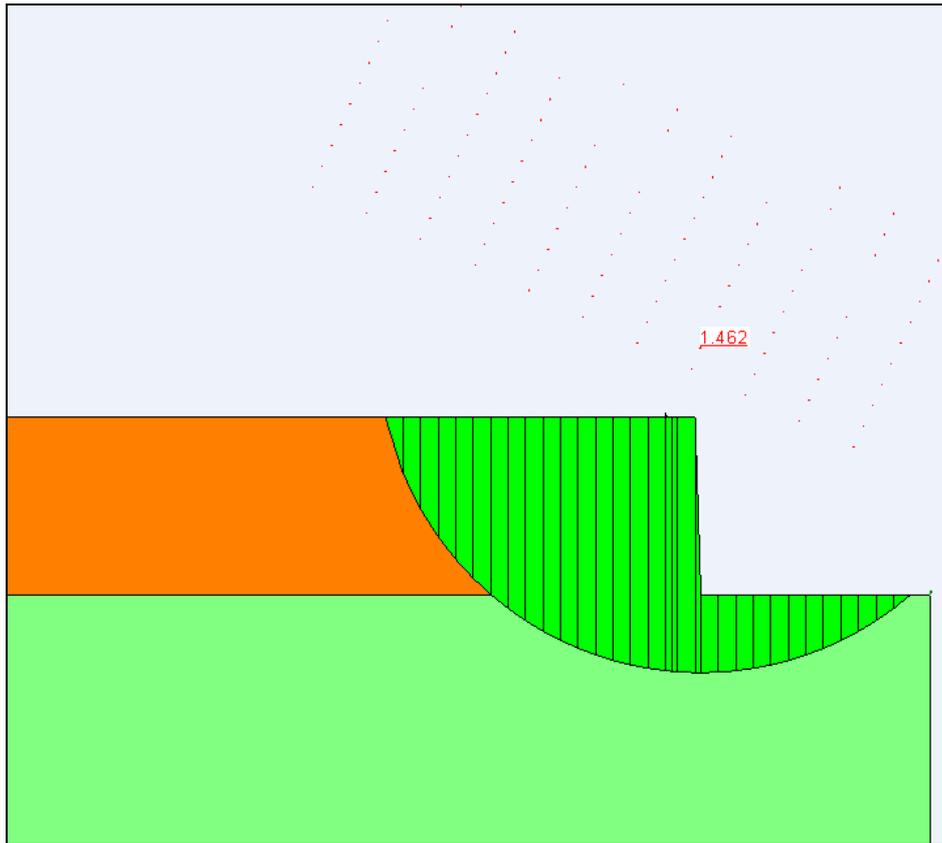
**Figura 8 Muro  $H=3m$ , condizione sisma+**



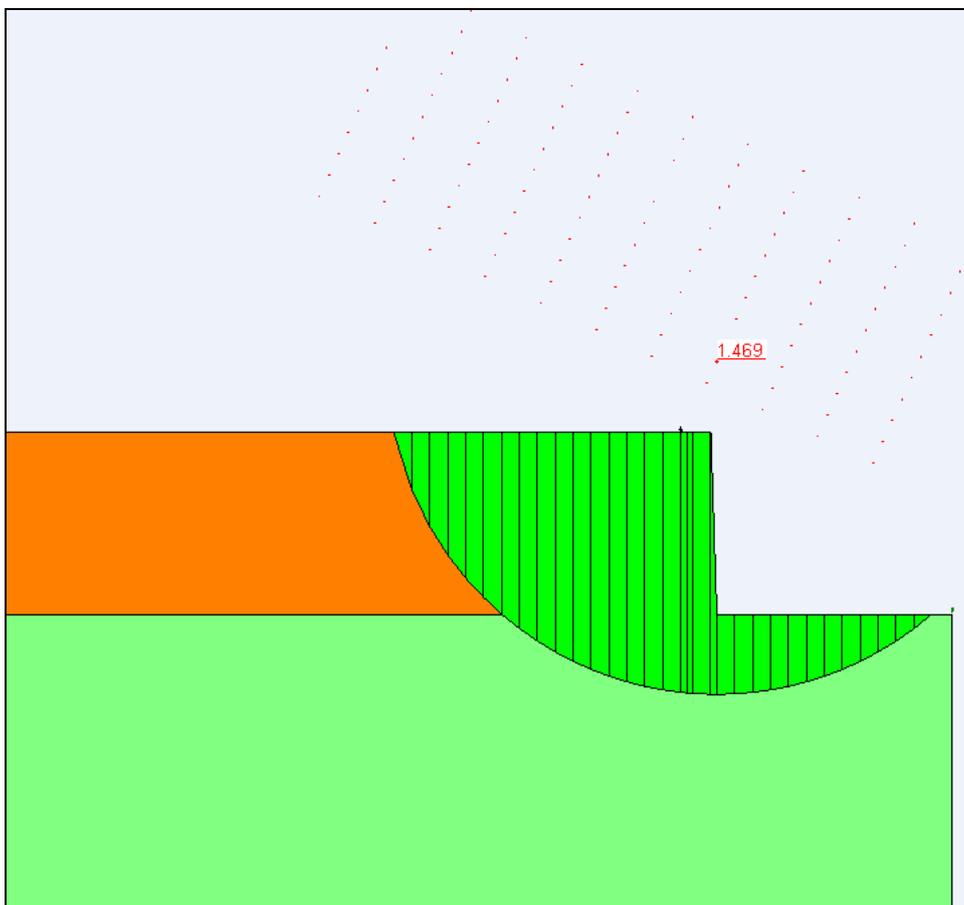
**Figura 9 Muro H=3m, condizione sisma-**



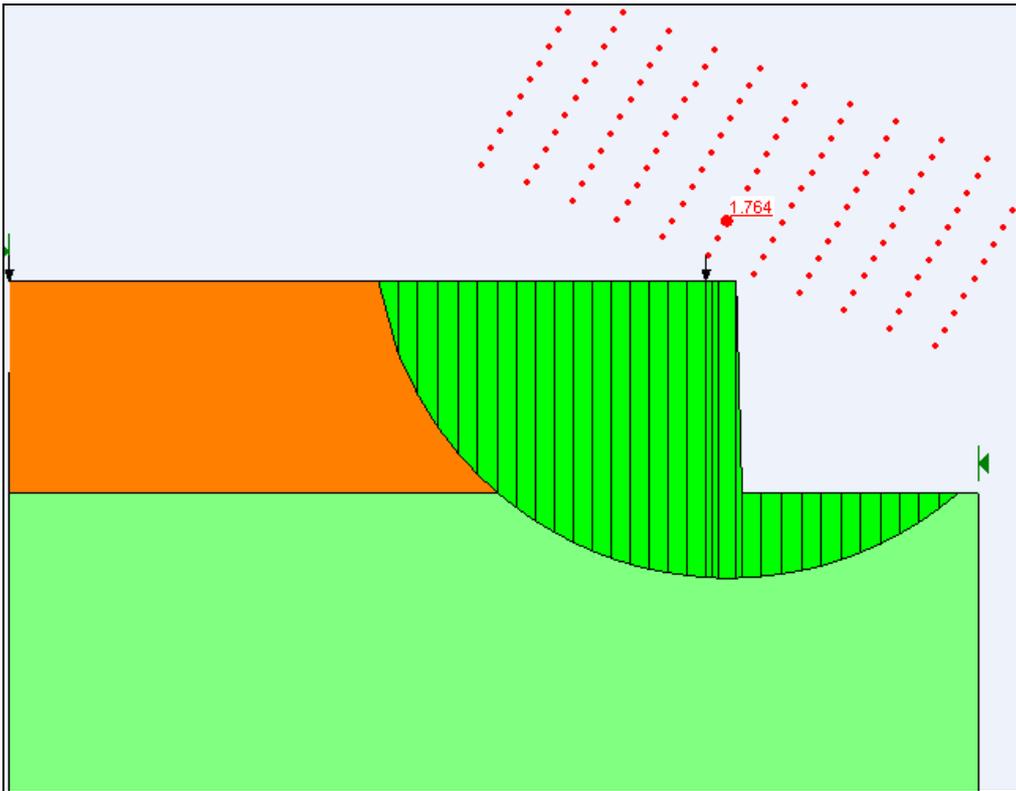
**Figura 10 Muro H=4m, condizione statica**



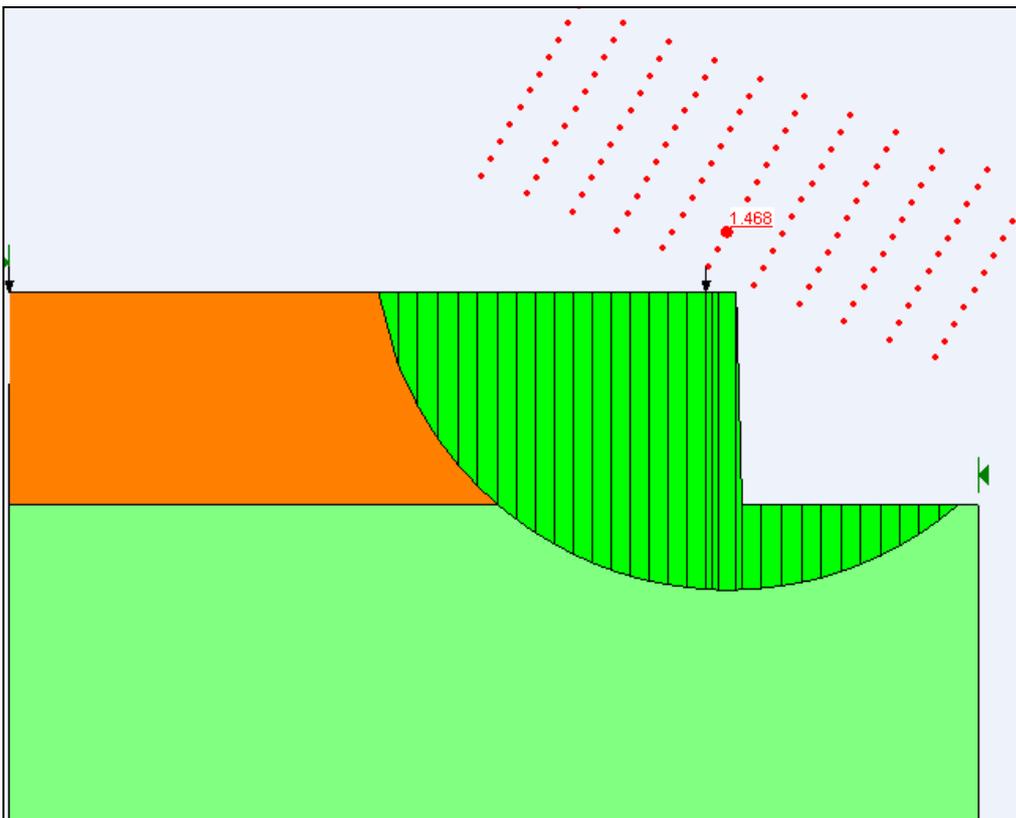
**Figura 11 Muro H=4m, condizione sisma+**



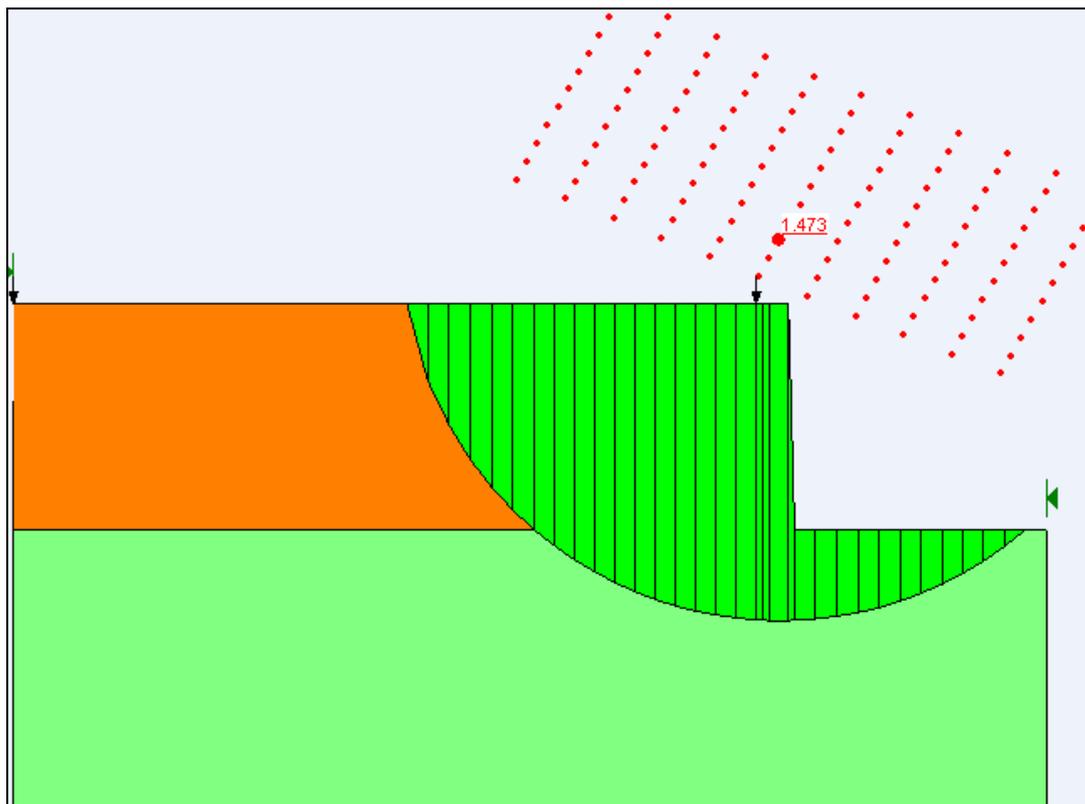
**Figura 12 Muro H=4m, condizione sisma-**



**Figura 13 Muro H=5m, condizione statica**



**Figura 14 Muro H=5m, condizione sisma+**



*Figura 15 Muro  $H=5\text{m}$ , condizione sisma-*