AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DELL'AQUILA

SETTORE VIABILITA'

Via Saragat Loc. Campo di Pile, 67100 L'Aquila

DIRIGENTE DEL SETTORE Ing. Nicolino D'Amico

Fondo di Sviluppo e Coesione 2021-2027 *Delibera CIPESS n. 15 del 23/04/2024 - Accordo per la Coesione Governo - Regione Abruzzo.* **INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E DI ADEGUAMENTO FUNZIONALE DELLE STRADE PROVINCIALI.**

CUP : F37H24000030001

I Progettisti :

BRANDI SOCIETÀ D'INGEGNERIA
(mandataria)
Ing. Roberto Brandi

TECNOSOIL ENGINEERING s.r.l.
(mandante)
Geol. Eustachio Pietromartire

GEOCART PROFESSIONAL SERVICE S.R.L.
(mandante)
Geom. Nicola Mantini

LIMES SOCIETA' COOPERATIVA
(mandante)
Archeol. Hermann Borghesi

STUDIO TECNICO ING. TARABORRELLI B.
(mandante)
Ing. Taraborrelli Bellafronte Angelo

STUDIO TECNICO AGRONOMICO DOTT. NICOLA TAVANO *(mandante)*
Dott. Nicola Tavano

"ORANGES & DI CARMINE ASSOCIATI"
(mandante)
Arch. Maurizio Oranges

SGAI S.R.L. di E. Forlani & C.
(ausiliaria)
Ing. Andrea Forlani

Il Responsabile del Progetto:
Ing. Ghizzoni Angela

Approvazioni:

PROGETTO ESECUTIVO (D.Lgs. 36/2023 - All. I-7)

C - ELABORATI SPECIALISTICI

SUB-INTERVENTO3.2 - SP80 VADO DI SOLE

Tavola/Allegato	*C32*	**Relazione geotecnica**			
Codice commessa	*T2502*	*Data di emissione* *Dicembre 2025*	*Rev* *01*	*Scala*	*Formato* *doc*
Codice elaborato	*ES32*	*Redatto* *Pietromartire L.*	*Controllato* *Pietromartire L.*	*Approvato* *Brandi R.*	

Dicembre 2025	*Brandi R.*	*Revisione*
Novembre 2025	*Brandi R.*	*Emissione Progetto Esecutivo*
Data	*Operatore*	*Descrizione*

SOMMARIO

1 PREMESSA 1

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 2

3 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO 2

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LOCALE 3

5 MODELLO GEOTECNICO LOCALE 5

6 ANALISI DEI CARICHI E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA 7

7 METODOLOGIA DI CALCOLO 10

ALLEGATO I – Calcolo e verifica muretto porta-barriera.

ALLEGATO II – Relazione sui materiali.

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica, a supporto del **Progetto Esecutivo** relativo agli interventi di messa in sicurezza ed adeguamento funzionale delle strade provinciali dell'Aquila, redatta in accordo a quanto riportato al cap. 6.2.2 delle Norme Tecniche del 2018, ha come obiettivo quello di definire il modello geotecnico utilizzato per il calcolo e verifica degli interventi di protezione previsti in progetto, ed ubicati a ridosso del tracciato della SP80 di Vado di sole a partire 2+000 circa e fino alla 4+500 circa.

In linea generale, per la definizione delle caratteristiche meccaniche delle formazione litologiche presenti, sono stati analizzati i risultati dei rilievi geo-strutturali della campagna geognostica e geofisica a supporto di questa fase progettuale e nel dettaglio riportati nell'elaborato **C31.ES31.0.T2502.Relazione geologica**.

Nell'elaborato, saranno oltremodo descritte le caratteristiche dei materiali da costruzione da utilizzare e le modalità di esecuzione degli interventi. Per la descrizione degli interventi si rimanda invece a quanto riportato nell'elaborato **C30.ES30.0.T2502.Relazione tecnica specialistica**.

In allegato alla presente relazione saranno fornite le verifiche relative al muretto porta-barriera previsto in progetto.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per il progetto degli interventi si è fatto riferimento al seguente quadro normativo:

- Nuove Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 17.01.2018;
- Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 C.S.LL.PP. delle NTC 2018;
- LINEA GUIDA ETAG ELABORATA DALL'ASSOCIAZIONE EUROPEA DEGLI ORGANISMI DI BTE (EOTA) SI INQUADRA NELL'AMBITO DELL'ATTUAZIONE DELLA DIRETTIVA EUROPEA 89/106 (PRODOTTI DA COSTRUZIONE) ORA REGOLAMENTO n. 305/2011 (UE).

3 DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- Elaborato **C31.ES31.0.T2502.Relazione geologica**.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LOCALE

La situazione litostratigrafica locale, come accennato in premessa, è stata ricostruita attraverso i risultati emersi nel corso del rilievo geologico strutturale e dall'analisi di quanto emerso dalle prove penetrometriche dinamiche super-pesanti eseguite lungo la SP80.

In particolare nell'area in studio sono presenti, lungo il versante e visibili in affioramento in corrispondenza dei tagli stradali della SP80 depositi calcarei appartenenti alle formazioni dei Calcari marnosi grigio e/o avana in strati e banchi.

Come anticipato in premessa, per la definizione puntuale dell'assetto litostratigrafico e delle sue caratteristiche fisico meccaniche è stato eseguito un rilievo geologico-geomorfologico in sito ed è stata eseguita una campagna di indagine sito specifica che ha previsto l'esecuzione in due prove penetrometriche dinamiche super pesanti ubicate in corrispondenza della sede stradale. Mentre per l'assegnazione della categoria di sottosuolo è stata eseguita un'indagine sismica di tipo MASW.

Data l'assenza di barriere di sicurezza passiva lungo la SP80, le prove penetrometriche dinamiche super pesanti sono state ubicate, nelle aree ritenute più rappresentative, in corrispondenza della banchina della carreggiata stradale. Esse hanno consentito di definire le caratteristiche fisico meccaniche e gli spessori dei depositi detritici ed antropici presenti.

Di seguito, si riporta una breve descrizione degli orizzonti stratigrafici intercettati nel corso delle prove, a partire dall'alto verso il basso:

- **DEPOSITO DETRITICO:** Costituito da detrito di versante con clasti calcarei eterometrici in matrice limosa misto a riporto antropico. Lo spessore dell'unità è variabile tra 1,80 e 4,20 m.
- **DEPOSITO CALCAREO**: Costituito da calcari marnosi avana e grigi molto fratturati. Presenti oltre i 4,20 m dal p.c.

L'aspetto morfologico della zona risulta condizionato direttamente dall'assetto geologico-strutturale e dal grado di erodibilità dei litotipi. La diversa natura dei litotipi affioranti si riflette sulle forme morfologiche a testimonianza di una risposta differenziata all'azione di modellamento degli agenti esogeni.

Le caratteristiche geomorfologiche dell'area in studio mettono in evidenza un controllo esercitato dall'acclività morfologica dei versanti, dalla natura litologica delle facies del substrato, dallo spessore delle coltri e dalla circolazione idrica.

L'evoluzione geomorfologica del territorio è stata condizionata dal sollevamento tettonico recente; in corrispondenza dei principali allineamenti tettonici si è instaurato il sistema drenante di superficie attuale che ha prodotto forti approfondimenti, per erosione lineare dei sistemi vallivi.

Le morfologie dell'area sono direttamente legate anche alla vicinanza con l'altopiano di Campo Imperatore. Tale pianoro, di origine tettonica, presenta una morfologia modellata da fenomeni alluvionali e soprattutto dai ghiacciai, dalla neve e dai fenomeni periglaciali. Sono, infatti, ancora visibili le morene di fondo, laterali e frontali di quello che, fino a quindicimila anni fa, costituiva uno dei ghiacciai più grandi dell'Appennino. La topografia presenta un andamento piuttosto variabile con cambiamenti di pendenze nel raggio di centinaia di metri, ciò si verifica non solo nei cambi litologici più evidenti tra distinte formazioni, ma anche entro la medesima unità qualora si presentino variazioni composizionali.

Si riporta di seguito lo stralcio della carta delle pendenze della SP80, nel tratto interessato dagli interventi, dove è possibile riscontrare pendenze variabili dai 45° ai 60°.

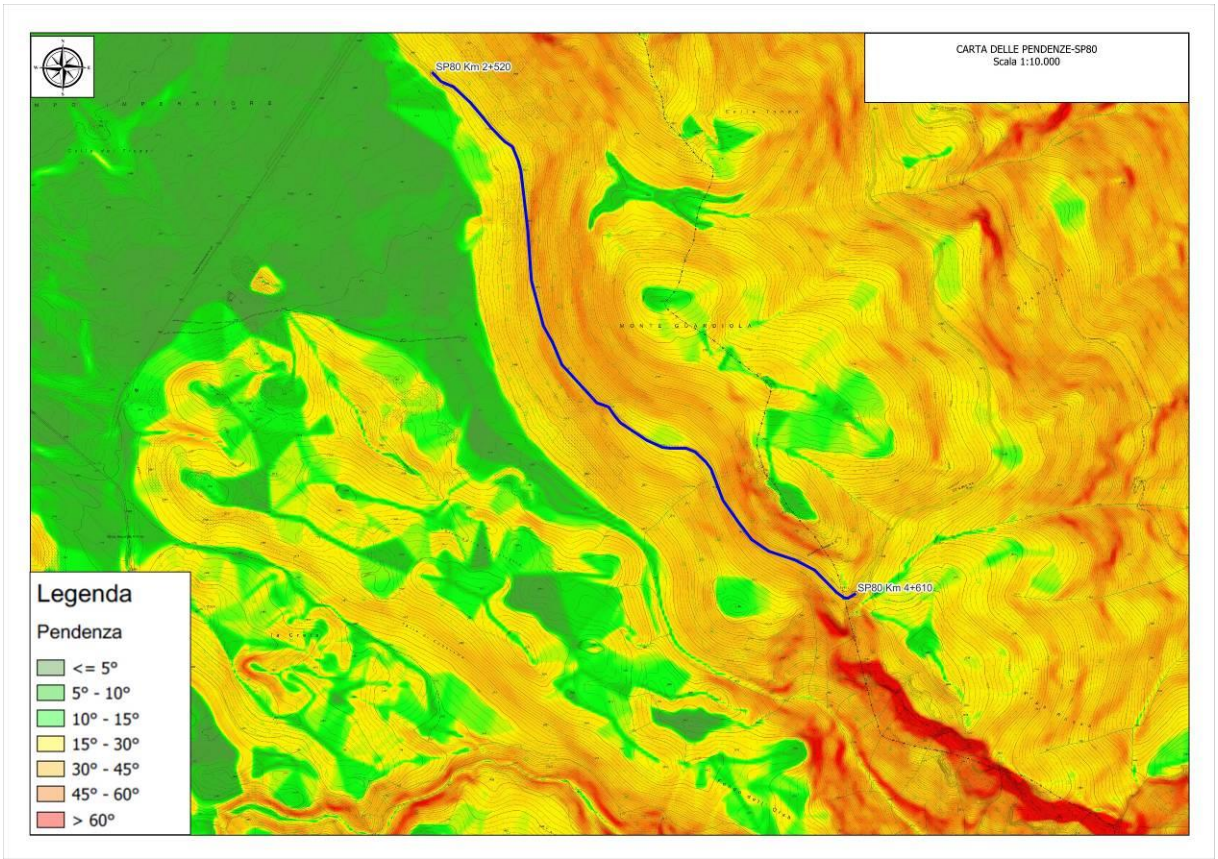


Figura 1 - Stralcio della carta delle pendenze per il tratto di strada oggetto degli interventi.

5 MODELLO GEOTECNICO LOCALE

Come descritto al precedente paragrafo, le caratteristiche geomeccaniche delle formazioni, sono state determinate in base ai risultati emersi dai rilievi geo-strutturali e dalla campagna geognostica e geofisica a supporto di questa fase progettuale.

Con particolare riferimento agli strati superficiali di terreno, si sono valutati ed interpretati i valori di resistenza alla penetrazione Nspt, registrati nel corso dell'esecuzione delle tre prove penetrometriche dinamiche previste. È stato possibile quindi determinare lo spessore medio dello strato di materiale detritico posto superiormente alla formazione di base. Di seguito, si riportano i grafici del Numero di colpi in funzione della profondità per le tre prove eseguite.

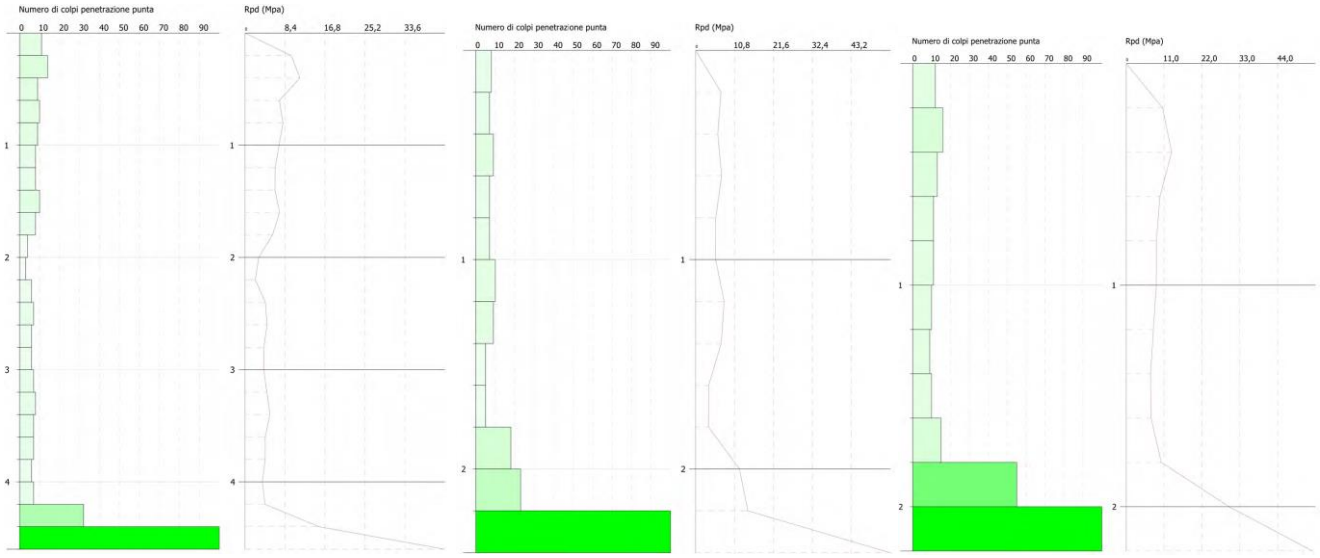


Figura 2 - Andamento di Nspt in funzione della profondità per le 3 DPSH eseguite.

Dal confronto dei grafici di cui sopra, è stato possibile verificare come lo strato superficiale di detrito varia il suo spessore da 1,80 m. fino a circa 4,00 m. di profondità. Dal punto di vista meccanico, lo strato risulta caratterizzato da un valore di NSPT medio pari a 8. Maggiori dettagli possono essere consultati nell'elaborato **C31.ES31.0.T2502.Relazione geologica**.

Di seguito si riporta il modello geotecnico per il tratto della SP80 interessata dagli interventi.

Tabella 1 Modello geotecnico.

SPESSORE DELLO STRATO	*SEZIONE STRATIGRAFICA*	*DESCRIZIONE*	*PARAMETRI DI BARTON*
1,80 – 4,00 m.		Detrito di versante	γ = 18,50 kN/m^3 $Ø_r$ = 27° C'= 2,00 kPa E = 7.000 Mpa **Nspt = 8**
> della prof. di 4,00 m.		Calcari marnosi	γ = 24,50 kN/m^3 $Ø_r$ = 33° C'= 200,00 kPa E = 80.000 Mpa

Dove

- $Ø_r$: Angolo di attrito residuo;
- γ Peso dell'unità di volume della roccia;
- C' Coesione efficace;
- E Modulo elastico del terreno.

6 ANALISI DEI CARICHI E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Per i dimensionamento del muretto porta barriera, si sono prese in considerazione le seguenti azioni:

- Azione di taglio derivante dall'eventuale accumulo di materiale a tergo della struttura e stimata in circa 7.30 kN/m, applicata ad una quota pari ad 1/3 dell'altezza della barriera;
- Azione di momento flettente derivante dall'azione di taglio di cui sopra e stimata pari a 3.70 kNm/m.;
- Peso proprio della barriera posto pari a 120 daN/m.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, si è fatto riferimento al capitolo conclusivo della relazione geologica in cui sono stati definiti i parametri sismici sito riferiti e di seguito riportati:

Categoria Topografica **T4**

Categoria di sottosuolo **B**

Considerando una vita nominale per le opere di progetto pari a 50 anni e, cautelativamente, una classe d'uso III; in coerenza con quanto riportato al capitolo §7.11.6.2.1 delle NTC 2018, è stata determinata l'azione sismica di progetto secondo un approccio pseudo-statico, definendo i coefficienti sismici orizzontali e verticali con le relazioni [7.11.6] e [7.11.7] delle NTC 2018.

Di seguito si riporta il calcolo dei parametri sismici di cui sopra, eseguito con l'applicativo di Geostru.

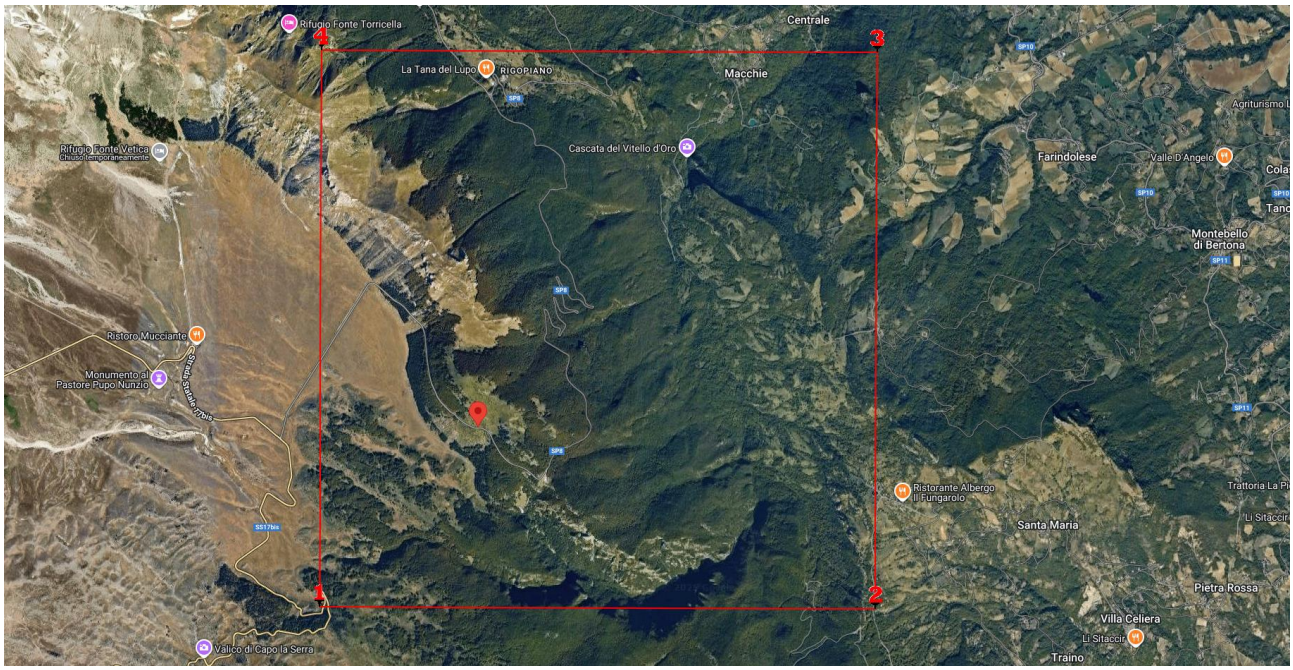


Figura 3 Stralcio del quadrante di riferimento della pericolosità sismica di base.

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Opere di sostegno NTC 2018
Muro rigido: 0

Sito in esame.
latitudine:42,4007916488277
longitudine: 13,7802143800058
Classe: 3
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 26311	Lat: 42,3847	Lon: 13,7610	Distanza: 2391,189
Sito 2	ID: 26312	Lat: 42,3845	Lon: 13,8286	Distanza: 4370,445
Sito 3	ID: 26090	Lat: 42,4345	Lon: 13,8289	Distanza: 5479,034
Sito 4	ID: 26089	Lat: 42,4347	Lon: 13,7612	Distanza: 4077,900

Parametri sismici
Categoria sottosuolo: B
Categoria topografica: T4
Periodo di riferimento: 75anni
Coefficiente cu: 1,5

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 45 [anni]
ag: 0,081 g
Fo: 2,403
Tc*: 0,290 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 75 [anni]
ag: 0,101 g
Fo: 2,395
Tc*: 0,306 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 712 [anni]
ag: 0,244 g
Fo: 2,478
Tc*: 0,355 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 1462 [anni]
ag: 0,311 g
Fo: 2,503
Tc*: 0,368 [s]

Coefficienti Sismici Opere di sostegno NTC 2018
SLO:
Ss: 1,200
Cc: 1,410
St: 1,400
Kh: 0,000
Kv: 0,000
Amax: 1,331
Beta: 0,000
SLD:
Ss: 1,200

Cc: 1,390
St: 1,400
Kh: 0,080
Kv: 0,040
Amax: 1,664
Beta: 0,470

SLV:

Ss: 1,160
Cc: 1,350
St: 1,400
Kh: 0,151
Kv: 0,075
Amax: 3,892
Beta: 0,380

SLC:

Ss: 1,090
Cc: 1,340
St: 1,400
Kh: 0,000
Kv: 0,000
Amax: 4,652
Beta: 0,000

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru

Coordinate WGS84
latitudine: 42.399823
longitudine: 13.779310

7 METODOLOGIA DI CALCOLO

Per il dimensionamento del muretto porta-barriera, si è ricorsi all'utilizzo del codice di calcolo implementato nel Software MDC della Geostru.

Tutte le verifiche di sicurezza sono state condotte in accordo al Decreto del 17 gennaio 2018 riportante l'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni ed in particolare seguendo le prescrizioni del capitolo 6 Progettazione Geotecnica.

In particolare, le verifiche del muretto sono state condotte nel rispetto del §6.5.3.1.1 delle NTC 2018 secondo l'approccio 2 e combinazione A1+M1+R3 tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.5.I. Per quanto concerne la valutazione della combinazione sismica di progetto, si è fatto riferimento a quanto indicato nel §7.11.6.2 delle NTC2018.

Per quanto riguarda le verifiche di stabilità globale, esse sono state condotte in accordo alle prescrizioni normative secondo l'Approccio 1 combinazione 2 A2+M2+R2. Le verifiche di stabilità globale sono state inoltre condotte in combinazione sismica secondo quanto prescritto al 7.11.6. Le verifiche sono state svolte lungo le sezioni rappresentative della scarpate caratterizzate da una maggiore acclività.

In merito alle verifiche di stabilità globale, si sottolinea che in ragione della tipologia di opera, individuata più come un manufatto di fondazione che di contenimento, la verifica di stabilità risulta trascurabile.

Per maggiori dettagli si rimanda all'allegato I della presente relazione.

ALLEGATO I – Calcolo e verifica muretto porta-barriera

RELAZIONE DI CALCOLO MURETTO PORTABARRIERA

Il programma MDC esegue il calcolo dei muri di sostegno secondo le seguenti fasi:

- Calcolo delle sollecitazioni sulla mensola in elevazione;
- Calcolo delle sollecitazioni sul piano di spinta verticale a monte della fondazione;
- Verifica a ribaltamento, scorrimento, carico limite;
- Progetto delle armature;
- Verifica di stabilità globale.

Calcolo della spinta attiva con Coulomb
Il calcolo della spinta attiva con il metodo di Coulomb è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura nell'ipotesi di parete ruvida.
Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione:

$$P_t = K_a \cdot \gamma_t \cdot z$$

La spinta S_t è applicata ad 1/3 H di valore

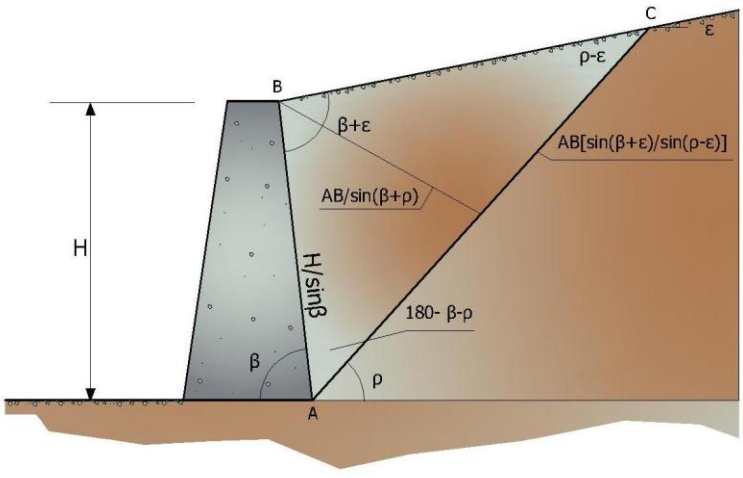
$$S_t = \frac{1}{2}\gamma_t \cdot H^2 \cdot K_a$$

Avendo indicato con:

$$K_a = \frac{\sin^2(\beta-\varphi)}{\sin^2\beta \cdot \sin(\beta+\delta)\cdot\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\delta+\varphi)\cdot\sin(\varphi-\varepsilon)}{\sin(\beta+\delta)\cdot\sin(\beta-\varepsilon)}}\right]^2}$$

Valori limite di K_a:

d < (b-φ-e) secondo Muller-Breslau
g_t= Peso unità di volume del terreno;
b= Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;
j= Angolo di resistenza al taglio del terreno;
d= Angolo di attrito terra-muro;
e= Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;
H= Altezza della parete.



Cuneo di rottura usato per la derivazione dell'equazione di Coulomb relativa alla pressione attiva.

Calcolo della spinta attiva con Rankine

Se e = d = 0 e b = 90° (muro con parete verticale liscia e terrapieno con superficie orizzontale) la spinta S_t si semplifica nella forma:

$$S_t = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \frac{(1-\sin\varphi)}{(1+\sin\varphi)} = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

che coincide con l'equazione di Rankine per il calcolo della spinta attiva del terreno con terrapieno orizzontale.

In effetti Rankine adottò essenzialmente le stesse ipotesi fatte da Coulomb, ad eccezione del fatto che trascurò l'attrito terra-muro e la presenza di coesione. Nella sua formulazione generale l'espressione di K_a di Rankine si presenta come segue:

$$K_a = \cos\varepsilon \frac{\cos\varepsilon - \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}{\cos\varepsilon + \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}$$

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di Mononobe & Okabe riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo e, di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo b, di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità ϑ tale che:

$$\tan\vartheta = \left(\frac{k_h}{1 \pm k_h}\right)$$

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Calcolo coefficienti sismici

Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni (NTC 2018):

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right); \; k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove

β_m = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

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

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al § 3.2.3.2;

ag = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito è pari a:

β_m = 0.38 nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)
β_m = 0.47 nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).
Per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario. I valori del coefficiente βm possono essere incrementati in ragione di particolari caratteristiche prestazionali del muro, prendendo a riferimento il diagramma di Figura 7.11.3 di cui al successivo § 7.11.6.3.2.

Nel caso di 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 di quella statica. Negli altri casi, in assenza di specifici studi, si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.
Lo stato limite di ribaltamento deve essere trattato impiegando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e utilizzando valori di β_m incrementati del 50% rispetto a quelli innanzi indicati e comunque non superiori all'unità.

Le NTC 2008 calcolano i coefficienti k_h e k_v in dipendenza di vari fattori:

$$k_h = \beta_m \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right); k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito; per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno il coefficiente β_m assume valore unitario. Per i muri liberi di traslare o ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuto al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di studi specifici, si assume che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.
a_{max}= Accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
g= Accelerazione di gravità.
Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

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

S= coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_S e di amplificazione topografica S_T.
a_g= accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-PVR)}$$

Con V_R vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso V_R dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Per l'applicazione dell'Eurocodice 8 (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$k_h = \frac{a_{gR} \cdot \gamma_I \cdot S}{g}$$

a_{gR}= Accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante;

γ_I= Fattore di importanza;
S= Soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E);
$a_g = a_{gR}\gamma_I$ è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale k_V è definito in funzione di k_h, e vale:

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

Effetto dovuto alla coesione
La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

$$P_c = -2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a}$$

Non essendo possibile stabilire a priori quale sia il decremento indotto nella spinta per effetto della coesione, è stata calcolata un'altezza critica Z_C come segue:

$$Z_c = \frac{2 \cdot c}{\gamma} \cdot \frac{1}{\sqrt{K_A}} - \frac{Q \cdot \frac{\sin\beta}{\sin(\beta+\varepsilon)}}{\gamma}$$

dove
Q = Carico agente sul terrapieno.

Se $Z_C < 0$ è possibile sovrapporre direttamente gli effetti, con decremento pari a:

$$S_c = P_c \cdot H$$

con punto di applicazione pari a H/2.

Carico uniforme sul terrapieno
Un carico Q, uniformemente distribuito sul piano campagna induce delle pressioni costanti pari a:

$$P_q = K_a \cdot Q \cdot \frac{\sin\beta}{\sin(\beta+\varepsilon)}$$

Per integrazione, una spinta pari a S_q:

$$S_q = K_a \cdot Q \cdot H \frac{\sin\beta}{\sin(\beta+\varepsilon)}$$

Con punto di applicazione ad H/2, avendo indicato con K_a il coefficiente di spinta attiva secondo Muller-Breslau.

Spinta attiva in condizioni sismiche
In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sul muro è data da:

$$E_d = \frac{1}{2}\gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot KH^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

Dove:

H= Altezza muro;
k_v= Coefficiente sismico verticale;
g= Peso per unità di volume del terreno;
K= Coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico);
E_{ws}= Spinta idrostatica dell'acqua;
E_{wd}= Spinta idrodinamica.
Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica E_{wd} = 0, ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo ϑ della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

$$\operatorname{tg}\vartheta = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_{sat} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mp k_v}$$

Nei terreni ad elevata permeabilità in condizioni dinamiche continua a valere la correzione di cui sopra, ma la spinta idrodinamica assume la seguente espressione:

$$E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H'^2$$

Con H' altezza del livello di falda misurato a partire dalla base del muro.

Spinta idrostatica
La falda con superficie distante H_W dalla base del muro induce delle pressioni idrostatiche normali alla parete che, alla profondità z, sono espresse come segue:

$$P_w(z) = \gamma_w \cdot z$$

Con risultante pari a:

$$S_w = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot H^2$$

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo g_t con g'_t (g'_t = g_{saturo} - g_W), peso efficace del materiale immerso in acqua.

Resistenza passiva
Per terreno omogeneo il diagramma delle pressioni risulta lineare del tipo:

$$P_t = K_p \cdot \gamma_t \cdot z$$

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

$$S_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_t \cdot H^2 \cdot K_p$$

Avendo indicato con:

$$K_p = \frac{\sin^2(\varphi + \beta)}{\sin^2\beta \cdot \sin(\beta - \delta) \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\delta + \varphi) \cdot \sin(\varphi + \varepsilon)}{\sin(\beta - \delta) \cdot \sin(\beta - \varepsilon)}}\right]^2}$$

(Muller-Breslau) con valori limiti di d pari a:

$$\delta < \beta - \varphi - \varepsilon$$

L'espressione di K_p secondo la formulazione di Rankine assume la seguente forma:

$$K_p = \frac{\cos\varepsilon + \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}{\cos\varepsilon - \sqrt{\cos^2\varepsilon - \cos^2\varphi}}$$

Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

VESIC - Analisi a breve termine

Affinché la fondazione di un muro possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$V_d \le R_d$$

Dove V_d è il carico di progetto, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso del muro; mentre R_d è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici.

Nella valutazione analitica del carico limite di progetto R_d si devono considerare le situazioni a breve e a lungo termine nei terreni a grana fine. Il carico limite di progetto in condizioni non drenate si calcola come:

$$\frac{R}{A'} \le (2+\pi)\cdot c_u \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q$$

Dove:

A' = B'L' area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.
c_u= Coesione non drenata;
q= Pressione litostatica totale sul piano di posa;
s_c= Fattore di forma;

$s_c = 0.2 \cdot \left(\frac{B'}{L'}\right)$ per fondazioni rettangolari, il valore di s_c viene assunto pari ad 1 per fondazioni nastriformi

d_c= Fattore di profondità;

$d_c = 0.4 \cdot K$ con $K = \frac{D}{B}$ se $\frac{D}{B} \le 1$ altrimenti $K = \arctan\frac{D}{B}$

i_c= Fattore correttivo per l'inclinazione del carico dovuta ad un carico H;

$$i_c = 1 - \frac{2H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

A_f= Area efficace della fondazione;
c_a= Aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

VESIC - Analisi a lungo termine

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$\frac{R}{A'} \le c'\cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q'\cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma'\cdot B'\cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan\varphi'} \tan^2\left(45 + \frac{\varphi'}{2}\right)$$
$$N_c = \left(N_q - 1\right) \cdot \cot\varphi'$$
$$N_\gamma = 2 \cdot \left(N_q + 1\right) \cdot \tan\varphi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'}\right) \cdot \tan\varphi'$$ per forma rettangolare

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{B'}{L'}\right)$$ per forma rettangolare

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$$ per forma rettangolare, quadrata o circolare

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B'

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot\varphi'}\right)^m$$
$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cot\varphi'}\right)^{m+1}$$
$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan\varphi'}$$
$$m = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}}$$

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$
$$d_q = 1 + 2\tan\varphi \cdot \left(1 - \sin\varphi\right) \cdot K$$
$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \le 1 \text{ altrimenti } K = \arctan\frac{D}{B}$$
$$d_\gamma = 1$$

HANSEN - Analisi a breve termine

$$\frac{R}{A'} \le \left(2 + \pi\right) \cdot c_u \left(1 + s_c + d_c - i_c\right) + q$$

Dove:

A' = B' L' area della fondazione efficace di progetto, intesa, in caso di carico eccentrico, come l'area ridotta al cui centro viene applicata la risultante del carico.
c_u= Coesione non drenata;
q= Pressione litostatica totale sul piano di posa;
s_c= Fattore di forma, $s_c = 0$ per fondazioni nastriformi;
d_c= Fattore di profondità;

$$d_c = 0.4 \cdot K \text{ con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \le 1 \text{ altrimenti } K = \arctan\frac{D}{B}$$

i_c= Fattore correttivo di inclinazione del carico;

$$i_c = 0.5 - 0.5\sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

A_f= Area efficace della fondazione;

c_a= Aderenza alla base, pari alla coesione o ad una sua frazione.

HANSEN- Analisi a lungo termine

Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

$$\frac{R}{A'} \le c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot d_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot d_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot d_\gamma$$

Dove:

$$N_q = e^{\pi \tan\varphi'} \tan^2\left(45 + \frac{\varphi'}{2}\right)$$

$$N_c = \left(N_q - 1\right) \cdot \cot\varphi'$$

$$N_\gamma = 1.5 \cdot \left(N_q - 1\right) \cdot \tan\varphi'$$

Fattori di forma

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'}\right) \cdot \tan\varphi'$$ per forma rettangolare

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{B'}{L'}\right)$$ per forma rettangolare

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$$ per forma rettangolare, quadrata o circolare.

$$s_c = s_q = s_\gamma = 1$$ per fondazione nastriforme

Fattori inclinazione risultante dovuta ad un carico orizzontale H parallelo a B’

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot\varphi'}\right)^5$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cot\varphi'}\right)^5$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

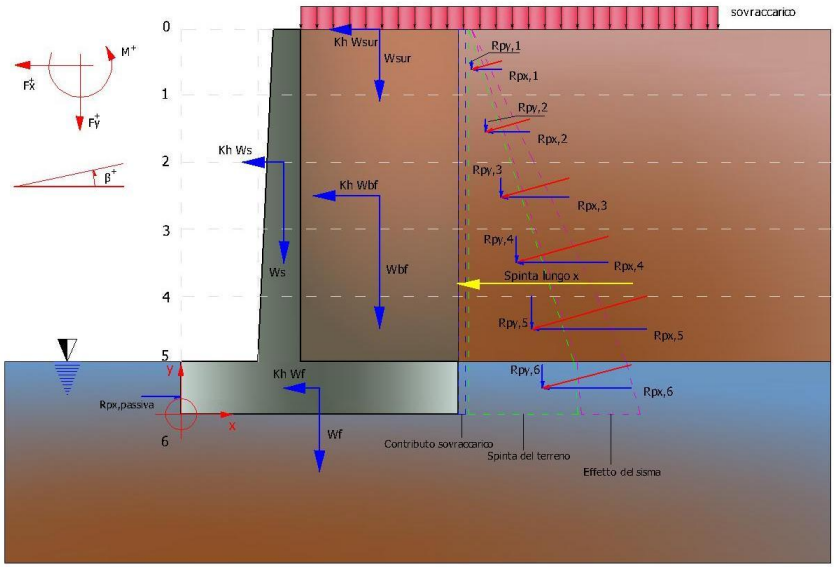
$$d_q = 1 + 2\tan\varphi\left(1 - \sin\varphi\right) \cdot K$$

$$\text{con } K = \frac{D}{B} \text{ se } \frac{D}{B} \le 1 \text{ altrimenti } K = \arctan\frac{D}{B}$$

$$d_\gamma = 1$$

Sollecitazioni muro

Per il calcolo delle sollecitazioni il muro è stato discretizzato in n-tratti in funzione delle sezioni significative e per ogni tratto sono state calcolate le spinte del terreno (valutate secondo un piano di rottura passante per il paramento lato monte), le risultanti delle forze orizzontali e verticali e le forze inerziali.



Schema delle forze agenti su un muro e convenzioni sui segni

Calcolo delle spinte per le verifiche globali

Le spinte sono state valutate ipotizzando un piano di rottura passante per l'estradosso della mensola di fondazione lato monte, tale piano è stato discretizzato in n-tratti.

Convenzione segni

Forze verticali positive se dirette dall'alto verso il basso;
Forze orizzontali positive se dirette da monte verso valle;
Coppie positive se antiorarie;
Angoli positivi se antiorari.

Dati generali

Lat./Long. [WGS84]	42.399823/13.77931
Normativa GEO: D.M. 17 gennaio 2018	
Normativa STR: D.M. 17 gennaio 2018	
Spinta	Mononobe & Okabe

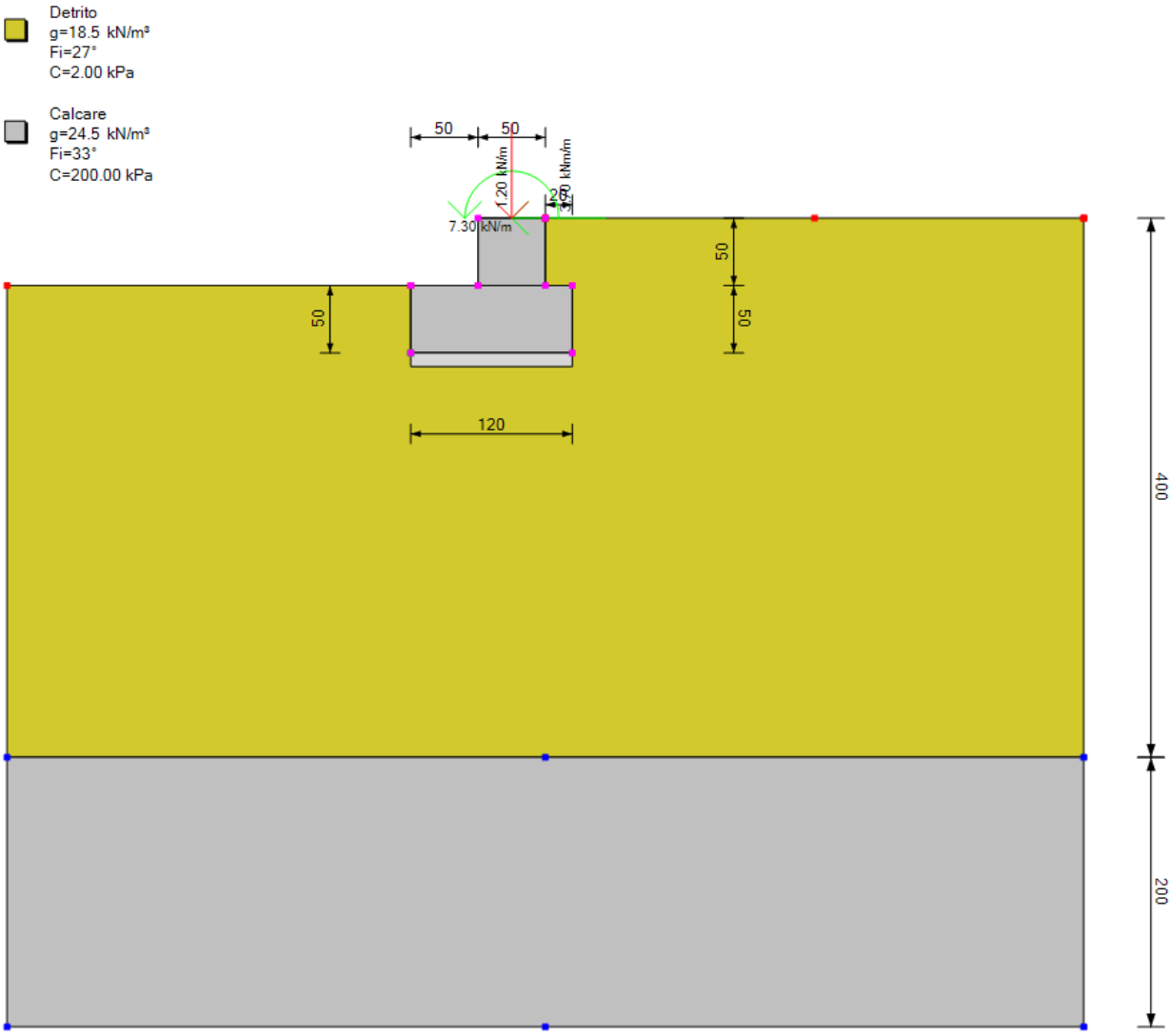


Figura 1 - Modello di calcolo muretto porta-barriera

Dati generali muro

Altezza muro	50.0 cm
Spessore testa muro	50.0 cm
Risega muro lato valle	0.0 cm
Risega muro lato monte	0.0 cm
Sporgenza mensola a valle	50.0 cm
Sporgenza mensola a monte	20.0 cm
Svaso mensola a valle	0.0 cm
Altezza estremità mensola a valle	50.0 cm
Altezza estremità mensola a monte	50.0 cm

Coefficienti sismici [N.T.C.]

==========

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe III
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	75.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T4

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	45.0	0.794	2.403	0.29
S.L.D.	75.0	0.99	2.395	0.306
S.L.V.	712.0	2.393	2.478	0.355
S.L.C.	1462.0	3.05	2.503	0.368

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Classe III

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	1.3339	0.0	0.0	0.0
S.L.D.	1.6632	0.47	0.0797	0.0399
S.L.V.	3.8799	0.38	0.1504	0.0752
S.L.C.	4.6483	0.0	0.0	0.0

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione	
1	400	0	18.50	27	2.00	18	No		Detrito	
2	200	0	24.50	33	200.00	22	No		Calcare	

Carichi concentrati

Descrizione	Posizione x (cm)	Posizione y (cm)	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)	Mz (kNm/m)
Azioni della barriera	75.0	100.0	7.3	0.0	3.7
Peso barriera	75.0	100.0	0.0	1.2	0.0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.30
3	Peso terreno mensola	1.30
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	Azioni della barriera	1.50
8	Peso barriera	1.50

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1
	Ribaltamento	1

A2+M2+R2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00

3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	Azioni della barriera	1.30
8	Peso barriera	1.30

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1
	Ribaltamento	1

EQU+M2

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	0.90
2	Spinta terreno	1.10
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	Azioni della barriera	1.00
8	Peso barriera	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1
	Ribaltamento	1

SISMA4

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00

5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	Azioni della barriera	1.00
8	Peso barriera	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1.25
2	Coesione efficace	1.25
3	Resistenza non drenata	1.4
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1
	Ribaltamento	1

SLE 5

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.00
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.00
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	1.00
6	Spinta sismica in y	1.00
7	Azioni della barriera	1.00
8	Peso barriera	1.00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1
	Ribaltamento	1

A1+M1+R1 [STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
100.0	90.0	18.5	0.0	27.0	18.0	2.0	0.0	
90.0	80.0	18.5	0.0	27.0	18.0	2.0	0.0	
80.0	70.0	18.5	0.0	27.0	18.0	2.0	0.0	
70.0	60.0	18.5	0.0	27.0	18.0	2.0	0.0	
60.0	50.0	18.5	0.0	27.0	18.0	2.0	0.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

µ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

µ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
18.0	0.33	0.0	0.0	0.32	0.1	0.0	0.0
18.0	0.33	0.0	0.0	0.32	0.1	0.0	0.0
18.0	0.33	0.0	0.0	0.32	0.1	0.0	0.0
18.0	0.33	0.0	0.0	0.32	0.1	0.0	0.0
18.0	0.33	0.0	0.0	0.32	0.1	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	100.0	90.0	0.0	0.0	95.0	95.0
2	90.0	80.0	0.0	0.0	85.0	85.0
3	80.0	70.0	0.0	0.0	75.0	75.0
4	70.0	60.0	0.0	0.0	60.86	60.86
5	60.0	50.0	0.06	0.01	53.9	53.9

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py	Peso del muro (kN);
Px	Forza inerziale (kN);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
90.0	0.0	1.25	75.0	95.0
80.0	0.0	2.5	75.0	90.0
70.0	0.0	3.75	75.0	85.0
60.0	0.0	5.0	75.0	80.0
50.0	0.0	6.25	75.0	75.0

Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
90.0	10.95	3.05	6.65	50.0
80.0	10.95	4.3	7.74	50.0
70.0	10.95	5.55	8.84	50.0
60.0	10.95	6.8	9.93	50.0
50.0	11.01	8.07	11.02	50.0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv	Area dei ferri lato valle.
Afm	Area dei ferri lato monte.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	3.18	172.58	S	196.63	0.0	17.61
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	4.63	172.87	S	196.65	0.0	17.61
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	5.71	173.1	S	196.67	0.0	17.61
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	6.8	173.32	S	196.68	0.0	17.61
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	8.24	173.62	S	196.7	0.0	17.52

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (120.0/0.0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (120.0/100.0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
100.0	90.0	18.5	0.0	27.0	27.0	2.0	0.0	
90.0	80.0	18.5	0.0	27.0	27.0	2.0	0.0	
80.0	70.0	18.5	0.0	27.0	27.0	2.0	0.0	
70.0	60.0	18.5	0.0	27.0	27.0	2.0	0.0	
60.0	50.0	18.5	0.0	27.0	27.0	2.0	0.0	
50.0	0.0	18.5	0.0	27.0	18.0	2.0	0.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

µ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
27.0	0.33	0.0	0.0	0.29	0.15	0.0	0.0
27.0	0.33	0.0	0.0	0.29	0.15	0.0	0.0
27.0	0.33	0.0	0.0	0.29	0.15	0.0	0.0
27.0	0.33	0.0	0.0	0.29	0.15	0.0	0.0
27.0	0.33	0.0	0.0	0.29	0.15	0.0	0.0
18.0	0.33	0.0	0.0	0.32	0.1	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)
Qf Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	100.0	90.0	0.0	0.0	95.0	95.0
2	90.0	80.0	0.0	0.0	85.0	85.0
3	80.0	70.0	0.0	0.0	75.0	75.0
4	70.0	60.0	0.0	0.0	60.8	60.8
5	60.0	50.0	0.05	0.02	53.87	53.87
6	50.0	0.0	1.3	0.58	18.86	21.54

SPINTE IN FONDAZIONE
Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato (cm);
G Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
ß Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
50.0	0.0	18.5	180.0	27.0	18.0	2.0	180.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
Kp Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
198.0	2.66	-2.53	-0.82

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)
Qf Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	50.0	0.0	-8.96	-1.03	19.55	12.25

Sollecitazioni totali

Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	1.35	0.6	-0.44
Carichi esterni	10.95	1.8	15.15
Peso muro	0.0	6.25	-4.69
Peso fondazione	0.0	15.0	-9.0
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	2.41	-2.65
Spinte fondazione	-8.96	-1.03	-1.75
	3.34	**25.02**	**-3.38**

Momento stabilizzante -18.4 kNm
Momento ribaltante 15.02 kNm

MENSOLA A VALLE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
40.49	-8.96	-20.99	-5.66	50.0
50.0	-8.96	-19.81	-7.6	50.0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	8.96	173.77	S	196.71	0.0	9.19
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	8.96	173.77	S	196.71	0.0	9.74

MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
100.0	1.3	4.95	-0.63	50.0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	1.05	172.14	S	196.61	0.0	38.98

A2+M2+R2 [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato (cm);
G Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
ß Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
100.0	90.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	
90.0	80.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	
80.0	70.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	
70.0	60.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	
60.0	50.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

µ Angolo di direzione della spinta.
Ka Coefficiente di spinta attiva.
Kd Coefficiente di spinta dinamica.
Dk Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

µ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
18.0	0.4	0.0	0.0	0.38	0.12	0.0	0.0
18.0	0.4	0.0	0.0	0.38	0.12	0.0	0.0
18.0	0.4	0.0	0.0	0.38	0.12	0.0	0.0
18.0	0.4	0.0	0.0	0.38	0.12	0.0	0.0
18.0	0.4	0.0	0.0	0.38	0.12	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)
Qf Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	100.0	90.0	0.0	0.0	95.0	95.0
2	90.0	80.0	0.0	0.0	85.0	85.0
3	80.0	70.0	0.0	0.0	70.86	70.86
4	70.0	60.0	0.05	0.02	63.9	63.9
5	60.0	50.0	0.12	0.04	54.53	54.53

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
90.0	0.0	1.25	75.0	95.0
80.0	0.0	2.5	75.0	90.0
70.0	0.0	3.75	75.0	85.0
60.0	0.0	5.0	75.0	80.0
50.0	0.0	6.25	75.0	75.0

Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
90.0	9.49	2.81	5.76	50.0
80.0	9.49	4.06	6.71	50.0
70.0	9.49	5.31	7.66	50.0
60.0	9.55	6.58	8.6	50.0
50.0	9.67	7.87	9.55	50.0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv Area dei ferri lato valle.
Afm Area dei ferri lato monte.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);

Sic. VT min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	2.82	172.5	S	196.63	0.0	20.32
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	3.9	172.73	S	196.64	0.0	20.32
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	5.35	173.02	S	196.66	0.0	20.32
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	6.8	173.32	S	196.68	0.0	20.21
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	8.24	173.62	S	196.7	0.0	19.95

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (120.0/0.0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (120.0/100.0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato (cm);
G Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
ß Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
100.0	90.0	18.5	0.0	22.18	22.18	1.6	0.0	
90.0	80.0	18.5	0.0	22.18	22.18	1.6	0.0	
80.0	70.0	18.5	0.0	22.18	22.18	1.6	0.0	
70.0	60.0	18.5	0.0	22.18	22.18	1.6	0.0	
60.0	50.0	18.5	0.0	22.18	22.18	1.6	0.0	
50.0	0.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
Ka Coefficiente di spinta attiva.
Kd Coefficiente di spinta dinamica.
Dk Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
22.18	0.39	0.0	0.0	0.36	0.15	0.0	0.0
22.18	0.39	0.0	0.0	0.36	0.15	0.0	0.0
22.18	0.39	0.0	0.0	0.36	0.15	0.0	0.0
22.18	0.39	0.0	0.0	0.36	0.15	0.0	0.0
22.18	0.39	0.0	0.0	0.36	0.15	0.0	0.0
18.0	0.4	0.0	0.0	0.38	0.12	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)
Qf Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	100.0	90.0	0.0	0.0	95.0	95.0
2	90.0	80.0	0.0	0.0	85.0	85.0
3	80.0	70.0	0.0	0.0	70.81	70.81
4	70.0	60.0	0.05	0.02	63.88	63.88
5	60.0	50.0	0.12	0.05	54.52	54.52
6	50.0	0.0	1.6	0.66	20.45	21.41

SPINTE IN FONDAZIONE
Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato (cm);
G Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
ß Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
50.0	0.0	18.5	180.0	22.18	18.0	1.6	180.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
Kp Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
198.0	2.21	-2.1	-0.68

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)
Qf Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	50.0	0.0	-7.13	-0.93	19.31	12.79

Sollecitazioni totali

Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	1.77	0.73	-0.45
Carichi esterni	9.49	1.56	13.13
Peso muro	0.0	6.25	-4.69
Peso fondazione	0.0	15.0	-9.0
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	1.85	-2.04
Spinte fondazione	-7.13	-0.93	-1.38
	4.13	**24.46**	**-4.42**

Momento stabilizzante -17.77 kNm
Momento ribaltante 13.35 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	11.26 kN
Sommatoria forze verticali	25.39 kN
Coefficiente di attrito	0.41
Adesione	1.6 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	25.39 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	11.26 kN
Resistenza terreno	19.4 kN

Coeff. sicurezza traslazione Csd	**1.72**

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-17.77 kNm
Momento ribaltante	13.35 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	**1.33**

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	4.13 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	24.46 kN
Somma momenti	-4.42 kNm
Larghezza fondazione	120.0 cm
Lunghezza	1000.0 cm
Eccentricità su B	41.93 cm
Peso unità di volume	18.5 KN/m³
Angolo di resistenza al taglio	22.18 °
Coesione	1.6 kPa
Terreno sulla fondazione	50.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	18.5 KN/m³
Nq	7.96
Nc	17.08
Ng	7.31
Fattori di forma	
sq	1.01
sc	1.02
sg	0.99
Inclinazione carichi	
iq	0.71
ic	0.67
ig	0.6
Fattori di profondità	
dq	1.3
dc	1.38
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	39.37 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	**1.61**

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	18.07 cm

Larghezza della fondazione	120.0 cm
x = 0.0 cm	90.24 kPa
x = 54.21 cm	0.00 kPa

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
50.0	-7.13	-18.99	-6.3	50.0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	7.52	173.47	S	196.69	0.0	10.16

MENSOLA A MONTE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
100.0	1.6	5.08	-0.65	50.0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	1.75	172.28	S	196.61	0.0	37.96

EQU+M2 [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
100.0	90.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	
90.0	80.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	
80.0	70.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	
70.0	60.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	
60.0	50.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

µ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
18.0	0.4	0.0	0.0	0.38	0.12	0.0	0.0
18.0	0.4	0.0	0.0	0.38	0.12	0.0	0.0
18.0	0.4	0.0	0.0	0.38	0.12	0.0	0.0
18.0	0.4	0.0	0.0	0.38	0.12	0.0	0.0
18.0	0.4	0.0	0.0	0.38	0.12	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)
Qf Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	100.0	90.0	0.0	0.0	95.0	95.0
2	90.0	80.0	0.0	0.0	85.0	85.0
3	80.0	70.0	0.0	0.0	70.86	70.86
4	70.0	60.0	0.06	0.02	63.9	63.9
5	60.0	50.0	0.14	0.04	54.53	54.53

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py Peso del muro (kN);
Px Forza inerziale (kN);
Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
90.0	0.0	1.13	75.0	95.0
80.0	0.0	2.25	75.0	90.0
70.0	0.0	3.38	75.0	85.0
60.0	0.0	4.5	75.0	80.0
50.0	0.0	5.63	75.0	75.0

Sollecitazioni sul muro

Quota Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
90.0	7.3	2.33	4.43	50.0
80.0	7.3	3.45	5.16	50.0
70.0	7.3	4.58	5.89	50.0
60.0	7.36	5.72	6.62	50.0
50.0	7.5	6.88	7.35	50.0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv	Area dei ferri lato valle.
Afm	Area dei ferri lato monte.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	2.46	172.43	S	196.62	0.0	26.41
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	3.54	172.65	S	196.64	0.0	26.42
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	4.63	172.87	S	196.65	0.0	26.41
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	6.07	173.17	S	196.67	0.0	26.2
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	6.8	173.32	S	196.68	0.0	25.73

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (120.0/0.0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (120.0/100.0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
100.0	90.0	18.5	0.0	22.18	22.18	1.6	0.0	
90.0	80.0	18.5	0.0	22.18	22.18	1.6	0.0	
80.0	70.0	18.5	0.0	22.18	22.18	1.6	0.0	
70.0	60.0	18.5	0.0	22.18	22.18	1.6	0.0	
60.0	50.0	18.5	0.0	22.18	22.18	1.6	0.0	
50.0	0.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

µ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

µ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
22.18	0.39	0.0	0.0	0.36	0.15	0.0	0.0
22.18	0.39	0.0	0.0	0.36	0.15	0.0	0.0
22.18	0.39	0.0	0.0	0.36	0.15	0.0	0.0
22.18	0.39	0.0	0.0	0.36	0.15	0.0	0.0
22.18	0.39	0.0	0.0	0.36	0.15	0.0	0.0
18.0	0.4	0.0	0.0	0.38	0.12	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)
Qf	Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	100.0	90.0	0.0	0.0	95.0	95.0
2	90.0	80.0	0.0	0.0	85.0	85.0
3	80.0	70.0	0.0	0.0	70.81	70.81
4	70.0	60.0	0.06	0.02	63.88	63.88
5	60.0	50.0	0.13	0.05	54.52	54.52
6	50.0	0.0	1.76	0.66	20.45	21.41

SPINTE IN FONDAZIONE
Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato (cm);
G Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
ß Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
50.0	0.0	18.5	180.0	22.18	18.0	1.6	180.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

µ Angolo di direzione della spinta.
Kp Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

µ	Kp	Kpx	Kpy
198.0	2.21	-2.1	-0.68

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)
Qf Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	50.0	0.0	-7.13	-0.93	19.31	12.79

Sollecitazioni totali

Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	1.95	0.73	-0.41

Carichi esterni	7.3	1.2	10.1
Peso muro	0.0	5.63	-4.22
Peso fondazione	0.0	13.5	-8.1
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.0	1.85	-2.04
Spinte fondazione	-7.13	-0.93	-1.38
	2.12	**21.97**	**-6.04**

Momento stabilizzante -16.13 kNm
Momento ribaltante 10.09 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	9.25 kN
Sommatoria forze verticali	22.9 kN
Coefficiente di attrito	0.41
Adesione	1.6 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	22.9 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	9.25 kN
Resistenza terreno	18.39 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	**1.99**

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-16.13 kNm
Momento ribaltante	10.09 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	**1.6**

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	2.12 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	21.97 kN
Somma momenti	-6.04 kNm
Larghezza fondazione	120.0 cm
Lunghezza	1000.0 cm
Eccentricità su B	32.52 cm
Peso unità di volume	18.5 KN/m³
Angolo di resistenza al taglio	22.18 °
Coesione	1.6 kPa
Terreno sulla fondazione	50.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	18.5 KN/m³
Nq	7.96
Nc	17.08

Ng	7.31
Fattori di forma	
sq	1.02
sc	1.03
sg	0.98
Inclinazione carichi	
iq	0.84
ic	0.81
ig	0.76
Fattori di profondità	
dq	1.29
dc	1.36
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	76.86 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	**3.5**

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	27.48 cm
Larghezza della fondazione	120.0 cm
x = 0.0 cm	53.31 kPa
x = 82.44 cm	0.00 kPa

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
50.0	-7.13	-13.88	-3.97	50.0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi	Area dei ferri inferiori.
Afs	Area dei ferri superiori.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);

Sic. VT min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	7.52	173.47	S	196.69	0.0	13.9

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
100.0	1.76	4.83	-0.64	50.0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	1.75	172.28	S	196.61	0.0	39.93

SISMA4 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0.1504
Coefficiente sismico verticale Kv 0.0752

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato (cm);
G Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);

Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
ß Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
100.0	90.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	
90.0	80.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	
80.0	70.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	
70.0	60.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	
60.0	50.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.
Ka Coefficiente di spinta attiva.
Kd Coefficiente di spinta dinamica.
Dk Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
18.0	0.4	0.56	0.19	0.38	0.12	0.18	0.06
18.0	0.4	0.56	0.19	0.38	0.12	0.18	0.06
18.0	0.4	0.56	0.19	0.38	0.12	0.18	0.06
18.0	0.4	0.56	0.19	0.38	0.12	0.18	0.06
18.0	0.4	0.56	0.19	0.38	0.12	0.18	0.06

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)
Qf Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	100.0	90.0	0.02	0.01	93.33	93.33
2	90.0	80.0	0.05	0.02	84.44	84.44
3	80.0	70.0	0.09	0.03	74.57	74.57
4	70.0	60.0	0.17	0.06	64.5	64.5
5	60.0	50.0	0.28	0.09	54.69	54.69

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

Py	Peso del muro (kN);
Px	Forza inerziale (kN);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
90.0	0.19	1.25	75.0	95.0
80.0	0.38	2.5	75.0	90.0
70.0	0.56	3.75	75.0	85.0
60.0	0.75	5.0	75.0	80.0
50.0	0.94	6.25	75.0	75.0

Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);
H	Altezza sezione di calcolo (cm);

Quota	Fx	Fy	M	H
90.0	7.51	2.46	4.44	50.0
80.0	7.74	3.72	5.2	50.0
70.0	8.02	5.0	5.98	50.0
60.0	8.38	6.31	6.78	50.0
50.0	8.84	7.65	7.62	50.0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afv	Area dei ferri lato valle.
Afm	Area dei ferri lato monte.
Nu	Sforzo normale ultimo (kN);
Mu	Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd	Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT	min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu	Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	2.46	172.43	S	196.62	0.0	25.69
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	3.9	172.73	S	196.64	0.0	24.9
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	5.35	173.02	S	196.66	0.0	24.05
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	6.43	173.25	S	196.68	0.0	23.02
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	7.52	173.47	S	196.7	0.0	21.81

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (120.0/0.0)
Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (120.0/100.0)
Centro di rotazione (xro,yro) = (0.0/0.0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
ß	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
100.0	90.0	18.5	0.0	22.18	22.18	1.6	0.0	
90.0	80.0	18.5	0.0	22.18	22.18	1.6	0.0	
80.0	70.0	18.5	0.0	22.18	22.18	1.6	0.0	
70.0	60.0	18.5	0.0	22.18	22.18	1.6	0.0	
60.0	50.0	18.5	0.0	22.18	22.18	1.6	0.0	
50.0	0.0	18.5	0.0	22.18	18.0	1.6	0.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

µ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

µ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
22.18	0.39	0.56	0.2	0.36	0.15	0.19	0.08
22.18	0.39	0.56	0.2	0.36	0.15	0.19	0.08
22.18	0.39	0.56	0.2	0.36	0.15	0.19	0.08
22.18	0.39	0.56	0.2	0.36	0.15	0.19	0.08
22.18	0.39	0.56	0.2	0.36	0.15	0.19	0.08
18.0	0.4	0.56	0.19	0.38	0.12	0.18	0.06

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota iniziale strato (cm)

Qf Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	100.0	90.0	0.02	0.01	93.33	93.33
2	90.0	80.0	0.05	0.02	84.44	84.44
3	80.0	70.0	0.09	0.04	74.58	74.58
4	70.0	60.0	0.17	0.07	64.5	64.5
5	60.0	50.0	0.27	0.11	54.69	54.69
6	50.0	0.0	2.89	1.15	21.25	21.93

SPINTE IN FONDAZIONE
Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
Qf Quota finale strato (cm);
G Peso unità di volume (KN/m³);
Eps Inclinazione dello strato. (°);
Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta Angolo attrito terra muro;
c Coesione (kPa);
ß Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	ß	Note
50.0	0.0	18.5	180.0	22.18	18.0	1.6	180.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

µ Angolo di direzione della spinta.
Kp Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

µ	Kp	Kpx	Kpy
198.0	2.21	-2.1	-0.68

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota iniziale strato (cm)
Qf Quota finale strato (cm)
Rpx, Rpy Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	50.0	0.0	-7.13	-0.93	19.31	12.79

Sollecitazioni totali

Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	3.49	1.39	-0.67
Carichi esterni	7.3	1.2	10.1
Peso muro	0.94	6.25	-3.98
Peso fondazione	2.26	15.0	-8.44
Sovraccarico	0.0	0.0	0.0
Terr. fondazione	0.28	1.85	-1.83
Spinte fondazione	-7.13	-0.93	-1.38
	7.13	**24.76**	**-6.2**

Momento stabilizzante -18.29 kNm
Momento ribaltante 12.1 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	14.26 kN
Sommatoria forze verticali	25.69 kN
Coefficiente di attrito	0.41
Adesione	1.6 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360.0 °
Forze normali al piano di scorrimento	25.69 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	14.26 kN
Resistenza terreno	19.52 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	**1.37**

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-18.29 kNm
Momento ribaltante	12.1 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	**1.51**

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	7.13 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	24.76 kN
Somma momenti	-6.2 kNm
Larghezza fondazione	120.0 cm
Lunghezza	1000.0 cm
Eccentricità su B	34.98 cm
Peso unità di volume	18.5 KN/m³
Angolo di resistenza al taglio	22.18 °
Coesione	1.6 kPa
Terreno sulla fondazione	50.0 cm
Peso terreno sul piano di posa	18.5 KN/m³
Nq	7.96
Nc	17.08
Ng	7.31
Fattori di forma	
sq	1.02
sc	1.02
sg	0.98
Inclinazione carichi	
iq	0.55
ic	0.48
ig	0.4
Fattori di profondità	
dq	1.32
dc	1.4
dg	1.0
Carico limite verticale (Qlim)	43.05 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	**1.74**

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	25.02 cm
Larghezza della fondazione	120.0 cm
x = 0.0 cm	65.97 kPa
x = 75.07 cm	0.00 kPa

MENSOLA A VALLE

Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
50.0	-7.13	-16.68	-4.92	50.0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	7.52	173.47	S	196.69	0.0	11.57

MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);
Fx Forza in direzione x (kN);
Fy Forza in direzione y (kN);
M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
100.0	2.89	5.74	-0.82	50.0

Armature - Verifiche sezioni (S.L.U.)

Afi Area dei ferri inferiori.
Afs Area dei ferri superiori.
Nu Sforzo normale ultimo (kN);
Mu Momento flettente ultimo (kNm);
Vrd Resistenza a taglio senza armature trasversali Vrd (kN);
Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
Sic. VT min{Vrd; Vwd}/Vsdu
Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø16 (10.05)	5Ø16 (10.05)	3.18	172.58	S	196.63	0.0	33.58

Verifica fessurazione

SLE 5 [Frequente]

Elevazione

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm²	Sigma C(+compr.) daN/cm²	SigmaC Lim daN/cm²	SigmaF Max daN/cm²
Si	0.01	0.4	379.363	1000	Si	1.89	195.78	93.53
Si	0.012	0.4	379.363	1000	Si	2.21	195.78	104.93
Si	0.013	0.4	379.363	1000	Si	2.53	195.78	116.36
Si	0.014	0.4	379.363	1000	Si	2.84	195.78	127.8
Si	0.016	0.4	379.363	1000	Si	3.16	195.78	139.15

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm²	Sigma C(+compr.) daN/cm²	SigmaC Lim daN/cm²	SigmaF Max daN/cm²
Si	0.005	0.4	379.363	1000	Si	1.47	195.78	41.96

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm2	Verifica tensioni Normali daN/cm²	Sigma C(+compr.) daN/cm²	SigmaC Lim daN/cm²	SigmaF Max daN/cm²
Si	0.001	0.4	379.363	1000	Si	0.27	195.78	9.96

Verifica piastra di base

Coefficienti di sicurezza utilizzati

γ_{M0} = 1.05

γ_{M1} = 1.10

γ_{M2} = 1.25

Colonna

Tipo di profilo: HEA 160A

Materiale: Acciaio S275 f_y = 275 N/mm^2 f_t = 430 N/mm^2 γ_{ov} = 1.25
Classe sezione: 1

Flangia:

Materiale: Acciaio S355 f_y = 355 N/mm^2 f_t = 510 N/mm^2 γ_{ov} = 1.25
Dimensioni (B x H x Sp): 300.0 x 300.0 x 15.0 mm

Bullonature:
Viti cl. 8.8 Dadi 8 o 10 (f_{yb} = 640 N/mm^2, f_{tb} = 800 N/mm^2)
Diametro gambo Ø = 20 mm A_{res} = 245.0 mm^2 (ridotta per filettatura)
Diametro dado/testa d_m = 30 mm
Diametro foro $Ø_0$ = 21 mm

Rigidezza giunto (calcolata secondo EN 1993-1-8 : 2005 par. 6.3):
$S_{j,ini}$ non calcolabile

Saldature:

Materiale: Acciaio S275 f_y = 275 N/mm^2 f_t = 430 N/mm^2 β_1 = 0.70 β_2 = 0.85
Spessore cordoni d'angolo s_c = 5 mm

Sollecitazioni:

Nodo.CMB	V2 [N]	V3 [N]	N [N]	M2 [N mm]	M3 [N mm]	T [N mm]
1.1	36500.0	0.0	6000.0	0.0	12166600.0	0.0

Calcolo resistenze

Resistenza a trazione dei bulloni $F_{tb,Rd} = 0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2}$ = 141145.5 N

Resistenza a punzonamento flangia $B_{pf,Rd} = 0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_f \cdot f_{tk} / \gamma_{M2}$ = 346077.8 N

Bull.	$F_{f,Rd}$ [N]	$F_{t,Rd}$ [N]
1	44201.4	44201.4
2	44201.4	44201.4
3	44201.4	44201.4
4	44201.4	44201.4

Legenda

$F_{f,Rd} = M_{res,m} / (B_m \cdot R_m)$ resistenza a flessione flangia
$F_{t,Rd} = \min [F_{tb,Rd} , B_{pf,Rd} , F_{f,Rd}]$ resistenza a trazione di progetto

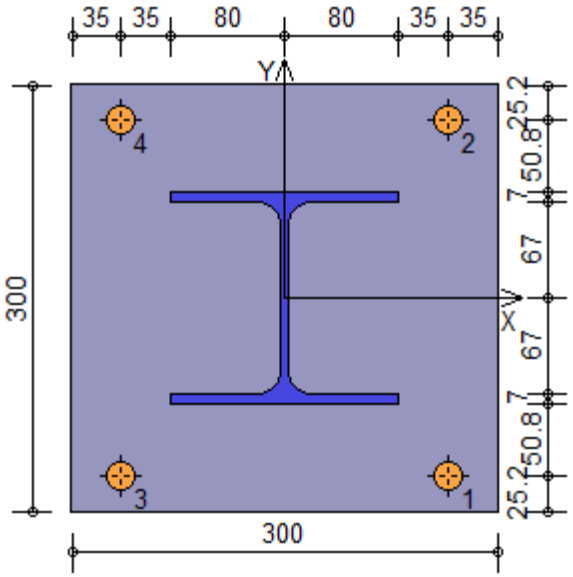
Resistenza a taglio dei bulloni $F_{vb,Rd} = 0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res} / \gamma_{M2}$ = 94097.0 N

Bull.	$F_{bf,x,Rd}$ [N]	$F_{v,x,Rd}$ [N]	$F_{bf,y,Rd}$ [N]	$F_{v,y,Rd}$ [N]
1	112880.0	94097.0	122400.0	94097.0
2	112880.0	94097.0	122400.0	94097.0
3	112880.0	94097.0	122400.0	94097.0
4	112880.0	94097.0	122400.0	94097.0

Legenda

$F_{bf,x,Rd} = k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot Ø \cdot t_f / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento flangia in direzione x
$F_{v,x,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bf,x,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione x

$F_{bf,y,Rd} = k \bullet \alpha \bullet f_{tk} \bullet \varnothing \bullet t_f / \gamma_{M2}$ resistenza a rifollamento flangia in direzione y
$F_{v,y,Rd} = \min [F_{vb,Rd} , F_{bf,y,Rd}]$ resistenza a taglio di progetto in direzione y



Verifiche sui bulloni

1-Taglio e trazione (Nodo n. 1, CMB n. 1)

Bull.	X [mm]	Y [mm]	$F_{v,Ed}$ [N]	$F_{v,Rd}$ [N]	$F_{t,Ed}$ [N]	$F_{t,Rd}$ [N]	FV_1	VER
1	115.00	-124.80	9125.0	94097.0	26353.2	44201.4	0.522837	Ok
2	115.00	124.80	9125.0	94097.0	0.0	44201.4	0.096974	Ok
3	-115.00	-124.80	9125.0	94097.0	26353.2	44201.4	0.522837	Ok
4	-115.00	124.80	9125.0	94097.0	0.0	44201.4	0.096974	Ok

2-Trazione (Nodo n. 1, CMB n. 1)

Bull.	X [mm]	Y [mm]	$F_{t,Ed}$ [N]	$F_{t,Rd}$ [N]	FV_2	VER
1	115.00	-124.80	26353.2	44201.4	0.596208	Ok
2	115.00	124.80	0.0	44201.4	0.000000	Ok
3	-115.00	-124.80	26353.2	44201.4	0.596208	Ok
4	-115.00	124.80	0.0	44201.4	0.000000	Ok

Legenda

$F_{v,Ed}$ forza di taglio agente sul bullone
$F_{v,Rd}$ resistenza a taglio di progetto del bullone
$F_{t,Ed}$ forza di trazione agente sul bullone
$F_{t,Rd}$ resistenza a trazione di progetto del bullone
$FV_1 = F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / (1.4 \bullet F_{t,Rd})$
$FV_2 = F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$
VER $\rightarrow$ $FV_i \leq 1$

Verifiche sulle saldature profilo-flangia (versione beta)

Si considera la sezione di gola (avente altezza a = $s_c / 2^{0.5}$ = 3.536) in posizione ribaltata: vengono considerate positive le tensioni normali di trazione e le tensioni tangenziali agenti verso destra e verso il basso. Tutte le tensioni sono espresse in N/mm^2.

Verifica formula (4.2.84) (Nodo n. 1, CMB n. 1)

Cordoni	Lung.[mm]	$n_\perp$	$t_\perp$	$\tau_\parallel$	FV_1	VER_1
Ala inferiore esterno	160.0	86.47	0.00	0.00	86.47	Ok
Ala inferiore interno lato destro	62.8	74.75	0.00	0.00	74.75	Ok
Ala inferiore interno lato sinistro	62.8	74.75	0.00	0.00	74.75	Ok

Anima lato destro	104.0	60.03	0.00	49.63	77.89	Ok
Anima lato sinistro	104.0	60.03	0.00	49.63	77.89	Ok
Ala superiore interno lato destro	62.8	-70.39	0.00	0.00	70.39	Ok
Ala superiore interno lato sinistro	62.8	-70.39	0.00	0.00	70.39	Ok
Ala superiore esterno	160.0	-82.11	0.00	0.00	82.11	Ok

Verifica formula (4.2.85) (Nodo n. 1, CMB n. 1)

Cordoni	Lung.[mm]	$n_\perp$	$t_\perp$	$\tau_\parallel$	FV_2	VER_2
Ala inferiore esterno	160.0	86.47	0.00	0.00	86.47	Ok
Ala inferiore interno lato destro	62.8	74.75	0.00	0.00	74.75	Ok
Ala inferiore interno lato sinistro	62.8	74.75	0.00	0.00	74.75	Ok
Anima lato destro	104.0	60.03	0.00	49.63	60.03	Ok
Anima lato sinistro	104.0	60.03	0.00	49.63	60.03	Ok
Ala superiore interno lato destro	62.8	-70.39	0.00	0.00	70.39	Ok
Ala superiore interno lato sinistro	62.8	-70.39	0.00	0.00	70.39	Ok
Ala superiore esterno	160.0	-82.11	0.00	0.00	82.11	Ok

Legenda

$n_\perp$ tensione normale perpendicolare all'asse del cordone

$t_\perp$ tensione tangenziale perpendicolare all'asse del cordone

$\tau_\parallel$ tensione tangenziale parallela all'asse del cordone

$FV_1 = (n_\perp^2 + t_\perp^2 + \tau_\parallel^2)^{0.5}$

$FV_2 = |n_\perp| + |t_\perp|$

$VER_i \rightarrow FV_i \leq \beta_i \cdot f_{yk}$ ($\beta_1 \cdot f_{yk} = 192.50$ N/mm^2 $\beta_2 \cdot f_{yk} = 233.75$ N/mm^2)

Verifiche a flessione piastra in zona compressa

Sezione parallela a X a filo della colonna (Nodo n. 1, CMB n. 1)

Pressione media a bordo piastra $p_{med} = 3.53$ N/mm^2
Carico lineare sbalzo $q_{lin} = 1058.33$ N/mm
Lunghezza sbalzo $L_s = 76.0$ mm
Modulo di resistenza minimo $W_{min} = 11250.0$ mm^3
Momento resistente $M_{p,Rd} =$ 3803572.0 N mm
Momento massimo $M_{p,Ed} =$ 3056466.0 N mm
$M_{p,Ed} / M_{p,Rd} = 0.803578$ Ok

Sezione parallela a Y a filo della colonna (Nodo n. 1, CMB n. 1)

Pressione media a bordo piastra $p_{med} = 1.76$ N/mm^2
Carico lineare sbalzo $q_{lin} = 529.17$ N/mm
Lunghezza sbalzo $L_s = 70.0$ mm
Modulo di resistenza minimo $W_{min} = 11250.0$ mm^3
Momento resistente $M_{p,Rd} =$ 3803572.0 N mm
Momento massimo $M_{p,Ed} =$ 1296458.0 N mm
$M_{p,Ed} / M_{p,Rd} = 0.340853$ Ok

Verifica del momento di progetto del giunto (Nodo n. 1, CMB n. 1)

Momento resistente del giunto $M_{j,Rd} =$ 21622620.0 N mm
Momento di progetto $M_{j,Ed} =$ 12885350.0 N mm
$M_{j,Ed} / M_{j,Rd} = 0.595920$ Ok

Ancoraggio

Tirafondi ad aderenza

Lunghezza tirafondi $L_t =$ 400 mm

Lunghezza minima tirafondi: 40 diametri (800 mm)

Calcestruzzo

Resistenza cubica caratteristica a compressione $R_{ck} =$ 40.00 N/mm^2

Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$	33.20 N/mm^2
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_C =$	18.81 N/mm^2
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 0.7 \cdot 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} =$	2.17 N/mm^2
Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo	$f_{bd} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctk} / \gamma_C =$	3.25 N/mm^2

Compressione massima calcestruzzo (Nodo n. 1, CMB n. 1)

$p_{max} = 3.53$ N/mm^2 $< f_{cd}$ Ok

Verifica ancoraggio

Si considera la massima resistenza a trazione di progetto dei tirafondi

Trazione di progetto dell'ancoraggio	$F_{t,an,Ed} = \max [F_{t,Rd}] =$	44201.4 N
Resistenza a trazione per aderenza	$F_{t,ad,Rd} = L_t \cdot \pi \cdot Ø \cdot f_{bd} =$	81779.1 N

$F_{t,ad,Rd} > F_{t,an,Ed}$ Ok

ALLEGATO II – Relazione sui materiali

SOMMARIO

1 PREMESSA 1

2 PRESCRIZIONI SUI MATERIALI INTERVENTI DI PROTEZIONE 2

2.1 Barriera paramassi nondissipativa 2

2.1.1 Geocomposito in acciaio con rivestimento in galmac 2

2.1.2 Funi in trefoli di acciaio orizzontali 2

2.1.3 Acciaio per montanti 2

3 COMPONENTI DEL CALCESTRUZZO 3

3.1 Cemento 3

3.2 Aggregati 3

3.3 Acqua 3

3.4 Additivi 3

3.5 Aggiunte 3

4 CALCESTRUZZO 4

5 ACCIAIO DA CARPENTERIA LENTA 5

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica, redatta ai sensi dell'art. 65 del D.P.R. n. 380 del 06/06/01 e delle Norme Tecniche per le Costruzioni approvate attualmente in vigore, ha lo scopo di identificare e qualificare i materiali strutturali da nell'esecuzione dei lavori relativi agli *Interventi di messa in sicurezza delle scarpate a ridosso della SP80 Vado di Sole.* Saranno pertanto descritte le caratteristiche dei materiali ed i prodotti per uso strutturale previsti nel progetto, evidenziandone la corrispondenza alle specifiche di progetto ed alle disposizione delle NTC2018 in termini di identificazione e qualificazione con riferimento alle prescrizioni contenute nel capitolo 11 delle NTC.

2 PRESCRIZIONI SUI MATERIALI INTERVENTI DI PROTEZIONE

2.1 Barriera paramassi nondissipativa

2.1.1 Geocomposito in acciaio con rivestimento in galmac

Il geocomposito previsto in progetto dovrà essere costituito da una rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale tipo 8x10, tessuta con trafilato in acciaio avente diametro pari a 2,70 mm. e da funi in acciaio del diametro di 8 mm. inserite longitudinalmente in prossimità della bordatura. Le caratteristiche meccaniche dovranno soddisfare i seguenti requisiti minimi:

- **Resistenza a trazione**: i fili utilizzati per la fabbricazione delle maglie e del filo di legatura, dovranno avere una resistenza a trazione di 380-550 N/mm^2 superando, per aumentare la resistenza del prodotto finito, quanto previsto dalle UNI-EN 10223-3 relative al filo in acciaio dolce.
- **Allungamento**: L'allungamento non deve essere inferiore al 10%, conformemente a quanto previsto dalle UNI-EN 10223-3. I test riportati nelle schede tecniche devono essere effettuati su di un campione di almeno 25 cm di lunghezza.
- **Rivestimento GALMAC**: le quantità minime del rivestimento dovranno soddisfare le disposizioni delle UNI-EN 10244-2 Classe A.
- **Resistenze alla prova di invecchiamento**: i fili non dovranno mostrare segni di ruggine in ambiente contenete anidride solforosa in accordo alla UNI EN ISO 6988;
- **Resistenza a trazione minima longitudinale del geocomposito**: 60 kN/m.
- **Carico di punzonamento limite del geocomposito**: 82 kN.
- **Deformazione limite del geocomposito:** 520 mm.

2.1.2 Funi in trefoli di acciaio orizzontali

- **Rivestimento protettivo**: Galmac classe A UNI EN 10264-2;
- **Diametro del filo**: 12 mm.
- **Tipologia di fune a trefoli**: 6x7+WSC (UNI EN 12385-2; UNI EN 12385-4).
- **Grado della fune**: 1770 N/mm^2 (UNI EN 12385-4).

2.1.3 Acciaio per montanti

Per la realizzazione dei micropali, è ammesso esclusivamnte l'utilizzo di acciaio prodotto e lavorato nel rispetto della UNI EN 10210-1 e la UNI EN 10219-1. In particolare, la classe di servizio dell'acciaio è quella **S235J**, non ossidato, non corroso, senza difetti superficiali, saldabile, rispondete ai requisiti di cui sotto:

- f_{yk} = 235 [N/mm^2]
- f_{tk} = 360 [N/mm^2]

3 COMPONENTI DEL CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo è costituito da un aggregato di inerti (sabbia e ghiaia o pietrisco) legati da una pasta cementizia, composta da acqua e cemento. Oltre ai componenti normali, è consentito l'uso di aggiunte (ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice) e di additivi chimici (acceleranti, ritardanti, aeranti, ecc.), in conformità a quanto previsto al paragrafo 11.2.9 del D.M. 17/1/2018 Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

3.1 Cemento

La fornitura del cemento sarà effettuata con l'osservanza delle condizioni e modalità di cui all'art.3 della legge 26/5/1965 n.595. Verrà impiegato cemento conforme alla norma armonizzata UNI EN 197.

3.2 Aggregati

Sono idonei alla produzione del calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo, conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1. L'attestazione della conformità di tali aggregati deve essere effettuata ai sensi del DPR n. 246/93. Inoltre, gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali, dei requisiti chimico-fisici aggiuntivi, rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, secondo quanto prescritto dalle norme UNI 8520-1:2005 e UNI 8520-2:2005. Ad ogni modo, la dimensione massima dell'inerte sarà commisurata, per l'assestamento del getto, ai vuoti tra le armature e tra i casseri tenendo presente che il diametro massimo dell'inerte non dovrà superare: la distanza minima tra due ferri contigui ridotta di 5 mm, 1/4 della dimensione minima della struttura e 1/3 del copriferro.

3.3 Acqua

L'acqua di impasto, ivi compresa quella di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008:2003, limpida, priva di sali in percentuali dannose, non aggressiva e in quantità strettamente necessaria;

3.4 Additivi

Gli additivi chimici, utilizzati per migliorare una o più prestazioni del calcestruzzo, devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2.

3.5 Aggiunte

Nei calcestruzzi è ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non ne vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali. Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma europea UNI EN 450-1.
Per quanto riguarda invece l'impiego bisogna fare riferimento alle norme UNI EN 206-1:2006 e UNI 11104:2004. I fumi di silice, infine, devono soddisfare i requisiti della norma europea UNI EN 13263-1.

4 CALCESTRUZZO

Per il calcestruzzo preconfezionato o confezionato in opera per strutture armate, così come stabilito nella relazione di calcolo ed in conformità alle seguenti norme:

- D.M. 14 gennaio 2008 Capitoli 4 e 11;
- C.M. 2 febbraio 2009 n°617;
- D.M. 17 gennaio 2018 Capitoli 4 e 11;
- Linee Guida per il calcestruzzo strutturale;
- UNI-EN 206-1;
- UNI-EN 12620;
- UNI 197/1

si richiedono le seguenti caratteristiche:

MURETTO PER POSIZIONAMENTO BARRIERA NON DISSIPATIVA	
CLASSE DI ESPOSIZIONE	**XC2/XF1**
CLASSE DI RESISTENZA	**C32/40**
CONTENUTO DI CEMENTO MIN.	**320-340 Kg/m^3**
RAPPORTO ACQUA CEMENTO MAX	**0,50**
DIAMETRO MASSIMO DELL'INERTE	**25 mm.**
CLASSE DI CONSISTENZA ALLO SCARICO (UNI 9418)	**S4**
CONTROLLO DI ACCETTAZIONE (D.M. 17/01/2018 § 11.2.5.1 Tab. 11.2.I)	**TIPO A**

5 ACCIAIO DA CARPENTERIA LENTA

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al § 11.3.1.2 delle NTC/2018 e controllati con le modalità riportate nel § 11.3.2.11:

- **ACCIAIO tipo B450C** non ossidato, non corroso, senza difetti superficiali, di sezione integra, senza sostanze superficiali che possano ridurre l'aderenza al conglomerato controllato in stabilimento, saldabile, rispondente alle seguenti caratteristiche riportate nelle Tab. 11.3.Ia e Tab. 11.3.Ib.

Tab. 11.3.Ia

$f_{y\,nom}$	450 N/mm²
$f_{t\,nom}$	540 N/mm²

Tab. 11.3.Ib

Caratteristiche		Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	$\geq f_{y\,nom}$	5.0
Tensione caratteristica a carico massimo	f_{tk}	$\geq f_{t\,nom}$	5.0
	$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1{,}15$	10.0
		$< 1{,}35$	
	$(f_y/f_{ynom})_k$	$\leq 1{,}25$	10.0
Allungamento	$(A_{gt})_k$	$\geq 7{,}5\%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:	$\phi < 12$ mm	$4\,\phi$	
	$12 \leq \phi \leq 16$ mm	$5\,\phi$	
	per $16 < \phi \leq 25$ mm	$8\,\phi$	
	per $25 < \phi \leq 40$ mm	$10\,\phi$	