

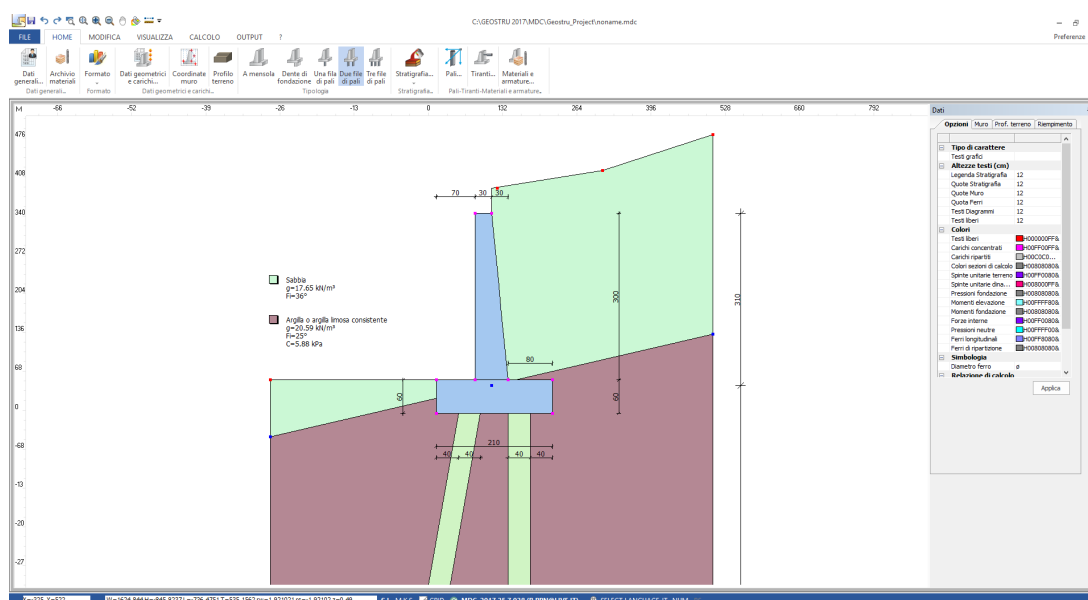
Part I MDC	1
1 Creazione guidata	3
2 Procedura di calcolo	4
3 Dati generali	5
4 Archivio materiali	8
5 Dati Geometrici e Carichi	10
6 Profilo terreno	15
7 Riempimento	16
8 Stratigrafia	17
9 Pali	20
10 Tiranti	22
11 Materiali e armature	25
12 Calcolo	28
13 Computo	32
14 Analisi di stabilità globale	33
15 Diagrammi	34
16 Armature	35
17 Verifica a taglio	37
18 Traslazione piano campagna	38
19 Coordinate muro	38
20 Mensola a valle	40
21 Opzioni	40
22 Output	41
Esempio relazione di calcolo	42
23 Cenni teorici	89
Modello di calcolo	89
Calcolo della spinta attiva con Coulomb	90
Carico limite di fondazioni superficiali su terreno	95
Carico dei pali in fondazione	101
Stabilità globale	105
Calcolo spostamenti	105
Contrafforti	107
.. Muro a gravità	108
Ampiezza fessure (NTC 2008)	110
Ampiezza fessure (NTC 2018)	111
Part II Gabbioni e Blocchi	113
Part III Utility	117
1 Tabelle di conversione	117
2 Database caratteristiche fisiche terreni	119
Part IV Geoapp	123

1 Sezione Geoapp	123
Part V Bibliografia	124
Part VI Normative	124
1 Eurocodici	124
Combinazioni EUROCODICE 7	124
Parametri sismici EUROCODICE 8	126
Parametri caratteristici del terreno EUROCODICE	127
2 LRFD	128
Combinazioni LRFD	128
3 NTC	130
Combinazioni verifiche muri NTC2008	130
Combinazioni verifiche muri NTC 2018	132
Parametri sismici NTC2008 - muri	134
..Parametri caratteristici del terreno NTC2008.....	139
Parametri sismici muri NTC 2018	141
Verifica a taglio	146
Part VII Impostazioni iniziali	148
Part VIII Comandi di shortcut	151
Part IX Contatti	152
Index	0

1 MDC

Muri di Sostegno, in c.a. e gravità con fondazioni dirette o su pali. MDC esegue il calcolo geotecnico utilizzando, a scelta dell'utente, le teorie usualmente adottate in geotecnica ed effettua tutte le verifiche prescritte dalla normativa vigente, tra cui quella di stabilità globale, anche in condizioni sismiche.

MDC è semplice ed intuitivo ma dotato di straordinarie funzionalità tra queste: predimensionamento dell'opera, gestione semplice delle combinazioni: GEO, STR, localizzazione ed importazione automatica dei parametri sismici, analisi degli spostamenti in campo dinamico, editor delle armature. Importazione ed esportazione delle opere qualora rientrino in interventi di stabilizzazione.



Muri di sostegno MDC consente, grazie alle sue numerose opzioni, di affrontare l'analisi di muri di sostegno rientranti in una casistica molto ampia:

Muri in CA; Muri a gravità e semigravità; Muri su pali e micropali; Muri con tiranti; Muri con mensola lato monte; Dente di fondazione; Muro a gradoni lato monte; Muro svasato lato valle e lato monte; Azioni agenti sul muro: FX, FY, MZ su n punti; Muri di cantina; Terreno stratificato; Presenza di rilevato; Carichi sul terrapieno; Terreno inclinato a tratti lato monte e

valle; Presenza di falda anche sospesa; Drenaggio lato monte; Diagrammi delle sollecitazioni; Editor delle armature.

Terreno stratificato con database integrato gli strati possono essere modificati dinamicamente con ricalcolo automatico dell'opera;

Importazione automatica delle stratigrafie da software esterni;

Coefficienti calcolati: spinta attiva del terreno (K_a) (M1) e ridotto (M2) – spinta sismica orizzontale e verticale (K_{AaE}) (M1) e ridotto (M2) assumendo la direzione del sisma verticale verso l'alto (-kv) e verso il basso (+kv) – riduzione dell'azione sismica in funzione della categoria del suolo.

Analisi e verifica **GEO e STR** secondo le NTC 2018 ultima revisione, **EN 1997-1, LRFD** o approccio classico (stati limite, fattore di sicurezza);

Generazione automatica delle combinazioni di calcolo di tipo **GEO e STR**;

Individuazione automatica della zona sismica con importazione dei parametri da Geostru PS e generazione combinazione sismica;

Possibilità di scegliere tutti gli approcci di progettazione, in considerazione situazioni di progetto;

Analisi di stabilità a: Ribaltamento (EQU+M2), Scorrimento, Carico limite, Pressioni sul terreno;

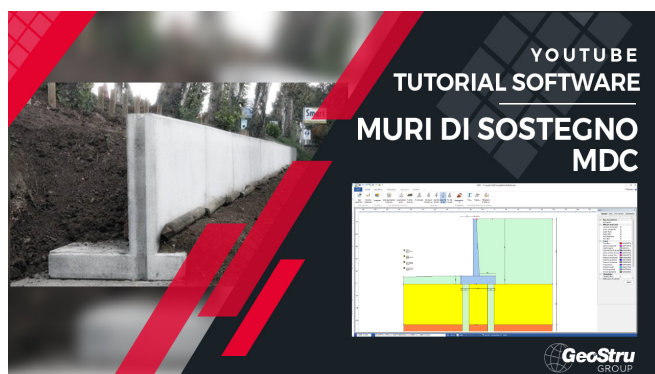
Verifica delle sezioni allo SLU, SLE secondo le NTC ed Eurocodici;

Per pali o tiranti sono previste tutte le verifiche strutturali e geotecniche secondo le NTC, AICAP.

Analisi di stabilità globale con: **FELLENIOUS, BISHOP, JANBU, BELL, SARMA, SPENCER, MORGENSTERN e PRICE, DEM.**

MDC produce una dettagliata relazione di calcolo estremamente leggibile redatta secondo quanto previsto dalle NTC. E' possibile generare anche la relazione geotecnica e strutturale separatamente.

MDC produce il disegno esecutivo altamente professionale del muro calcolato, completo della distinta e posizionamento dei ferri e delle sezioni principali. Il disegno può essere ottenuto direttamente su stampante oppure su file DXF da importare nel CAD.



1.1 Creazione guidata

Nel software la realizzazione di un nuovo file di lavoro è guidata, nel senso che è possibile definire un modello generico di calcolo all'inizio, sulla base del quale verrà eseguito in automatico un predimensionamento di massima dell'opera, modificandolo opportunamente nel corso della sezione. Al click sul comando "Nuovo" si apre la seguente finestra di dialogo:

Creazione guidata

i Sulla base dell'altezza inserita sarà eseguito il predimensionamento di massima

Zona

Lat./Long. [WGS84]

Normativa

GEO STR

Unità di misura ☐ Tecnico ☒ SI

Altezza muro

Altezza muro [cm]

Tipologia

☐ Muro a gravità

☐ Muro di cantina

☒ Muro a mensola fondazione valle

☐ Muro a mensola fondazione monte

☐ Una fila di pali

☐ Tre file di pali

☐ Due file di pali

Caratteristiche palo Posizione in fondazione

Tipo

Diametro [cm]

Lunghezza [cm]

Crea... **Annulla**

Ambiente per l'inizializzazione del progetto

Zona

Identifica la zona del cantiere, con possibilità di inserire anche la latitudine e la longitudine nel sistema WGS84.

Normativa

L'utente può scegliere la normativa di riferimento da utilizzare rispettivamente per il calcolo GEO e STR.

Unità di misura

L'utente può scegliere, per le unità di misura, il sistema Tecnico oppure quello Internazionale.

Altezza muro

In base all'altezza del muro, espressa in cm, che l'utente andrà ad inserire verrà effettuato un predimensionamento di massima del muro di sostegno.

Tipologia

Selezionare la [tipologia](#) da calcolare tra quelle proposte.

Per muro su una, due o tre file di pali:

Caratteristiche palo

Indicare il tipo di palo (Trivellati / Battuti), il diametro e la lunghezza espressi in cm.

Posizione in fondazione

Indicare la distanza asse - bordo esterno e l'interasse longitudinale dei pali, espressi in cm, e l'allineamento (Allineati / Sfalsati).

1.2 Procedura di calcolo

Una volta inizializzato un nuovo modello attraverso il comando '[Nuovo](#)', l'utente potrà procedere nel modo desiderato per assegnare o modificare i dati di input.

A titolo di esempio riportiamo una sequenza di operazioni che permettono di compiere un'analisi completa di un muro di sostegno:

1. Definire i dati generali;
2. Definire i materiali e, per i muri in ca, le opzioni relative alle armature;
3. Definire i dati geometrici del muro;
4. Definire eventuali carichi sul terreno e sulla struttura;
5. Imputare i dati della geometria del terreno;

6. Definire le caratteristiche dei terreni e l'eventuale presenza di falda;
7. Definire le caratteristiche di eventuali pali di fondazione;
8. Definire le caratteristiche di eventuali tiranti;
9. Definire le combinazioni di calcolo; assegnare i parametri sismici per le combinazioni sismiche; avviare l'analisi del muro;
10. Effettuata l'analisi è possibile visualizzare tutti i risultati e le armature progettate;
11. Esportare la relazione finale dalla sezione "OUTPUT";
12. Effettuare l'analisi di stabilità globale ed esportare i risultati.

Di seguito saranno descritte le finestre di dialogo che consentono all'utente di compiere l'analisi.

1.3 Dati generali

In questa finestra l'utente deve fare delle scelte da cui dipendono i risultati del calcolo.

Dati generali

Descrizione lavoro

Codice progetto: A011
 Descrizione: MURO SU DOPPIA FILA DI PALI
 Luogo: ROMA
 Il Progettista: Ing. ROSSI Giuseppe
 Data: martedì 17 ottobre 2017

Zona

Zona: VIA VITTORIO EMANUELE, ROMA
 Lat./Long. [WGS84]: 41.911716, 12.50625

Normativa

GEO: NTC STR: SLU NTC

Condizioni ambientali

☒ Ordinarie ☐ Aggressive ☐ Molto aggressive

Tipologia

Tipologie muro in CA: Due file di pali
☐ Muro di cantina ☐ Muro a gravità

Spinta

☐ Spinta a riposo (Ko, Jaky) ☒ Spinta attiva
 Mononobe e Okabe [M.O. 1929] Yq 1/3H

Carico limite

☐ Vesic ☒ Hansen
☐ Forma ☐ Inclinazione carichi ☐ Profondità

Coefficienti globali margine di sicurezza

Ribalamento: Csv 1
 Scorrimento: Csd 1
 Carico limite: Csq 1
 Coef. sicurezza a carico limite pali: Csp 1
 Salvare come predefiniti

Ok Annulla ?

Ambiente per la definizione dei dati generali

Descrizione lavoro

In tale campo si può inserire una descrizione sintetica del progetto ed indicare il luogo, il progettista e la data.

Zona

Inserendo la localizzazione nel formato: via xxxx, città, provincia, nazione, sarà individuata automaticamente la zona di lavoro. Alternativamente occorre assegnare le coordinate nel sistema WGS84 in gradi decimali. La zona sarà riportata nelle stampe generali ed utilizzata per la localizzazione sismica.

Il sistema richiede per l'individuazione della zona una connessione internet.

Normativa

L'utente può scegliere la normativa di riferimento da utilizzare rispettivamente per le verifiche geotecniche GEO e strutturali STR.

Condizioni ambientali

La scelta incide sulla verifica a fessurazione.

Tipologia

Scegliere la tipologia da calcolare tra quelle proposte per i muri in c.a. (muro a mensola, a dente di fondazione, su una, due o tre file di pali) con possibilità di selezionare muro a gravità o muro di cantina.



Muro a gravità

Per i muri a gravità, il programma restituisce il calcolo della spinta e le verifiche a scorrimento, ribaltamento e carico limite. Inoltre esegue la verifica della sezione d'attacco muro-fondazione. Quest'ultima viene eseguita per controllare che la sezione in esame non presenti tensioni di trazione, ma solo di compressione: in relazione viene riportata tale verifica.

Muro di cantina

Per i muri di cantina è consigliabile calcolare la spinta in regime di riposo (Ko-Jaki) e considerare un contributo di spinta passiva molto basso (minimo 1%). Il programma restituisce anche, nella sintesi dei risultati, la pressione sul terreno, la quale avrà un andamento

pressoché costante.

Lo schema di calcolo adottato per i muri di cantina è quello di una mensola vincolata in testa da un carrello.

Per tale tipologia di muro lo spostamento in testa risulta impedito, pertanto il programma esegue solo la verifica a carico limite sul terreno di fondazione e traslascia quelle a ribaltamento e a scorrimento.

Carico limite

E' possibile scegliere l'autore per eseguire il calcolo del carico limite (Vesic, Hansen) ed eventualmente escludere alcuni dei fattori correttivi della formula trinomica: fattori di forma, di inclinazione dei carichi o di profondità (selezionare con flag ciò che si vuole escludere).

Spinta

Da questo campo l'utente può scegliere se eseguire il calcolo della spinta del terreno in regime di spinta a riposo (ad es. per i muri di cantina) o di spinta attiva; per questa ultima, infine, si può optare per la teoria di Rankine, valida per terrapieni orizzontali e assenza di attrito terra-muro ($\delta = 0$), o di Mononobe & Okabe (valida in condizioni sismiche) che si riconduce alla teoria di Coulomb in assenza di sisma. Inoltre, per il terreno a valle del muro, in regime di spinta passiva, si può scegliere la percentuale di spinta effettivamente mobilitata. La spinta passiva viene valutata dal programma solo sul tratto di terreno a valle della mensola di fondazione e non su quello di ricoprimento della stessa (vedi pannello Riempimento).

Per la valutazione dell'incremento di spinta sismica viene richiesto di scegliere il punto di applicazione: il diagramma delle spinte sismiche può essere considerato triangolare, scegliendo il punto di applicazione della risultante ad $1/3$ di H dalla base del muro o a $2/3$ di H (diagramma triangolare capovolto), o costante sull'altezza del muro, scegliendo il punto di applicazione della risultante ad $1/2$.

Coefficienti globali margine di sicurezza

Rappresentano il margine di sicurezza richiesto nelle quattro verifiche. Tali valori vengono scelti dall'utente e, una volta impostati, possono essere salvati come valori predefiniti per altri progetti.

1.4 Archivio materiali

All'apertura del programma o di un nuovo calcolo viene visualizzato l'archivio fisso di partenza nel quale è possibile aggiungere nuovi tipi di conglomerato ed acciaio o modificare i valori presenti.

Quando i dati della sezione calcolata vengono salvati viene memorizzato con essi anche l'intero archivio modificato.

La nomenclatura usata per definire la resistenza del calcestruzzo viene modificata dal programma a seconda che l'operatore scelga il sistema S.I. (internazionale) o M.K.S. (tecnico) dal menù Preferenze o dalle impostazioni iniziali nella [Creazione guidata](#).

Archivio materiali

CALCESTRUZZO: Resistenza caratt. cilindrica a compressione

N°	Classe Calcestruzzo	fck, cubi [MPa]	Ec [MPa]	fck [MPa]	fcd [MPa]	fctd [MPa]	fctm [MPa]	Poisson	AlfaT [1/C°]	P.S. [dN/m³]
1	C20/25	24.52	29960	19.61	11.33	1.03	2.21	0.2	.00001	24.52
2	C25/30	29.42	31470	24.52	14.16	1.19	2.56	0.2	.00001	24.52
3	C28/35	34.32	32300	27.46	15.86	1.28	2.76	0.2	.00001	24.52
4	C40/50	50.01	35220	39.23	19.83	1.49	3.20	0.2	.00001	24.52

TIPO ACCIAIO: Tens. rottura di calcolo per deform. = epd_ult

N°	Tipo Acciaio	Es [MPa]	fyk [MPa]	fyd [MPa]	ftk [MPa]	ftd [MPa]	ep_tk	epd_ult	β1*β2 iniziale	β1*β2 finale
5	S275H	21000	280	243.50	430	243.30	0.012	0.01	1	0.5
6	S355H	21000	360	313.00	510	360	0.012	0.01	1	0.5

PARAMETRI STATI LIMITE ESERCIZIO (Apert.Fess. - Tensioni Normali)

Cond. ambientali	Tipo combinaz.	Apertura fessure [mm]	aliq. fck	aliq. fyk
Ordinaria	Rara	-----	0.600	0.800
	Frequente	0.40	-----	-----
	Quasi perm.	0.30	0.450	-----
Aggressiva	Rara	-----	0.600	0.800
	Frequente	0.30	-----	-----

Carica default Assumi come default Ok Annulla ?

Ambiente per la gestione dei materiali

Calcestruzzo

Classe calcestruzzo: Denominazione della classe di resistenza del conglomerato mediante una definizione alfanumerica di non più di 10 caratteri. Le nuove NTC (cap.4) esigono l'impiego delle denominazioni normalizzate quali ad esempio: C20/25; C25/30; C28/35; C35/45 etc. definite in base alla resistenza caratteristica rispettivamente cilindrica fck e su cubi fck,cubi (=Rck).

fck, cubi: Resistenza caratteristica a compressione su cubi del conglomerato.

Ec: Modulo elastico.

fck: Resistenza cilindrica caratteristica a compressione, $fck = 0,83 Rck$ [punto 11.2.10.1 NTC 2018].

fcd: Resistenza ultima di calcolo a compressione, $fcd = acc fck / 1,5$ [punto 4.1.2.1.1.1 NTC 2018] dove $acc = 0,85 =$ coeff. riduttivo delle

resistenze di lunga durata e 1,5 è il coeff. di sicurezza parziale del calcestruzzo.

fctd: Resistenza di calcolo a trazione, $f_{ctd} = f_{ctm} / 1,5$.

fctm: Resistenza media a trazione, $f_{ctm} = 3 (f_{ck}/10)^{2/3}$ per classi $\leq C50/60$ [11.2.10.2 NTC 2018], $f_{ctm} = 21,2 \ln[1 + (f_{cm}/100)]$ per classi $> C50/60$.

Poisson: Coefficiente di contrazione trasversale (Poisson) variabile tra 0 e 0,2.

AlfaT: Coefficiente di dilatazione termica [$1/^\circ\text{C}$].

P.S.: Peso specifico del calcestruzzo armato.

Tipo acciaio

Tipo acciaio: Denominazione del tipo di acciaio mediante una definizione libera alfanumerica di non più di 10 caratteri.

Es: Modulo elastico istantaneo.

fyk: Tensione caratteristica di snervamento nominale.

fyd: Tensione di snervamento di calcolo = $f_{yk} / 1,15$ [1,15 = coefficiente di sicurezza parziale].

ftk: Tensione caratteristica di rottura nominale.

ftd: Tensione di rottura di calcolo. E' la tensione ridotta dal coeff. 1.15 in corrispondenza della deformazione unitaria a rottura di calcolo pari al 90% della deformazione a rottura caratteristica.

ep_tk: Deformazione unitaria ϵ_{uk} a rottura nel diagramma idealizzato dell'acciaio pari a 0.01.

epd_ult: deformazione ultima di calcolo pari a $\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk}$.

β_1, β_2 (iniz.): coeff. di aderenza acciaio calcestruzzo alla prima applicazione del carico. Viene utilizzata dal programma nella verifica dell'apertura delle fessure nelle combinazioni rare di esercizio (SLE).

β_1, β_2 (finale): coeff. di aderenza acciaio calcestruzzo per carichi di lunga durata. Viene utilizzata dal programma nella verifica dell'apertura delle fessure nelle combinazioni frequenti e quasi-permanenti di esercizio (SLE).

Parametri stati limite di esercizio (Apert. fess. - Tensioni normali)

Apert. fess.: in questa colonna vengono riportati i valori limite dell'apertura fessure fissati al punto 4.1.2.2.4.5 delle NTC 2018 a seconda dello stato limite e delle condizioni ambientali fissate (queste ultime vanno indicate nella finestra dei [Dati Generali](#)).

S.cls [aliq. fck]: tensione limite del calcestruzzo in esercizio espressa come aliquota della tensione caratteristica di rottura del calcestruzzo.

S.fe [aliqu. fyk]: tensione limite dell'acciaio in esercizio espressa come aliquota della tensione caratteristica di rottura dell'acciaio.

Per default i parametri sono posti pari a quelli previsti dalle NTC 2018.

1.5 Dati Geometrici e Carichi

Selezionando il comando Dati Geometrici e carichi apparirà la finestra dei dati di input della geometria del muro e delle condizioni di carico sul terrapieno e sul muro.

Ambiente per la definizione della geometria del muro

Geometria muro

La geometria del muro va definita per elemento, ossia si attribuiscono i dati geometrici rispettivamente della mensola in elevazione, della fondazione, del dentello e della mensola aerea. Inoltre, per il paramento di monte è consentita la modellazione a gradoni con base e altezza differenti. Nella medesima finestra di dialogo è possibile assegnare la presenza di contrafforti e del magrone di fondazione: la sua presenza è visibile solo per i muri in assenza di pali e viene considerata nella sola verifica di stato limite di scorrimento.

E' possibile inoltre indicare la traslazione della testa del muro e selezionare l'opzione 'Fondazione nastriforme' per porre il fattore correttivo sulla forma della fondazione pari ad 1.

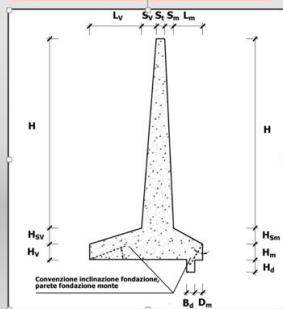
💡 [Vedere anche muri a contrafforti](#)

Geometria muro

Si seleziona il colore della sezione del muro

Si assegnano le dimensioni geometriche della mensola di elevazione

Si definiscono le dimensioni geometriche della fondazione

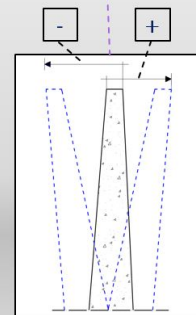


Si decidono le dimensioni geometriche e la retinatura del magrone di fondazione



Si assegnano le dimensioni geometriche del dente di fondazione

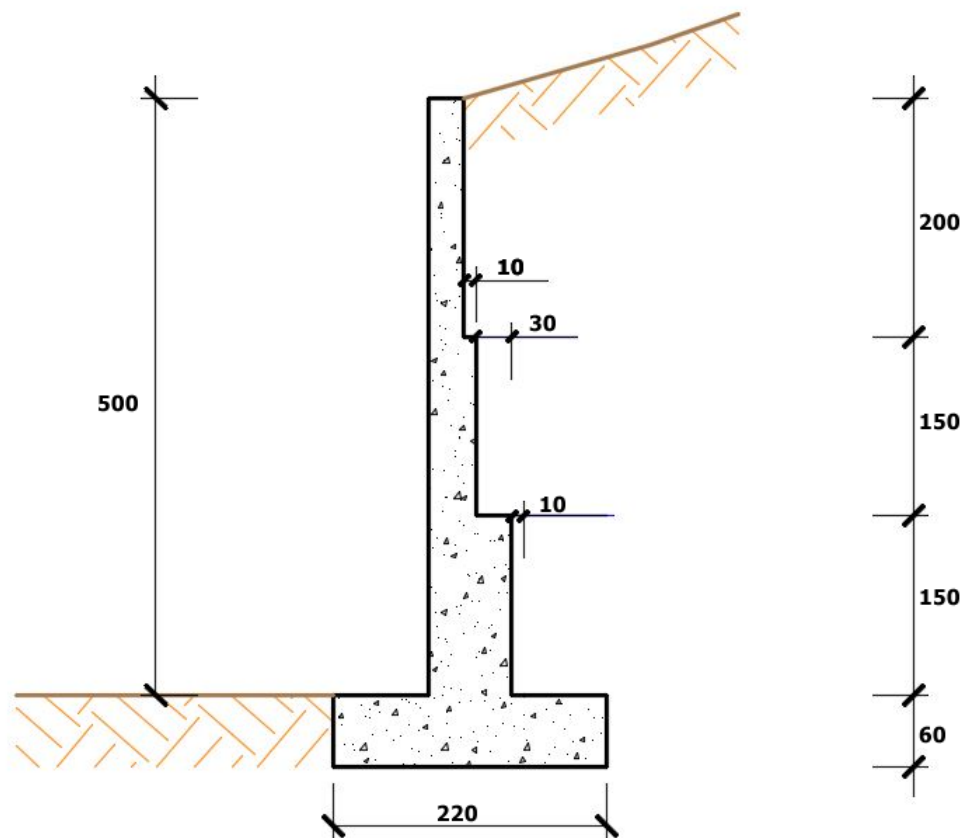
Consente di traslare verso il terrapieno oppure verso valle la testa del muro.



Gradonature

Per modellare un muro con gradonatura (il programma consente di inserire la gradonatura SOLO lato monte) occorre definire il numero di gradoni.

Ad esempio per modellare un muro come in figura,



Occorre assegnare i seguenti dati

Risega muro lato valle alla base	Sv: 0 [cm]	Base mensola	0 [cm]
Risega muro lato monte alla base	Sm: 0 [cm]	Altezza mensola	[Muro] 0 [cm]
		Altezza mensola	0 [cm]
		Dist. mensola testa muro	0 [cm]

Geometria gradini a monte

Base e altezza gradino	Base [cm]	Altezza [cm]
Base e altezza gradino (1)	10	200
Base e altezza gradino (2)	30	150
Base e altezza gradino (3)	10	150
Base e altezza gradino (4)		0
Base e altezza gradino (5)		
Base e altezza gradino (6)		
Base e altezza gradino (7)		

Ok Annulla

base magrone	0 [cm]
Altezza magrone	0 [cm]
Rappresentazione	Continuo

Gradonature	
Numero Gradoni: 3	
Definizione geometria ...	
Contrafforti	
Interasse	I: 0 [cm]
Spessore	S: 0 [cm]
Posizione	Esterni
Traslazione testa muro 0 [cm]	

Carichi

Nei muri di sostegno sono previste due tipologie di carichi:

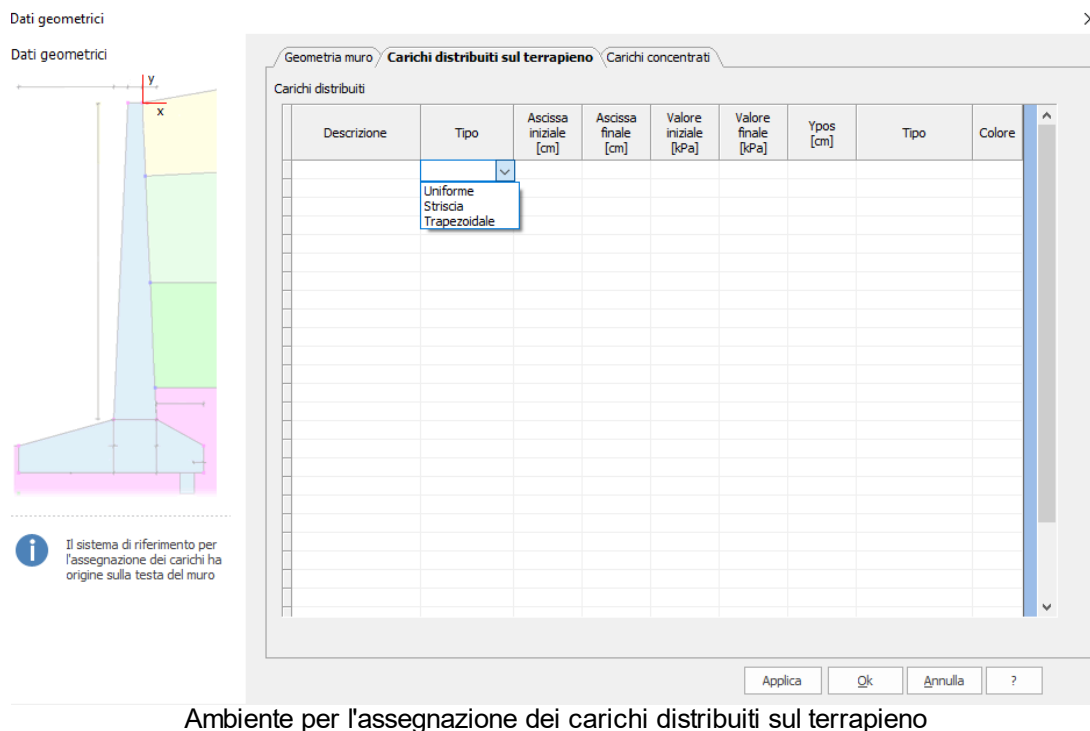
1. carichi distribuiti sul terrapieno;
2. carichi concentrati sul muro.

L'assegnazione dei carichi nel programma MDC può essere effettuata scegliendo le rispettive icone dalla barra degli strumenti o dal Menù Dati in Dati geometrici e carichi. Per i primi, l'assegnazione va effettuata prendendo come origine del sistema di riferimento la testa del muro (spigolo di monte), pertanto la loro posizione viene definita dalla distanza da tale punto (ascissa iniziale). Per i secondi (carichi concentrati) l'origine del sistema di riferimento è posizionata sullo spigolo inferiore della mensola di fondazione di valle: ogni carico risulta individuato dalle coordinate X e Y in tale sistema di riferimento.

Carichi distribuiti

Per essi, l'estensione è definita dall'ascissa iniziale e finale e il loro valore può essere costante o variabile linearmente con l'ampiezza stessa. La profondità del carico individua la sua posizione verticale rispetto alla testa del muro.

È possibile inserire più carichi che, in fase di esecuzione del calcolo, potranno essere combinati secondo vari fattori di combinazione. Il programma valuta l'effetto dei sovraccarichi sulla spinta attiva solo se questi rientrano nel cuneo di rottura. Ogni carico inserito sul terrapieno viene distribuito in automatico su tutta l'ampiezza del cuneo di rottura, ossia, calcolata la risultante, questa viene trasformata in un carico distribuito esteso quanto l'ampiezza del cuneo. Si può scegliere tra carico uniforme, striscia di carico e carico trapezoidale.



Carichi concentrati

Sono i carichi che possono essere assegnati SOLO alla sezione del muro, non possono essere applicati nè sul terrapieno di monte nè su quello di valle. Vanno definiti portando in conto la seguente convenzione:

- Forze orizzontali (F_x) positive se dirette da destra verso sinistra;
- Forze verticali (F_y) positive se dirette dall'alto verso il basso;
- Momenti (M_z) positivi se antiorari.

L'immissione dei dati avviene in forma tabellare specificando il numero d'ordine, la posizione X - Y e l'entità.

È possibile inserire più carichi concentrati che, in fase di esecuzione del calcolo, potranno essere combinati secondo vari fattori di combinazione.

[illegible]

Ambiente per l'assegnazione dei carichi concentrati

N.B.: I carichi concentrati non possono essere applicati al terreno

1.6 Profilo terreno

In questa scheda si definiscono i profili del terreno a monte e valle del muro. Questi sono rappresentati da due tratti, di cui il primo, sia a monte che a valle, è quello più vicino al muro e può essere inclinato di un angolo positivo o negativo. Inoltre, è consentito considerare la presenza di un rilevato, ossia di terreno al di sopra della testa del muro, di altezza scelta dall'utente e caratterizzato da un suo peso per unità di volume.

E' possibile definire il profilo del terreno variabile a tratti, l'inclinazione a valle influenza il carico limite e la spinta passiva. La variabilità del profilo di monte condiziona il calcolo della spinta attiva.

Assegnando un'altezza negativa al rilevato è possibile modellare i muri di recinzione.

Ambiente per la definizione del profilo del terreno

Dati	
Opzioni Muro Prof. terreno Riempimento	
Profilo terreno [cm]	
Primo tratto monte	200
Inclinazione	10 °
Secondo tratto monte	300
Inclinazione	15 °
Terzo tratto monte	200
Primo tratto valle	150
Inclinazione	32 °
Rilevato	
Altezza	50 [cm]
Peso terreno	19 [kN/m³]
Applica	

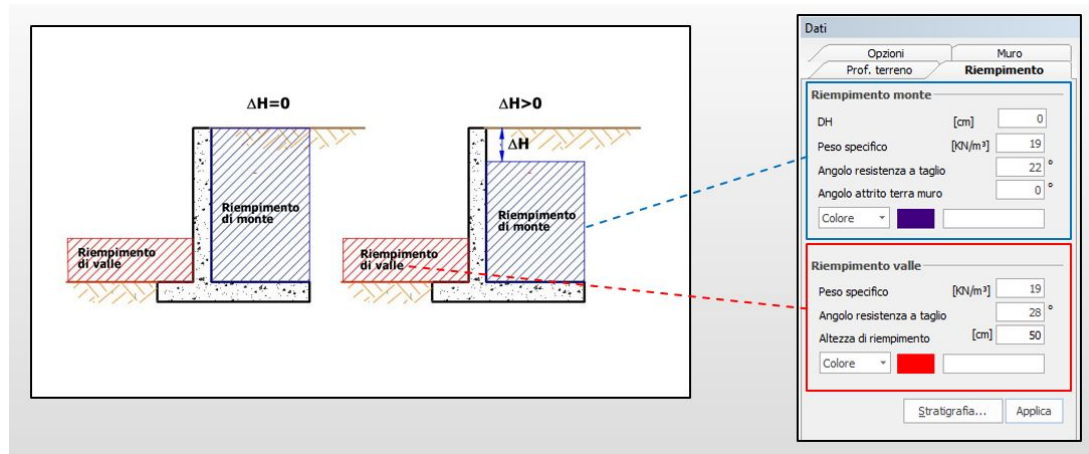
Nel calcolo della spinta attiva viene considerata solo l'inclinazione del primo tratto a monte, direttamente a ridosso del muro.

1.7 Riempimento

La presenza di materiali di riempimento a tergo del muro e in fondazione può essere definita dal pannello **Riempimento** visibile alla destra dell'area di lavoro.

- **Riempimento monte:** Per definire il riempimento della zona retrostante il muro occorre assegnare il peso per unità di volume, l'angolo di resistenza a taglio quello d'attrito terra-muro.
- **Riempimento valle:** Per inserire un riempimento sulla fondazione lato valle bisogna assegnare il peso per unità di volume del materiale, l'angolo di resistenza a taglio e l'altezza.

I parametri geotecnici di caratterizzazione dei due riempimenti sono necessari ai fini della valutazione delle sollecitazioni sulla fondazione e sulla mensola in elevazione.



Ambiente per l'assegnazione del riempimento

Il riempimento di valle non genera un effetto sulla spinta passiva ma contribuisce però nella verifica a carico limite.

1.8 Stratigrafia

Nr.	Terreni	Quota iniziale strato [cm]	Quota finale strato [cm]	Inclinazione [°]	Falda	Permeabilità [m/s]	Peso unità volume [kN/m³]	Angolo resistenza a taglio [°]	Coesione [kPa]	Angolo di attrito terra muro [°]	Modulo elastico [kPa]	Retino	Descr.
1	Terreno DB	340.00	200.00	20	☐	0	17.65197	36	0	24	11767.99		Sabbia
2	Terreno DB	200.00	80.00	15	☐	0	19.61	20	3.92	13.3	3922.66		Argilla o argilla
3	Terreno DB	80.00	-300.00	0	☐	0	18.14	32	0	21.3	29419.96		Sabbia limosa

Ambiente per la definizione della stratigrafia

Nr.: Numero d'ordine dello strato.

N.B.: Per un corretto funzionamento viene richiesto di assegnare gli strati dall'alto verso il basso.

Terreno DB: L'utente può attingere ad un database di terreni per i quali sono comunemente note le caratteristiche geotecniche.

Quota iniziale strato [cm]: Inserire la quota iniziale dello strato a partire dall'alto. Per gli strati successivi al primo la quota iniziale deve coincidere con la quota finale dello strato superiore.

Quota finale strato [cm]: Inserire la quota finale dello strato.

Inclinazione [°]: Inclinazione dello strato rispetto all'orizzontale.

Falda: Indicare se lo strato è interessato da falda per considerare l'effetto della spinta dell'acqua e l'analisi in termini di tensioni efficaci. In tal caso inserire il peso per unità di volume totale.

Permeabilità k : Permeabilità dello strato (per terreni sotto falda ad elevata permeabilità, in condizioni sismiche, il programma considera la componente idrodinamica)

Peso unità di volume: Peso unità di volume del terreno.

Angolo resistenza a taglio ϕ [°]: Angolo di resistenza a taglio del terreno; in presenza di falda inserire il parametro efficace.

Coesione c: Coesione terreno; in presenza di falda inserire il parametro efficace.

Angolo d'attrito terra-muro δ [°]: Angolo d'attrito terra-muro. Si deve assumere che la distribuzione lungo il muro delle pressioni dovute ad azioni statiche e dinamiche agisca con una inclinazione rispetto alla normale al muro non superiore a $2/3$ dell'angolo di resistenza a taglio, per lo stato di spinta attiva.

Modulo Elastico: Modulo elastico dello strato, necessario per il calcolo dei cedimenti in presenza di pali.

Retino: Posizionarsi su questa cella e clickare con il mouse, verrà visualizzata la tavolozza dei colori da cui scegliere il colore da associare allo strato.

Descrizione: Inserire una descrizione sintetica della litologia.

 Nota

Nelle verifiche globali (*carico limite, ribaltamento e scorrimento*), la parete di spinta è definita dal piano passante per l'estradosso della fondazione di monte. Lungo tale piano, l'attrito che si sviluppa in presenza di mensola di fondazione di monte è attrito terreno-terreno e non terreno-parete. Nei casi in cui, invece, la fondazione di monte non è presente o è del tutto trascurabile, è lecito assumere che lungo il suddetto piano si sviluppi attrito terreno-parete, pertanto la spinta valutata con la teoria di Coulomb è inclinata dell'angolo d'attrito terreno-parete. In tali casi è possibile imporre al programma l'uso dell'angolo terreno-parete per le verifiche globali, spuntando l'opzione presente in basso nell'ambiente di definizione della stratigrafia.

Per l'analisi in termini di tensioni totali (condizioni non drenate), porre pari a zero l'angolo di resistenza a taglio, assegnare il P.U.V saturo e considerare la coesione non drenata.

 Attenzione:

Non assegnando i dati in **collasso per slittamento e carico limite** il software assumerà i valori dello strato in cui si trova "immersa o poggiata" la fondazione del muro.

In caso contrario le verifiche a carico limite e scorrimento verranno eseguite con i parametri inseriti, si richiede sia il valore dell'adesione che dell'angolo di resistenza a taglio.

Se l'utente ha a disposizione il valore N_{spt} può scegliere di valutare le caratteristiche geotecniche da alcune relazioni che li correlano.

Basta selezionare lo strato e assegnare il valore numerico del parametro.

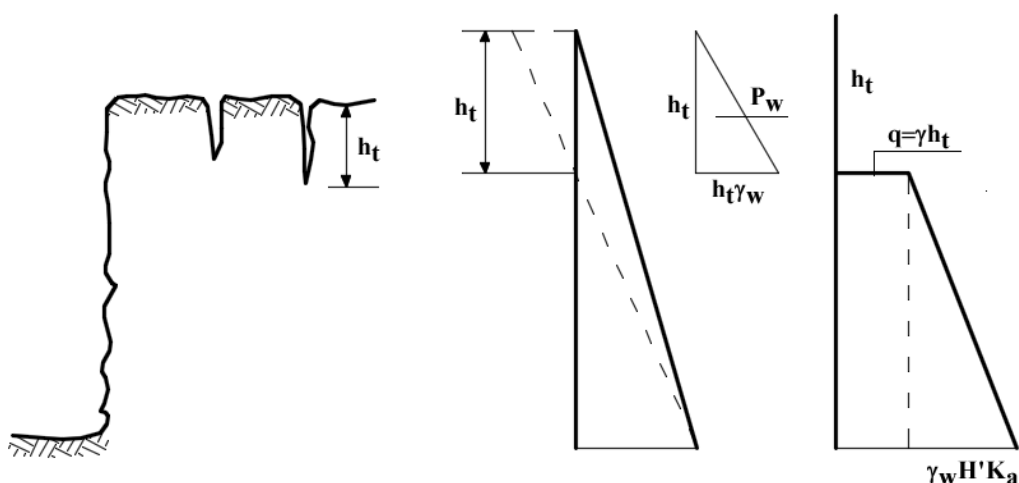
Collasso per slittamento e carico limite	
Attrito fondazione terreno (°)	0 °
Adesione fondazione [kPa]	0
Partecipazione spinta passiva	100 %

Quando il terrapieno è costituito da terreno coesivo, ci si può attendere che si manifestano delle zone di trazione (warning altezza di fessurazione maggiore dell'altezza del muro).

Non bisogna fare affidamento sulla zona di trazione per ridurre la pressione laterale. Bisogna invece assumere che essa si possa formare e riempire d'acqua.

In presenza di zona di trazione si suggerisce di adottare entrambe le indicazioni riportate in figura, considerare il blocco di trazione come sovraccarico e considerare la spinta dell'acqua contenuta nelle fratture di trazione.

E' noto che i terreni coesivi tendono a perdere coesione quando sono esposti a uno scavo in seguito all'assorbimento di umidità e/o alla formazione di fratture di trazione.



Fratture di trazione e diagramma delle pressioni suggerito in presenza di terreni coesivi

1.9 Pali

Nel caso di scelta della tipologia muro su pali, viene attivato il comando Pali nel quale si definiscono la geometria, i materiali e le modalità di calcolo.

Pali ✕

Materiali e armature...
Il tipo di armatura e le caratteristiche dei materiali si assegnano in Materiali a armature.

Caratteristiche palo Tipo: Trivellati Diametro: 40 [cm] Lunghezza: 1200 [cm] Modulo di reazione Ks: 39226.6 [KN/m³] Incremento ks con la profondità: Costante Coef. Poisson: 0.3 Rappresentazione: Intero Colore di rappresentazione del palo: ...		Posizione in fondazione Distanza asse bordo esterno: 60 [cm] Interasse longitudinale: 100 [cm] Allineamento: Allineati	
Verticali indagate Numero verticali indagate: 0 Fattore correlazione verticali indagate: x_3 0 x_4 0		Inclinazione pali Inclinazione palo di valle: 0 ° Inclinazione palo di monte: 0 ° Inclinazione palo centrale: 0 ° Opzione di analisi Azione sui pali: Momento ribaltante % di carico da attribuire ai pali (100% tutto, min 70%): 100	

Ok Annulla ?

Ambiente per l'assegnazione delle opzioni relative ai pali

Caratteristiche palo

In questa sezione si attribuiscono le modalità di esecuzione del palo: trivellato o infisso, il diametro e la lunghezza. Inoltre sono richiesti la costante di sottofondo orizzontale: costante o variabile linearmente con la profondità, il coefficiente di Poisson dello strato in cui è immersa la punta del palo sfruttato dal programma per il calcolo del cedimento.

Verticali indagate

E' possibile indicare il numero delle verticali indagate (profili d'indagine) ed i relativi fattori di correlazione, attraverso i quali si deriva la resistenza caratteristica da quella di calcolo.

Posizione in fondazione

Per stabilire la posizione dei pali in sezione viene richiesta la distanza dell'asse del palo dal bordo esterno della fondazione: essi vengono disposti in simmetria, nel caso di due pali, e, in caso di tre pali, il terzo è posizionato in modo da avere una disposizione a quinconce. Infine, per stabilire il numero di pali a metro lineare di muro viene richiesto l'interasse longitudinale.

Inclinazione pali

Ad ogni palo è possibile assegnare un'inclinazione positiva in senso antiorario.

Opzione di analisi

Per il calcolo dei pali è data la possibilità di scegliere quali azioni sono trasmesse dalla struttura sovrastante tra il momento risultante o il solo momento ribaltante (v. Fase IV - [Modello di calcolo](#)).

Percentuale di carico da attribuire ai pali

Si decide se trasferire tutto il carico ai pali (100%) oppure una sua aliquota (min 70%).

1.10 Tiranti

Il tirante viene considerato nel programma come una forza applicata sul muro di entità pari al tiro; la stessa forza viene messa in conto nell'analisi di stabilità globale ogni volta che una potenziale superficie di scorrimento intercetta il tirante.

[illegible]

Ambiente per l'assegnazione delle caratteristiche del tirante

Dati generali tirante

Diametro trefoli

Inserire il diametro dei trefoli.

Fattore di sicurezza su forza limite ultima tirante

Indicare il fattore di sicurezza da applicare alla forza limite ultima del tirante in funzione della durabilità e del rischio.

Fattore di correlazione verticali indagate

Indicare il fattore di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero dei profili di indagine.

Coefficiente cadute di tensione

E' il rapporto tra il tiro iniziale ed il tiro in condizioni di esercizio. Questo valore dipende dalla tecnologia usata per la realizzazione, può assumere dei valori tra 1.2 e 1.5.

Resistenza tangenziale limite malta

Indicare la resistenza tangenziale limite della malta.

N°

Numero d'ordine del tirante.

DH [cm]

Indicare la posizione del tirante dalla testa del muro.

Lung. Libera [cm]

Indicare la lunghezza del tratto iniziale del tirante.

Lung. ancorata [cm]

Indicare la lunghezza del tratto di ancoraggio del tirante.

Diam. foro [cm]

Indicare il diametro del foro.

Diam. Bulbo [cm]

Indicare il diametro del bulbo.

Inter. [cm]

Indicare l'interasse longitudinale.

Inclinaz. [°]

Indicare l'angolo d'inclinazione del tirante rispetto all'orizzontale.

Attr. Terreno-Tirante [°]

Indicare l'angolo d'attrito che si mobilita tra il terreno e il bulbo del tirante.

Adesione

Indicare l'adesione tirante terreno.

Nr. Trefoli

Indicare il numero di trefoli impiegati.

Res. Calcolo Acciaio

Indicare la resistenza di calcolo dell'acciaio.

Tiro

Inserire il valore del tiro; il programma calcola un valore del tiro, tuttavia l'utente può considerare un altro valore digitandolo nella cella.

Colore

Scegliere dalla tavolozza il colore con cui rappresentare il tirante.

Per tirantare il muro seguire le seguenti fasi:

1. Calcolare il muro senza tirante.
2. Definire la geometria del tirante e le caratteristiche geometriche: durante l'immissione dei dati il programma calcola in automatico il tiro di progetto del tirante. Anche se il tiro viene calcolato dal programma potrà essere modificato dal progettista.
3. Rifare il calcolo e controllare il diagramma delle tensioni in fondazione; è preferibile che questo diagramma sia all'incirca rettangolare o comunque con la base maggiore rivolta a monte; inoltre occorre soddisfare le verifiche di sicurezza a scorrimento e ribaltamento.
4. Se il diagramma delle pressioni in fondazione non si trova nella condizioni del punto precedente occorre diminuire o aumentare il tiro.
5. Se non viene soddisfatta la verifica a carico limite occorre inserire dei pali.
6. La lunghezza libera deve essere tale da collocare il bulbo fuori dalla zona di rottura individuata direttamente dal programma dopo l'inserimento del tirante.

1.11 Materiali e armature

Con questo comando si procede all'assegnazione dei materiali del muro e dei pali e alla scelta dei parametri di verifica delle sezioni in cemento armato.

The screenshot shows a software window titled "Materiali e armature muro". It has three tabs: "Parametri verifica sezioni in c.a.", "Muro", and "Pali". The "Parametri verifica sezioni in c.a." tab is selected. Inside this tab, there are two main sections. The first, "Opzioni armature", contains two input fields: "Rapporto armatura tesa compressa" with the value 0.5, and "Armatura di ripartizione" with the value 20 [%]. The second section, "Coefficienti", contains two input fields: "Fattore di sicurezza parziale calcestruzzo" with the value 1.6, and "Fattore di sicurezza parziale acciaio" with the value 1.15. At the bottom of the window are three buttons: "Ok", "Annulla", and "?".

Ambiente per l'assegnazione delle opzioni relative all'armatura

Parametri di verifica delle sezioni in c.a.

Rapporto armatura tesa compressa

In ogni sezione, il rapporto tra l'armatura tesa e quella compressa, viene mantenuto pari al valore assegnato dall'utente.

Armatura di ripartizione

L'armatura di ripartizione viene calcolata in quantità pari alla percentuale espressa dall'utente sull'armatura tesa della sezione maggiormente armata.

Materiali e armature muro

Parametri verifica sezioni in c.a. **Muro** Pali

Caratteristiche dei materiali

Calcestruzzo C25/30

Armature B450C

Barre mensola verticale

Diametri ferri 16 [mm]

Numero ferri minimo 6 18

Barre fondazione

Diametri ferri 16 [mm]

Numero ferri: minimo, massimo 6 18

Barre dente

Diametri ferri 16 [mm]

Numero ferri: minimo, massimo 5 18

Armatura di ripartizione

Diametro ferri 12 [mm]

Passo massimo 20 [cm]

Copriferro

Copriferro [Elevazione] 3 [cm]

☒ Ferri di ripresa 100 [cm]

Ok Annulla ?

Ambiente per l'assegnazione delle opzioni relative all'armatura del muro

Muro

Caratteristiche materiali

Per il calcestruzzo è richiesta la resistenza caratteristica cubica R_{ck} e il peso specifico; mentre per l'acciaio sono richiesti rispettivamente la tensione caratteristica di snervamento f_{yk} , la tensione ammissibile (per le verifiche alle tensioni ammissibili), il modulo elastico, il rapporto di omogenizzazione e il valore del copriferro.

Barre mensola verticale - Barre fondazione - Barre dente - Armatura di ripartizione

Per ogni elemento strutturale costituente il muro è possibile differenziare l'armatura imponendo il diametro dei ferri, il numero minimo e massimo. In base alle scelte dell'utente il programma esegue le verifiche a varie quote a partire dal numero minimo di ferri fino al numero massimo e, se queste hanno esito negativo, viene aumentato il diametro fino a raggiungere la condizione di verifica.

Copriferro

Indicare il copriferro per ogni elemento strutturale.

Ferri di ripresa

In corrispondenza della sezione d'attacco mensola-fondazione l'armatura della mensola può essere spezzata inserendo dei ferri di ripresa dalla fondazione. In presenza di tale opzione viene richiesta all'utente la lunghezza di ancoraggio delle barre di ripresa.

Ambiente per l'assegnazione delle opzioni relative all'armatura dei pali

Pali

Caratteristiche materiali

Per il calcestruzzo è richiesta la resistenza caratteristica cubica R_{ck} e il peso specifico; mentre per l'acciaio sono richiesti rispettivamente la tensione caratteristica di snervamento f_{yk} , la tensione ammissibile (per le verifiche alle tensioni ammissibili), il modulo elastico, il rapporto di omogenizzazione e il valore del copriferro.

Barre longitudinali - Staffe - Armatura con tubolare

Per le verifiche delle sezioni del palo viene richiesta la quantità minima di acciaio da impiegare e, se si arma il palo con barre longitudinali e staffe, le dimensioni del diametro; per l'armatura con tubolari di acciaio sono richiesti i diametri, interno ed esterno,

L'utente ha la possibilità di attingere i dati da un database in cui sono riportati quelli più comunemente usati nella pratica progettuale.

Copriferro

Indicare il copriferro.

1.12 Calcolo

Esegue il calcolo geotecnico e strutturale del muro visualizzando la sintesi dei risultati; il comando apre una finestra di dialogo in cui sono riportate le condizioni di carico: quelle definite dall'utente, come carichi sul terrapieno e carichi sul muro, e quelle calcolate dal programma (*es. peso, spinta, sisma, spinta acqua, ecc.*).

In questa fase l'operatore può definire le varie combinazioni tra le azioni con i relativi coefficienti, ai fini della verifica di resistenza strutturale dell'opera, le resistenze del terreno con la definizione dei coefficienti riduttivi dei valori caratteristici per le verifiche geotecniche.

A_Unitari+M1+RSLV

Normativa GEO: NTC 2018 Normativa STR: NTC 2018 Rigenera combinazione

Nome: A1+M1+R1 Tipo: ☒ GEO ☐ EQU ☒ STR

Coefficienti sismici: Kh: 0 Kv: 0 amax: ☐ S.L.E.

Spostamenti: ☐ Con accelerogramma Metodo di calcolo: Jibson

Combinazioni di carico

- SLU
 - ✓ A1+M1+R3
 - ✓ A_Unitari+M1+RSLV

Nr.	Azioni	Fattori combinazioni [A]
1	Peso muro	1.3
2	Spinta terreno	1
3	Peso terreno mensola	1.3
4	Spinta falda	1
5	Spinta sismica in x	1
6	Spinta sismica in y	1

Nr.	Parametro	Coeff. Parziali [M]
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1
5	Angolo di attrito terra muro	1

Nr	Verifica	Coefficienti resistenze [R]
7	Capacità portante	1
8	Scorrimento	1
9	Resistenza terreno a valle	1
10	Ribaltamento	0

A mensola Muro su pali Spostamenti

Coefficienti globali margine di sicurezza: Tensioni sul terreno:

Ribaltamento: 5.72 > 1.5 X=0.0 cm 59.84 kPa

Scorrimento: 2.91 > 1.3 X=330.0 cm 97.7 kPa

Carico limite: 8.17 > 2

Calcola Ok Annulla ?

Ambiente per la gestione delle combinazioni ed il calcolo dell'opera

Combinazioni di carico

Di default il programma propone tre combinazioni, per la definizione della capacità strutturale del muro, per il dimensionamento geotecnico e per la verifica di equilibrio.

Le combinazioni proposte possono essere modificate dall'utente, selezionando quella d'interesse e variando i coefficienti parziali. Le combinazioni sono inserite in una lista e sono individuate dal nome assegnato dall'utente.

Ad ogni combinazione di carico è possibile associare la tipologia di verifica da effettuare, per le verifiche agli stati limite ultimi (SLU): tipo GEO (geotecnico), STR (strutturale), EQU (equilibrio del corpo rigido) - ved. [Combinazioni verifiche NTC 2018](#) - oppure verifiche agli stati limite di esercizio ([SLE](#)), i cui risultati saranno riportati nel report finale.

Per ogni combinazione il programma esegue il calcolo completo del muro ([strutturale e geotecnico](#)) e restituisce, in forma sintetica, le informazioni più importanti sulle verifiche condotte (ribaltamento, scorrimento, capacità portante). Qualora in una delle combinazioni non risultasse soddisfatta una o più verifiche, il programma mette in evidenza la combinazione non verificata.

Dalla finestra di calcolo è possibile aggiungere o rimuovere una combinazione con i relativi pulsanti sulla barra dei comandi oppure scegliendo l'opzione "*Elimina combinazione*" dal menù a tendina che appare cliccando sul tasto destro del mouse:

Nuova combinazione

È, inoltre, consentito aggiungere altre combinazioni premendo il pulsante *Nuova combinazione* sulla barra dei comandi. Il programma, in tal caso, carica tutte le condizioni di carico calcolate (*peso proprio, peso terreno, spinta, sisma*) e quelle definite dall'utente (*carichi distribuiti e concentrati*) settando per queste ultime il coefficiente parziale pari ad 1. L'utente può variare i coefficienti parziali in un secondo momento, digitandoli direttamente nella cella corrispondente, secondo le proprie esigenze di verifica. Anche per i coefficienti parziali [M] e di resistenza [R] valgono le stesse considerazioni.

Elimina combinazione

Per eliminare una combinazione di carico posizionarsi con il mouse sulla combinazione, premere il tasto destro del mouse e scegliere l'opzione

"Elimina combinazione", lo stesso risultato si raggiunge digitando il comando sulla barra.

Rinomina combinazione

Per rinominare una combinazione occorre posizionarsi con il mouse su quella da rinominare e digitare il nuovo nome nel campo "Nome" (posizione il alto rispetto alla lista delle combinazioni).

Verifica combinazioni

Premendo il pulsante Calcolo, il programma esegue il calcolo per ogni combinazione definita, evidenziando (triangolo giallo) quelle che non risultano essere verificate totalmente o parzialmente (verifica a ribaltamento, a scorrimento e carico limite). I risultati di verifica, in forma sintetica, verranno evidenziati dopo aver selezionato la combinazione un click del mouse.

I coefficienti sismici k_h , k_v e a_{max} da associare alle [combinazioni sismiche](#) possono essere calcolati automaticamente o inseriti manualmente.

Per considerare l'azione sismica verticale diretta verso l'alto il valore di k_v deve essere maggiore di zero, se invece si assume k_v minore di zero, l'azione sismica verticale sarà diretta verso il basso.

Il software mette a disposizione la possibilità di calcolare i parametri secondo le [NTC 2018](#) attraverso la seguente finestra avviata per mezzo del

pulsante  :

Calcolo coefficienti sismici

Il calcolo dei parametri sismici sul sito di riferimento può essere effettuato utilizzando il software GEOSTRU PS, connettendosi all'indirizzo www.geostru.com/geoapp
Per la ricerca automatica della zona digitare l'indirizzo nel seguente formato: Via..., Città, Provincia, Nazione

Dati Generali

Località
Indirizzo:
Lat. Long.

Dati opera
Tipo opera:
Classe d'uso:
V. Nominale: V. Rif.:

Parametri sismici su sito di riferimento

SL	TR [Anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
SLO	30.00	0.47	2.37	0.28
SLD	50.00	0.60	2.41	0.31
SLV	475.00	1.62	2.44	0.42
SLC	975.00	2.17	2.45	0.44

Zona simica:
Categoria sottosuolo:
Categoria topografica:

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

☐ Muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno.

SL	amax [m/s ²]	β	k _{hk} [-]	k _{vk} [-]
SLO	0.6768	0.18	0.0124	0.0062
SLD	0.864	0.18	0.0159	0.0079
SLV	2.3328	0.24	0.0571	0.0285
SLC	3.0809	0.31	0.0974	0.0487

Stato limite di riferimento:

Calcolo parametri sismici [GeoStru PS...] Importa da Geostru PS Calcola Ok Annulla

Ambiente per il calcolo dei coefficienti sismici

Cliccando sul pulsante "[Calcolo parametri sismici...](#)" l'utente ha la possibilità di collegarsi direttamente al software on line GeoStru PS (<http://www.geostru.com/geoapp/parametri-sismici.aspx>) e calcolare i parametri sismici del modello secondo le nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC2008), inserendo tutti i dati previsti dalla stessa norma ([Tipo opera](#), [Classe d'uso](#), [Tr](#), [ag ecc.](#)) direttamente sul web.

E' altresì possibile importare direttamente report generati dal software on line cliccando sul pulsante "Importa da GeoStru PS".

Una volta calcolati ed importati i parametri sismici su sito di riferimento, cliccando sul pulsante "Calcola" verranno visualizzati i coefficienti sismici orizzontali e verticali nella tabella in basso a destra della finestra. Tali parametri, dopo aver scelto lo stato limite di riferimento, verranno applicati alla combinazione in esame confermando con il tasto "Ok".

N.B. I coefficienti di combinazione e la sintesi dei risultati sono relativi alla combinazione selezionata dall'utente.



In fase di calcolo, per considerare gli effetti dei carichi inseriti o dei sistemi di ancoraggio è necessario che il fattore di combinazione A , di tali azioni, sia diverso da 0!

Ved. anche [Calcolo spostamenti](#).

AGGIORNAMENTO ALLE NTC 2018

A seguito dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) le verifiche delle combinazioni sismiche per le strutture di fondazione (pali compresi) verranno eseguite in modalità e sostanzialmente elastica cioè la resistenza a flessione (semplice o composta) verrà limitata al raggiungimento del momento di prima plasticizzazione, cioè al momento più piccolo tra quello che comporta il raggiungimento della tensione di snervamento nell'acciaio e quello che comporta il raggiungimento della deformazione unitaria di compressione pari a 0.002 nel calcestruzzo (il programma per il calcestruzzo utilizza comunque il legame costitutivo parabolico). Ciò comporterà una riduzione della resistenza a flessione (rispetto a quella calcolata allo stato limite ultimo) di circa il 10% nelle strutture con piccolo o nullo sforzo assiale e fino al 30% per i pali di fondazione. Per le travi di fondazione l'armatura minima superiore ed inferiore deve essere almeno pari allo 0,2% dell'area della sezione trasversale.

1.13 Computo

Visualizza il computo metrico delle quantità di acciaio e calcestruzzo, il calcolo viene effettuato a metro lineare di opera.

E' possibile eseguire il computo on line tramite l'applicazione gratuita <https://geoapp.geostru.eu/app/computo/> (Si vedano [Geoapp](#) e [Sezione Geoapp](#) per maggiori dettagli)

1.14 Analisi di stabilità globale

Esegue la verifica di [stabilità globale](#) con i metodi classici dell'Equilibrio Limite (Fellenius, Bishop, Janbu). La verifica può essere effettuata sia per superfici circolari che per superfici di forma generica (solo metodo Janbu). Il programma propone una maglia dei centri per l'analisi, ma l'utente può modificarla o spostarla.

Selezionando il comando **Calcolo...** MDC trasferisce i dati del muro a **Slope** per l'analisi di stabilità globale.

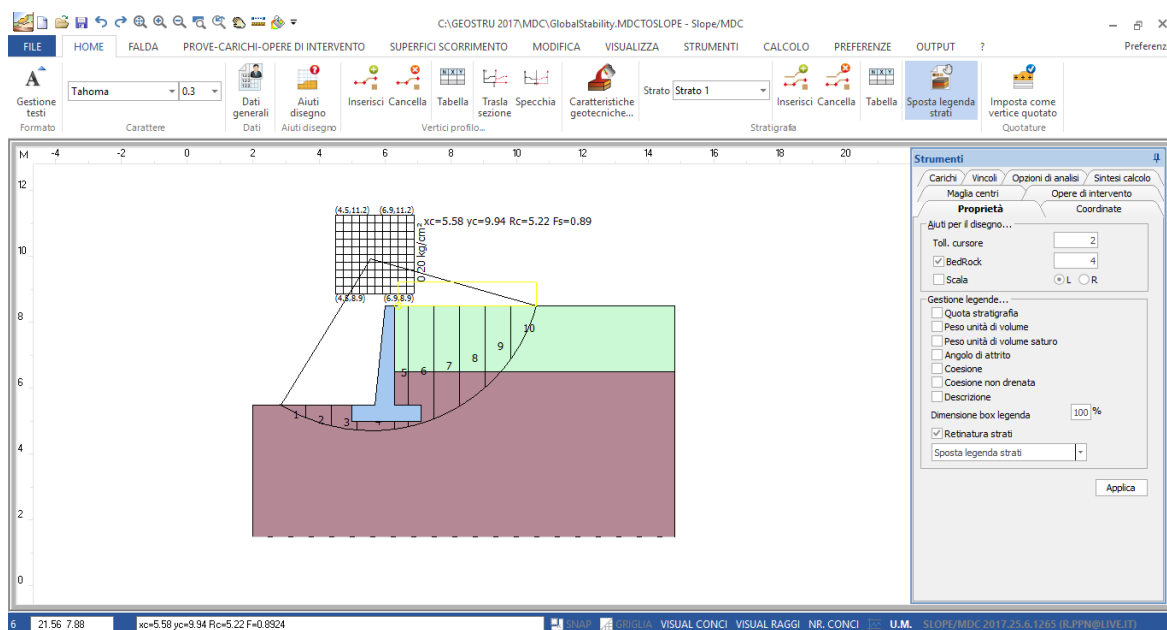
Analisi di stabilità globale...	
▲ Dati generali	
Nome Combinazione	A2+M2+R2
Coefficiente accel. progetto	0
Coefficiente sismico orizzontale	0.0159
Coefficiente sismico verticale	0.0079
Coeff. sicurezza stabilità globale	1.1
Autore calcolo	Bishop
Forma superficie	Circolare
Tipo analisi	Stati limite
▲ Carichi distribuiti	
Sovraccarico	1.3
▲ Parametri del terreno	
Angolo di resistenza a taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Resistenza non drenata	1.4
Peso unità di volume	1
▲ Slope file	
File	C:\GEOSTRU 2017\SLOPE\Slope.exe
Rigenera combinazione Calcolo... ?	

Ambiente per la procedura di avvio dell'analisi di stabilità globale

La verifica viene fatta per la [combinazione](#) di carico selezionata. La transazione dei dati nel modulo di stabilità globale è automatica, si consiglia di effettuare dei controlli sui dati di input.

Dal menù **Calcolo** è possibile selezionare il metodo da utilizzare per l'analisi di stabilità globale ed avviare il calcolo attraverso il comando *"Esegui Analisi"*.

Nella scheda Sintesi di calcolo viene riportato il valore minimo del fattore di sicurezza da confrontare con il grado di sicurezza ritenuto accettabile.



Ambiente analisi di stabilità globale

L'output di stampa della verifica di stabilità globale può essere generato selezionando il comando *"Crea relazione"* dal menù Output in Slope

N.B. Per maggiori informazioni sull'analisi di stabilità globale consultare l'Help in linea di Slope.

1.15 Diagrammi

Vista stratigrafia

Visualizza il muro con la stratigrafia assegnata.

Cuneo statico-dinamico

Visualizza l'ampiezza del cuneo di spinta.

Discretizzazione

Visualizza le sezioni di calcolo.

Pressioni terreno

Visualizza il diagramma delle pressioni del terreno sul muro.

Pressioni falda

Visualizza il diagramma delle pressioni dell'acqua.

Pressioni in fondazione

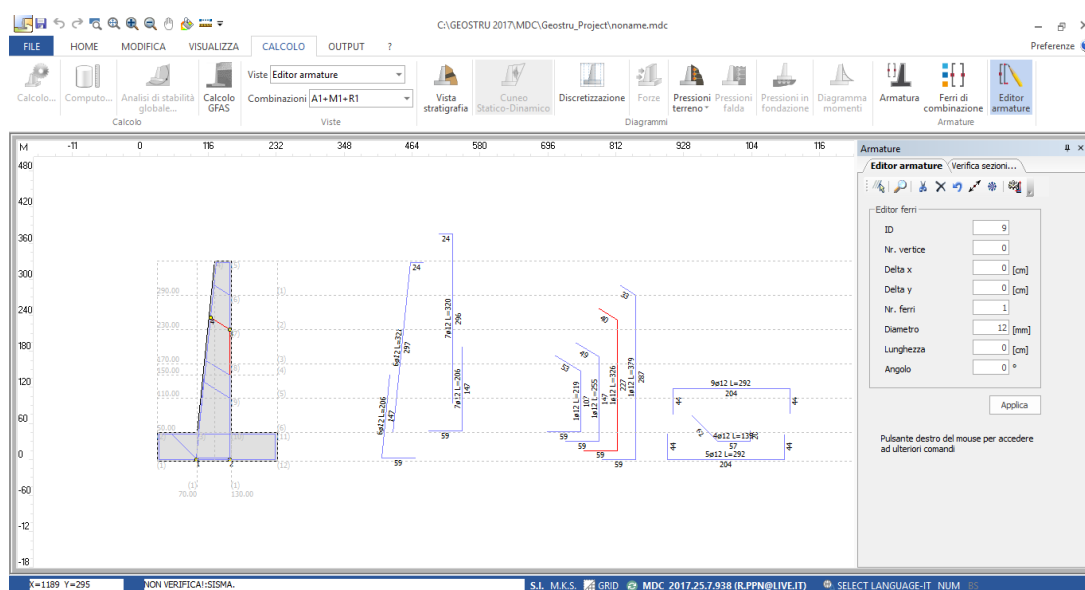
Visualizza l'andamento delle pressioni sulla fondazione (solo in assenza di pali).

Diagramma momenti

Visualizza il diagramma dei momenti sulla mensola in elevazione e sulle mensole di fondazione.

E' possibile gestire i colori dei diagrammi dalla finestra delle [opzioni](#)

1.16 Armature



Ambiente per la modifica delle armature

Armatura

Visualizza la distinta delle armature: in tal caso l'armatura è data dall'involuppo delle armature di combinazione.

Ferri di combinazione

Per ogni combinazione selezionata, è visualizzata l'armatura corrispondente. La combinazione da visualizzare è selezionabile dalla barra degli strumenti.

Editor Armature

La visualizzazione in modalità **Editor Armature** consente all'utente di modificare le armature di calcolo del programma e di eseguirne la verifica, ad esclusione delle armature dei pali.

Come selezionare un ferro

Per selezionare un ferro da modificare occorre scegliere il comando *Seleziona* dal pannello laterale Editor Armature, portarsi sull'area definita dalla sezione del muro (*area evidenziata dal colore di sfondo del muro*) e cliccare sul ferro; un ferro selezionato nell'armatura esplosa (distinta dei ferri) può essere solo spostato, ma non modificato. Quando il ferro è editabile, i vertici dello stesso vengono evidenziati da pallini colorati e nel pannello Editor Armature vengono riportate tutte le caratteristiche dello stesso: *numero, diametro, lunghezza del tratto e angolo di inclinazione*. In questa fase è possibile modificare le caratteristiche geometriche del ferro.

Congelare (vincolare)/Scongela (svincolare) un ferro

Per impedire che vengano eseguite modifiche accidentali su un ferro, il programma dispone del comando *Congela* che si attiva dal menu a comparsa premendo il tasto destro del mouse. Congelare un ferro impedisce di effettuare modifiche sul ferro. Per restituire al ferro la sua proprietà editabile va selezionato il comando *Scongela* tutti dal menu a comparsa con il tasto destro del mouse. Questo ultimo comando svincola tutti i ferri.

Modificare un ferro

Modifiche consentite dal programma: ogni ferro può essere tagliato (Taglia), sagomato, inserendo uno o più vertici (Introduci vertice) o eliminato (Cancella). Tutte le modifiche sul ferro sono attivabili dal menu a comparsa con il tasto destro del mouse e vanno sempre confermate dal comando *Applica* dello stesso menu. Ogni modifica va eseguita nell'area definita dal profilo del muro. Un ferro eliminato (Cancella) non può più essere inserito; è consentito solo eseguire il comando *Annulla* (undo).

Verificare le sezioni di calcolo

Dopo aver modificato la grafica dei ferri occorre eseguire la verifica dell'armatura modificata. Per tale operazione bisogna scegliere il comando *Verifica sezioni* sulla barra degli strumenti visualizzata: la finestra di dialogo che compare mostra l'armatura di calcolo per le differenti parti del muro (elevazione, fondazione valle, fondazione monte, dente) antecedente alle modifiche. Affinché venga proposta la nuova armatura modificata bisogna premere il pulsante *Ferri di calcolo* della stessa finestra;

l'esecuzione di tale comando aggiornerà le armature così come modificate dall'utente.

Infine, premendo il pulsante *Verifica Sezioni* verrà eseguita la verifica delle sezioni di calcolo con le nuove armature. Se non compare nessun messaggio, la verifica può ritenersi soddisfatta secondo le scelte operate dall'utente. L'armatura modificata e le varie verifiche viene riportata nella relazione di calcolo.

Nota bene: Sulla mensola in elevazione, per lo stesso lato (monte o valle) può essere usato un solo tipo di diametro.

Nota bene: E' possibile gestire solo l'armatura a flessione, non è possibile gestire quella a taglio (longitudinale)

1.17 Verifica a taglio

Le sezioni di verifica della mensola in elevazione e del solettone di fondazione dei muri di sostegno vengono verificate a taglio senza prevedere apposite armature trasversali a taglio (staffe, spilli, barre piegate) sia in quanto trattasi di strutture in genere massicce ma anche allo scopo di semplificarne l'esecuzione in cantiere.

Il calcolo di verifica a taglio è basato sul rispetto della (4.1.22) DM 2018:

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

La resistenza V_{Rd} è fornita dalla (4.1.23) DM 2018 (a cui si rimanda per il significato dei simboli):

$$V_{Rd} = \{0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

In sostanza la resistenza a taglio dipende fortemente dall'altezza utile d della sezione, ma anche dalla classe del calcestruzzo f_{ck} e dall'aliquota di armatura tesa longitudinale a flessione $\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$. Nel nostro caso è marginale o nullo l'incremento della resistenza da sforzo normale costituita dal termine $0,15 \cdot \sigma_{cp}$.

Il programma MDC opera un primo dimensionamento delle armature a flessione ottenendo così un valore iniziale dell'aliquota ρ_l . Se applicando la suddetta (4.1.23) la corrispondente resistenza a taglio V_{Rd} non soddisfa la

(4.1.22) vengono aggiunte ulteriori barre longitudinali a flessione incrementando così ρ_l fino ad un massimo dell'1% ($\rho_l = 0,01$). Se anche con la percentuale di armatura tesa dell'1% la sezione non è verificata a taglio è necessario procedere all'incremento dell'altezza utile d della sezione e/o all'impiego di un calcestruzzo con una maggiore resistenza caratteristica f_{ck} .

Verifica a taglio delle sezioni circolari, pali di fondazione

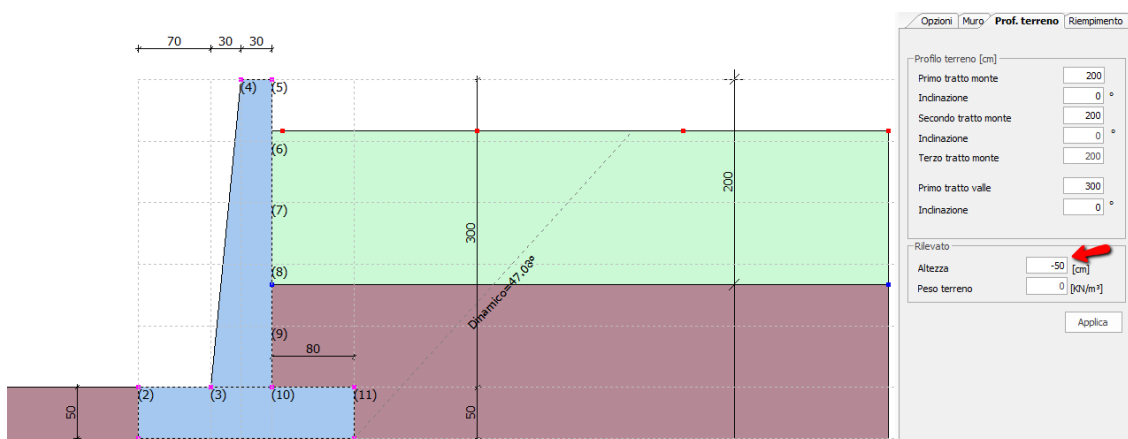
In una prima fase il programma progetta l'armatura a taglio dei pali e successivamente esegue la verifica.

La verifica viene condotta tra le condizioni di progetto e i dati imposti dall'utente (in materiali ed armature) ad esempio il passo delle staffe.

Se il passo imposto dall'utente è minore del passo calcolato, le verifiche vengono condotte con il passo assegnato dall'utente altrimenti il programma considera il passo di progetto.

1.18 Traslazione piano campagna

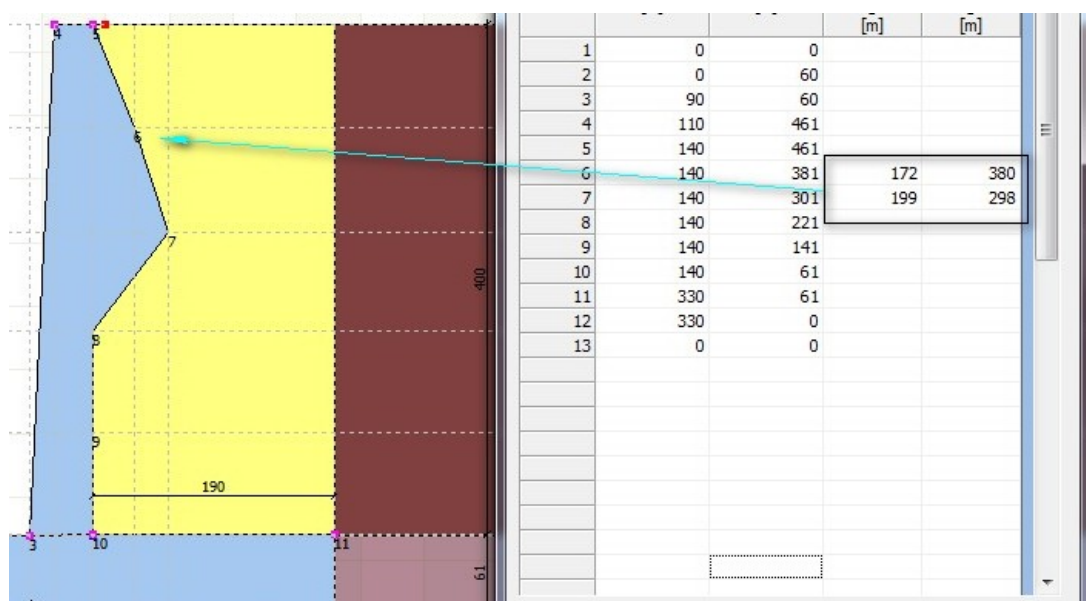
Per abbassare il profilo topografico come in figura occorre assegnare al rilevato un'altezza negativa.



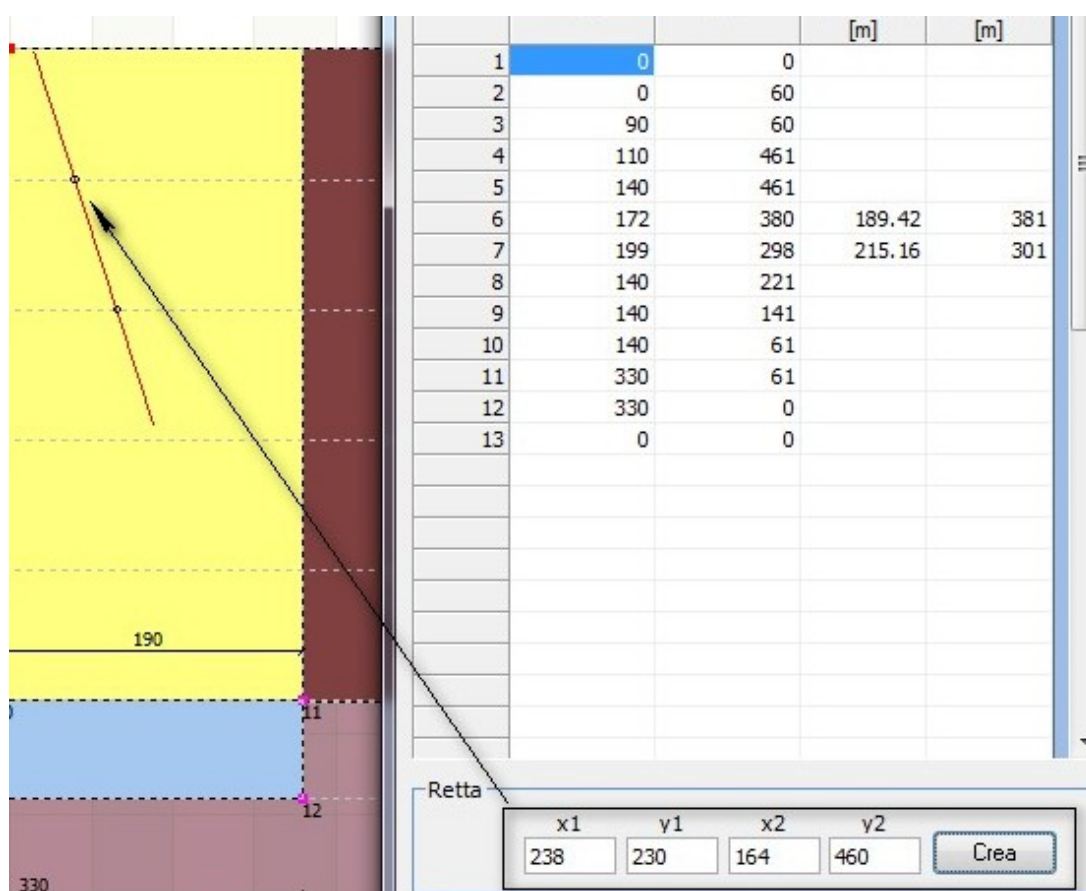
1.19 Coordinate muro

Il comando per la gestione avanzata delle coordinate della sezione del muro "Coordinate Muro" si attiva solo dopo averne definito una tipologia ed avere assegnato le grandezze geometriche in geometria muro.

Per modificare le coordinate occorre assegnarle nella 4° e 5° colonna della griglia, è necessario assegnarle entrambe come indicato in figura.



Per agevolare il sistema di immissione è possibile definire una retta di modifica come indicato in figura:

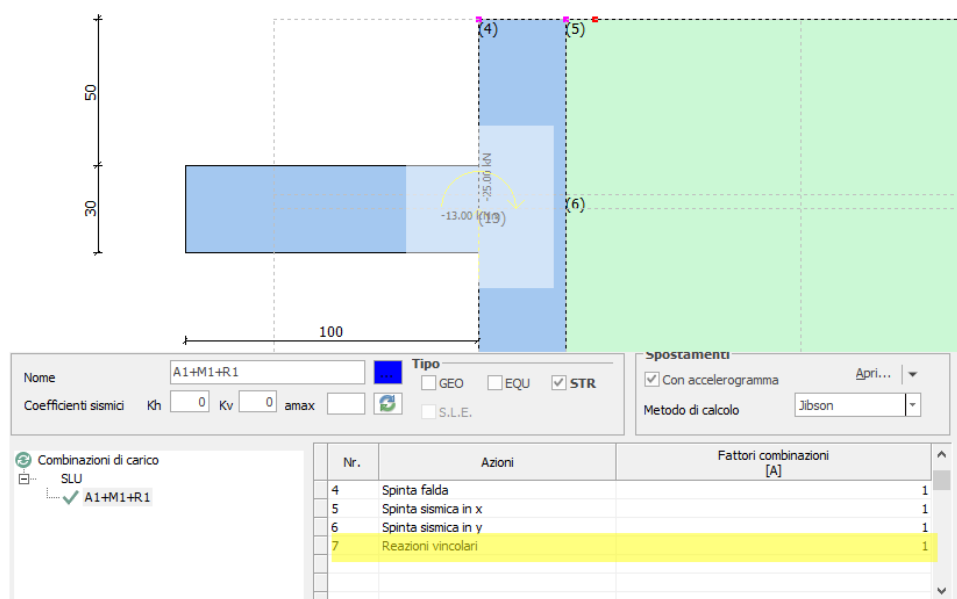


Con il comando *crea* saranno create e visualizzate in 4° e 5° colonna le coordinate da assegnare al profilo.

Con il comando *Ripristina* è possibile ritornare alle coordinate iniziali.

1.20 Mensola a valle

Dopo aver inserito geometricamente la mensola a valle occorre introdurre le azioni come carichi esterni ed i fattori di combinazione nella finestra di calcolo. Le azioni saranno assemblate nel sistema per le verifiche geotecniche globali e strutturali.



mensola a valle per la modifica delle armature

1.21 Opzioni

Si accede dal menù posizionato accanto all'area di lavoro, è possibile gestire:

- le dimensioni dei testi;
- i colori dei diagrammi, delle forze, dell'armatura...
- impostare le uscite in formato testo.

Per rendere attive le impostazioni occorre cliccare sul comando **Applica**

Opzioni		Muro	Prof. terreno	Riempimento
Quote Muro				12 ^
Quota Ferri				12
Testi Diagrammi				12
Testi liberi				12
Colori				
Testi liberi				H000000FF
Colori sezioni di calcolo				H00808080
Spinte unitarie terreno				H00FF0080
Spinte unitarie dinamiche				H008000FF
Pressioni fondazione				H00808080
Momenti elevazione				H00FF0000
Momenti fondazione				H00808080
Forze interne				H00FF0080
Pressioni neutre				H00FFFF00
Ferri longitudinali				H00FF8080
Ferri di ripartizione				H00808080
Simbologia				
Diametro ferro		ø		▼
Relazione di calcolo				
Tipo carattere		Times New Roman		▼
Dimensione carattere			10	▼
Colore paragrafi				H008F8F8F
▼				
Applica				

1.22 Output

Generale

Visualizza la relazione di calcolo generale, esportandola in formato :*.doc, *.docx, *.pdf . L'utente può scegliere di separare, azionando i corrispondenti comandi, la relazione generale in : *carico limite, geotecnica, materiali e strutturale*.

Esporta DXF

Esporta in formato DXF il contenuto della finestra di lavoro.

Esporta in BMP

Esporta la grafica contenuta nel foglio di lavoro in formato Bitmap.

Piano di Manutenzione

Esporta il piano di manutenzione del muro di sostegno

Sintesi

Azionando questo comando il programma fornisce la sintesi dei risultati del calcolo e dei dati di input

Sismi.ca

Questo comando fornisce al progettista i dati necessari per caricare l'opera progettuale sul portale della Regione Calabria (autorizzazione sismica).

Nota: Tutti i files esportati hanno lo stesso nome del file principale ed estensione che li individua in modo univoco.

1.22.1 Esempio relazione di calcolo

RELAZIONE DI CALCOLO

Normativa di riferimento

NTC2008 - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008.
CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27).

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:

$$P_t = K_a \cdot \gamma \cdot z$$

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di KA:

$d < (b-f-e)$ secondo Muller-Breslau

gt Peso unità di volume del terreno;

b Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

f 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.

Calcolo della spinta attiva con Rankine

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

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

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:

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 ϵ , di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo β , di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità q tale che:

$$\tan q = kh/(1 \pm kv)$$

con kh coefficiente sismico orizzontale e kv verticale.

In assenza di studi specifici, i coefficienti kh e kv devono essere calcolati come:

$$kh = S a_g/r \qquad kv = 0,5 kh$$

in cui $S a_g$ rappresenta il valore dell'accelerazione sismica massima del terreno per le varie categorie di profilo stratigrafico definite dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003. Al fattore r viene può essere assegnato il valore $r = 2$ nel caso di opere sufficientemente flessibili (muri liberi a gravità), mentre in tutti gli altri casi viene posto pari a 1 (muri in c.a. resistenti a flessione, muri in c.a. su pali o tirantati, muri di cantinato).

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:

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

dove

Q = Carico agente sul terrapieno;

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

$$S_c = P_c' H$$

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:

$$P_q = K_a' Q' \sin b / \sin(b + e)$$

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:

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

dove:

- H altezza muro
- k_v coefficiente sismico verticale
- γ 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 q della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

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:

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

Con risultante pari a:

$$S_w = 1/2 \gamma_w' H^2$$

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo g_t con $g't$ ($g't = g_{\text{saturo}} - \gamma_w$), peso efficace del materiale immerso in acqua.

Resistenza passiva

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

$$P_t = K_p' g_t' z$$

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

$$d < b - f - e$$

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

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

CALCOLO DEI PALI DI FONDAZIONE

Convenzioni sui segni

- a) La forza verticale F_y , positiva se diretta verso il basso;
- b) La forza orizzontale F_x positiva da sinistra verso destra;
- c) La coppia M è positiva se produce spostamenti concordi con quelli della forza orizzontale F_x ;

Analisi del palo in condizioni di esercizio: Modello di Winkler

Il modello di Winkler consente di tenere conto in modo semplice della variabilità delle proprietà meccaniche del terreno e delle stratificazioni.

In presenza di mezzo omogeneo (K costante) è stata adottata la classifica di Hetényi che distingue tre possibili comportamenti del palo su mezzo alla Winkler, in funzione del valore che assume la rigidezza relativa (I) terreno palo ossia: palo di tipo corto o rigido, palo relativamente flessibile, palo infinitamente flessibile.

Carico limite verticale

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo e delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno.

Ai fini del calcolo, il carico limite Q_{lim} viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta Q_p e la resistenza laterale Q_s .

Resistenza unitaria alla punta

La resistenza unitaria q_p alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito (j) e di coesione (c), è data dall'espressione:

$$q_p = c' N_c + g' D' N_q$$

Avendo indicato con:

- g Peso unità di volume del terreno;
- D Lunghezza del palo;
- Nc e Nq Fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare);

Il fattore Nq è stato calcolato secondo la teoria di Berezantzev.

Resistenza del fusto

Il contributo alla resistenza di fusto viene calcolato utilizzando una combinazione di sforzi totali ed efficaci. Sono previsti tre procedimenti di calcolo di uso corrente. Due dei quali di validità generale per la resistenza laterale di pali collocati in terreni coesivi. Questi metodi prendono il nome di a, b e l dai coefficienti moltiplicativi usati nel termine della capacità portante laterale

Metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale metodo A, proposto da Tomlinson (1971); la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$f_s = A'c + q'K'tg d$$

c valore medio della coesione o della resistenza a taglio in condizioni non drenate.

q pressione verticale del terreno

k coefficiente di spinta orizzontale dipendente dalla tecnologia del palo e dal precedente stato di addensamento calcolato come segue:

Per pali infissi

$$K = 1 + tg2f$$

Per pali trivellati

$$K = 1 - tg2f$$

d attrito palo-terreno, funzione della scabrezza della superficie del palo.

Per pali infissi

$$d = 3/4' tg f$$

Per pali trivellati

$$d = tg f$$

a è un coefficiente ricavato come di seguito riportato:

Coefficiente a per palo infisso

$c < 0.25$	$a = 1.00$
$0.25 < c < 0.5$	$a = 0.85$
$0.5 < c < 0.75$	$a = 0.65$
$0.75 < c < 2.4$	$a = 0.50$
$c > 2.4$	$a = 1.2 / c$

Coefficiente a per palo trivellato

$c < 0.25$	$a = 0.9$
$0.25 < c < 0.5$	$a = 0.8$
$0.5 < c < 0.75$	$a = 0.6$
$0.75 < c < 2$	$a = 0.4$
$c > 2$	$a = 0.8 / c$

Inoltre:

Secondo le indicazioni di Okamoto in presenza di effetti sismici la resistenza laterale viene ridotta in funzione del coefficiente sismico k_h come segue:

$$\text{Coeffrid} = 1 - k_h$$

Infine

- a) Per i pali trivellati sia le caratteristiche di resistenza (c , j) sia il coefficiente del modulo orizzontale del terreno sono stati ridotti del 10%.
- b) In caso azioni di trazione il carico alla punta è nullo mentre quello laterale è stato ridotto al 70%
- c) Nel coefficiente di sicurezza verticale si è tenuto in debito conto anche del peso palo.

Cedimenti

Il cedimento verticale è stato calcolato con il metodo Davis-Poulos, secondo il quale il

palo viene considerato rigido (indeformabile) immerso in un mezzo elastico, semispazio o strato di spessore finito.

Si ipotizza che l'interazione palo terreno sia costante a tratti lungo n superfici cilindriche in cui viene suddivisa la superficie laterale del palo.

Il cedimento della generica superficie i per effetto del carico trasmesso dal palo al terreno lungo la superficie j esima può essere espresso:

$$W_{i,j} = (t_j / E) \cdot B \cdot I_{i,j}$$

Avendo indicato con:

t_j Incremento di tensione relativo al punto medio della striscia;

E Modulo elastico del terreno;

B Diametro del palo;

$I_{i,j}$ Coefficiente di influenza;

Il cedimento complessivo si ottiene sommando $W_{i,j}$ per tutte le j aree

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.

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

Data 16/12/2011

Condizioni ambientali Ordinarie

Normativa GEO NTC 2008

Normativa STR NTC 2008

Spinta Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	300.0	cm
Spessore testa muro	30.0	cm
Risega muro lato valle	30.0	cm
Risega muro lato monte	0.0	cm
Sporgenza mensola a valle	70.0	cm
Sporgenza mensola a monte	80.0	cm
Svaso mensola a valle	0.0	cm
Svaso mensola a valle	0.0	cm
Altezza estremità mensola a valle	40.0	cm
Altezza estremità mensola a monte	40.0	cm
Sezione dei pali	40.0	cm
Lunghezza dei pali	500.0	cm
Distanza asse da estremità mensola	60.0	cm

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck, cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fcd [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
1	C20/25	25	30550.21	20	11.55	1.05	2.25
2	C25/30	30	32089.96	25	14.44	1.21	2.61
3	C28/35	35	32936.31	28	16.17	1.31	2.81
4	C40/50	51	35913.83	40	20.22	1.52	3.26

Acciai:

Nr.	Classe	Es	fyk	fyd	f tk	f td	ep	epd	β_1 *	β_1 *
-----	--------	----	-----	-----	------	------	----	-----	-------------	-------------

	s s e a c c i a i o	[M p a]	[M p a]	[M p a]	[M p a]	[M p a]	t k	— u l t	β 2 i n i z i a l e	β 2 f i n a l e
1	B 4 5 0 C	2 0 3 9 4 0	4 5 8 . 8 7	3 9 9 . 0 1	5 5 0 . 6 4	3 9 9 . 0 1	. 0 7 5	. 0 6 7 5	1	0 . 5
2	B 4 5 0 C *	2 0 3 9 4 0	4 5 8 . 8 7	3 9 9 . 0 1	5 5 0 . 6 4	4 5 8 . 8 7	. 0 7 5	. 0 6 7 5	1	0 . 5
3	B 4 5 0 C * *	2 0 3 9 4 0	4 5 8 . 8 7	3 9 9 . 0 1	4 6 7 . 3 3	4 0 6 . 3 5	. 0 1 2	. 0 1	1	0 . 5
4	S 2 3 5 H	2 1 4 1 3 7	2 4 4 . 7 3	2 1 2 . 8 1	3 6 7 . 0 9	2 1 2 . 8 1	0 . 0 1 2	0 . 0 1	1	0 . 5
5	S 2 7 5 H	2 1 4 1 3 7	2 8 5 . 5 2	2 4 8 . 3	4 3 8 . 4 7	2 4 8 . 3	0 . 0 1 2	0 . 0 1	1	0 . 5
6	S 3	2 1	3 6	3 1	5 2	3 6	0 .	0 .	1	0 .

	5	4	7	9	0	7	0	0		5
	5	1	.	.	.	.	1	1		
	H	3	0	1	0	0	2			
		7	9	7	5	9				

Materiali impiegati realizzazione muro C20/25 B450C

Materiali impiegati realizzazione pali C20/25 B450C

Copriferro, Elevazione 3.0 cm

Copriferro, Fondazione 3.0 cm

Copriferro, Dente di fondazione 3.0 cm

Stratigrafia

DH Passo minimo

Eps Inclinazione dello strato.

Gamma Peso unità di volume

Fi Angolo di resistenza a taglio

c Coesione

Delta Angolo di attrito terra muro

P.F. Presenza di falda (Si/No)

	D H (cm)	E p s (°)	G a m m a (KN / m ³)	Fi (°)	c (k Pa)	D el ta (°)	P . F .	Li to lo gi a	Descrizione
	3 6 8	8	1 9. 6 1	2 0	3. 9 2	1 3	N o		Argilla o argilla limosa media
	5 7 2	0	1 9. 1 2	4 0	1 9 6. 1 3	2 7	N o		Argilla con ghiaia

Carichi distribuiti

Descrizione	Ascissa iniziale (cm)	Ascissa finale (cm)	Valore iniziale (kPa)	Valore finale (kPa)	Profondità (cm)
carico 1	0.0	300.0	100.0	100.0	0.0

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R1

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1.30
2	Spinta terreno	1.00
3	Peso terreno mensola	1.30
4	Spinta falda	1.00
5	Spinta sismica in x	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	carico 1	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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

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	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	carico 1	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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1.7
2	Laterale compressione	1.45
3	Coefficiente totale	1.6
4	Laterale (trazione)	1.6
5	Orizzontale	1.6
	Riduzione resistenza	Parziale

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	0.00

6	Spinta sismica in y	0.00
7	carico 1	1.50

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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1.7
2	Laterale compressione	1.45
3	Coefficiente totale	1.6
4	Laterale (trazione)	1.6
5	Orizzontale	1.6
	Riduzione resistenza	Parziale

SLE 4

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	0.00
6	Spinta sismica in y	0.00
7	carico 1	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.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1
2	Laterale compressione	1
3	Coefficiente totale	1
4	Laterale (trazione)	1
5	Orizzontale	1
	Riduzione resistenza	Parziale

A1+M1+R1 [STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
340.0	280.0	19.61	0.0	20.0	13.3	3.92	0.0	
280.0	220.0	19.61	0.0	20.0	13.3	3.92	0.0	
220.0	160.0	19.61	0.0	20.0	13.3	3.92	0.0	
160.0	100.0	19.61	0.0	20.0	13.3	3.92	0.0	
100.0	40.0	19.61	0.0	20.0	13.3	3.92	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
13.3	0.44	0.0	0.0	0.43	0.1	0.0	0.0
13.3	0.44	0.0	0.0	0.43	0.1	0.0	0.0
13.3	0.44	0.0	0.0	0.43	0.1	0.0	0.0
13.3	0.44	0.0	0.0	0.43	0.1	0.0	0.0
13.3	0.44	0.0	0.0	0.43	0.1	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.

Qf Quota inizio strato.

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	340.0	280.0	27.4	6.48	310.0	310.0
2	280.0	220.0	28.89	6.83	249.48	249.48
3	220.0	160.0	31.9	7.54	189.53	189.53
4	160.0	100.0	34.91	8.25	129.57	129.57
5	100.0	40.0	37.92	8.96	69.6	69.6

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py Peso del muro (kN);

Px Forza inerziale (kN);

Xp, Yp Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
280.0	0.0	6.31	113.5	309.1
220.0	0.0	13.77	111.8	276.7
160.0	0.0	22.37	110.2	243.1

100.0 0.0 32.13 108.4 208.6
40.0 0.0 43.03 106.7 173.3

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	

280.0	27.4	12.79	6.96	36.0	
220.0	56.29	27.08	30.19	42.0	
160.0	88.19	43.22	71.02	48.0	
100.0	123.09		61.22	131.23	54.0
40.0	161.01		81.09	212.48	60.0

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);

Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);

Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);

Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se ≥ 1).

Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT	

4Ø12 (4.52)		7Ø12 (7.92)	12.73	99.75	S		120.14	0.0
4.38								
4Ø12 (4.52)		8Ø12 (9.05)	27.08	137.29		S	134.58	
0.0	2.39							
5Ø12 (5.65)		9Ø12 (10.18)		43.23	181.29		S	
148.62	0.0	1.69						
5Ø12 (5.65)		10Ø12 (11.31)		61.26	231.93		S	
162.35	0.0	1.32						

6Ø12 (6.79) 15Ø12 (16.96) 81.15 383.69 S
 193.57 200.27 2.45

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
340.0	280.0	19.61	0.0	20.0	20.0	3.92	0.0	
280.0	220.0	19.61	0.0	20.0	20.0	3.92	0.0	
220.0	160.0	19.61	0.0	20.0	20.0	3.92	0.0	
160.0	100.0	19.61	0.0	20.0	20.0	3.92	0.0	
100.0	40.0	19.61	0.0	20.0	20.0	3.92	0.0	
40.0	0.0	19.61	0.0	20.0	13.3	3.92	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
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
20.0	0.43	0.0	0.0	0.4	0.15	0.0	0.0
20.0	0.43	0.0	0.0	0.4	0.15	0.0	0.0
20.0	0.43	0.0	0.0	0.4	0.15	0.0	0.0
20.0	0.43	0.0	0.0	0.4	0.15	0.0	0.0
20.0	0.43	0.0	0.0	0.4	0.15	0.0	0.0

13.3 0.44 0.0 0.0 0.43 0.1 0.0 0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.

Qf Quota inizio strato.

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	340.0	280.0	25.79	9.39	310.0	310.0
2	280.0	220.0	27.15	9.88	249.48	249.48
3	220.0	160.0	29.98	10.91	189.53	189.53
4	160.0	100.0	32.81	11.94	129.57	129.57
5	100.0	40.0	35.64	12.97	69.6	69.6
6	40.0	0.0	26.36	7.43	19.83	19.86

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);

Qf Quota finale strato

Gamma Peso unità di volume (KN/m³);

Eps Inclinazione dello strato. (°);

Fi Angolo di resistenza a taglio (°);

Delta Angolo attrito terra muro;

c Coesione (kPa);

β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);

Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note

40.0	0.0	19.61	180.0	20.0	13.3	3.92	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
193.3	0.61	-0.6	-0.14

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota inizio strato.
 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	40.0	0.0	0.0	0.0	20.0	20.0

Sollecitazioni total i

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	177.72	62.53	145.72
Peso muro	0.0	43.03	-45.91
Peso fondazione	0.0	26.77	-28.11
Sovraccarico	0.0	85.71	-145.71
Terr. fondazione	0.0	61.18	-104.01
Spinte fondazione	0.0	0.0	0.0
	177.72	279.22	-178.02

Momento stabilizzante -455.05 kNm
 Momento ribaltante 277.03 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	88.86 kN	
Forza verticale	447.42	kN

Dati palo

Lunghezza	500.0 cm
Diametro	40.0 cm
Copriferro	3.0 cm
Palo trivellato	

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	28.0 cm	
Peso unità di volume	19.61	KN/m ³
Angolo di attrito	20.0 °	
Coesione	3.92	kPa
Modulo di elasticità	3922.66	kPa
Modulo di reaz. orizzontale	39226.6	KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	472.0 cm	
Peso unità di volume	19.12	KN/m ³
Angolo di attrito	40.0 °	
Coesione	196.13	kPa
Modulo di elasticità	29419.96	kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	172.93	cm
Cedimento del palo	0.3	cm
Spostamento in x	0.66	cm
Rotazione in testa	0.22	°

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda
225.35 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	4162.1	kN
Carico limite laterale	509.53	kN
Carico limite totale	4671.63	kN

Coefficiente di sicurezza punta 1
 Coefficiente di sicurezza laterale 1

Resistenza di calcolo 4671.63 kN
 Fattore di sicurezza F_s 10.09

Verifica palo in testa

Momento	0.0	kNm
Sforzo normale	447.42	kN
Area ferri	8.04	cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	447.42	kN
Momento flettente ultimo (Mu)	-79.78	kNm
Stato verifica a flessione	Verificata	
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	251.97	kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	223.89	kN
Misura Sicurezza Taglio	2.84	

Verifica palo alla profondità di cm 216.00

Momento	50.71	kNm
Sforzo normale	454.08	kN
Area ferri	8.04	cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	454.09	kN
Momento flettente ultimo (Mu)	79.99	kNm
Stato verifica a flessione	Verificata	
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	251.97	kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	223.89	kN
Misura Sicurezza Taglio	2.84	

Verifiche palo alla profondità di cm 345.86

Momento	19.98	kNm	
Sforzo normale	458.08	kN	
Area ferri	8.04	cm ²	
Sforzo normale ultimo (Nu)	458.08	kN	
Momento flettente ultimo (Mu)	80.12	kNm	
Stato verifica a flessione	Verificata		
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	251.97	kN	
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	223.89	kN	
Misura Sicurezza Taglio	2.84		

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
---------	----	----	---	---

60.0	0.0	7.65	2.29	40.0
70.0	-88.86	-438.5	-23.85	40.0

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);
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se
 >=1).
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
-----	-----	----	----	------	-----	-----	---------

3Ø12 (3.39)	5Ø12 (5.65)	0.01	79.88	S	129.82	0.0
16.97						
18Ø12 (20.36)	4Ø12 (4.52)	88.78	284.41	S		
168.05	500.68	1.53				

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
130.0	-62.5	373.7	-123.12	40.0
150.0	26.36	169.76	-69.73	40.0

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);

Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);

Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);

Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).

Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø12 (4.52)		18Ø12 (20.36)			62.46	280.81	S
168.05	500.68	1.79					
4Ø12 (4.52)		12Ø12 (13.57)			26.45	189.48	S
146.81	200.27	2.04					

A2+M2+R2 [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
340.0	280.0	19.61	0.0	16.23	13.3	3.14	0.0	
280.0	220.0	19.61	0.0	16.23	13.3	3.14	0.0	
220.0	160.0	19.61	0.0	16.23	13.3	3.14	0.0	
160.0	100.0	19.61	0.0	16.23	13.3	3.14	0.0	
100.0	40.0	19.61	0.0	16.23	13.3	3.14	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
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
13.3	0.5	0.0	0.0	0.49	0.12	0.0	0.0
13.3	0.5	0.0	0.0	0.49	0.12	0.0	0.0
13.3	0.5	0.0	0.0	0.49	0.12	0.0	0.0
13.3	0.5	0.0	0.0	0.49	0.12	0.0	0.0
13.3	0.5	0.0	0.0	0.49	0.12	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota inizio strato.
 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	340.0	280.0	27.22	6.43	309.9	309.9
2	280.0	220.0	29.68	7.02	249.42	249.42
3	220.0	160.0	33.11	7.83	189.48	189.48
4	160.0	100.0	36.55	8.64	129.53	129.53
5	100.0	40.0	39.98	9.45	69.57	69.57

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

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

	Quota	Px	Py	Xp	Yp
	280.0	0.0	4.85	113.5	309.1
	220.0	0.0	10.59	111.8	276.7
	160.0	0.0	17.21	110.2	243.1
	100.0	0.0	24.71	108.4	208.6
	40.0	0.0	33.1	106.7	173.3

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
	280.0	27.22	11.29	6.91	36.0
	220.0	56.9	24.04	30.27	42.0
	160.0	90.01	38.49	71.87	48.0

100.0	126.56	54.63	133.72	54.0
40.0	166.54	72.47	217.76	60.0

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);
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se ≥ 1).
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT	
4Ø12 (4.52)		7Ø12 (7.92)	11.35	99.54	S	120.14	0.0	
4.41								
4Ø12 (4.52)		8Ø12 (9.05)	24.03	136.74	S	134.58		
0.0	2.37							
5Ø12 (5.65)		9Ø12 (10.18)		38.57	180.32	S		
148.62	0.0	1.65						
5Ø12 (5.65)		10Ø12 (11.31)		54.6	230.35	S		
162.35	0.0	1.28						
6Ø12 (6.79)		15Ø12 (16.96)		72.53	381.46	S		
193.57	200.27	2.36						

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note

340.0	280.0	19.61	0.0	16.23	16.23	3.14	0.0
280.0	220.0	19.61	0.0	16.23	16.23	3.14	0.0
220.0	160.0	19.61	0.0	16.23	16.23	3.14	0.0
160.0	100.0	19.61	0.0	16.23	16.23	3.14	0.0
100.0	40.0	19.61	0.0	16.23	16.23	3.14	0.0
40.0	0.0	19.61	0.0	16.23	13.3	3.14	0.0

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.

K_a Coefficiente di spinta attiva.

K_d Coefficiente di spinta dinamica.

D_k Coefficiente di incremento dinamico.

K_{ax}, K_{ay} Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.

D_{kx}, D_{ky} Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
16.23	0.49	0.0	0.0	0.47	0.14	0.0	0.0
16.23	0.49	0.0	0.0	0.47	0.14	0.0	0.0
16.23	0.49	0.0	0.0	0.47	0.14	0.0	0.0
16.23	0.49	0.0	0.0	0.47	0.14	0.0	0.0
16.23	0.49	0.0	0.0	0.47	0.14	0.0	0.0
13.3	0.5	0.0	0.0	0.49	0.12	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i Quota inizio strato.

Q_f Quota inizio strato.

R_{px}, R_{py} Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);

$Z(R_{px})$ Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

$Z(R_{py})$ Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Q_i	Q_f	R_{px}	R_{py}	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	340.0	280.0	26.48	7.71	309.91	309.91
2	280.0	220.0	28.85	8.4	249.42	249.42
3	220.0	160.0	32.2	9.38	189.48	189.48
4	160.0	100.0	35.54	10.35	129.53	129.53
5	100.0	40.0	38.88	11.32	69.57	69.57

6 40.0 0.0 28.25 7.29 19.82 19.83

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
40.0	0.0	19.61	180.0	16.23	13.3	3.14	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
193.3	0.53	-0.52	-0.12

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota inizio strato.
 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	40.0	0.0	0.0	0.0	20.0	20.0

Sollecitazioni total i

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	190.2	54.45	179.38
Peso muro	0.0	33.1	-35.31
Peso fondazione	0.0	20.59	-21.62
Sovraccarico	0.0	74.29	-126.29
Terr. fondazione	0.0	47.06	-80.01
Spinte fondazione	0.0	0.0	0.0
	190.2	229.49	-83.86

Momento stabilizzante -377.57 kNm
 Momento ribaltante 293.71 kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale 95.1 kN
 Forza verticale 441.09 kN

Dati palo

Lunghezza 500.0 cm
 Diametro 40.0 cm
 Copriferro 3.0 cm
 Palo trivellato

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	28.0	cm
Peso unità di volume	19.61	KN/m ³
Angolo di attrito	20.0	°
Coesione	3.92	kPa
Modulo di elasticità	3922.66	kPa
Modulo di reaz. orizzontale	39226.6	KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	472.0	cm
Peso unità di volume	19.12	KN/m ³
Angolo di attrito	40.0	°
Coesione	196.13	kPa
Modulo di elasticità	29419.96	kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	172.93	cm
Cedimento del palo	0.3	cm
Spostamento in x	0.7	cm
Rotazione in testa	0.23	°

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda
225.35 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	4162.1	kN
Carico limite laterale	509.53	kN
Carico limite totale	2799.69	kN

Coefficiente di sicurezza punta	1.7
Coefficiente di sicurezza laterale	1.45

Resistenza di calcolo	2799.69	kN
Fattore di sicurezza Fs	6.13	

Verifica palo in testa

Momento	0.0	kNm
---------	-----	-----

Sforzo normale	441.09	kN	
Area ferri	8.04	cm ²	
Sforzo normale ultimo (Nu)	441.09	kN	
Momento flettente ultimo (Mu)	-79.57	kNm	
Stato verifica a flessione	Verificata		
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	251.97	kN	
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	223.89	kN	
Misura Sicurezza Taglio	2.65		

Verifica palo alla profondità di cm 216.00

Momento	54.27	kNm	
Sforzo normale	447.74	kN	
Area ferri	8.04	cm ²	
Sforzo normale ultimo (Nu)	447.74	kN	
Momento flettente ultimo (Mu)	79.79	kNm	
Stato verifica a flessione	Verificata		
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	251.97	kN	
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	223.89	kN	
Misura Sicurezza Taglio	2.65		

Verifiche palo alla profondità di cm 345.86

Momento	21.38	kNm	
Sforzo normale	451.75	kN	
Area ferri	8.04	cm ²	
Sforzo normale ultimo (Nu)	451.75	kN	
Momento flettente ultimo (Mu)	79.92	kNm	
Stato verifica a flessione	Verificata		
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	251.97	kN	
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	223.89	kN	
Misura Sicurezza Taglio	2.65		

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
60.0	0.0	5.88	1.77	40.0
70.0	-95.1	-434.22	-22.69	40.0

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);

Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);

Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);

Sic. VT Misura Sicurezza Taglio $(Vcd + Vwd) / Vsdu$ (Verificato se ≥ 1).

Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
3Ø12 (3.39)		5Ø12 (5.65)	0.01	79.88	S	129.82	0.0
22.06							
18Ø12 (20.36)			4Ø12 (4.52)	95.1	285.27	S	
168.05	500.68	1.54					

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
130.0	-66.85	395.24	-118.59	40.0
150.0	28.25	151.34	-61.79	40.0

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);
 Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);
 Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);
 Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se
 >=1).
 Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø12 (4.52)		18Ø12 (20.36)			66.79	281.41	S
168.05	500.68	1.69					
4Ø12 (4.52)		12Ø12 (13.57)			28.35	189.79	S
146.81	200.27	2.29					

EQU+M2 [GEO+STR]

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
340.0	280.0	19.61	0.0	16.23	13.3	3.14	0.0	
280.0	220.0	19.61	0.0	16.23	13.3	3.14	0.0	
220.0	160.0	19.61	0.0	16.23	13.3	3.14	0.0	
160.0	100.0	19.61	0.0	16.23	13.3	3.14	0.0	
100.0	40.0	19.61	0.0	16.23	13.3	3.14	0.0	

Coefficients di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.

K_a Coefficiente di spinta attiva.

K_d Coefficiente di spinta dinamica.

D_k Coefficiente di incremento dinamico.

K_{ax}, K_{ay} Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.

D_{kx}, D_{ky} Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	K_a	K_d	D_k	K_{ax}	K_{ay}	D_{kx}	D_{ky}
13.3	0.5	0.0	0.0	0.49	0.12	0.0	0.0
13.3	0.5	0.0	0.0	0.49	0.12	0.0	0.0
13.3	0.5	0.0	0.0	0.49	0.12	0.0	0.0
13.3	0.5	0.0	0.0	0.49	0.12	0.0	0.0
13.3	0.5	0.0	0.0	0.49	0.12	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i Quota inizio strato.

Q_f Quota inizio strato.

R_{px}, R_{py} Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);

$Z(R_{px})$ Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

$Z(R_{py})$ Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Q_i	Q_f	R_{px}	R_{py}	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	340.0	280.0	31.4	7.42	309.91	309.92
2	280.0	220.0	34.11	8.0	249.45	249.49
3	220.0	160.0	37.88	8.81	189.5	189.54
4	160.0	100.0	41.66	9.63	129.55	129.58
5	100.0	40.0	45.44	10.44	69.58	69.61

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

P_y Peso del muro (kN);

P_x Forza inerziale (kN);

X_p, Y_p Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota Px	Py	Xp	Yp
-----	-----	-----	-----
280.0 0.0	4.37	113.5	309.1
220.0 0.0	9.53	111.8	276.7
160.0 0.0	15.49	110.2	243.1
100.0 0.0	22.24	108.4	208.6
40.0 0.0	29.79	106.7	173.3

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
-----	-----	-----	-----
280.0 31.4	11.79	7.99	36.0
220.0 65.5	24.95	34.99	42.0
160.0 103.39		39.72	82.97 48.0
100.0 145.05		56.1	154.17 54.0
40.0 190.5	74.09	250.72	60.0

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);

Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);

Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);

Sic. VT Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se ≥ 1).

Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4Ø12 (4.52)		7Ø12 (7.92)	11.76	99.6	S	120.14	0.0
3.83							

4Ø12 (4.52)	8Ø12 (9.05)	24.89	136.89	S	134.58
0.0 2.05					
5Ø12 (5.65)	9Ø12 (10.18)	39.7	180.56	S	
148.62 0.0 1.44					
5Ø12 (5.65)	10Ø12 (11.31)	56.07	230.7	S	162.35
0.0 1.12					
6Ø12 (6.79)	15Ø12 (16.96)	74.15	381.88	S	
193.57 200.27 2.07					

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
340.0	280.0	19.61	0.0	16.23	16.23	3.14	0.0	
280.0	220.0	19.61	0.0	16.23	16.23	3.14	0.0	
220.0	160.0	19.61	0.0	16.23	16.23	3.14	0.0	
160.0	100.0	19.61	0.0	16.23	16.23	3.14	0.0	
100.0	40.0	19.61	0.0	16.23	16.23	3.14	0.0	
40.0	0.0	19.61	0.0	16.23	13.3	3.14	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
---	----	----	----	-----	-----	-----	-----

16.23	0.49	0.0	0.0	0.47	0.14	0.0	0.0
16.23	0.49	0.0	0.0	0.47	0.14	0.0	0.0
16.23	0.49	0.0	0.0	0.47	0.14	0.0	0.0
16.23	0.49	0.0	0.0	0.47	0.14	0.0	0.0
16.23	0.49	0.0	0.0	0.47	0.14	0.0	0.0
13.3	0.5	0.0	0.0	0.49	0.12	0.0	0.0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota inizio strato.
 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	340.0	280.0	30.54	8.89	309.91	309.92
2	280.0	220.0	33.16	9.58	249.45	249.49
3	220.0	160.0	36.84	10.56	189.5	189.54
4	160.0	100.0	40.51	11.53	129.55	129.58
5	100.0	40.0	44.19	12.5	69.58	69.61
6	40.0	0.0	32.05	7.95	19.83	19.85

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	Gamma	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
40.0	0.0	19.61	180.0	16.23	13.3	3.14	180.0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ Angolo di direzione della spinta.

K_p Coefficiente di resistenza passiva.

K_{px} , K_{py} Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	K_p	K_{px}	K_{py}
193.3	0.53	-0.52	-0.12

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i Quota inizio strato.

Q_f Quota inizio strato.

R_{px} , R_{py} Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);

$Z(R_{px})$ Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

$Z(R_{py})$ Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Q_i	Q_f	R_{px}	R_{py}	$z(R_{px})$	$z(R_{py})$
1	40.0	0.0	0.0	0.0	20.0	20.0

Sollecitazioni total i

F_x Forza in direzione x (kN);

F_y Forza in direzione y (kN);

M Momento (kNm);

	F_x	F_y	M
Spinta terreno	217.3	61.01	208.65
Peso muro	0.0	29.79	-31.78
Peso fondazione	0.0	18.53	-19.46
Sovraccarico	0.0	85.71	-145.71
Terr. fondazione	0.0	47.06	-80.01
Spinte fondazione	0.0	0.0	0.0
	217.3	242.11	-68.32

Momento stabilizzante	-405.09	kNm
Momento ribaltante	336.77	kN m

Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	108.65	kN
Forza verticale	495.24	kN

Dati palo

Lunghezza	500.0	cm
Diametro	40.0	cm
Copriferro	3.0	cm
Palo trivellato		

Stratigrafia palo

Strato N° 1

Spessore strato	28.0	cm
Peso unità di volume	19.61	KN/m ³
Angolo di attrito	20.0	°
Coesione	3.92	kPa
Modulo di elasticità	3922.66	kPa
Modulo di reaz. orizzontale	39226.6	KN/m ³

Strato N° 2

Spessore strato	472.0	cm
Peso unità di volume	19.12	KN/m ³
Angolo di attrito	40.0	°
Coesione	196.13	kPa
Modulo di elasticità	29419.96	kPa

Spostamenti e rotazioni in testa al palo di valle

Lunghezza d'onda	172.93	cm
Cedimento del palo	0.33	cm
Spostamento in x	0.8	cm
Rotazione in testa	0.27	°

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda
225.35 kPa

Carico limite verticale

Carico limite di punta	4162.1	kN
Carico limite laterale	509.53	kN
Carico limite totale	2799.69	kN

Coefficiente di sicurezza punta 1.7
Coefficiente di sicurezza laterale 1.45

Resistenza di calcolo	2799.69	kN
Fattore di sicurezza F_s	5.48	

Verifica palo in testa

Momento	0.0	kNm
Sforzo normale	495.24	kN
Area ferri	8.04	cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	495.25	kN
Momento flettente ultimo (Mu)	-81.23	kNm
Stato verifica a flessione	Verificata	
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	251.97	kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	223.89	kN
Misura Sicurezza Taglio	2.32	

Verifica palo alla profondità di cm 216.00

Momento	62.0	kNm
Sforzo normale	501.9	kN
Area ferri	8.04	cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	501.9	kN
Momento flettente ultimo (Mu)	81.42	kNm
Stato verifica a flessione	Verificata	

Resistenza a taglio congl. (Vcd)	251.97	kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	223.89	kN
Misura Sicurezza Taglio	2.32	

Verifiche palo alla profondità di cm 345.86

Momento	24.43	kNm
Sforzo normale	505.9	kN
Area ferri	8.04	cm ²
Sforzo normale ultimo (Nu)	505.91	kN
Momento flettente ultimo (Mu)	81.53	kNm
Stato verifica a flessione	Verificata	
Resistenza a taglio congl. (Vcd)	251.97	kN
Resistenza a taglio staffe (Vwd)	223.89	kN
Misura Sicurezza Taglio	2.32	

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
---------	----	----	---	---

60.0	0.0	5.3	1.59	40.0
70.0	-108.65		-489.07	-25.6340.0

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);			
Vcd	Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);			
Vwd	Resistenza a taglio piegati (kN);			
Sic. VT	Misura Sicurezza Taglio (Vcd+Vwd)/Vsdu (Verificato se >=1).			

Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
3Ø12 (3.39)		5Ø12 (5.65)	0.01	79.88	S	129.82	0.0
24.51							
18Ø12 (20.36)			4Ø12 (4.52)	108.65		287.09	S
168.05	500.68		1.37				

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
130.0	-76.6	453.98	-133.74	40.0
150.0	32.05	165.89	-68.13	40.0

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);

Vcd Resistenza a taglio conglomerato Vcd (kN);

Vwd Resistenza a taglio piegati (kN);

Sic. VT Misura Sicurezza Taglio $(Vcd+Vwd)/Vsdu$ (Verificato se ≥ 1).

Vsdu Taglio di calcolo (kN);

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vcd	Vwd	Sic. VT
4Ø12 (4.52)		18Ø12 (20.36)		76.55	282.75		S
168.05	500.68	1.47					
4Ø12 (4.52)		12Ø12 (13.57)		32.11	190.4	S	146.81
200.27	2.09						

Verifica fessurazione

SLE 4 [Frequente]

Elevazione

Verifica fessurazioni	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limit mm	Distanza fessure mm	Area Cls efficace cm ²	Verifica tensione Normale da N/cm ²	Sig. max C(+compr.) da N/cm ²	Sig. max F(-traz.) da N/cm ²	Sig. max aF Limite da N/cm ²
Si	0.011	0.400	274.860	750	Si	3.89	120.00	141.41
Si	0.039	0.400	250.702	750	Si	12.27	120.00	527.77
Si	0.069	0.400	231.913	750	Si	21.85	120.00	1004.76
Si	0.097	0.400	216.882	750	Si	32.17	120.00	1521.66
Si	0.090	0.400	171.788	750	Si	37.60	120.00	1524.70

Fondazione valle

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Classe efficienza cm^2	Verifica tensione normale da N/cm^2	Sig ma $C(+c)$ o mp) da N/cm^2	Sig ma $F(-traz.)$ da N/cm^2	Sig ma $F(Limite)$ da N/cm^2
Si	0.010	0.400	352.163	750	Si	1.40	120.00	91.85
Si	0.005	0.400	151.014	693	Si	8.92	120.00	123.73

Fondazione monte

Verifica fessurazione	Apertura fessure mm	Apertura fessure Limite mm	Distanza fessure mm	Area Classe efficienza cm^2	Verifica tensione normale da N/cm^2	Sig ma $C(+c)$ o mp) da N/cm^2	Sig ma $F(-traz.)$ da N/cm^2	Sig ma $F(Limite)$ da N/cm^2

Si	0. 06 9	0. 40 0	15 6. 75 7	75 0	Si	44 .6 2	12 0. 00	12 82 .9 8
Si	0. 06 3	0. 40 0	19 4. 33 5	75 0	Si	29 .4 6	12 0. 00	11 02 .4 4

Indice

1. Dati generali	7
2. CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI	7
3. Stratigrafia	8
4. Fattori combinazione	8
5. A1+M1+R1 [STR]	10
5.1.1-(Peso, Baricentro, Inerzia)	11
5.2.1-Armatura elevazione	11
5.3.1-Sollecitazioni totali	13
5.4.1-Verifica pali	14
5.5.1-Armatura in fondazione	16
6. A2+M2+R2 [GEO+STR]	16
6.1.2-(Peso, Baricentro, Inerzia)	17
6.2.2-Armatura elevazione	18
6.3.2-Sollecitazioni totali	20
6.4.2-Verifica pali	20
6.5.2-Armatura in fondazione	22
7. EQU+M2 [GEO+STR]	23
7.1.3-(Peso, Baricentro, Inerzia)	24
7.2.3-Armatura elevazione	25
7.3.3-Sollecitazioni totali	27
7.4.3-Verifica pali	27
7.5.3-Armatura in fondazione	29
8. Verifica fessurazione	30
8.1.SLE 4 [Frequente]	30
Indice	31

1.23 Cenni teorici

1.23.1 Modello di calcolo

Il programma nell'eseguire i calcoli di verifica sul muro opera secondo le seguenti fasi:

Fase I

Vengono valutate le pressioni del terreno e di eventuali sovraccarichi sulla mensola di elevazione; questa viene discretizzata in un numero fisso di sezioni che, successivamente, costituiranno le sezioni di verifica. In questa fase viene considerata come superficie di spinta il paramento interno del muro e, qualora si scelga di operare con il metodo di Coulomb, questa è considerata inclinata dell'angolo di attrito terra-muro definito nelle caratteristiche geotecniche. Se, invece è stato scelto il metodo di Rankine, la spinta viene considerata sempre orizzontale. Nella fase I, il programma determina le sollecitazioni solo sulla mensola in elevazione ed effettua le verifiche strutturali in funzione dei materiali definiti dall'utente e del tipo di criterio scelto (tensioni ammissibili o stati limite).

Fase II

In tale fase vengono rieseguiti i calcoli delle pressioni del terreno considerando come superficie di spinta la verticale passante per l'estradosso della fondazione di monte. In tal caso, scegliendo il Metodo di Coulomb, non viene più considerato l'angolo d'attrito terra-muro, bensì l'angolo di resistenza del terreno. La seconda fase, quindi, comprende la determinazione delle sollecitazioni totali (momento ribaltante e stabilizzante) rispetto all'origine del sistema di riferimento che viene fissato nello spigolo inferiore della fondazione di valle. Successivamente, il programma effettua le consuete verifiche di stato limite ultimo a ribaltamento, scorrimento e carico limite.

Fase III

Tale fase di calcolo prevede la determinazione delle sollecitazioni sulle mensole di fondazione, che sono discretizzate in un numero fisso di sezioni. In tali sezioni vengono, quindi, effettuate anche le verifiche strutturali. Qualora si tratti di un muro a mensola, la fase III costituisce la fine del calcolo.

Fase IV

Quest'ultima fase è prevista solo in presenza di pali. Le sollecitazioni trasmesse dal muro ai pali di fondazione sono rappresentate dai momenti ottenuti nella fase II. A riguardo, l'utente può scegliere di trasmettere ai pali il momento risultante (differenza tra il ribaltante e lo stabilizzante) o il

solo momento ribaltante. Appare evidente che quest'ultima scelta è ragionevole solo nei casi in cui lo stato limite di ribaltamento rappresenta quello più gravoso, ossia se il momento ribaltante è molto più grande del momento stabilizzante. Il programma, se sono previste due o tre file di pali, effettua i calcoli di verifica su quello più sollecitato (generalmente a compressione).

1.23.2 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.

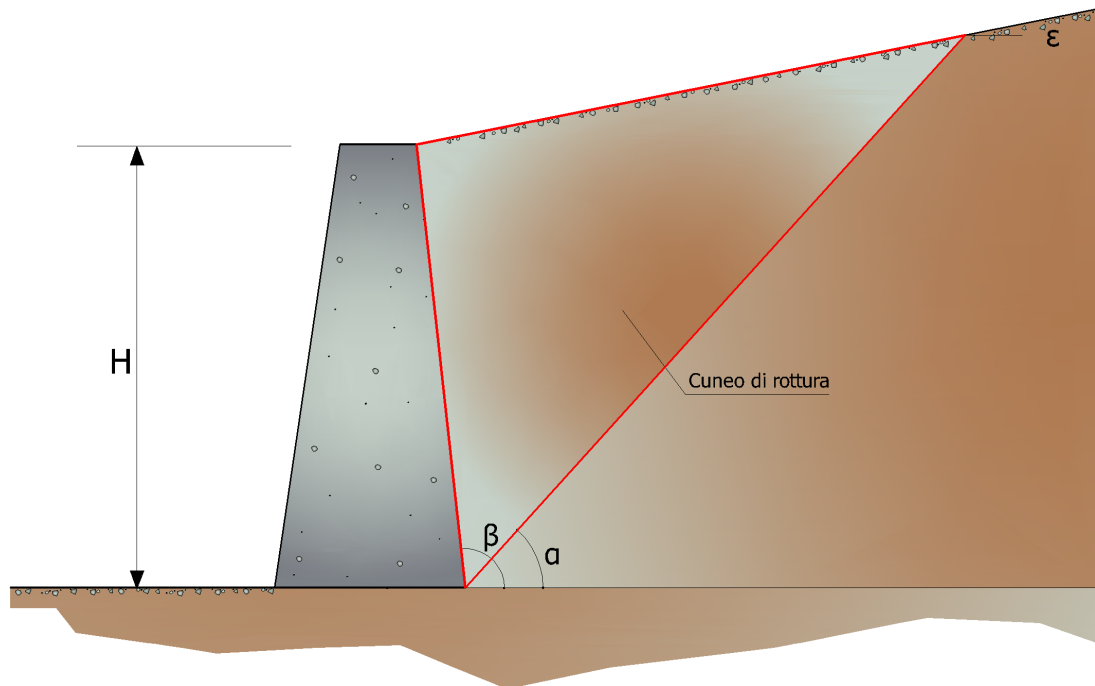
Per terreno omogeneo ed asciutto il diagramma delle pressioni si presenta lineare con distribuzione:

$$P_t = K_a \gamma_t z$$

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

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

Avendo indicato con:



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

Valori limiti di K_A :

$\delta < (\beta - \varphi - \varepsilon)$ secondo Muller-Breslau

γ_t = Peso unità di volume del terreno;

β = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

φ = Angolo di resistenza al taglio del terreno;

δ = Angolo di attrito terra-muro;

ε = Inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, positiva se antioraria;

H = Altezza della parete.

Calcolo della spinta attiva con Rankine

Se $\varepsilon = \delta = 0$ e $\beta = 90^\circ$ (muro con parete verticale liscia e terrapieno con superficie orizzontale) la spinta S_t si semplifica nella forma:

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

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 ε , di inclinazione del piano campagna rispetto al piano orizzontale, e l'angolo β , di inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede, vengono aumentati di una quantità θ tale che:

$$\operatorname{tg} \theta = k_h / (1 \pm k_v)$$

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

In assenza di studi specifici, i coefficienti k_h e k_v devono essere calcolati come:

$$k_h = S \cdot a_g / r \qquad k_v = 0,5 \cdot k_h$$

in cui $S \cdot a_g$ rappresenta il valore dell'accelerazione sismica massima del terreno per le varie categorie di profilo stratigrafico definite dall'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003. Al fattore r viene può essere assegnato il valore $r = 2$ nel caso di opere sufficientemente flessibili (muri liberi a gravità), mentre in tutti gli altri casi viene posto pari a 1 (muri in c.a. resistenti a flessione, muri in c.a. su pali o tirantati, muri di cantinato).

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:

$$S_c = P_c \times H$$

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:

$$P_q = K_a \cdot Q \cdot \sin \beta / \sin(\beta + \varepsilon)$$

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:

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

dove:

H = altezza muro

k_v = coefficiente sismico verticale

γ = 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 φ della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

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

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:

$$S_w = 1/2 \cdot \gamma_w \cdot H^2$$

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo γ_t con γ'_t ($\gamma'_t = \gamma_{\text{saturato}} - \gamma_w$), 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:

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

avendo indicato con:

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

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

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

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

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

1.23.3 Carico limite di fondazioni superficiali su terreno



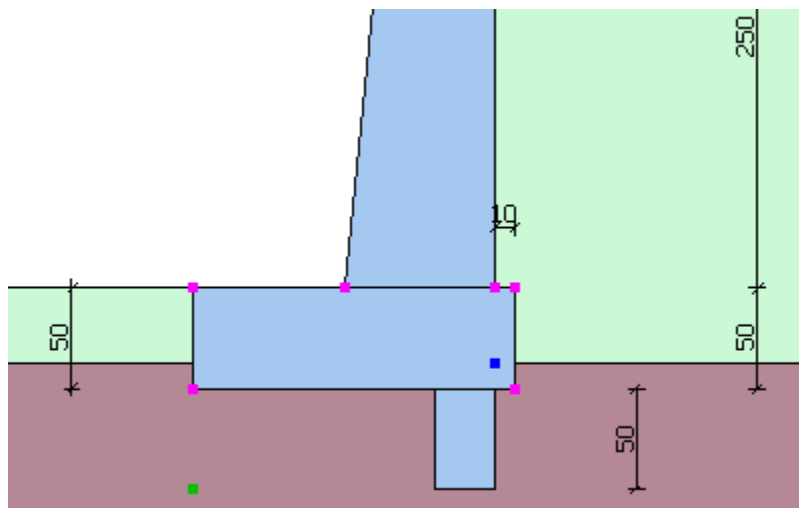
Osservazione

Qualora la stratigrafia è differenziata, terreno di fondazione diverso da quello di elevazione, se è possibile, evitare di far

coincidere perfettamente la quota della stratigrafia di base con la quota di fondazione.

In figura è indicato lo schema corretto da seguire.

Attenzione: questo è solo un accorgimento in quanto facendole coincidere MDC assume per le verifiche a carico limite le caratteristiche geotecniche dello strato di base.



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:

$$V_d \leq R_d$$

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:

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; per fondazioni rettangolari, il valore di s_c viene assunto pari ad 1 per fondazioni nastriformi

$$s_c \leq 0.2 \cdot \left(\frac{B'}{L'} \right)$$

d_c = fattore di profondità;

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

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.

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

Dove:

Fattori di forma

Per forma rettangolare

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

Per forma rettangolare

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

Per forma rettangolare, quadrata o circolare

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$$

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

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

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

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan \varphi'}$$

$$m = 1 + \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}}$$

Fattori di profondità

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

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

$$d_\gamma = 1$$

HANSEN - Analisi a breve termine

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

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, $s_c = 0$ per fondazioni nastriformi;

d_c = fattore di profondità;

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

i_c = fattore correttivo di inclinazione del carico;

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

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.

Dove:

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

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

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

Fattori di forma

Per forma rettangolare

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

Per forma rettangolare

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

Per forma rettangolare, quadrata o circolare.

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B'}{L'}$$

Per fondazione nastriforme

$$s_c = s_q = s_\gamma = 1$$

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

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \cot \varphi'} \right)^3$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \cot \varphi'} \right)^3$$

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot K$$

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

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

$$d_\gamma = 1$$

1.23.4 Carico dei pali in fondazione

Convenzioni sui segni

1. La forza verticale F_y positiva se diretta verso il basso;
2. La forza orizzontale F_x positiva da sinistra verso destra;
3. La coppia M è positiva se produce spostamenti concordi con quelli della forza orizzontale F_x .

Analisi del palo in presenza di carichi trasversali: Matlock & Reese

Il comportamento del palo singolo nei confronti dei carichi trasversali potrà essere trattato facendo riferimento alla nota teoria di **Matlock e Reese (1960)**.

In base a tale teoria, nel caso di:

- pali interamente immorsati in un terreno omogeneo;
- pali caricati in testa da una forza orizzontale (H_t) e da un momento (M_t);

si ottengono le espressioni generali sotto riportate:

- spostamento orizzontale

$$s_h = (H_t \times T^3 / E_p \times I_p) \times A_y + (M_t \times T^2 / E_p \times I_p) \times B_y$$

- rotazione

$$\theta = (H_t \times T^2 / E_p \times I_p) \times A_s + (M_t \times T / E_p \times I_p) \times B_s$$

- momento

$$M = (H_t \times T) \times A_m + M_t \times B_m$$

- taglio

$$H = H_t \times A_v + (M_t / T) \times B_v$$

essendo:

s_h spostamento orizzontale lungo il fusto del palo.

θ rotazione lungo il fusto del palo

M momento lungo il fusto del palo.

H taglio lungo il fusto del palo

$A_y, B_y, A_s, B_s, A_m, B_m, A_v, B_v$ coefficienti adimensionali

E_p = modulo di Young del palo

I_p = momento d'inerzia del palo

$T = (E_p I_p / E_s)^{0.25}$ nel caso di E_s costante con la profondità

E_s modulo di reazione orizzontale secante del terreno pari a $k_h \times D$.

k_h coefficiente di reazione orizzontale del terreno.

I coefficienti adimensionali sopra indicati sono funzione della flessibilità relativa, rappresentata dai rapporti L_p/T e z/T , essendo L_p la lunghezza del palo e z la profondità generica riferita alla testa palo.

Nel caso di modulo E_s costante con la profondità e di pali flessibili i coefficienti adimensionali sono ricavabili dalle soluzioni in forma chiusa di trave su suolo alla Winkler caricata in una estremità da una forza e da una coppia, avendo cura di sostituire la larghezza B della trave con il diametro D del palo.

Nel caso di modulo E_s variabile con la profondità, in prima approssimazione, l'analisi può essere effettuata con le equazioni sopra indicate considerando un valore medio di E_s riferito ad una profondità pari a 3-4 volte il diametro D del palo.

Carico limite verticale

Il carico limite verticale è stato calcolato con le formule statiche, che esprimono il medesimo in funzione della geometria del palo e delle caratteristiche del terreno e dell'interfaccia palo-terreno.

Ai fini del calcolo, il carico limite Q_{lim} viene convenzionalmente suddiviso in due aliquote, la resistenza alla punta Q_p e la resistenza laterale Q_s .

Resistenza unitaria alla punta

La resistenza unitaria q_p alla punta, per il caso di terreno dotato di attrito (φ) e di coesione (c), è data dall'espressione:

$$q_p = c \cdot N_c + \gamma \cdot D \cdot N_q$$

Avendo indicato con:

γ = Peso unità di volume del terreno;
 D = Lunghezza del palo;
 N_c e N_q = Fattori di capacità portante già comprensivi dell'effetto forma (circolare).

Il fattore N_q è stato calcolato secondo la teoria di Berezantzev.

Resistenza del fusto

Il contributo alla resistenza di fusto viene calcolato utilizzando una combinazione di sforzi totali ed efficaci. Sono previsti tre procedimenti di calcolo di uso corrente. Due dei quali di validità generale per la resistenza laterale di pali collocati in terreni coesivi. Questi metodi prendono il nome di a, b e l dai coefficienti moltiplicativi usati nel termine della capacità portante laterale.

Metodo utilizzato per il calcolo della capacità portante laterale metodo A, proposto da Tomlinson (1971); la resistenza laterale viene calcolata nel seguente modo:

$$f_s = A \cdot c + q \cdot K \cdot \tan \delta$$

c = valore medio della coesione o della resistenza a taglio in condizioni non drenate

q = pressione verticale del terreno

k = coefficiente di spinta orizzontale dipendente dalla tecnologia del palo e dal precedente stato di addensamento calcolato come segue:

Per pali infissi	$K = 1 + \tan^2 \varphi$
Per pali trivellati	$K = 1 - \tan^2 \varphi$

δ = attrito palo-terreno, funzione della scabrezza della superficie del palo.

Per pali infissi	$\delta = 3/4 \cdot \tan \varphi$
Per pali trivellati	$\delta = \tan \varphi$

α è un coefficiente ricavato come di seguito riportato:

Coefficiente α per palo infisso

$c < 0.25$	$\alpha = 1.00$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.85$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.65$
$0.75 < c < 2.4$	$\alpha = 0.50$
$c > 2.4$	$\alpha = 1.2 / c$

Coefficiente α per palo trivellato

$c < 0.25$	$\alpha = 0.9$
$0.25 < c < 0.5$	$\alpha = 0.8$
$0.5 < c < 0.75$	$\alpha = 0.6$
$0.75 < c < 2$	$\alpha = 0.4$
$c > 2$	$\alpha = 0.8 / c$

Inoltre secondo le indicazioni di Okamoto in presenza di effetti sismici la resistenza laterale viene ridotta in funzione del coefficiente sismico k_h come segue:

$$C_{\text{reduct_coeff}} = 1 - k_h$$

Infine:

1. Per i pali trivellati sia le caratteristiche di resistenza (c , ϕ) sia il coefficiente del modulo orizzontale del terreno vengono ridotti del 10%.
2. In caso di azioni di trazione, il carico alla punta è nullo mentre quello laterale viene ridotto al 70%.
3. Nel coefficiente di sicurezza verticale si è tenuto in debito conto anche del peso palo.

Cedimenti

Il cedimento verticale è stato calcolato con il metodo [Davis-Poulos](#), secondo il quale il palo viene considerato rigido (*indeformabile*) immerso in un mezzo elastico, semispazio o strato di spessore finito.

Si ipotizza che l'interazione palo terreno sia costante a tratti lungo n superfici cilindriche in cui viene suddivisa la superficie laterale del palo.

Il cedimento della generica superficie i per effetto del carico trasmesso dal palo al terreno lungo la superficie j esima può essere espresso:

$$W_{i,j} = (\tau_j / E) \cdot B \cdot I_{i,j}$$

Avendo indicato con:

- τ_j = Incremento di tensione relativo al punto medio della striscia;
- E = Modulo elastico del terreno;
- B = Diametro del palo;

$I_{i,j}$ = Coefficiente di influenza.

Il cedimento complessivo si ottiene sommando $W_{i,j}$ per tutte le j aree.

1.23.5 Stabilità globale

La stabilità globale determina il grado di sicurezza del complesso muro-terrapieno nei confronti di scorrimenti lungo superfici potenziali di rottura. Il fattore di sicurezza può essere espresso secondo il metodo ordinario delle strisce come segue:

$$F_s = \frac{\sum c \cdot l + \sum [(W + Q + F) \cdot \cos \alpha - K_s (W + Q + F) \cdot \sin \alpha + F_0 \sin \alpha \cdot l \cdot u] \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\sum \left[(W + Q + F) \cdot \sin \alpha + K_s (W + Q + F) \cdot \frac{e_s}{r_0} \right] - \sum \left(F_0 \cdot \frac{e_s}{r_0} \right)}$$

Dove:

- W = peso del concio generico;
- Q = carico distribuito;
- F_c = carico concentrato;
- $K_s W$ = forza inerziale;
- K_s = coefficiente di intensità sismica;
- l = lunghezza della base del concio generico;
- α = angolo fra la base del concio ed il piano orizzontale;
- c = coesione del terreno;
- φ = angolo di resistenza al taglio del terreno;
- r_0 = raggio superficie di scorrimento generica;
- u = pressione indotta dalla falda;
- F_0 = carico orizzontale indotto dai tiranti;
- e_t = eccentricità della forza di ancoraggio rispetto al centro di rotazione;
- e_s = eccentricità delle forze sismiche rispetto al centro di rotazione.

1.23.6 Calcolo spostamenti

Come esplitato nel paragrafo **7.11.6.2.2 delle NTC 2018** (Verifiche di sicurezza):

*"In aggiunta alle verifiche di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi SLV, **devono essere condotte verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio SLD. In particolare, gli spostamenti permanenti indotti dal sisma devono essere compatibili con la funzionalità dell'opera e con quella di eventuali strutture o infrastrutture interagenti con essa.**"*

💡 Il software MDC consente di calcolare questi spostamenti

Mediante metodi di I livello (correlazioni empiriche) è possibile valutare gli spostamenti di opere di sostegno, indotti dal sisma a seguito di un cinematismo di spinta attiva. In letteratura sono state proposte diverse correlazioni, desunte dall'elaborazione di risultati di spostamenti, calcolati generalmente mediante analisi dinamiche semplificate. In tali analisi l'interazione tra muro e terreno di fondazione viene studiata mediante il classico modello di blocco rigido scorrevole su di un piano orizzontale, proposto da Newmark (1965), ovvero mediante modelli leggermente più sofisticati, da esso derivati. Le correlazioni sono state per lo più basate sull'involuppo degli spostamenti calcolati, risultando pertanto alquanto cautelative; talvolta invece si basano su valutazioni dell'occorrenza degli spostamenti di tipo probabilistico.

La correlazione più citata in letteratura è quella di **Richards ed Elms** (1979). Essa si basa sui risultati delle integrazioni effettuate da Franklin e Chang (1977) per un insieme di accelerogrammi relativi a 27 terremoti reali e 10 terremoti sintetici di cui si considerarono le sole componenti orizzontali. Il modello di interazione muro-terreno utilizzato è stato quello originario di **Newmark**. Richards ed Elms individuarono l'involuppo superiore degli spostamenti diagrammati in funzione del rapporto di accelerazione critica (N/A), definito come il rapporto fra il coefficiente N dell'accelerazione critica a_c (dove $a_c = N \times g$) ed il coefficiente A dell'accelerazione massima al suolo ($A \times g$); l'equazione della curva (detta upperband) è:

$$d = \frac{V^2}{A \cdot g} \cdot \left(\frac{N}{A} \right)^{-4}$$

In cui:

d = è lo spostamento relativo in metri;

V = è la massima velocità dell'accelerogramma espressa in m/sec

È da segnalare che tale formula è stata proposta dagli autori anche quale strumento di progetto del muro, una volta fissato il valore per lo spostamento ammissibile, e noti i valori massimi dell'accelerazione $A \times g$ e della velocità V dell'accelerogramma.

Altre correlazioni accreditate in letteratura sono:

Metodo	Spostamento	Magnitudo	Note
--------	-------------	-----------	------

Newmark (1965)	$S_{0(max)} = \frac{v_{max}^2}{2a_c} \left(\frac{a_{max}}{a_c} \right)$		
Whitman e Liao (1984)	$S_{0(av)} = \frac{37v_{max}^2}{a_{max}} e^{\frac{-9.4a_c}{a_{max}}}$	6.3 ÷ 6.7	$a_{max} > 0.15 g$
Jibson (1993)	$\log(S_{0(av)}) = 1.460 \cdot \log(I_A) - 6.642 \frac{a_c}{g}$	5.8 ÷ 7.5	$a_{max} > 0.13g$ $I_A = 0.2 \div 9.96 m$ $S_{0(av)} (cm)$
Crespellani et al. (1998)	$S_{0(av)} = 0.011 \cdot P_D^{0.997} \left(\frac{a_c}{g} \right)^{-1.338}$		$P_D (10^{-4} g \cdot s^3)$ $S_{0(av)} (cm)$

I_A è l'intensità di Arias

$$I_A = \frac{\pi}{2g} \int_0^{t_0} a^2(t) \cdot dt$$

P_D è il potenziale sismico distruttivo

$$P_D = \frac{I_A}{v_0^2} (10^{-4} g \cdot s^3)$$

v_0 è l'intensità degli incroci con l'asse dei tempi dell'accelerogramma di progetto (in s-1)

1.23.7 Contrafforti

CALCOLO MURI IN PRESENZA DI CONTRAFFORTI

Il caso di muri a contrafforti richiede l'inserimento dei dati geometrici, ossia spessore ed interasse longitudinale. Il contrafforte può essere posizionato all'interno (lato terreno) o all'esterno.

L'altezza del contrafforte è assunta pari all'altezza del muro stesso, mentre la base è posta uguale alla lunghezza della mensola di fondazione di monte, per contrafforti interni, di valle, per quelli esterni.

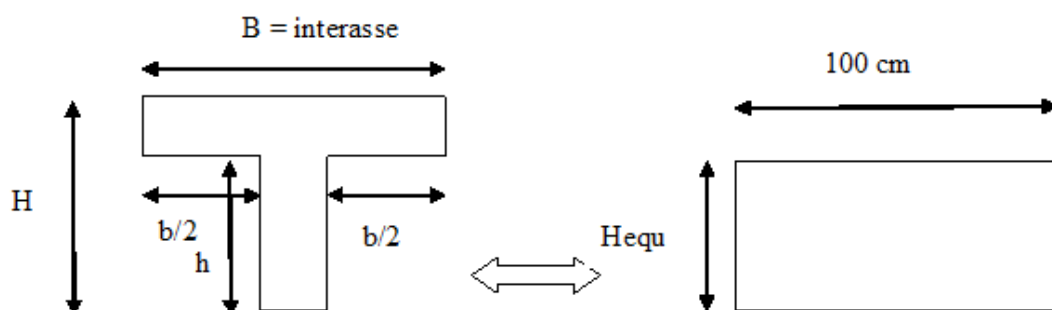
Il calcolo della spinta sul muro prescinde dalla presenza dell'elemento aggiuntivo e viene eseguita con la stessa procedura relativa al muro a mensola.

La presenza del contrafforte ha effetto, con la forza peso, sia a livello di sollecitazione sulla mensola in elevazione, che nelle verifiche globali a ribaltamento, carico limite e scorrimento.

La forza peso del contrafforte è conteggiata nella risultante F_y delle sollecitazioni sul muro, al pari di una forza esterna, ma non compare nelle condizioni di carico del Menu Calcolo: ciò implica che non è possibile assegnare alla stessa un fattore di combinazione diverso dall'unità.

Verifica della sezione in c.a. e calcolo armatura

Ad ogni sezione di calcolo lungo l'altezza del muro, il programma considera la sezione di verifica a T come una sezione rettangolare equivalente con pari momento d'inerzia baricentrico.



Ossia la sezione a T con dimensione B pari all'interasse dei contrafforti è assimilata ad una sezione rettangolare equivalente di larghezza pari ad 1 m e altezza H_{equ} tale che il momento d'inerzia baricentrico delle due sezioni sia uguale.

$$\frac{100 \cdot H^3_{equ}}{12} = \frac{(BH^2 - bh^2)^2 - 4BHbh(H-h)^2}{12(BH - bh)}$$

Con tale assunzione vengono progettate e verificate le sezioni rettangolari equivalenti.

1.23.7.1 Muro a gravità

La verifica a schiacciamento della sezione di attacco mensola di elevazione-fondazione si esegue tenendo conto delle forze agenti (momento flettente e sforzo normale).

Nella tabella di sintesi riportata in relazione (sollecitazioni sul muro) le azioni sono riferite al baricentro della relativa sezione.

L'eccentricità si calcola dalla relazione :

$$e = \frac{M}{F_y}$$

Sfruttando l'eccentricità così calcolata si determina u ovvero la distanza tra il punto di applicazione della risultante delle azioni verticali F_y e il bordo esterno della fondazione.:

$$u = \frac{B}{2} - e$$

Se $u < B/3$ ed $e > B/6$, la risultante delle azioni verticali F_y è esterna al nocciolo centrale d'inerzia, la sezione si parzializza e la tensione massima di compressione si calcola dalla relazione:

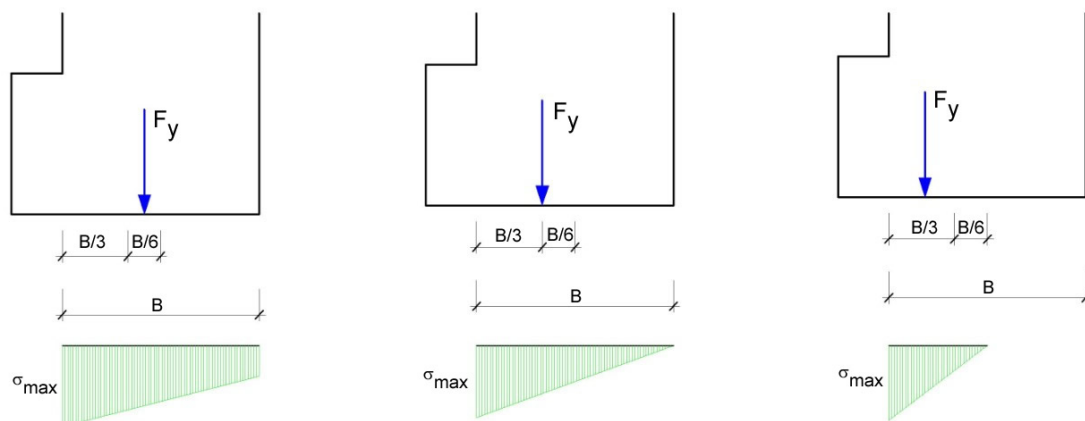
$$\sigma_{\max} = \frac{2 \cdot N}{3 \cdot u}$$

Se $u > B/3$ ed $e < B/6$, la risultante delle azioni verticali F_y è interna al nocciolo centrale d'inerzia, la sezione è interamente compressa, la tensione massima di compressione vale:

$$\sigma_{\max} = \frac{F_y}{B} \cdot \left(1 + \frac{6e}{B} \right)$$

e $u = B/3$ ed $e = B/6$, F_y è coincidente con il nocciolo centrale d'inerzia, la sezione è interamente sollecitata a compressione con diagramma triangolare, la tensione massima di compressione è data da:

$$\sigma_{\max} = \frac{2 \cdot F_y}{B}$$



1.23.8 Ampiezze fessure (NTC 2008)

Allo stato attuale delle conoscenze appare opportuno limitare l'apertura (o ampiezza) delle fessure in rapporto all'aggressività dell'ambiente, onde contrastare, unitamente al ricoprimento delle barre di armatura, la corrosione delle stesse.

Oltre alla suddetta esigenza di durabilità, la limitazione dell'entità delle fessure può essere importante per necessità di tipo estetico, o di tenuta stagna (per vasche e serbatoi si può evitare quasi sempre la posa di uno strato impermeabile se si contiene l'ampiezza delle fessure a non più di 0,1 mm).

Non verranno qui esaminati gli stati limite di decompressione e di formazione delle fessure, in quanto essi interessano essenzialmente le strutture precomprese.

Anche se il calcolo diretto dell'apertura delle fessure è poco sicuro dato il carattere altamente aleatorio della fessurazione, le NTC lo richiede espressamente indicando i valori nominali ($w_1=0,2$ mm; $w_2=0,3$ mm; $w_3=0,4$ mm) da non superare in funzione delle condizioni ambientali, della combinazione di carico e della sensibilità delle armature.

Per le armature poco sensibili, quali quelle impiegate nelle strutture in c.a. normale, le NTC fissano i seguenti valori limite all'apertura delle fessure in funzione delle condizioni ambientali e della combinazione delle azioni:

Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Apertura fessure w_m
a - ordinarie	frequente	$\leq w_3$
	quasi permanente	$\leq w_2$
b - mod. aggr.	frequente	$\leq w_2$
	quasi permanente	$\leq w_1$
c - molto aggr.	rara	$\leq w_1$
	frequente	$\leq w_1$

I prescelti valori nominali non devono essere superati da quelli di calcolo da calcolare nella zona di efficacia delle armature, e forniti dalla:

$$w_d = 1,7 w_m \quad (4.1.38) \text{ NTC}$$

in cui:

$$w_m = \varepsilon_{sm} \Delta_{rm} = \text{valore medio apertura} \quad (4.1.39) \text{ NTC}$$

ε_{sm} = deformazione media delle barre

Δ_{rm} = distanza media tra le fessure

Queste relazioni sono identiche a quelle già note del DM'96 il cui procedimento di valutazione è dettagliatamente illustrato nella Circolare [4] del 1997.

Le Istruzioni [2] del 2009 consentono di effettuare il calcolo con il metodo utilizzato nell'EC2 del 2005 che viene riportato quasi integralmente nelle istruzioni medesime e che si basa sulla seguente relazione:

$$w_d = \varepsilon_{sm} \Delta_{smax} \quad (C 4.1.15)$$

in cui:

Δ_{smax} = distanza massima tra le fessure.

1.23.9 Ampiezze fessure (NTC 2018)

4.1.2.2.4.3 Sensibilità delle armature alla corrosione

Le armature si distinguono in due gruppi:

- armature sensibili;
- armature poco sensibili.

Appartengono al primo gruppo gli acciai da precompresso.

Appartengono al secondo gruppo gli acciai ordinari.

Per gli acciai zincati e per quelli inossidabili, si può tener conto della loro minor sensibilità alla corrosione sulla base di documenti di comprovata validità.

Allo stato attuale delle conoscenze appare opportuno limitare l'apertura (o ampiezza) delle fessure in rapporto all'aggressività dell'ambiente, onde contrastare, unitamente al ricoprimento delle barre di armatura, la corrosione delle stesse.

Oltre alla suddetta esigenza di durabilità, la limitazione dell'entità delle fessure può essere importante per necessità di tipo estetico, o di tenuta stagna (per vasche e serbatoi si può evitare quasi sempre la posa di uno strato impermeabile se si contiene l'ampiezza delle fessure a non più di 0,1 mm).

Non verranno qui esaminati gli stati limite di decompressione e di formazione delle fessure, in quanto essi interessano essenzialmente le strutture precomprese.

Anche se il calcolo diretto dell'apertura delle fessure è poco sicuro dato il carattere altamente aleatorio della fessurazione, le NTC 2018 lo richiede espressamente indicando i valori nominali ($w_1=0,2$ mm; $w_2=0,3$ mm; $w_3=0,4$ mm) da non superare in funzione delle condizioni ambientali, della combinazione di carico e della sensibilità delle armature.

Per le armature poco sensibili, quali quelle impiegate nelle strutture in c.a. normale, le NTC 2018 fissano i seguenti valori limite all'apertura delle fessure in funzione delle condizioni ambientali e della combinazione delle azioni:

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_k	Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

I prescelti valori nominali non devono essere superati da quelli di calcolo da calcolare nella zona di efficacia delle armature, e forniti dalla:

$$w_k = 1,7 w_m \text{ (par. 4.1.2.2.4.5 - NTC 2018)}$$

in cui:

$$w_m = \epsilon_{sm} \Delta_{rm} = \text{valore medio apertura (4.1.14) NTC 2018}$$

$$\epsilon_{sm} = \text{deformazione media delle barre}$$

$$\Delta_{rm} = \text{distanza media tra le fessure}$$

2 Gabbioni e Blocchi

Viene effettuata la verifica di resistenza in tutte le sezioni corrispondenti ai gradoni o alla separazione tra i gabbioni, oltre che per quelle intermedie in corrispondenza dei punti di discontinuità'. Viene verificata la sezione rettangolare presso-inflessa e sollecitata a taglio, costituita da materiale non reagente a trazione o con una debole resistenza. Per i muri a gabbioni la resistenza a trazione del materiale si ipotizza sempre nulla.

La sezione reagente risulterà essere una parzializzazione di quella intera, e solo in essa sarà attiva una certa distribuzione di tensioni interne. In generale se la sezione risulta interamente reagente, il diagramma delle tensioni normali sarà di tipo trapezio, eventualmente intrecciato;

Se la sezione è parzializzata e il materiale e' non reagente a trazione, il diagramma della parte reagente sarà triangolare con un punto di nullo in corrispondenza dell'asse neutro; se la sezione è parzializzata e il materiale ha una certa resistenza a trazione, il diagramma sarà a farfalla, con un valore minimo pari alla resistenza massima a trazione e un massimo tale che l'integrale delle pressioni equilibri il sistema delle sollecitazioni.

Verifiche di stabilità interna

Tale verifica risulta necessaria per controllare che la reazione indotta dagli sforzi normali σ e tangenziali τ all'interno della struttura (il pedice "i" sta ad indicare interno) devono risultare inferiori ai corrispondenti valori limiti σ_{lim} e τ_{lim} , in modo tale da scongiurare la possibilità di registrare deformazioni eccessive in grado di compromettere la stabilità dell'opera. I valori degli sforzi σ_{lim} e τ_{lim} sono deducibili da formule di natura empirica:

$$\sigma_{lim} = 5 \gamma_{gabbioni} - 3$$

$$\tau_{lim} = N \tan \phi^* + C_{gab} + \text{Resistenza di progetto a taglio}$$

Dove:

- γ_{gabbioni} gabbioni è il peso di volume del riempimento, il quale dipende dalla natura litologica dello stesso e dal grado di addensamento, $[\text{t}/\text{m}^3]$.
- ϕ^* è l'angolo d'attrito interno fittizio dei gabbioni, il quale viene valutato attraverso una formula di natura empirica $\phi^* = 25\gamma_{\text{gab}} - 10^\circ$. Tale parametro dipende, per ovvie ragioni, dall'addensamento del materiale lapideo di riempimento (il peso specifico dello stesso ne fornisce indicazioni).
- C_{gab} è la coesione fittizia, imputabile alla presenza della rete metallica. Essa si stima attraverso una formula di natura empirica, $C_{\text{gab}} = 0.03.P_u - 0.05$, dove P_u è il peso di rete metallica presente in un metro cubo di opera, $[\text{Kg}/\text{m}^3]$. Questo parametro si può dedurre dalle Tabelle riportate di seguito, dove è deducibile il peso approssimato dei vari gabbioni in funzione del tipo di maglia, del diametro del filo utilizzato, dalla presenza o meno di diaframmi, ecc.

Gabbioni a scatola in lega zinco alluminio Maglia cm 6x8							
Lunghezza	Larghezza	Altezza	Capacità	Peso approssimato per gabbione – Kg		Diaframmi	
				Senza diaframmi	Con diaframmi		
				Filo	Filo		
m	m	m	m³	Ø 2,7 mm	Ø 2,7 mm	n	
1,5	1	0,5	0,75	11,3	-	-	
2	1	0,5	1,00	13,3	15,6	1	
3	1	0,5	1,50	19,0	22,5	1	
1,5	1	1	1,50	15,3	-	2	
2	1	1	2,00	18,60	21,5	3	
1	1	1	1,00	13,0	-	4	
3	1	1	3,00	25,8	29,2	-	

Gabbioni a scatola in lega zinco alluminio Maglia cm 8x10								
Lunghezza	Larghezza	Altezza	Capacità	Peso approssimato per gabbione – Kg				Diaframmi
				Senza diaframmi		Con diaframmi		
				Filo	Filo	Filo	Filo	
m	m	m	m³	Ø 2,7 mm	Ø 3,0 mm	Ø 2,7 mm	Ø 3,0 mm	n
1,5	1	0,5	0,75	9,5	11,5	-	-	-
2	1	0,5	1,00	11,4	14,6	12,6	15,5	1
3	1	0,5	1,50	16,0	20,0	17,5	21,5	2
4	1	0,5	2,00	20,7	26,0	23,0	28,0	3
1,5	1	1	1,50	12,8	16,1	-	-	-
2	1	1	2,00	15,3	19,3	17,0	21,0	1
1	1	1	1,00	10,5	12,5	-	-	-
3	1	1	3,00	21,3	26,8	24,5	30,0	2
4	1	1	4,00	26,3	34,0	31,5	39,0	3

Gabbioni a scatola in lega zinco alluminio plastificati Maglia cm 8x10							
Lunghezza	Larghezza	Altezza	Capacità	Peso approssimato per gabbione – Kg		Diaframmi	
				Senza diaframmi	Con diaframmi		
				Filo	Filo		
m	m	m	m³	Ø 2,7 mm	Ø 2,7 mm	n	
1,5	1	0,5	0,75	11,3	-	-	
2	1	0,5	1,00	13,6	14,8	1	
2,5	1	0,5	1,25	16,4	17,7	1	
3	1	0,5	1,50	18,7	21,0	2	
4	1	0,5	2,00	22,5	26,0	3	
5	1	0,5	2,50	27,0	32,2	4	
1,5	1	1	1,50	15,3	-	-	
2	1	1	2,00	18,2	20,0	1	
2,5	1	1	2,50	20,4	23,1	1	
3	1	1	3,00	24,3	28,4	2	
4	1	1	4,00	31,2	37,0	3	

Alla determinazione degli sforzi normali agenti allo spigolo di valle ovi e allo spigolo di monte σ_{mi} della sezione di verifica, si perviene osservando che tali sforzi sono causati da una sollecitazione composta di pressoflessione:

$$\sigma_{vi} = \frac{N}{B_{base}} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{B_{base}} \right)$$

$$\sigma_{mi} = \frac{N}{B_{base}} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{B_{base}} \right)$$

dove:

- N è la somma di tutte le forze normali al piano di base dell'opera agenti sulla sezione di calcolo.
- B_{base} è la lunghezza del piano di base.
- e è l'eccentricità della risultante delle forze agenti sull'opera, ossia la distanza del suo punto di incontro con la sezione di verifica misurata dal baricentro della sezione stessa.

$$e = \frac{B_{base}}{2} - u$$

- u rappresenta la distanza del punto di intersezione tra la retta d'azione della risultante delle forze agenti sulla gabbionata ed il piano di base, misurata a partire dallo spigolo di valle.

$$u = \frac{M_{stab} - M_{instab}}{N}$$

il momento stabilizzante M_{stab} ed il momento ribaltante M_{instab} sono valutati rispetto allo spigolo di valle dell'opera.

Lo sforzo di taglio agente in corrispondenza della sezione di verifica risulta essere:

$$\tau_i = \frac{T}{B_{base}}$$

dove:

- T è la risultante di tutte le forze tangenziali agenti nella sezione di verifica.

- B_{base} è la lunghezza della sezione di verifica.

Indicato con σ_{max} e σ_{min} rispettivamente il valore massimo ed il valore minimo tra σ_{vi} e σ_{mi} , le verifiche in oggetto risultano superate se sono verificate per ogni stato limite le condizioni

$$Ed \leq Rd$$

Ed è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione inteso come la risultante dell'integrazione del diagramma degli sforzi. Rd è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico calcolato come risultante degli sforzi limiti di compressione.

La resistenza a taglio delle barre aggiuntive e' stata determinata secondo Ec3

Resistenza di progetto a taglio = $0.6 * (\text{Resistenza a trazione barra}) * (\text{area barra}) / 1.25) * \text{Numero barre}$.

3 Utility

3.1 Tabelle di conversione

Tabella conversione da gradi in % e viceversa

Pendenza (%)	Angolo (°)	Pendenza (%)	Angolo (°)
1	0.5729	26	14.5742
2	1.1458	27	15.1096
3	1.7184	28	15.6422
4	2.2906	29	16.1722
5	2.8624	30	16.6992
6	3.4336	31	17.2234
7	4.0042	32	17.7447
8	4.5739	33	18.2629
9	5.1428	34	18.7780
10	5.7106	35	19.2900
11	6.2773	36	19.7989
12	6.8428	37	20.3045
13	7.4069	38	20.8068

14	7.9696	39	21.3058
15	8.5308	40	21.8014
16	9.0903	41	22.2936
17	9.6480	42	22.7824
18	10.2040	43	23.2677
19	10.7580	44	23.7495
20	11.3099	45	24.2277
21	11.8598	46	24.7024
22	12.4074	47	25.1735
23	12.9528	48	25.6410
24	13.4957	49	26.1049
25	14.0362	50	26.5651

Tabella di conversione delle forze

Da	A	Operazione	Fattore
N	kg	Dividere per	9.8
kN	kg	Moltiplicare per	102
kN	tonn	Dividere per	9.8
kg	N	Moltiplicare per	9.8
kg	kN	Dividere per	102
tonn	kN	Moltiplicare per	9.8

Conversione forze: 1 Newton (N) = 1/9.81 Kg = 0.102 Kg ; 1 kN = 1000 N

Tabella di conversione delle pressioni

Da	A	Operazione	Fattore
tonn/m ²	kg/cm ²	Dividere per	10
kg/m ²	kg/cm ²	Dividere per	10000
Pa	kg/cm ²	Dividere per	98000
kPa	kg/cm ²	Dividere per	98
Mpa	kg/cm ²	Moltiplicare per	10.2
kPa	kg/m ²	Moltiplicare per	102
Mpa	kg/m ²	Moltiplicare per	102000

Conversione pressioni: 1 Pascal (Pa) = 1 Newton/mq ; 1 kPa = 1000 Pa

3.2 Database caratteristiche fisiche terreni

Valori indicativi del peso di volume in Kg/m^3

Terreno	Valore minimo	Valore massimo
Ghiaia asciutta	1800	2000
Ghiaia umida	1900	2100
Sabbia asciutta compatta	1700	2000
Sabbia umida compatta	1900	2100
Sabbia bagnata compatta	2000	2200
Sabbia asciutta sciolta	1500	1800
Sabbia umida sciolta	1600	1900
Sabbia bagnata sciolta	1900	2100
Argilla sabbiosa	1800	2200
Argilla dura	2000	2100
Argilla semisolida	1900	1950
Argilla molle	1800	1850
Torba	1000	1100

Valori indicativi dell'angolo di attrito, in gradi, per terreni

Terreno	Valore minimo	Valore massimo
Ghiaia compatta	35	35
Ghiaia sciolta	34	35
Sabbia compatta	35	45
Sabbia sciolta	25	35
Marna sabbiosa	22	29
Marna grassa	16	22
Argilla grassa	0	30
Argilla sabbiosa	16	28
Limo	20	27

Valori indicativi della coesione in Kg/cm^2

Terreno	Valore
Argilla sabbiosa	0.20
Argilla molle	0.10
Argilla plastica	0.25
Argilla semisolida	0.50
Argilla solida	1
Argilla tenace	2÷10

Terreno	Valore
Limo compatto	0.10

Valori indicativi del modulo elastico, in Kg/cm²

Terreno	Valore massimo di E	Valore minimo di E
Argilla molto molle	153	20.4
Argilla molle	255	51
Argilla media	510	153
Argilla dura	1020	510
Argilla sabbiosa	2550	255
Loess	612	153
Sabbia limosa	204	51
Sabbia sciolta	255	102
Sabbia compatta	816	510
Argilloscisto	51000	1530
Limo	204	20.4
Sabbia e ghiaia sciolta	1530	510
Sabbia e ghiaia compatte	2040	1020

Valori indicativi del coefficiente di Poisson per terreni

Terreno	Valore massimo di ν	Valore minimo di ν
Argilla satura	0.5	0.4
Argilla non satura	0.3	0.1
Argilla sabbiosa	0.3	0.2
Limo	0.35	0.3
Sabbia	1.0	-0.1
Sabbia ghiaiosa comunemente usata	0.4	0.3
Loess	0.3	0.1
Ghiaccio	0.36	
Calcestruzzo	0.15	

Valori indicativi del peso specifico di alcune rocce in Kg/m³

Roccia	Valore minimo	Valore massimo
Pomice	500	1100
Tufo vulcanico	1100	1750
Calcere tufaceo	1120	2000
Sabbia grossa asciutta	1400	1500
Sabbia fine asciutta	1400	1600
Sabbia fine umida	1900	2000
Arenaria	1800	2700
Argilla asciutta	2000	2250
Calcere tenero	2000	2400
Travertino	2200	2500
Dolomia	2300	2850
Calcere compatto	2400	2700
Trachite	2400	2800
Porfido	2450	2700
Gneiss	2500	2700
Serpentino	2500	2750
Granito	2550	2900
Marmo saccaroide	2700	2750
Sienite	2700	3000
Diorite	2750	3000
Basalto	2750	3100

Valori indicativi dell' angolo di attrito in gradi

Roccia	Valore minimo	Valore massimo
Granito	45	60
Dolerite	55	60
Basalto	50	55
Arenaria.	35	50
Argilloscisto	15	30
Calcare	35	50
Quarzite	50	60
Marmo	35	50

Valori indicativi del modulo elastico e del coefficiente di Poisson per rocce

Roccia	E		n	
	Valore massimo	Valore minimo	Valore massimo	Valore minimo
Basalto	1071000	178500	0.32	0.27
Granito	856800	142800	0.30	0.26
Scisto cristallino	856800	71400	0.22	0.18
Calcare	1071000	214200	0.45	0.24
Calcare poroso	856800	35700	0.45	0.35
Arenaria	428400	35700	0.45	0.20
Argilloscisto	214200	35700	0.45	0.25
Calcestruzzo	Variabile		0.15	

4 Geoapp

Geoapp: la più grande suite del web per calcoli online

Gli applicativi presenti in [Geostru Geoapp](#) sono stati realizzati a supporto del professionista per la soluzione di molteplici casi professionali. Geoapp comprende oltre 40 [applicazioni](#) per: Ingegneria, Geologia, Geofisica, Idrologia e Idraulica.

La maggior parte delle applicazioni sono gratuite, altre necessitano di una sottoscrizione (subscription) mensile o annuale.

Perché si consiglia la subscription?

Perché una subscription consente di:

- usare applicazioni professionali ovunque e su qualunque dispositivo;
- salvare i file in cloud e sul proprio PC;
- riaprire i file per elaborazioni successive;
- servizi di stampa delle relazioni ed elaborati grafici;
- notifica sull'uscita di nuove applicazioni ed inclusione automatica nel proprio abbonamento;
- disponibilità di versioni sempre aggiornate;
- servizio di assistenza tramite Ticket.

4.1 Sezione Geoapp

Generale ed Ingegneria, Geotecnica e Geologia

Tra le applicazioni presenti, una vasta gamma può essere utilizzata per **MDC**. A tale scopo si consigliano i seguenti applicativi:

- [Computo metrico estimativo](#)
- [Coefficiente di reazione orizzontale pali di fondazione](#)
- [Pali e micropali](#)
- [Prove di carico su pali](#)
- [Classificazione suoli NTC2018](#)
- [Classificazione delle terre SMC](#)
- [Tiranti](#)
- [Newmark](#)

5 Bibliografia

- Arias, A.** (1970). A measure of earthquake intensity in Seismic Design of Nuclear Power Plants, R. J. Hansen, Editor, The Mass. Inst. Tech. Press.
- Bishop A. W.**, 1955. The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes. *Geotechnique*, Vol. 5:7-17.
- Coulomb, C.A.** 1776. Essai sur une application des regles de maximis et minimis a quelques problemes de statique, relatifs a l'architecture. *Memoires de Mathematique et de Physique présentés a l'Academic Royale des Sciences*, Paris, 1773, 1, 343-382.
- Matlock H. e Reese L.C.**, 1960. Generalised solutions for laterally loaded piles. *Journ. Soil Mech. Found. Div.*, ASCE, Vol. LXXXVI, SM5, pp. 63-91
- Newmark N.M.**, 1965. Effects of Earthquakes on Dams and Embankments. *Geotechnique*, 15, 139-160.
- Poulos H. G. and Davis E. H.**, 1980. Pile foundation analysis and design. Wiley Ed. 397 p.
- Poulos H. G. and Davis E. H.**, 1991. Elastic Solutions for Soil and Rock Mechanics. Centre for geotechnical research, University of Sidney.
- Richards R. and Elms D.G.**, 1979. Seismic Behavior of Gravity Retaining Walls. *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, 105, 449-464.
- Vesic A.S.**, 1970. "Tests on Instrumented Piles, Ogeehee River Site," *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, ASCE, Vol. 96, No. SM2, pp. 561-584.

6 Normative

6.1 Eurocodici

6.1.1 Combinazioni EUROCODICE 7

In accordo con l'EUROCODICE 7, le verifiche dei muri di sostegno devono essere effettuate considerando le seguenti combinazioni di coefficienti:

APPROCCIO 1

- Combinazione 1: $(A1+M1+R1)$
- Combinazione 2: $(A2+M2+R1)$

APPROCCIO 2

- Combinazione 1: $(A1+M1+R2)$

APPROCCIO 3

- Combinazione 1: (A1 o A2*+M2+R3)

* coefficienti A1 per le azioni di tipo strutturale, A2 per quelle di tipo geotecnico

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle seguenti:

Carichi	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F o (γ_E)	A1	A2
Permanenti	Sfavorevole	γ_G	1,35	1,00
	Favorevole	$\gamma_{G,fav}$	1,00	1,00
Variabili	Sfavorevole	γ_Q	1,50	1,30
	Favorevole	$\gamma_{Q,fav}$	0,00	0,00

EUROCODICE 7 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente Parziale γ_M	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan j$	γ_j	1,00	1,25
Coesione efficace	c'	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	c_u	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza compressione non confinata	q_u	γ_{qu}	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_Y	1,00	1,00

EUROCODICE 7 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Verifica	Coefficiente Parziale (R1)	Coefficiente Parziale (R2)	Coefficiente Parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R=1,00$	$\gamma_R=1,40$	$\gamma_R=1,00$
Scorrimento	$\gamma_R=1,00$	$\gamma_R=1,10$	$\gamma_R=1,00$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R=1,00$	$\gamma_R=1,40$	$\gamma_R=1,00$

EUROCODICE 7 - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

6.1.2 Parametri sismici EUROCODICE 8

In accordo con l'EUROCODICE 8 l'accelerazione orizzontale a_h a cui è assoggettato, statisticamente l'ammasso di terreno direttamente interagente con l'opera è espressa come:

$$a_h = \pm k_h \cdot g$$

con

$$k_h = \frac{S \cdot (a_g / g)}{r}$$

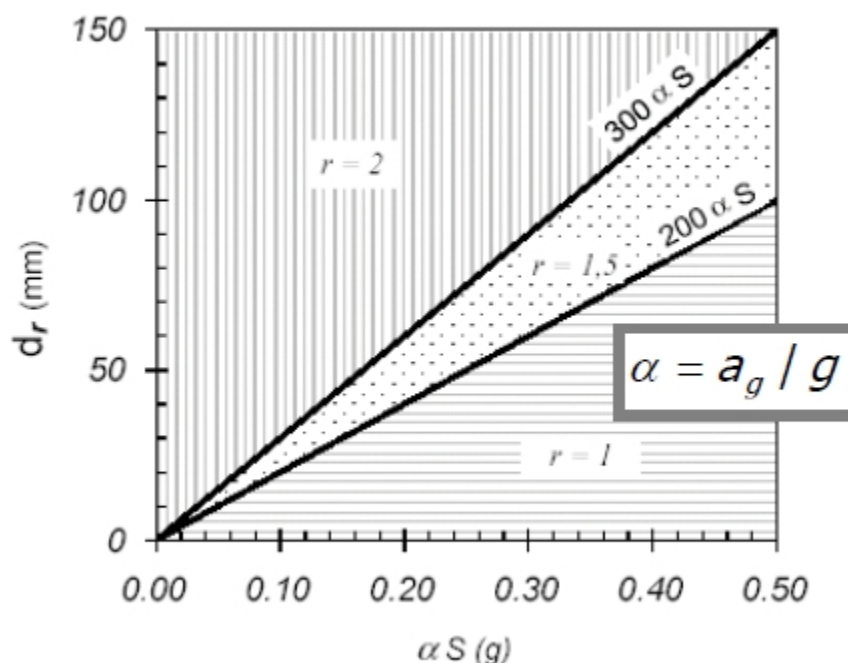
cioè

$$a_h = \frac{S \cdot a_g}{r}$$

dove a_g è l'intensità sismica del sito, S il coefficiente d'amplificazione funzione della stratigrafia locale ed r un parametro che permette di scalare l'intensità dell'azione sismica nel calcolo delle azioni di progetto della struttura. Il coefficiente r può assumere valori compresi tra 1 e 2, a seconda della tipologia dell'opera in relazione al comportamento durante il sisma ed al danno permanente tollerabile.

Nel caso di opere di sostegno, l'EC8 propone alcune correlazioni che permettono di legare r all'entità della deformazione accettabile (figura seguente).

In presenza di terreni incoerenti saturi si dovrà comunque assumere $r = 1$.



Determinazione del coefficiente r e lo spostamento ammissibile d_r (mm)

Il coefficiente di amplificazione locale S viene determinato in ragione della stratigrafia al di sopra del substrato:

Terreno	S
A	1,00
B	1,25
C	1,25
D	1,35
E	1,25

Coefficiente di amplificazione locale S

Per quanto riguarda le deformazioni ammissibili ci si deve riferire alla destinazione dell'opera ed all'ambito in cui è inserita.

La componente verticale sarà calcolata come

$$a_v = \pm k_v \cdot g$$

con

$$k_v = 0.5 \cdot k_h$$

Le accelerazioni k_h e k_v dovranno essere poi moltiplicati per il coefficiente d'importanza γ_I

Classe d'importanza	Costruzioni	γ_I
I	Costruzioni di minore importanza per la pubblica sicurezza.	0.8
II	Costruzioni ordinarie, non appartenenti alle altre categorie.	1.0
III	Costruzioni la cui resistenza sismica è di un'importanza in vista delle conseguenze associate al collasso.	1.2
IV	Costruzioni la cui integrità durante il terremoto è di un'importanza vitale per la protezione civile.	1.4

EUROCODICE 8 - Classe d'importanza

6.1.3 Parametri caratteristici del terreno EUROCODICE

L'Eurocodice 7: "Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules", introduce il concetto dei valori caratteristici dei parametri geotecnici. Il valore caratteristico, inteso come una stima cautelativa del parametro che

influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione, dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica, che si tratti di SLU (stati limite ultimi ovvero potenziale presenza di una superficie di rottura) o di SLE (stati limite di esercizio ossia deformazioni di tipo elastico o di consolidazione a prescindere dallo stato di rottura).

L'unica metodologia delineata dall'EC7 per la definizione dei valori caratteristici è di natura statistica.

"If statistical methods are used, the characteristic value should be derived such that the calculated probability of a worse value governing the occurrence of the limit state under consideration is not greater than 5%.

NOTE In this respect, a cautious estimate of the mean value is a selection of the mean value of the limited set of geotechnical parameter values, with a confidence level of 95%; where local failure is concerned, a cautious estimate of the low value is a 5% fractile".

6.2 LRFD

6.2.1 Combinazioni LRFD

Il metodo LRFD (Load Resistance Design Factor) introduce due tipi di coefficienti di progetto: i fattori di carico ed i fattori di resistenza.

E' un metodo che dà importanza allo Stato Limite Ultimo della struttura e non tiene conto del concetto di resistenza "caratteristica".

Il metodo si basa sulla disequazione:

$$Q = \sum \eta_i \gamma_i Q_i < \phi \cdot R_n$$

dove Q è la sommatoria dei carichi nominali agenti sulla struttura moltiplicati per i "fattori di carico", γ_i è un "fattore di resistenza" ed R_n è la resistenza nominale.

Load Combination Limit State	DC DD DW EH EV ES EL	LL IM CE BR PL LS	WA	WS	WL	FR	TU CR SH	TG	SE	Use One of These at a Time			
										EQ	IC	CT	CV
STRENGTH I (unless noted)	γ_p	1.75	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH II	γ_p	1.35	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH III	γ_p	—	1.00	1.40	—	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
STRENGTH IV	γ_p	—	1.00	—	—	1.00	0.50/1.20	—	—	—	—	—	—
STRENGTH V	γ_p	1.35	1.00	0.40	1.0	1.00	0.50/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
EXTREME EVENT I	γ_p	γ_{EQ}	1.00	—	—	1.00	—	—	—	1.00	—	—	—
EXTREME EVENT II	γ_p	0.50	1.00	—	—	1.00	—	—	—	—	1.00	1.00	1.00
SERVICE I	1.00	1.00	1.00	0.30	1.0	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
SERVICE II	1.00	1.30	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	—	—	—	—	—	—
SERVICE III	1.00	0.80	1.00	—	—	1.00	1.00/1.20	γ_{TG}	γ_{SE}	—	—	—	—
SERVICE IV	1.00	—	1.00	0.70	—	1.00	1.00/1.20	—	1.0	—	—	—	—
FATIGUE— LL, IM & CE ONLY	—	0.75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tab. 3.4.1-1 LRFD - Combinazioni di carico e fattori di carico

Type of Load, Foundation Type, and Method Used to Calculate Downdrag		Load Factor	
		Maximum	Minimum
DC: Component and Attachments		1.25	0.90
DC: Strength IV only		1.50	0.90
DD: Downdrag	Piles, α Tomlinson Method	1.4	0.25
	Piles, λ Method	1.05	0.30
	Drilled shafts, O'Neill and Reese (1999) Method	1.25	0.35
DW: Wearing Surfaces and Utilities		1.50	0.65
EH: Horizontal Earth Pressure			
• Active		1.50	0.90
• At-Rest		1.35	0.90
• AEP for anchored walls		1.35	N/A
EL: Locked-in Erection Stresses		1.00	1.00
EV: Vertical Earth Pressure			
• Overall Stability		1.00	N/A
• Retaining Walls and Abutments		1.35	1.00
• Rigid Buried Structure		1.30	0.90
• Rigid Frames		1.35	0.90
• Flexible Buried Structures other than Metal Box Culverts		1.95	0.90
• Flexible Metal Box Culverts		1.50	0.90
ES: Earth Surcharge		1.50	0.75

Tab. 3.4.1-2 LRFD - Fattori di carico per carichi permanenti

WALL-TYPE AND CONDITION		RESISTANCE FACTOR
Nongravity Cantilevered and Anchored Walls		
Axial compressive resistance of vertical elements		Article 10.5 applies
Passive resistance of vertical elements		0.75
Pullout resistance of anchors ⁽¹⁾	• Cohesionless (granular) soils	0.65 ⁽¹⁾
	• Cohesive soils	0.70 ⁽¹⁾
	• Rock	0.50 ⁽¹⁾
Pullout resistance of anchors ⁽²⁾	• Where proof tests are conducted	1.0 ⁽²⁾
Tensile resistance of anchor tendon	• Mild steel (e.g., ASTM A 615M bars)	0.90 ⁽³⁾
	• High strength steel (e.g., ASTM A 722M bars)	0.80 ⁽³⁾
Flexural capacity of vertical elements		0.90
Mechanically Stabilized Earth Walls		
Bearing resistance		Article 10.5 applies
Sliding		Article 10.5 applies
Tensile resistance of metallic reinforcement and connectors	Strip reinforcements ⁽⁴⁾	
	• Static loading	0.75
	• Combined static/earthquake loading	1.00
	Grid reinforcements ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	
	• Static loading	0.65
	• Combined static/earthquake loading	0.85
Tensile resistance of geosynthetic reinforcement and connectors	• Static loading	0.90
	• Combined static/earthquake loading	1.20
Pullout resistance of tensile reinforcement	• Static loading	0.90
	• Combined static/earthquake loading	1.20
Prefabricated Modular Walls		
Bearing		Article 10.5 applies
Sliding		Article 10.5 applies
Passive resistance		Article 10.5 applies

Tab. 11.5.6-1 LRFD - Fattori di resistenza per opere di contenimento

6.3 NTC

6.3.1 Combinazioni verifiche muri NTC2008

In accordo con le NTC2008 (par. 6.5.3.1.2), le verifiche dei muri di sostegno devono essere effettuate considerando uno dei seguenti approcci:

- Approccio 1:

- Combinazione 1: (A1+M1+R1)
- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

- Approccio 2:

- Combinazione: (A1+M1+R3)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

Nel caso di muri di sostegno dotati di ancoraggi al terreno, le verifiche devono essere effettuate con riferimento al solo Approccio 1.

Carichi	Effetto	Coefficienti Parziali γ_F o (γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,10	1,30	1,00
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,50	1,30
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,50	1,30

Tab. 6.2.I NTC2008 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente Parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	γ_j	1,00	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,00	1,00

Tab. 6.2.II NTC2008 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Verifica	Coefficiente Parziale (R1)	Coefficiente Parziale (R2)	Coefficiente Parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R=1,00$	$\gamma_R=1,00$	$\gamma_R=1,40$
Scorrimento	$\gamma_R=1,00$	$\gamma_R=1,00$	$\gamma_R=1,10$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R=1,00$	$\gamma_R=1,00$	$\gamma_R=1,40$

Tab. 6.5.I NTC2008 - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno

Combinazione sismica

Sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto le opere e i sistemi geotecnici devono rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio come previsto da normativa. Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni ed impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto, con i valori dei coefficienti parziali indicati nel capitolo 6 delle NTC2008.

Combinazione stabilità globale

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera deve essere effettuata secondo la combinazione 2 dell'Approccio progettuale 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.8.I delle NTC2008.

Coefficiente	R2
γ_R	1,10

Tab. 6.8.I NTC2008 - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

6.3.2 Combinazioni verifiche muri NTC 2018

In accordo con le NTC 2018 (par. 6.5.3.1.1), le verifiche dei muri di sostegno devono essere effettuate considerando uno dei seguenti approcci:

- Approccio 1:
- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Per la verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8, secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

- Approccio 2:
- Combinazione: (A1+M1+R3)

Per le verifiche:

GEO - scorrimento sul piano di posa; collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno; ribaltamento

STR - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali

Carichi	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F o (γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	Sfavorevole		1,10	1,30	1,00
Permanenti G_2	Favorevole	γ_{G2}	0,80	0,80	0,80
	Sfavorevole		1,50	1,50	1,30
Variabili Q	Favorevole	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	Sfavorevole		1,50	1,50	1,30

Tab. 6.2.I NTC2018 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente Parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	γ_j	1,00	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,00	1,00

Tab. 6.2.II NTC2018 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Verifica	Coefficiente Parziale (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R=1,40$
Scorrimento	$\gamma_R=1,10$
Ribaltamento	$\gamma_R=1,15$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R=1,40$

Tab. 6.5.I NTC2018 - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno

Combinazione sismica

Sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto le opere e i sistemi geotecnici devono rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio come previsto da normativa. Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere effettuate ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni ed impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto, con i valori dei coefficienti parziali indicati nel capitolo 6 delle NTC2008.

Combinazione stabilità globale (Combinazione Statica)

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera deve essere effettuata secondo la combinazione 2 dell'Approccio progettuale 1:

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II e 6.8.I delle NTC2008.

Coefficiente	R2
γ_R	1,10

Tab. 6.8.I NTC2008 - Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo

Combinazione stabilità globale (Combinazione Sismica)

In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come $F_h = k_h \cdot W$ ed $F_v = k_v \cdot W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nel § 7.11.3.5.2 e adottando i seguenti valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito:

$\beta_s = 0.38$ nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV)

$\beta_s = 0.47$ nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

Si impiega lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$. Si deve inoltre tener conto della presenza di manufatti interagenti con l'opera.

6.3.3 Parametri sismici NTC2008 - muri

GeoStru PS consente di individuare la pericolosità sismica direttamente dalla mappa geografica. Sarà così semplice ed immediato ricavare i coefficienti sismici secondo le Nuove norme tecniche per le costruzioni:

1. E' possibile ricercare automaticamente la zona di interesse digitando l'indirizzo o le coordinate oppure spostare il puntatore sul sito di interesse operando direttamente sulla mappa;
 2. Selezionare la Classe d'uso e la Vita nominale dell'opera e cliccare su Calcola;
- In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:
-
- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
 - **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
 - **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
 - **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, 'Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade', e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.
- La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I - NTC2008 - e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tipi di costruzione		Vita nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Tab. 2.4.I NTC2008 - Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

3. Verranno così ricavati i parametri T_r , a_g , F_0 , T_c^* ;

➤ T_r : periodo di ritorno dell'azione sismica;

➤ a_g : accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

➤ F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

➤ T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

4. Selezionare l'opzione 'Muri di sostegno';

5. Indicare:

Categoria sottosuolo: categoria di sottosuolo di riferimento;

Categoria topografica: categoria topografica di riferimento;

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $N_{SPT} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800 \text{ m/s}$).

Tab. 3.2.II NTC2008 - Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20 \text{ kPa}$), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tab. 3.2.III NTC2008 - Categorie aggiuntive di sottosuolo

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.

Tab. 3.2.IV NTC2008 - Categorie topografiche

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni

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

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

Dove:

$a_{\max}$ = 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 è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al capitolo 3.2.3.2 delle NTC2008, ed a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

E' possibile anche personalizzare l'accelerazione massima attesa al sito selezionando con un segno di spunta la relativa opzione ed inserendo il valore nella rispettiva casella.

Il coefficiente β assume i valori riportati nella tabella 7.11.II.

Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_m	β_m
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

Tab. 7.11.II NTC2008 - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

6. Per ogni Stato limite verranno così ricavati il coefficiente di amplificazione stratigrafica SS, il coefficiente funzione della categoria di sottosuolo CC ed il coefficiente di amplificazione topografica ST, valori che possono essere anche modificati manualmente dall'utente, sarà così possibile eseguire il calcolo dei coefficienti sismici cliccando sul pulsante "Calcola";

7. Cliccare sul pulsante centrale "Salva file" per salvare il report in formato .txt, da importare poi nella finestra [Calcolo coefficienti sismici](#) di MDC, o sul pulsante "Salva PDF" per salvare i risultati in formato .pdf.

Cerca Posizione

Via n°

Comune Cap

Provincia

Coordinate WGS84

Latitudine °

Longitudine °

Determinazione dei parametri sismici

(1)* Coordinate WGS84

Lat. 38.109708 ° Long. 16.141662 °

(1)* Coordinate ED50

Lat. 38.110748 ° Long. 16.142460 °

Classe dell'edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e so

Vita nominale
(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)

Map data ©2011 Tele Atlas - Termini e condizioni d'uso

38.109708, 16.141662

☒ Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Stato Limite

	Tr [anni]	a _p [g]	F ₀	T ₀ [s]
Operatività (SLO)	30	0,052	2,343	0,277
Danno (SLD)	50	0,069	2,334	0,300
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,205	2,395	0,387
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,275	2,411	0,388
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Calcolo dei coefficienti sismici

☒ Muri di sostegno ☐ Paratie

☒ Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss *	1,00	1,00	1,00	1,00
Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
Cc *	1,00	1,00	1,00	1,00
Coeff. funz. categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
St *	1,00	1,00	1,00	1,00
Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,010	0,014	0,063	0,085
kv	0,005	0,007	0,032	0,043
Amax [m/s²]	0,515	0,675	2,008	2,695
Beta	0,200	0,200	0,310	0,310

* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati.

Software on line GeoStru PS

6.3.3.1 Parametri caratteristici del terreno NTC2008

Il valore caratteristico, inteso come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione, dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica: le opere dovranno essere verificate per gli stati limite ultimi che possono presentarsi, in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni, e per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese.

“Stato limite è la condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali è stata progettata”.

Si parla di Stato limite ultimo quando lo stato limite è associato al valore estremo della capacità portante della struttura, il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile e si definisce collasso. Si parla

invece di Stato limite di esercizio quando è legato al raggiungimento di un particolare stato dell'opera che pur non generando il collasso compromette aspetti funzionali importanti che limitano le prestazioni in condizione d'esercizio.

Definire il valore caratteristico significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite, ed adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza. Ai valori caratteristici trovati si applicano dei coefficienti di sicurezza parziali in funzione dello stato limite considerato.

Per quanto riguarda il calcolo geotecnico esistono due linee di pensiero seguite per la determinazione dei parametri caratteristici:

- Una prima linea si basa su un approccio probabilistico, considerando quindi le quantità statistiche ricavate su un opportuno campione di prove;
- Una seconda linea di pensiero invece porta avanti l'idea che l'approccio probabilistico non sia adatto a modellare il reale comportamento del terreno. In particolare questo secondo approccio si basa su procedimenti più razionali, ritenendo che i valori caratteristici delle proprietà del terreno vadano valutati in funzione del livello di deformazione previsto per lo stato limite considerato.

Con la Circolare del 02.02.2009 viene specificato come la scelta dei valori caratteristici dei parametri geotecnici deve avvenire in due fasi.

La prima fase comporta l'identificazione dei parametri geotecnici appropriati ai fini progettuali. Tale scelta richiede una valutazione specifica da parte del progettista, per il necessario riferimento ai diversi tipi di verifica.

Identificati i parametri geotecnici appropriati, la seconda fase del processo decisionale riguarda la valutazione dei valori caratteristici degli stessi parametri.

Viene inoltre precisato come “nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi a quelli medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità...”

Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato.”

In particolare, le opere che coinvolgono grandi volumi di terreno sono quelle che portano a variazioni tensionali, all'interno di una porzione abbastanza elevata di sottosuolo, tali da dare origine a una compensazione delle resistenze.

Si parla in questo caso di resistenze compensate: le zone di terreno a resistenza minima e massima vengono sollecitate contemporaneamente e quello che emerge è un comportamento meccanico intermedio fra i due estremi. Per questo motivo, per ogni verticale d'indagine eseguita all'interno del volume significativo si effettua una stima cautelativa del valore medio dei parametri geotecnici.

Nel caso di opere che coinvolgono modesti volumi di terreno a essere sollecitate sono piccole porzioni di terreno in cui prevalgono le resistenze locali.

Nel caso vengano eseguite misure dirette all'esterno del volume significativo si parla di resistenze non compensate da misure estrapolate e il valore caratteristico andrà selezionato prendendo come riferimento un valore prossimo al minimo misurato, a vantaggio di sicurezza.

Nel caso invece in cui vengano eseguite misure dirette all'interno del volume significativo si parla di resistenze non compensate da misure dirette: in tal caso i valori caratteristici del terreno si stimano effettuando una valutazione cautelativa dei valori medi misurati.

6.3.4 Parametri sismici muri NTC 2018

[GeoStru PS](#) consente di individuare la pericolosità sismica direttamente dalla mappa geografica. Sarà così semplice ed immediato ricavare i coefficienti sismici secondo le NTC2018:

1. E' possibile ricercare automaticamente la zona di interesse digitando l'indirizzo o le coordinate oppure spostare il puntatore sul sito di interesse operando direttamente sulla mappa;
 2. Selezionare la Classe d'uso e la Vita nominale dell'opera;
- In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

-
- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
 - **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
 - **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
 - **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, 'Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade', e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.
- La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I - NTC2008 - e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tipi di costruzione		Valori minimi V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinati	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tab. 2.4.I NTC2008 - Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

3. Verranno così ricavati i parametri T_r , a_g , F_0 , T_c^* ;
- T_r : periodo di ritorno dell'azione sismica;
 - a_g : accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

4. Selezionare l'opzione 'Muri di sostegno';

5. Indicare:

Categoria sottosuolo: categoria di sottosuolo di riferimento;

Categoria topografica: categoria topografica di riferimento;

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tab. 3.2.II NTC2018 - Categorie di sottosuolo

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$.
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$.
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$.

Tab. 3.2.III NTC2018 - Categorie topografiche

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni

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

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

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 è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al capitolo 3.2.3.2 delle NTC2018, ed a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

E' possibile anche personalizzare l'accelerazione massima attesa al sito selezionando con un segno di spunta la relativa opzione ed inserendo il valore nella rispettiva casella.

Il coefficiente β assume i valori riportati nella tabella 7.11.II.

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

$\beta_m = 0.38$ nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

$\beta_m = 0.47$ nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).

Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario.

I valori del coefficiente β_m 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.

7.11.6.2.2 Verifiche di sicurezza

Per muri di sostegno ubicati in corrispondenza di versanti o in prossimità di pendii naturali devono essere soddisfatte le condizioni di stabilità del pendio, in presenza della nuova opera, con i metodi di analisi di cui al § 7.11.3.5. Deve inoltre essere soddisfatta la verifica di stabilità del complesso muro-terreno con i criteri indicati al § 7.11.4 nonché le verifiche di sicurezza delle fondazioni riportate al § 7.11.5.

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni nel rispetto della condizione [6.2.1], ponendo **pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto con i coefficienti parziali γ_R indicati nella tabella 7.11.III.**

Tab. 7.11.III - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche degli stati limite (SLV) dei muri di sostegno.

Verifica	Coefficiente parziale γ_R
Carico limite	1.2
Scorrimento	1.0
Ribaltamento	1.0
Resistenza del terreno a valle	1.2

Le azioni da considerare nelle analisi di sicurezza delle fondazioni sono fornite dalla spinta esercitata dal terrapieno, dalle azioni gravitazionali permanenti e dalle azioni inerziali agenti nel muro, nel terreno e negli eventuali sovraccarichi. La verifica nei confronti dello stato limite di scorrimento può essere eseguita anche con il metodo degli spostamenti (§ 7.11.3.5.2). L'accelerazione critica deve essere valutata utilizzando i valori caratteristici dei parametri di resistenza. Le condizioni dell'opera possono essere riferite al raggiungimento di uno stato limite ultimo (SLV) o di esercizio (SLD) in dipendenza del valore di soglia dello spostamento.

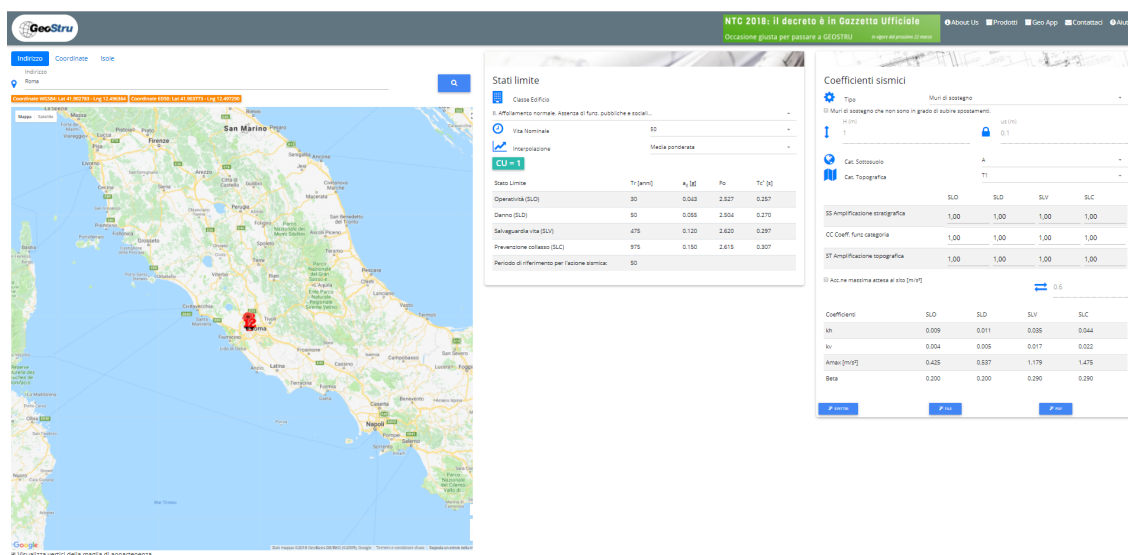
La valutazione delle condizioni di sicurezza è effettuata mediante il confronto tra lo spostamento calcolato e il corrispondente valore di soglia. I criteri di scelta dei valori limite di spostamento devono essere illustrati e giustificati dal progettista.

In aggiunta alle verifiche di sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi SLV, devono essere condotte verifiche nei confronti

degli stati limite di esercizio SLD. In particolare, gli **spostamenti permanenti** indotti dal sisma devono essere compatibili con la funzionalità dell'opera e con quella di eventuali strutture o infrastrutture interagenti con essa.

6. Per ogni Stato limite verranno così ricavati il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_S , il coefficiente funzione della categoria di sottosuolo C_C ed il coefficiente di amplificazione topografica S_{T_r} , valori che possono essere anche modificati manualmente dall'utente.

7. Cliccare sul pulsante centrale "file" per salvare il report in formato .txt, da importare poi nella finestra [Calcolo coefficienti sismici](#) di MDC, oppure sul pulsante "PDF" per salvare i risultati in formato .pdf o ancora "spettri" per il calcolo degli spettri di normativa.



Software on line GeoStru PS

6.3.5 Verifica a taglio

Le sezioni di verifica della mensola in elevazione e del solettone di fondazione dei muri di sostegno vengono verificate a taglio senza prevedere apposite armature trasversali a taglio (staffe, spilli, barre piegate) sia in quanto trattasi di strutture in genere massicce ma anche allo scopo di semplificarne l'esecuzione in cantiere.

Il calcolo di verifica a taglio è basato sul rispetto della (4.1.13) DM 2008:

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

La resistenza V_{Rd} è fornita dalla (4.1.14) DM 2008 (a cui si rimanda per il significato dei simboli):

$$V_{Rd} = \{0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

In sostanza la resistenza a taglio dipende fortemente dall'altezza utile d della sezione, ma anche dalla classe del calcestruzzo f_{ck} e dall'aliquota di armatura tesa longitudinale a flessione $\rho_l = A_{sl}/b_w \cdot d$). Nel nostro caso è marginale o nullo l'incremento della resistenza da sforzo normale costituita dal termine $0,15 \cdot \sigma_{cp}$.

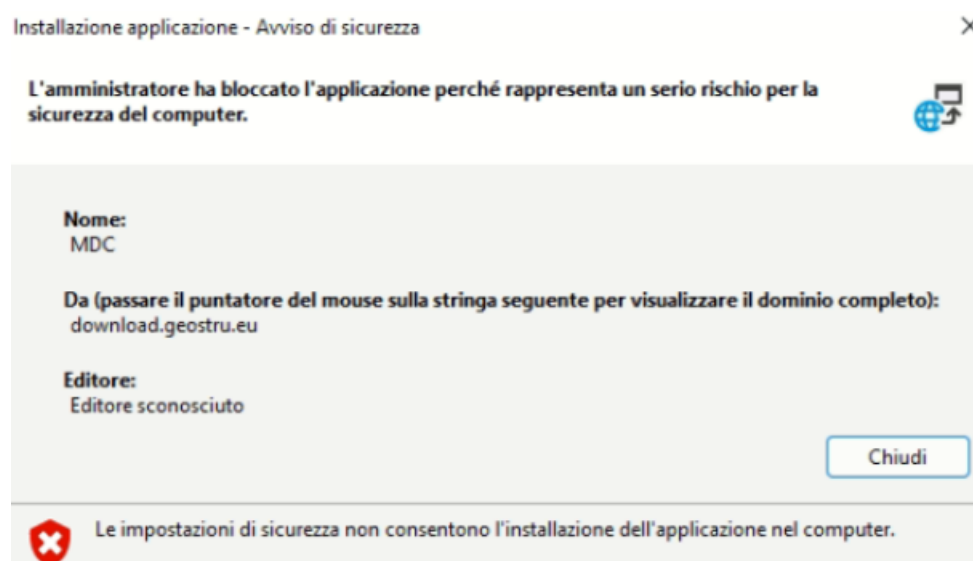
Il programma opera un primo dimensionamento delle armature a flessione ottenendo così un valore iniziale dell'aliquota ρ_l . Se applicando la suddetta (4.1.14) la corrispondente resistenza a taglio V_{Rd} non soddisfa la (4.1.13) vengono aggiunte ulteriori barre longitudinali a flessione incrementando così ρ_l fino ad un massimo dell'1% ($\rho_l = 0,01$). Se anche con la percentuale di armatura tesa dell'1% la sezione non è verificata a taglio è necessario procedere all'incremento dell'altezza utile d della sezione e/o all'impiego di un calcestruzzo con una maggiore resistenza caratteristica f_{ck} .

In genere l'aumento del numero di barre longitudinali tese avviene solo in ristrette zone poste in prossimità del nodo di convergenza della mensola con la fondazione. Se in tali zone, sia pure con verifica a taglio positiva, il progettista dovesse valutare un eccessivo scostamento tra il momento di progetto e quello resistente (segno di un notevole incremento delle barre longitudinali tese), potrà ritenere opportuno incrementare, a suo giudizio, la dimensione trasversale d dell'elemento interessato (e/o utilizzare un calcestruzzo di classe superiore) onde ridurre o annullare il suddetto incremento.

7 Impostazioni iniziali

L'amministratore ha bloccato questa applicazione perché potrebbe rappresentare un rischio per la sicurezza del computer durante l'installazione di MDC

Si può verificare che in fase di installazione l'installazione di MDC, viene visualizzato il seguente messaggio di errore:



Cause:

Il messaggio di richiesta di attendibilità di Windows ClickOnce è disabilitato. ClickOnce, un componente di .NET Framework, deve essere abilitato per l'esecuzione di MDC.

Soluzione:

Per risolvere il problema, attivare questa chiave del Registro di sistema.

1. Aprire l'editor del registro.
2. Trovare la chiave del Registro di sistema seguente.

\ HKEY_LOCAL_MACHINE \ SOFTWARE \ Microsoft \ .NETFramework \ Security \ TrustManager \ PromptingLevel \ Internet

Se la chiave non esiste, crearla.

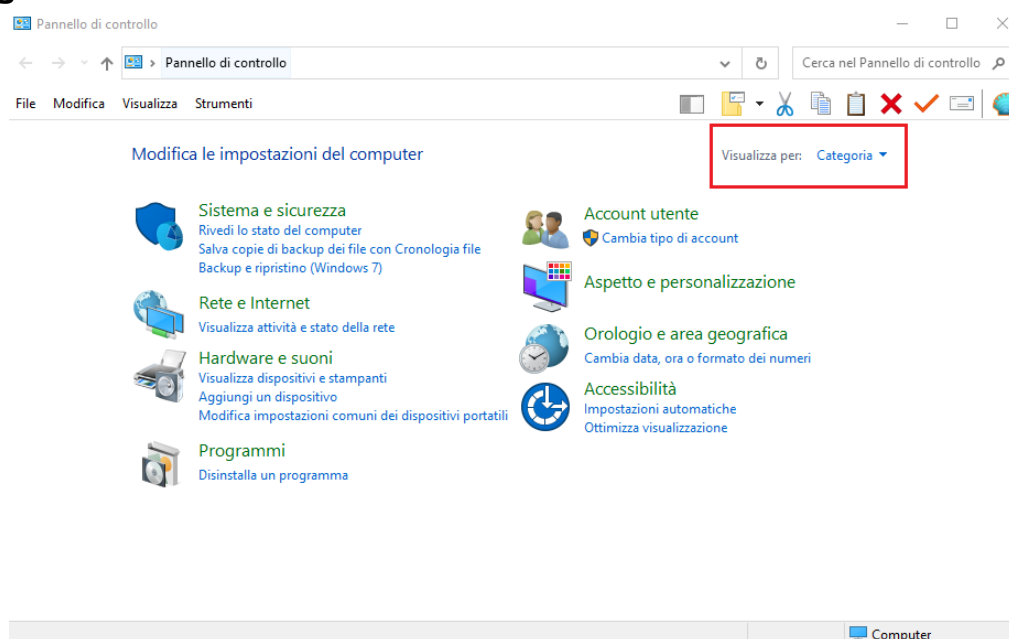
3. Impostare il valore su **Abilitato**, salvare

Impostazioni separatore decimale e simbolo raggruppamento cifre dal pannello di controllo (per la versione 2022)

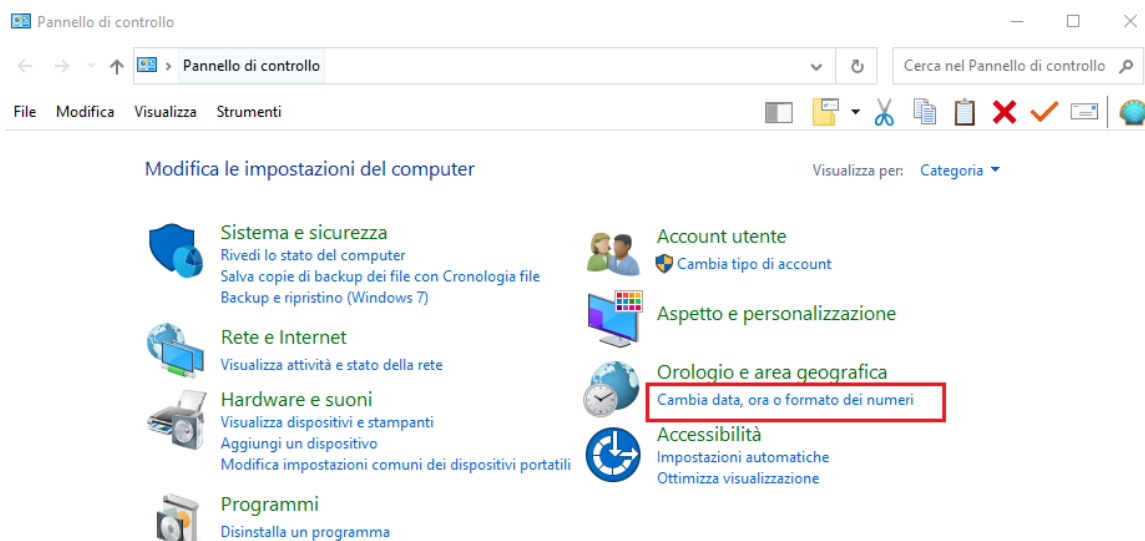
Il programma richiede, per un corretto funzionamento, come separatore decimale il "punto" e simbolo raggruppamento cifre la "virgola".

• Come effettuare le impostazioni

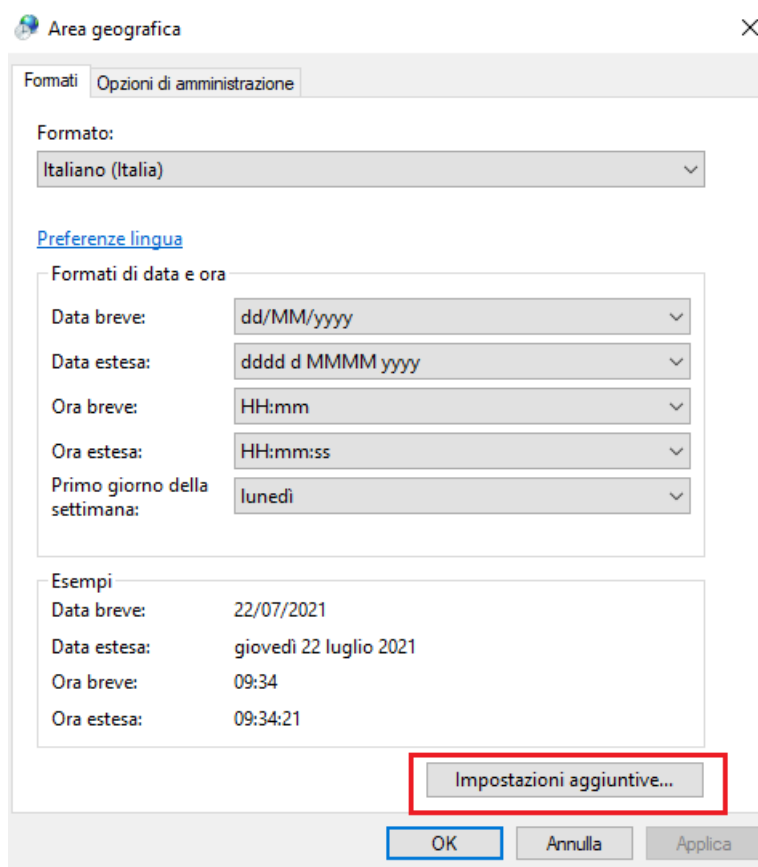
Accedere al pannello di controllo e selezionare la **visualizzazione per categoria**



Scegliere l'opzione **Cambia data, ora o formato dei numeri**.



Selezionare **Impostazioni aggiuntive**



Impostare il "punto" come separatore decimale e la "virgola" come simbolo raggruppamento cifre.

Personalizza formato

Numeri Valuta Ora Data

Esempio
Positivo: 123,456,789.00 Negativo: -123,456,789.00

Separatore decimale: .

Cifre decimali: 2

Simbolo raggruppamento cifre: ,

Raggruppamento cifre: 123,456,789

Simbolo numeri negativi: -

Formato numeri negativi: -1.1

Zeri iniziali: 0.7

Separatore di elenco: ;

Sistema di misura: Metrico decimale

Cifre standard: 0123456789

Utilizza cifre native: Mai

Scegliere Reimposta per ripristinare le impostazioni predefinite del sistema riguardanti numeri, valuta, data e ora.

Reimposta

OK Annulla Applica

Confermare con il pulsante **Applica e Ok**.

8 Comandi di shortcut

Shortcut commands

The bar shown in figure below can be used for a variety of functionalities:

- 1) With the shortcut letters of the menu followed by Enter you have quick access to commands.

Ex: *N + Enter to create a new file.*

- 2) You can ask a question followed by ? + Enter. In this case an advanced research will be made in the Help manual.

Ex.: *Seism+?+Enter for information on seismic analysis.*

- 3) Opening a program in a quick way.

Ex.: *Slope+Enter* to open GeoStru Slope software.

4) Quick access to GeoStru contacts.

Ex.: *Contact+?+Enter* to access the contact list.



9 Contatti

	 Telefono
	0690289085
	 Email
	info@geostru.eu - office@geostru.eu
	 Orari
	Lunedì-Venerdì Ore 9-17
	 Supporto
	Per il servizio di assistenza usare preferibilmente l'area dedicata di supporto (Ticket). Da inizio 2016 l'assistenza per i clienti ITALIANI è alla SOEG & C. Per informazioni si prega di visitare il sito www.soeg.it.