



COMUNE DI GENOVA

Direzione opere idrauliche e sanitarie

PROGETTO PER IL RIADeguAMENTO DEL SISTEMA DI RACCOLTA DELL'ACQUE METEORICHE DEL RIO FULLE, NELLA ZONA DI VIA SAN QUIRICO

PROGETTO DEFINITIVO

Documento : **RT-005**

Oggetto		RELAZIONI DI CALCOLO			
4					
3	12/06/23	Terza revisione generale	Ing. L. SIRI	Dott. L. Perasso	Dott.ssa G. Andreola
2	30/03/23	Seconda revisione generale	Ing. L. SIRI	Dott. L. Perasso	Dott.ssa G. Andreola
1	15/12/22	Prima revisione	Ing. L. SIRI	Dott. L. Perasso	Dott.ssa G. Andreola
0	10/10/22	Prima emissione	Ing. L. SIRI	Dott. L. Perasso	Dott.ssa G. Andreola
Rev	Data	Oggetto revisione	Redatto	Controllato	Approvato
Commessa		RIO FULLE	DATA		



Uffici

Via dei Tassara 1/1 scala A - 16158 Genova
Partita I.V.A. e codice fiscale 01771210992

Recapiti

Telefono 010.8606478 - 010.8607210 - fax 010.4206600
www.psm-associati.it - info@psm-associati.com

TIMBRO E FIRMA



**INDICE**

1 Premessa	3
2 Normativa di riferimento	3
3 Caratteristiche dei materiali	3
4 Caratterizzazione geotecnica	4
5 RELAZIONE DI CALCOLO PALIFICATA	5
5.1 Descrizione dell'opera	5
5.2 RELAZIONE DI CALCOLO	7
• Dati generali	20
• CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI	21
• Stratigrafia	22
• Fattori combinazione	22
• A1+M1+R3 [GEO+STR] e verifiche	23
• A_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR] e verifiche	27
• A_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%) [GEO] e verifiche	34
6 RELAZIONE DI CALCOLO PASSERELLA PEDONALE	37
6.1 Descrizione dell'opera	37
6.2 VERIFICHE STRUTTURALI	39
7 SCATOLARE IN OPERA CONFLUENZA ROGGIA DEI MULINI	52
7.1 Descrizione dell'opera	52
7.2 Caratterizzazione geotecnica	52
7.3 RELAZIONE DI CALCOLO	53
8 SOTTOMURAZIONE	72
8.1 Generalità	72
8.2 RELAZIONE DI CALCOLO	72
9 MURI GETTATI IN OPERA	119
9.1 Descrizione dell'opera	119



9.2 RELAZIONE DI CALCOLO	119
• Normativa di riferimento	119
• Dati generali	132
• CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI	133
• Stratigrafia	133
• Fattori combinazione	135
• Combinazioni e verifiche	136

1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo contiene le verifiche strutturali relative alla paratia provvisoria di micropali con puntoni in testa ad interasse di 8 m realizzata lungo Via San Quirico, per effettuare lo scavo di fondazione per il posizionamento di un nuovo tombino idraulico in alternativa all'esistente per il Rio Fulle.

2 NORMATIVA RIFERIMENTO

I calcoli e le verifiche sono stati eseguiti con il metodo degli stati limite, in osservanza delle seguenti normative e disposizioni di legge:

- **NTC 2018** - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» - D.M. 17 gennaio 2018
- **NTC 2008** - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008.
- **Circolare del 2/02/09 n°617**: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14.01.2008.

3 MATERIALI

CALCESTRUZZO R_{ck} **350** (per tutte le strutture)

$$E_{cm} = 323000 \text{ kg/cm}^2$$

$$v = 0,2$$

$$\gamma_c = 2800 \text{ kg/m}^3$$

STATI LIMITE ULTIMI

compressione $f_{cd} = \alpha_{XX} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 158.6 \text{ kg/cm}^2$

taglio $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 12.8 \text{ kg/cm}^2$

con: $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 290.5 \text{ kg/cm}^2$

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 0.7 \cdot 27,6 = 19.32 \text{ kg/cm}^2$$

$$\alpha_{cc} = 0.85$$

$$\gamma_c = 1.5$$

STATI LIMITE DI ESERCIZIO

compressione $\sigma_c = 0.6 \cdot f_{ck} = 210 \text{ kg/cm}_2$

CEMENTI PER MISCELE DI INIEZIONE (MICROPALI E TIRANTI)

Le caratteristiche del cemento saranno determinate in conformità al D.M. 03.06.1968 e successivi aggiornamenti. Il contenuto totale di cloro inferiore allo 0.05% del peso del cemento ed il contenuto totale di zolfo inferiore allo 0.15% del peso del cemento per evitare pericolo di corrosione sotto tensione.

ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO

B450C (aderenza migliorata)

$$E_s = 2.1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}_2$$

STATI LIMITE ULTIMI

$$f_{yk} = 4500 \text{ kg/cm}^2$$

tensione caratteristica di snervamento

$$f_{yd} = f_{yk} / 1.15 = 3913 \text{ kg/cm}^2$$

resistenza di calcolo

**STATI LIMITE DI ESERCIZIO**

$$\sigma_c = 0.8 \cdot f_{yk} = 3600 \text{ kg/cm}_2 \quad \text{resistenza di calcolo}$$

ACCIAIO PER ARMATURA MICROPALI S355H

$E_s = 2.1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$	modulo elastico
$\nu = 0.3$	coefficiente di Poisson
$G = 8.1 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$	modulo di elasticità trasversale
$\alpha = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ C}_-1$	coefficiente di dilatazione termica
$\gamma_s = 7850 \text{ kg/m}^3$	densità
$f_{yk} = 3550 \text{ kg/cm}^2$	spessori $t \leq 40 \text{ mm}$
$f_{tk} = 5100 \text{ kg/cm}^2$	spessori $t \leq 40 \text{ mm}$

ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA S275H

$E_s = 2.1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$	modulo elastico
$\nu = 0.3$	coefficiente di Poisson
$G = 8.1 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$	modulo di elasticità trasversale
$\alpha = 1.2 \cdot 10^{-5} \text{ C}_-1$	coefficiente di dilatazione termica
$\gamma_s = 7850 \text{ kg/m}^3$	densità
$f_{yk} = 2750 \text{ kg/cm}^2$	spessori $t \leq 40 \text{ mm}$
$f_{tk} = 4300 \text{ kg/cm}^2$	spessori $t \leq 40 \text{ mm}$

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Con riferimento all'elaborato tecnico "**Relazione geologica**" redatta dal Geol. Luigi Perasso, l'area oggetto di intervento è caratterizzata dalla presenza diffusa di roccia affiorante lungo buona parte dell'alveo. Pertanto, per la caratterizzazione del sito è stato effettuato un rilievo geologico di superficie supportato da una serie di indagini di tipo diretto, costituite da tre carotaggi verticali, sette prove penetrometriche dinamiche medie; si sono escluse indagini di tipo indiretto a causa della presenza di una fitta rete di sottoservizi non sempre correttamente tracciati e spesso ignoti anche ai gestori degli stessi.

Sulla questa base è stato individuato un modello geologico costituito da tre strati aventi differenti caratteristiche geomeccaniche di seguito riportate (cautelativamente si assumono, per quanto riguarda la coesione ed i valori dell'angolo di attrito, i valori medi tra i range riportati nella relazione geologica):

- SABBIA O SABBIA LIMOSA SCIOLTA (spessore fino a 5,5 m)

Peso specifico	$\gamma_k = 17 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito interno	$\phi_k = 33^\circ$
Coesione	$c_k = 95.00 \text{ kPa}$

- **SUBSTRATO ROCCIOSO (Spessore successivi 10 metri)**

Peso specifico

$$\gamma_k = 26 \text{ kN/m}^3$$

Angolo di attrito interno

$$\phi_k = 41^\circ$$

Coesione

$$c_k = 0.04 \text{ M Pa}$$

Le verifiche di sicurezza del muro esistente sono condotte considerando le caratteristiche geologiche della coltre di copertura. Esse sono condotte considerando un angolo di attrito terra-muro pari a ϕ (prudenzialmente pari al valore $\phi=32^\circ$) nelle combinazioni di carico statiche e sismiche.

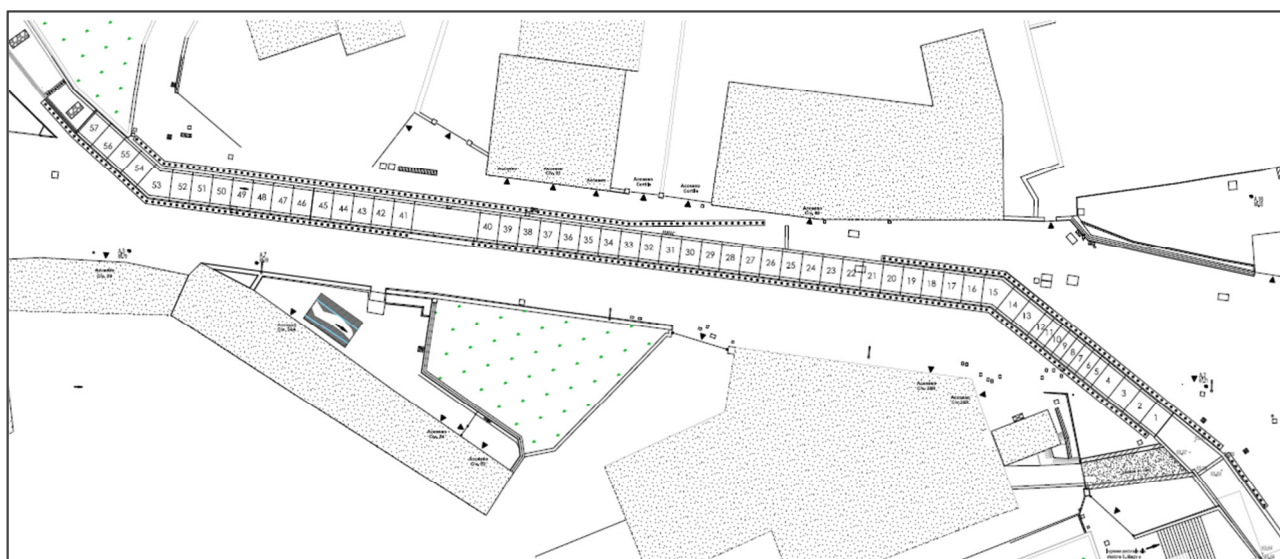
Dal punto di vista sismico, si riporta un estratto della suddetta relazione geologica, "(...) In relazione a quanto rilevato nelle indagini geognostiche eseguite ad una buona parte delle opere a progetto; (...) per la parte di tombino più prossima a Via San Quirico (parte a valle) invece può essere attribuita (anche in base ai valori di N_{spt} sempre inferiori a 15) la categoria di suolo E (...) Per quanto attiene all'amplificazione determinata dalle condizioni morfologiche del sito, essendo l'intervento situato lungo la parte bassa di un versante con inclinazione media tra 20° e 30° . Viene pertanto assegnato un coefficiente di amplificazione topografica T_3 ".

5. PARATIA PROVVISORIALE E CORDOLO DI COLLEGAMENTO

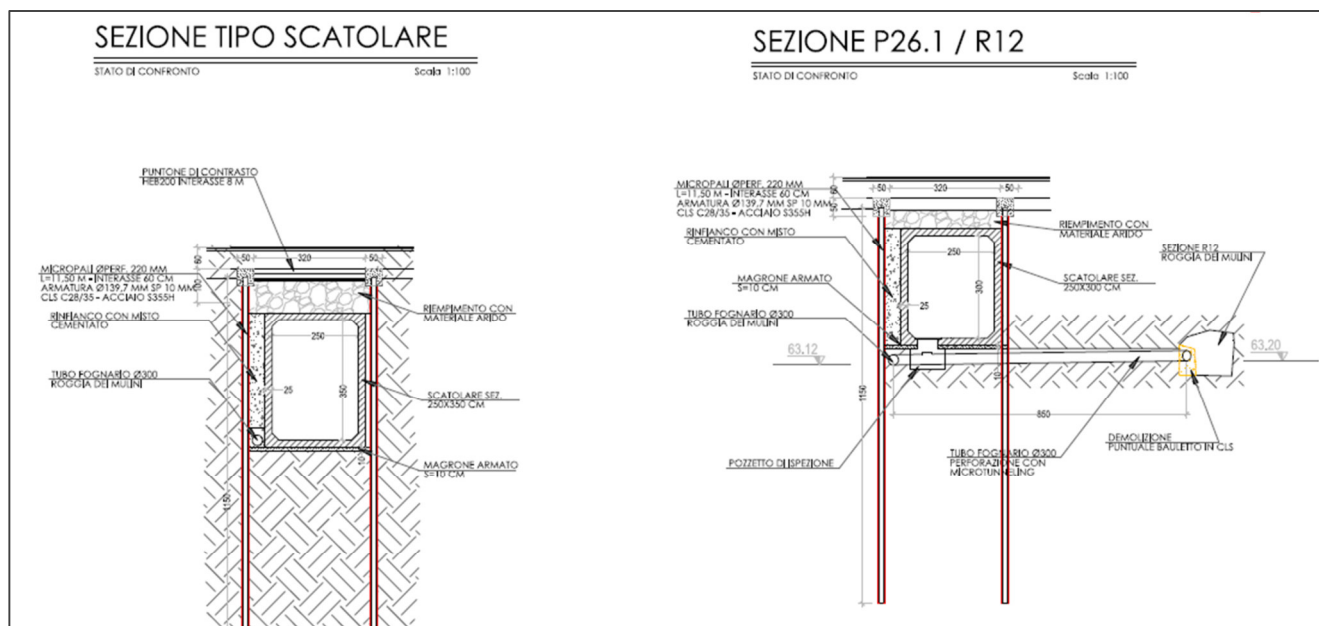
5.1 DESCRIZIONE OPERA

La paratia provvisoria di micropali con puntoni in testa al cordolo di collegamento ad interasse di 8 m realizzata lungo Via San Quirico, nel suo tratto prossimo all'imbocco attuale della tombinatura del rio Fulle e lungo la stessa via fino al piazzale della stazione ferroviaria di Genova San Biagio, viene realizzata per effettuare lo scavo di fondazione per il posizionamento del nuovo tombino prefabbricato. Il micropalo ha un diametro di 220 mm ed una lunghezza di 11,5 m. L'armatura dei micropali è costituita da tubi $\varnothing 139.7 \times 10$ mm. Il cordolo di collegamento ha una sezione 50x50 cm.

Di seguito si riportano la planimetria dell'intervento e una sezione tipo dell'intervento.



Planimetria della paratia



Sezione tipo intervento

5.2 RELAZIONE DI CALCOLO PALIFICATA

Introduzione.

Le paratie sono opere di ingegneria civile che trovano molta applicazione in problemi legati alla stabilizzazione di versanti o al sostegno di rilevati di terreno. Tuttavia è anche facile sentire parlare di paratie che sono utilizzate per l'ormeggio di grandi imbarcazioni, o per puntellare pareti di trincee e altri scavi o per realizzare cassoni a tenuta stagna per lavori subacquei. Come si può quindi intuire grande importanza deve essere data alla progettazione di una simile opera, soprattutto per quanto riguarda il progetto strutturale e geotecnico. Per quanto riguarda l'aspetto del calcolo vale la pena sottolineare che non esistono, ad oggi, metodi esatti, e questo è anche dovuto alla complessa interazione tra la profondità di scavo, la rigidità del materiale costituente la paratia e la resistenza dovuta alla pressione passiva. In ogni caso, i metodi correntemente utilizzati possono essere classificati in due categorie:

1. Metodi che si basano su una discretizzazione del modello di paratia (si parla di differenze finite o di elementi finiti);
2. Metodi che si basano su congetture di tipo semplicistico, al fine di poter affrontare il problema con il semplice studio dell'equilibrio di un corpo rigido.

Tra le due classi di metodi esposti all'elenco precedente, quello degli elementi finiti è quello che più di tutti risulta razionale, in quanto basato su considerazioni che coinvolgono sia la statica del problema (equilibrio) sia la cinematica (congruenza).

Tipi di paratie.

I tipi di paratie maggiormente utilizzate allo stato attuale possono essere classificati come segue:

1. Paratie in calcestruzzo armato, costruite per mezzo di pali o per mezzo di setti (entrambi armati);
2. Paratie di legno;
3. Paratie in acciaio.

Calcolo della spinta attiva con Coulomb

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Coulomb* è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura nell'ipotesi di parete ruvida.

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

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di K_a :

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

γ_t = Peso unità di volume del terreno;

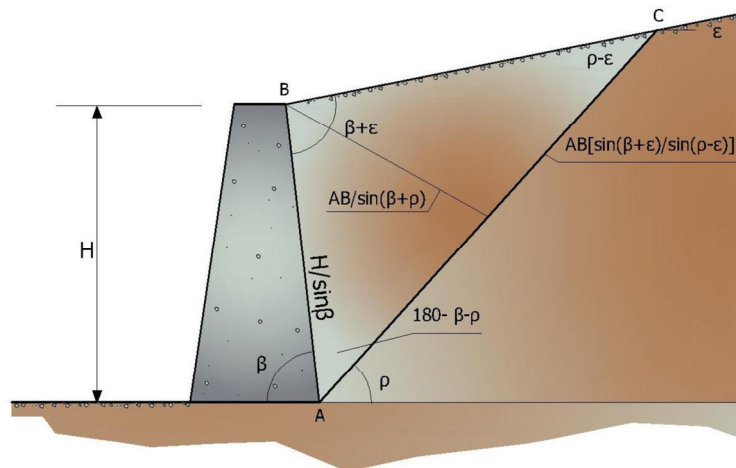
β = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

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.



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

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:

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

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

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

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

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

Il calcolo della spinta attiva con il metodo di *Mononobe & Okabe* riguarda la valutazione della spinta in condizioni sismiche con il metodo pseudo-statico. Esso è basato sullo studio dell'equilibrio limite globale del sistema formato dal muro e dal prisma di terreno omogeneo retrostante l'opera e coinvolto nella rottura in una configurazione fittizia di calcolo nella quale l'angolo 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:

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Calcolo coefficienti sismici

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

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

dove

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

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

g = accelerazione di gravità.

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

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

dove

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

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

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

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

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

Per muri non liberi 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.

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

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

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito; per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno il coefficiente β_m assume valore unitario. Per i muri liberi di traslare o ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuto al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di studi specifici, si assume che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

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

g = Accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

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

S = coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_S e di amplificazione topografica S_T .

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

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

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

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

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

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

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

γ_I = Fattore di importanza;

S = Soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E);

$a_g = a_{gR} \gamma_I$ è la "design ground acceleration on type A ground".

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

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

Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

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

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

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

dove

Q = Carico agente sul terrapieno.

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

$$S_c = P_c \cdot H$$

con punto di applicazione pari a $H/2$.

Carico uniforme sul terrapieno

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

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

Per integrazione, una spinta pari a S_q :

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

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

Spinta attiva in condizioni sismiche

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sul muro è data da:

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

Dove:

H = Altezza muro;

k_v = Coefficiente sismico verticale;

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 ϑ della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:

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

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

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

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

Spinta idrostatica

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

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

Con risultante pari a:

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

La spinta del terreno immerso si ottiene sostituendo γ_t con γ'_t ($\gamma'_t = \gamma_{\text{saturo}} - \gamma_w$), peso efficace del materiale immerso in acqua.

Resistenza passiva

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

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

per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

(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:

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

Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

VESIC - Analisi a breve termine

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

$$V_d \leq R_d$$

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:

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

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;

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

d_c = Fattore di profondità;

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

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:

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

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

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

Fattori di forma

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

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

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

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

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

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

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

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

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

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

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

$$d_\gamma = 1$$

HANSEN - Analisi a breve termine

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

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;

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

i_c = Fattore correttivo di inclinazione del carico;

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

A_f = Area efficace della fondazione;

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

HANSEN- Analisi a lungo termine

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

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

Dove:

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

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

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

Fattori di forma

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

per forma rettangolare

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

per forma rettangolare

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

per forma rettangolare, quadrata o circolare.

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

per fondazione nastriforme

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

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

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

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

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

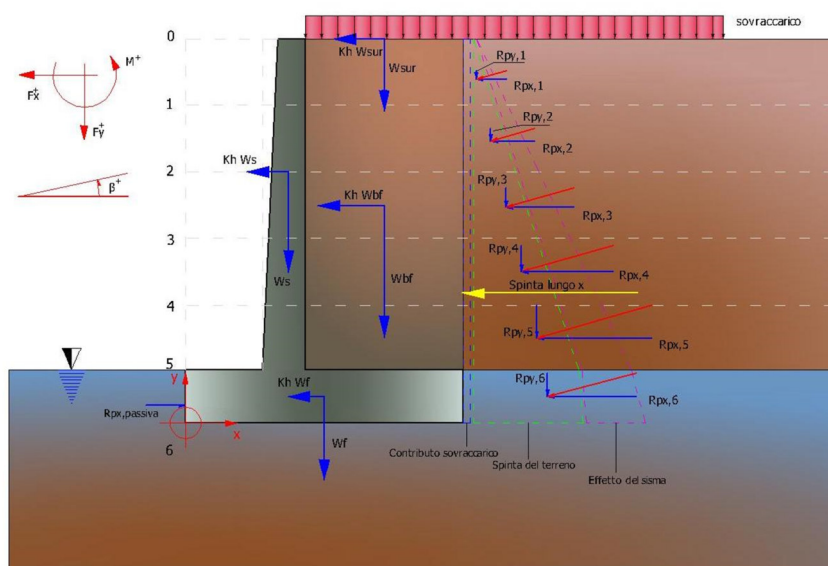
$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi) \cdot K$$

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

$$d_\gamma = 1$$

Sollecitazioni muro

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



Schema delle forze agenti su un muro e convenzioni sui segni

Calcolo delle spinte per le verifiche globali

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

Convenzione segni

Forze verticali positive se dirette dall'alto verso il basso;

Forze orizzontali positive se dirette da monte verso valle;

Coppie positive se antiorarie;

Angoli positivi se antiorari.

Dati generali

Descrizione	Palificata per posa nuovo canale sita in Genova Via S. Quirico
Comune di	Genova
Tecnico	dott. ing. Luciano Siri
Data	26/09/2022
Condizioni ambientali	Ordinarie
Zona	Via San Quirico
Lat./Long. [WGS84]	44,47854/8,901052
Normativa GEO	NTC 2018
Normativa STR	NTC 2018
Spinta	Mononobe & Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	150,0 cm
Spessore testa muro	50,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	200,0 cm
Sporgenza mensola a monte	1,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	30,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	30,0 cm

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,24	2,53	0,19
S.L.D.	50,0	0,3	2,52	0,21
S.L.V.	475,0	0,74	2,52	0,28
S.L.C.	975,0	0,96	2,49	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Classe II
--------	-----------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,384	1,0	0,0392	0,0196
S.L.D.	0,48	1,0	0,0489	0,0245

S.L.V.	1,184	1,0	0,1207	0,0604
S.L.C.	1,536	1,0	0,1566	0,0783

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

Conglomerati

Nr.	Classe Calcestruzzo	fck,cubi [Mpa]	Ec [Mpa]	fck [Mpa]	fed [Mpa]	fctd [Mpa]	fctm [Mpa]
1	C20/25	25	29960	20	11,33	1,03	2,21
2	C25/30	30	31470	25	14,16	1,19	2,56
3	C28/35	35	32300	28	15,86	1,28	2,76
4	C40/50	50	35220	40	19,83	1,49	3,2

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	$\beta 1*\beta 2$ iniziale	$\beta 1*\beta 2$ finale
1	B450C	200000	450	391,3	540	391,3	.075	.0675	1	0,5
2	B450C*	200000	450	391,3	540	450	.075	.0675	1	0,5
3	B450C**	200000	450	391,3	458,3	398,5	.012	.01	1	0,5
4	S235H	200000	240	210	360	210	0,012	0,01	1	0,5
5	S275H	200000	280	243	460	244	0,012	0,01	1	0,5
6	S355H	200000	360	312	510	360	0,012	0,01	1	0,5

Materiali impiegati realizzazione muro C25/30 B450C

Copriferro, Elevazione 3,0 cm
Copriferro, Fondazione 3,0 cm
Copriferro, Dente di fondazione 3,0 cm

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m ³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	380	0	18,00	28	0,00	18	Si		Sabbia o sabbia limosa sciolta

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R3

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,30
3	Peso terreno mensola	1,30
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00

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

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1,4

2	Scorrimento	1,1
3	Partecipazione spinta passiva	1,4
	Ribaltamento	1,15

A Unitari+M1+RSLV

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00

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

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

A Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%)

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00

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

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

A1+M1+R3 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0392
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0196

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);
 Qf Quota finale strato
 G Peso unità di volume (KN/m³);
 Eps Inclinazione dello strato. (°);
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);
 Delta Angolo attrito terra muro;

c Coesione (kPa);
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
180,0	150,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda
150,0	120,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda
120,0	90,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda
90,0	60,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda
60,0	30,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
18,0	0,32	0,43	0,11	0,31	0,1	0,11	0,03
18,0	0,32	0,43	0,11	0,31	0,1	0,11	0,03
18,0	0,32	0,43	0,11	0,31	0,1	0,11	0,03
18,0	0,32	0,43	0,11	0,31	0,1	0,11	0,03
18,0	0,32	0,43	0,11	0,31	0,1	0,11	0,03

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	180,0	150,0	0,94	0,16	162,09	163,93
2	150,0	120,0	2,04	0,23	133,65	134,25
3	120,0	90,0	3,14	0,3	104,13	104,42
4	90,0	60,0	4,23	0,37	74,35	74,53
5	60,0	30,0	5,33	0,44	44,49	44,61

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
150,0	0,22	3,75	225,0	165,0
120,0	0,44	7,5	225,0	150,0
90,0	0,66	11,25	225,0	135,0
60,0	0,88	15,0	225,0	120,0
30,0	1,1	18,75	225,0	105,0

Sollecitazioni sul muro

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

Quota	Fx	Fy	M	H
150,0	1,16	3,91	0,11	50,0
120,0	3,42	7,9	0,71	50,0
90,0	6,78	11,95	2,14	50,0
60,0	11,23	16,07	4,72	50,0
30,0	16,79	20,26	8,78	50,0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
7Ø14 (10,78)	7Ø14 (10,78)	4,07	188,55	S	176,46	0,0	148,89
7Ø14 (10,78)	7Ø14 (10,78)	7,88	189,33	S	176,52	0,0	50,59
7Ø14 (10,78)	7Ø14 (10,78)	12,36	190,23	S	176,58	0,0	25,54
7Ø14 (10,78)	7Ø14 (10,78)	16,25	191,01	S	176,64	0,0	15,42
7Ø14 (10,78)	7Ø14 (10,78)	20,77	191,93	S	176,7	0,0	10,32

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(xr1, yr1) = (251,0/0,0)$
 Piano di rottura passante per $(xr2, yr2) = (251,0/180,0)$
 Centro di rotazione $(xro, yro) = (0,0/0,0)$

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
180,0	150,0	18,0	0,0	28,0	28,0	0,0	0,0	Falda
150,0	120,0	18,0	0,0	28,0	28,0	0,0	0,0	Falda
120,0	90,0	18,0	0,0	28,0	28,0	0,0	0,0	Falda
90,0	60,0	18,0	0,0	28,0	28,0	0,0	0,0	Falda
60,0	30,0	18,0	0,0	28,0	28,0	0,0	0,0	Falda
30,0	0,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda

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
28,0	0,32	0,43	0,12	0,28	0,15	0,11	0,06
28,0	0,32	0,43	0,12	0,28	0,15	0,11	0,06
28,0	0,32	0,43	0,12	0,28	0,15	0,11	0,06
28,0	0,32	0,43	0,12	0,28	0,15	0,11	0,06
28,0	0,32	0,43	0,12	0,28	0,15	0,11	0,06
18,0	0,32	0,43	0,11	0,31	0,1	0,11	0,03

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	180,0	150,0	1,01	0,29	162,35	164,12
2	150,0	120,0	2,08	0,39	133,71	134,35
3	120,0	90,0	3,16	0,49	104,15	104,48
4	90,0	60,0	4,23	0,59	74,37	74,57
5	60,0	30,0	5,3	0,69	44,49	44,63
6	30,0	0,0	6,39	0,78	14,57	14,78

SPINTE IN FONDAZIONE**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
30,0	0,0	18,0	180,0	28,0	18,0	0,0	180,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Kp	Kpx	Kpy
198,0	2,77	-2,63	-0,86

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	30,0	0,0	-1,41	-0,32	10,0	10,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	22,18	3,23	6,06
Peso muro	1,1	18,75	-41,03
Peso fondazione	1,11	18,83	-23,46
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,02	0,35	-0,86
Spinte fondazione	-1,41	-0,32	-0,14
	22,99	40,84	-59,43

Momento stabilizzante	-74,79 kNm
Momento ribaltante	15,36 kNm

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-74,79 kNm
Momento ribaltante	15,36 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento C_{sv}	4,24
Muro verificato a ribaltamento C_{sv}>1	

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
200,0	-1,41	-14,69	-10,79	30,0

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

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	1,35	75,89	S	121,12	0,0	8,09

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
250,0	6,39	3,33	-0,06	30,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	6,58	76,5	S	121,19	0,0	35,72

A_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0392
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0196

CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
180,0	150,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda
150,0	120,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda
120,0	90,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda
90,0	60,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda
60,0	30,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
18,0	0,32	0,39	0,07	0,31	0,1	0,07	0,02
18,0	0,32	0,39	0,07	0,31	0,1	0,07	0,02
18,0	0,32	0,39	0,07	0,31	0,1	0,07	0,02
18,0	0,32	0,39	0,07	0,31	0,1	0,07	0,02
18,0	0,32	0,39	0,07	0,31	0,1	0,07	0,02

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	180,0	150,0	0,77	0,11	161,57	163,67
2	150,0	120,0	1,83	0,17	133,55	134,13
3	120,0	90,0	2,89	0,22	104,08	104,35
4	90,0	60,0	3,95	0,28	74,33	74,49
5	60,0	30,0	5,01	0,34	44,47	44,57

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
150,0	0,15	3,75	225,0	165,0
120,0	0,29	7,5	225,0	150,0
90,0	0,44	11,25	225,0	135,0
60,0	0,59	15,0	225,0	120,0
30,0	0,74	18,75	225,0	105,0

Sollecitazioni sul muro

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

Quota	Fx	Fy	M	H
150,0	0,92	3,86	0,08	50,0
120,0	2,9	7,77	0,59	50,0
90,0	5,94	11,75	1,83	50,0

60,0	10,04	15,78	4,13	50,0
30,0	15,2	19,86	7,81	50,0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
7Ø14 (10,78)	7Ø14 (10,78)	4,07	188,55	S	176,46	0,0	188,05
7Ø14 (10,78)	7Ø14 (10,78)	7,88	189,33	S	176,52	0,0	59,69
7Ø14 (10,78)	7Ø14 (10,78)	11,71	190,1	S	176,58	0,0	29,15
7Ø14 (10,78)	7Ø14 (10,78)	16,25	191,01	S	176,63	0,0	17,26
7Ø14 (10,78)	7Ø14 (10,78)	20,13	191,8	S	176,69	0,0	11,4

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per (xr1,yr1) = (251,0/0,0)
 Piano di rottura passante per (xr2,yr2) = (251,0/180,0)
 Centro di rotazione (xro,yro) = (0,0/0,0)

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
180,0	150,0	18,0	0,0	28,0	28,0	0,0	0,0	Falda
150,0	120,0	18,0	0,0	28,0	28,0	0,0	0,0	Falda
120,0	90,0	18,0	0,0	28,0	28,0	0,0	0,0	Falda
90,0	60,0	18,0	0,0	28,0	28,0	0,0	0,0	Falda
60,0	30,0	18,0	0,0	28,0	28,0	0,0	0,0	Falda
30,0	0,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda

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

28,0	0,32	0,39	0,07	0,28	0,15	0,07	0,04
28,0	0,32	0,39	0,07	0,28	0,15	0,07	0,04
28,0	0,32	0,39	0,07	0,28	0,15	0,07	0,04
28,0	0,32	0,39	0,07	0,28	0,15	0,07	0,04
28,0	0,32	0,39	0,07	0,28	0,15	0,07	0,04
18,0	0,32	0,39	0,07	0,31	0,1	0,07	0,02

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	180,0	150,0	0,81	0,19	161,8	163,87
2	150,0	120,0	1,85	0,27	133,6	134,22
3	120,0	90,0	2,9	0,36	104,1	104,41
4	90,0	60,0	3,94	0,44	74,34	74,52
5	60,0	30,0	4,98	0,53	44,48	44,6
6	30,0	0,0	6,03	0,6	14,56	14,76

SPINTE IN FONDAZIONE**Discretizzazione terreno**

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
30,0	0,0	18,0	180,0	28,0	18,0	0,0	180,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Kp	Kpx	Kpy
198,0	2,77	-2,63	-0,86

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 30,0 0,0 -1,41 -0,32 10,0 10,0

Sollecitazioni total i

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	20,51	2,38	6,86
Peso muro	0,74	18,75	-41,42
Peso fondazione	0,74	18,83	-23,51
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,01	0,27	-0,67
Spinte fondazione	-1,41	-0,32	-0,14
	20,58	39,91	-58,88

Momento stabilizzante -72,46 kNm
Momento ribaltante 13,58 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	21,99 kN
Sommatoria forze verticali	40,22 kN
Coefficiente di attrito	0,53
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	40,22 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	21,99 kN
Resistenza terreno	22,8 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,04

Traslazione verificata Csd>1

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-72,46 kNm
Momento ribaltante	13,58 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	5,34

Muro verificato a ribaltamento Csv>1

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	20,58 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	39,91 kN
Somma momenti	-58,88 kNm
Larghezza fondazione	251,0 cm
Lunghezza	6600,0 cm
Eccentricità su B	22,04 cm
Peso unità di volume	18,0 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	28,0 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	30,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	18,0 KN/m ³
Nq	14,72
Nc	25,8
Ng	16,72
Fattori di forma	
sq	1,02

sc	1,02
sg	0,99
Inclinazione carichi	
iq	0,24
ic	0,24
ig	0,12
Fattori di profondità	
dq	1,04
dc	1,06
dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	73,71 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	1,54

Carico limite verificato Csq>1

Tensioni sul terreno

Ascissa centro sollecitazione	147,54 cm
Larghezza della fondazione	251,0 cm
x = 0,0 cm	7,52 kPa
x = 251,0 cm	24,28 kPa

MENSOLA A VALLE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
200,0	-1,41	-13,71	-9,49	30,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	1,35	75,89	S	121,12	0,0	8,67

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
250,0	6,03	2,48	-0,05	30,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
5Ø14 (7,7)	5Ø14 (7,7)	6,18	76,46	S	121,18	0,0	47,93

A_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%) [GEO]

Coefficiente sismico orizzontale Kh	0,0392
Coefficiente sismico verticale Kv	0,0196

CALCOLO SPINTE**Discretizzazione terreno**

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
180,0	150,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda
150,0	120,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda
120,0	90,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda
90,0	60,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda
60,0	30,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
18,0	0,32	0,43	0,11	0,31	0,1	0,11	0,03
18,0	0,32	0,43	0,11	0,31	0,1	0,11	0,03
18,0	0,32	0,43	0,11	0,31	0,1	0,11	0,03
18,0	0,32	0,43	0,11	0,31	0,1	0,11	0,03

18,0 0,32 0,43 0,11 0,31 0,1 0,11 0,03

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi Quota inizio strato.
 Qf Quota finale 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	180,0	150,0	0,91	0,15	162,16	164,21
2	150,0	120,0	1,94	0,2	133,67	134,4
3	120,0	90,0	2,97	0,25	104,13	104,52
4	90,0	60,0	4,0	0,3	74,36	74,59
5	60,0	30,0	5,03	0,34	44,49	44,65

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
150,0	0,22	3,75	225,0	165,0
120,0	0,44	7,5	225,0	150,0
90,0	0,66	11,25	225,0	135,0
60,0	0,88	15,0	225,0	120,0
30,0	1,1	18,75	225,0	105,0

Sollecitazioni sul muro

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

Quota	Fx	Fy	M	H
150,0	1,13	3,9	0,11	50,0
120,0	3,29	7,85	0,69	50,0
90,0	6,47	11,85	2,07	50,0
60,0	10,69	15,89	4,54	50,0
30,0	15,94	19,99	8,43	50,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (251,0/0,0)$
 Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (251,0/180,0)$
 Centro di rotazione $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/0,0)$

Discretizzazione terreno

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

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
180,0	150,0	18,0	0,0	28,0	28,0	0,0	0,0	Falda
150,0	120,0	18,0	0,0	28,0	28,0	0,0	0,0	Falda
120,0	90,0	18,0	0,0	28,0	28,0	0,0	0,0	Falda
90,0	60,0	18,0	0,0	28,0	28,0	0,0	0,0	Falda
60,0	30,0	18,0	0,0	28,0	28,0	0,0	0,0	Falda
30,0	0,0	18,0	0,0	28,0	18,0	0,0	0,0	Falda

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
28,0	0,32	0,43	0,12	0,28	0,15	0,11	0,06
28,0	0,32	0,43	0,12	0,28	0,15	0,11	0,06
28,0	0,32	0,43	0,12	0,28	0,15	0,11	0,06
28,0	0,32	0,43	0,12	0,28	0,15	0,11	0,06
28,0	0,32	0,43	0,12	0,28	0,15	0,11	0,06
18,0	0,32	0,43	0,11	0,31	0,1	0,11	0,03

Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota fine 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	180,0	150,0	0,98	0,27	162,42	164,37
2	150,0	120,0	1,99	0,34	133,73	134,5
3	120,0	90,0	3,0	0,41	104,16	104,58
4	90,0	60,0	4,01	0,48	74,37	74,64
5	60,0	30,0	5,02	0,54	44,5	44,69
6	30,0	0,0	6,04	0,6	14,57	14,8

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
30,0	0,0	18,0	180,0	28,0	18,0	0,0	180,0	Falda

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}
198,0	2,77	-2,63	-0,86

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	30,0	0,0	-1,41	-0,32	10,0	10,0

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	21,06	2,64	6,87
Peso muro	1,1	18,75	-41,03
Peso fondazione	1,11	18,83	-23,46
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,02	0,27	-0,66
Spinte fondazione	-1,41	-0,32	-0,14
	21,87	40,17	-58,42

Momento stabilizzante -73,11 kNm
 Momento ribaltante 14,68 kNm

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante -73,11 kNm
 Momento ribaltante 14,68 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento C_{sv} 4,98

Muro verificato a ribaltamento $C_{sv} > 1$

MENSOLA A VALLE

$X_{progr.}$ Ascissa progressiva (cm);
 F_x Forza in direzione x (kN);
 F_y Forza in direzione y (kN);

M Momento (kNm);
H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
200,0	-1,41	-14,22	-10,42	30,0

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
250,0	6,04	2,75	-0,05	30,0

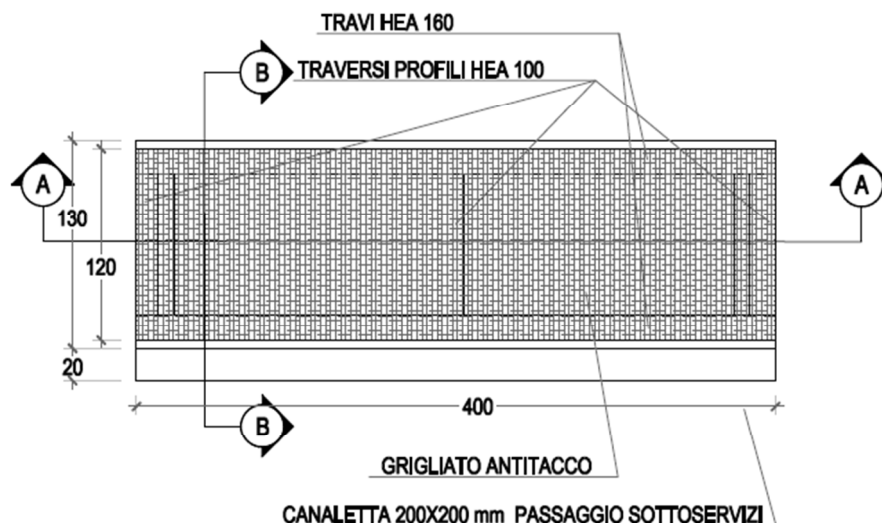
Coefficiente sismico verticale Kv **0,0196**

6 PASSERELLA PEDONALE

6.1 Descrizione dell'opera

Si prevede la demolizione dell'attuale passerella metallica pedonale lungo via Rio Fulle, che sarà sostituita con una nuova, appoggiata sui nuovi muri d'argine e fissata con ancoraggi chimici nella stessa posizione e con dimensioni simili a quella precedente, ormai degradata.

La struttura portante del nuovo manufatto sarà realizzata in profili metallici HEA 160 semplicemente appoggiati, il piano di calpestio sarà costituito da un grigliato metallico antitacco affiancato da parapetti da 1,10 m di altezza. Lato valle sarà realizzata una canaletta per il passaggio sottoservizi in profilo metallico. Si faccia riferimento alla tavola D17 per ulteriori dettagli esecutivi.



Determinazione delle azioni dovute al sisma

La zonizzazione sismica della Regione Liguria secondo l'O.P.C.M. 3519/2006 e s.m.i. classifica il comune di Davagna in ZONA 3.

DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI SISMICI:

I parametri sismici per la determinazione degli spettri di risposta vengono determinati prendendo in considerazione la classificazione sismica, le caratteristiche del terreno su cui sorgerà il manufatto e l'orografia della zona limitrofa lo stesso.

I parametri sismici sono quindi i seguenti:

Coefficiente topografico = T2 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media maggiore di 15°;

La struttura insiste su un terreno di categoria B.

Il manufatto è ubicato alle seguenti coordinate WGS84:

Long. = 8.900774 Lat. 44,482599

Vita nominale struttura anni 50

Coefficiente d'uso della struttura II

Caratteristiche geometriche e tipologiche del manufatto

Per determinare il tipo di analisi strutturale da utilizzare per il calcolo della struttura portante è necessario calcolare i coefficienti relativi alla tipologia di manufatto.

La struttura oggetto della presente relazione tecnica sarà della seguente tipologia:

- **COSTRUZIONI IN ACCIAIO – Strutture intelaiate**

Parametri sismici struttura in acciaio

Per determinare il tipo di analisi strutturale da utilizzare per il calcolo della struttura portante è necessario calcolare i coefficienti relativi alla tipologia di manufatto.

La struttura in esame è in acciaio e del tipo intelaiato ne segue che essendo:

$$q = q_0 \times K_R$$

e sapendo che per duttilità di tipo B e $q_0 = 4$

NTC2018 si ricava che:

$K_R = 1$ Struttura regolare in altezza

Segue che $q = q_0 \times K_R = 4$

Vista quindi tale classificazione si decide di considerare la struttura del tipo NON DISSIPATIVO e a favore di sicurezza verrà considerata la struttura restante in CAMPO ELASTICO per cui si considerano i seguenti parametri sismici:

Per gli stati limite di esercizio SLE e SLD $q = 1,5$

Per gli stati limite ultimo SLU e SLV $q = 1,5$

Tab. 7.3.I – Limiti su q e modalità di modellazione dell'azione sismica

STATI LIMITE		Lineare (Dinamica e Statica)		Non Lineare	
		Dissipativo	Non Dissipativo	Dinamica	Statica
SLE	SLO	q = 1,0 § 3.2.3.4	q = 1,0 § 3.2.3.4	§ 7.3.4.1	§ 7.3.4.2
	SLD	q ≤ 1,5 § 3.2.3.5	q ≤ 1,5 § 3.2.3.5		
SLU	SLV	q ≥ 1,5 § 3.2.3.5	q ≤ 1,5 § 3.2.3.5		
	SLC	---	---		

Le verifiche strutturali verranno effettuate seguendo L'ANALISI LINEARE STATICA in quanto la struttura è regolare in altezza.

$$T_1 = C_1 H^{3/4} < 2,5 T_c \text{ o } 2,5 T_d$$

$$\text{con } T_1 = C_1 H^{3/4} = 0,05 \times 1^{3/4} = 0,05$$

sapendo che dall' analisi degli spettri di risposta si ottiene: $T_c = 0,405$ e $T_d = 1,873$

da cui $T_1 = 0,05 < 1,0125$ VERIFICATO

Per poter eseguire l'analisi lineare statica è necessario porre $\lambda = 1$

Tramite i parametri precedenti sarà poi possibile effettuare le verifiche agli elementi finiti per la verifica delle strutture esistenti.

Azioni sulla struttura:

- Carico accidentale 400 daN/mq
- Peso Grigliato 20 daN/mq
- Carico permanente portato dovuto al parapetto 100 daNm/mq

6.2 VERIFICHE STRUTTURALI

```

*****
*
*          CIVILSOFT v.windows 7.84
*
*      progettazione interattiva di strutture civili ed industriali
*
*
*
*
* prodotto e distribuito da ASG srl PIACENZA Tel 0523/337389- info@aessegi.it
*
*

```


- setti,piastre
 - membrane
- Elementi tridimensionali (tre dimensioni paragonabili):
- plinti

asta : elemento lineare a sezione costante ed asse rettilineo, reagente a solo sforzo assiale.

Nello spazio 3-D l' elemento asta ha 3 gradi di liberta' ai nodi cui corrispondono tre componenti di spostamento di traslazione in ognuno dei suoi due nodi di estremita' ed un solo valore della tensione e della forza assiale.

trave: elem. monodimensionale reagente con 6 caratteristiche di sollecitazione (forza assiale, 2 forze di taglio, 2 momenti flettenti, momento torcente) , ad ognuna delle due estremita'.

L' elemento trave e' prismatico, ossia a sezione costante ed asse rettilineo.

Con il termine travi si intendono elementi non verticali.

Con il termine pilastri si intendono elementi verticali.

molla: elemento agente come molla estensionale o rotazionale di opportuna rigidezza, usato per schematizzare vincoli elastici o rigidi, anche in direzioni non coincidenti con quelle della terna globale.

setto/piastra: elemento 2-D, di forma triangolare o quadrangolare, reagente ad azioni nel proprio piano (azioni membranali) e ad azioni fuori dal proprio piano (azioni flettenti e taglianti).

Questo elemento e' usato per rappresentare ad es. pareti verticali, muri di sostegno, platee di fondazione.

membrana: elemento piano 2-D, triangolare o quadrangolare, che reagisce a soli sforzi di membrana.

Questo elemento e' ad es. usato per rappresentare il comportamento degli impalcati (solai) nei riguardi delle azioni orizzontali.

plinto: elemento 3-D, viene tradotto in un certo numero di molle traslazionali e rotazionali, che ne schematizzano il comportamento nell' ipotesi che il plinto costituisca un corpo rigido che collega il piede del pilastro ed il terreno modellato alla Winkler.

Fatte le seguenti definizioni (le direzioni 1, 2 sono quelle dei lati dell' area d' impronta del plinto):

K	costante normale di sottofondo (misurata ad es. Kg/cm ³)
A	area d' impronta del plinto
J1	momento d' inerzia dell'area di base intorno a dir. 1
J2	momento d' inerzia dell'area di base intorno a dir. 2
s	spostamento verticale del plinto
r1	rotazione del plinto intorno alla direzione 1
r2	rotazione del plinto intorno alla direzione 2
F	forza
M	momento

$F = K * A * s$	$===>$	rigidezza molla verticale	$= K * A$
$M1 = K * J1 * r1$	$===>$	rigidezza molla rotazionale 1	$= K * J1$
$M2 = K * J2 * r2$	$===>$	rigidezza molla rotazionale 2	$= K * J2$

Per una descrizione piu' sintetica della struttura, gli elementi sono riuniti in 'macro-elementi'.

Per macro-elementi, si intende il raggruppamento di piu' elementi, non necessariamente dello stesso tipo, in modo da formare delle parti riconoscibili ed identificabili all' interno della struttura.

- travata : allineamento di travi non verticali (anche ad asse spezzato)
- pilastrata: allineamento di pilastri verticali
- telaio : insieme di travi, pilastri posti in un piano verticale
- muro : insieme di elementi setto/piastra posti in un piano qualsiasi, aventi lo stesso spessore.
- impalcato : insieme di nodi, travi e membrane disposti di solito, ma non necessariamente in un piano orizzontale.

Origine e caratteristiche del codice di calcolo adottato

I solutori attualmente interfacciati con CIVILSOFT sono i seguenti:

- Xfinest di HarpaCeas srl, Milano, Italia
- ALGOR SUPERSAP di Algor Interactive Systems, Inc. Pittsburgh,PA,USA

Entrambi i solutori applicano il metodo degli elementi finiti a strutture di forma qualunque, comunque caricate e vincolate, il cui comportamento e' solitamente considerato lineare (per le eccezioni vedi in seguito)

Si intende con cio' parlare sia di linearita' materiale (proporzionalita' tra tensioni e deformazioni), sia di linearita' geometrica (proporzionalita' tra carichi e spostamenti).

Effettua il calcolo sia in campo statico sia in campo dinamico.

Nel primo caso la routine di risoluzione opera secondo l' algoritmo di Gauss sulla matrice globale suddivisa in blocchi memorizzati su memoria periferica. Nel secondo caso si puo' optare per un'analisi modale o per una integrazione diretta passo-passo delle equazioni del moto.

I carichi possono essere specificati sia come azioni concentrate applicate ai nodi, sia come forze (o momenti) concentrate o distribuite o variazioni agenti all' interno del singolo elemento.

Il solutore Xfinest e' dotato di apposito manuale di validazione come descritto nella dichiarazione di affidabilita' del codice stesso, fornita con la licenza del programma.

Il solutore ALGOR SUPERSAP e' stato sottoposto con esito positivo e relativa certificazione, alle prove NAFEMS (test di confronto della National Agency for Finite Element Methods and Standards, in Inghilterra).

Modellazione delle azioni

Le azioni sono modellate secondo due modalita':

1) Azioni nodali

Sono forze o momenti concentrati nei nodi del modello strutturale (oppure cedimenti impressi).

Per ogni carico nodale si riporta il numero del caso di carico relativo ed i valori delle componenti riferite alla terna globale.

2) Carichi agenti sugli elementi

Si tratta di carichi locali agli elementi (carichi distribuiti lungo l'asse di travi, pressioni agenti sulla superficie di setti, variazioni termiche etc).

I carichi possono essere assegnati anche per zone di carico.

Cio' accade quando si carica un impalcato per zone; per zona si intende una regione poligonale, convessa o concava, senza vuoti, individuata dai relativi vertici, che possono essere nodi di estremita' di travi, oppure nodi a setti.

Il programma individua, in modo automatico, le eventuali travi e/o pareti, disposte lungo il contorno della poligonale di carico, in modo da ripartire su di esse, il peso proprio, il permanente portato ed il carico accidentale, gravanti sulla zona.

La ripartizione dei carichi avviene con il criterio delle aree di influenza : l'areola elementare e' un quadrilatero avente due lati paralleli alla direzione di orditura del solaio e due lati dati dalle intercette sul contorno della poligonale di carico; il carico gravante sull' areola viene ripartito al 50% tra i due elementi strutturali (travi e/o pareti) disposti lungo i due lati non paralleli alla direzione d' orditura del solaio.

Modellazione strutturale, dei materiali ed interazione terreno-struttura

Le analisi possono essere sia condotte in regime di linearita' materiale (proporzionalita' tra tensioni e deformazioni), e di linearita' geometrica (proporzionalita' tra carichi e spostamenti), sia considerando aspetti non lineari del comportamento strutturale, quali:

- presenza di elementi reagenti solo a trazione o solo a compressione
- analisi degli effetti geometrici del 2o ordine con il metodo dei tagli fittizi
- analisi di instabilità globale per la ricerca del moltiplicatore critico dei carichi .

Nei riguardi dell' interazione terreno-struttura, il terreno e' modellato come suolo elastico alla Winkler, sia che le strutture di fondazione siano travi (travi su suolo elastico), platee di fondazione (piastre su suolo elastico) o plinti.

Analisi sismica

L'analisi sismica della struttura puo' essere eseguita con 2 metodi:

- analisi statica
- analisi dinamica modale con spettro di risposta con
gli spettri di progetto definiti dalla Normativa di Riferimento

Con l'analisi statica il calcolo sismico della struttura si riduce ad una verifica statica conseguente alla applicazione di forze orizzontali (componente ondulatoria dell' azione sismica) e verticali (componente sussultoria del sisma), applicate nel baricentro delle masse gravanti sulla struttura.

Per il sistema di forze distribuite lungo l'altezza dell' edificio si assume una distribuzione lineare degli spostamenti.

La forza da applicare a ciascun piano è data dalla formula seguente:

$$F_i = F_h (z_i W_i) / \sum (z_j W_j)$$

dove: $F_h = S_d(T_1) W l/g$

F_i è la forza da applicare al piano i

W_i e W_j sono i pesi delle masse ai piani i e j rispettivamente

z_i e z_j sono le altezze dei piani i e j rispetto alle fondazioni

$S_d(T_1)$ è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto da normativa

W è il peso complessivo della costruzione

l è un coeff.pari a 0,85 se l'edificio ha almeno 3 piani e se $T_1 < 2T_C$, pari a 1,0 in tutti gli altri casi.

g è l'accelerazione di gravità.

Per edifici aventi massa e rigidezza distribuite in modo circa simmetrico in pianta, inscrivibile in un rettangolo con rapporto dei lati inferiore a 4, gli effetti torsionali accidentali, possono essere considerati amplificando le sollecitazioni, calcolate con la suddetta distribuzione, in ogni elemento resistente con il fattore (d) risultante dalla seguente espressione:

$$d = 1 + 0.6 x / L_e$$

dove: x = distanza dell'elemento resistente vert. dal baricentro geometrico dell'edificio, misurata perpendicolarmente alla direzione dell'azione sismica considerata

L_e è la distanza tra i due elementi resistenti più lontani, misurata allo stesso modo.

Nei riguardi delle azioni sismiche per gli edifici dotati di orizzontamenti realizzati con i comuni solai, gli orizzontamenti possono essere modellati con piani rigidi.

In questo programma, più realisticamente, si modellano gli impalcati con elementi membrana, di spessore pari allo spessore effettivo del solaio e con un modulo elastico che è quello di fatto attribuibile al solaio.

Le forze orizzontali sismiche sono sempre introdotte come forze nodali, determinando le incidenze di ciascun nodo (gli elementi che convergono in esso) e le relative aliquote di competenza dei 'pesi' degli elementi.

Verifiche degli elementi strutturali

Le verifiche sono effettuate con riferimento all'involuppo delle condizioni di carico (tutti i casi di carico e le combinazioni previste).

In fase di verifica si distinguono i seguenti elementi:

- aste soggette a solo sforzo assiale
- travi prevalentemente soggette a flessione e taglio;
 si distinguono travi in elevazione e di fondazione
- pilastri soggetti a presso(o tenso)-flessione deviata
- setti/piastre si distingue il comportamento a lastra e a piastra
- plinti si distinguono i plinti snelli ed i plinti tozzi

DESCRIZIONE TABELLA DATI MATERIALI

Di seguito si riportano le spiegazioni delle sigle usate nelle tabelle DATI MATERIALI.

MAT. n.ro numero identificativo del materiale (≥ 1)

PESO SPEC. peso dell' unita' di volume del materiale
 ALFA T coefficiente di dilatazione termica
 E modulo di elasticita'
 POISSON coefficiente di contrazione laterale impedita
 NOME descrizione del materiale (max. 11 caratteri)

=====

DATI DI INGRESSO : TABELLA DATI MATERIALI

=====

MAT. n.ro	PESO SPEC. (Kg/cm3)	ALFA T (1/C)	E (Kg/cm2)	POISSON	NOME
--------------	------------------------	-----------------	---------------	---------	------

1	0.00250	0.000010	300000.0	0.1	c.a.o.
---	---------	----------	----------	-----	--------

DESCRIZIONE TABELLE DATI CARICHI

I carichi sono organizzati in 'condizioni di carico, a loro volta suddivise in:

- 1) casi di carico
- 2) combinazioni dei casi di carico

Nell' ambito di una generica condizione di carico possono esserci:

- carichi nodali (compresi cedimenti, variazioni termiche nodali)
- carichi sugli elementi (comprese variazioni termiche)

TABELLA DATI CASI DI CARICO E COMBINAZIONI

Di seguito si riportano le spiegazioni delle sigle usate nella tabella DATI CASI DI CARICO E COMBINAZIONI:

CASO numero del caso di carico
 n.ro
 DESCRIZIONE descrizione sintetica del caso di carico
 COMB. numero della combinazione del caso di carico
 n.ro
 DESCRIZIONE composizione della combinazione; per ogni caso di carico coinvolto nella combinazione, viene riportato il relativo numero ed il valore del coefficiente moltiplicativo ('peso del caso di carico nella combinazione).

=====

DATI DI INGRESSO : CASI DI CARICO E COMBINAZIONI

=====

CASI DI CARICO

CASO n.ro	DESCRIZIONE
1	c.d.c. 1 peso proprio
2	permanente non strutturale Peso materiale = 2430 daN/mq
3	sovraccarico 1000 daN/mq
4	spinta terre
5	sisma 1 SLU
6	sisma 2 SLU
7	sisma 1 SLD
8	sisma 2 SLD

COMBINAZIONI

COMB. n.ro	DESCRIZIONE
1	$1*1.3 + 2*1.5 + 3*1.5 + 4*1.3$
2	$1*1 + 2*1.3 + 3*1.3 + 4*1$
3	$1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*1 + 6*0.3$
4	$1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*-1 + 6*0.3$
5	$1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*1 + 6*-0.3$
6	$1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*-1 + 6*-0.3$
7	$1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*0.3 + 6*1$
8	$1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*-0.3 + 6*1$
9	$1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*0.3 + 6*-1$
10	$1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*-0.3 + 6*-1$
11	$1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*1 + 8*0.3$
12	$1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*-1 + 8*0.3$
13	$1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*1 + 8*-0.3$
14	$1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*-1 + 8*-0.3$
15	$1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*0.3 + 8*1$
16	$1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*-0.3 + 8*1$
17	$1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*0.3 + 8*-1$
18	$1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*-0.3 + 8*-1$
19	$1*1 + 2*1 + 3*1 + 4*1$
20	$1*1 + 2*1 + 3*0.5 + 4*1$
21	$1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1$

=====

DATI : PARAMETRI SISMICI

=====

Normativa sismica	:	NTC 17/01/2018
Metodo di Analisi	:	Analisi Statica Lineare
Quota fondazioni (zero sismico)	:	0.00
Angolo ingresso sisma dir.1-Asse x	:	0.0
Angolo ingresso sisma dir.2-Asse x	:	90.0
Categoria suolo	:	B
Zona topografica	:	2
Coeff. smorzamento	:	5.00
Coeff.comportamento per sisma SLU oriz.dir.1:	:	1.50
' ' ' dir.2:	:	1.50
' ' ' vert.	:	1.50
Coeff.comportamento per sisma SLE oriz.dir.1:	:	1.50
' ' ' dir.2:	:	1.50
' ' ' vert.	:	1.50
ag per SLU	:	0.068 (g)
F0 per SLU	:	2.536
Tc* per SLU	:	0.287 sec.
ag per SLE	:	0.030 (g)
F0 per SLE	:	2.525
Tc* per SLE	:	0.207 sec.
Primo periodo di vibrazione struttura	:	



n.b. Per le tensioni di calcolo, valori positivi indicano sforzi di trazione, negativi compressione, che vengono considerati pari a zero (EC2)

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :									
ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1							
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :									
ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	2							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	2							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	2							
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	2							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :									
ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :									
ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	4							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	4							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	4							
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	4							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :									
ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	5							

0.0	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	5							
0.0	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	5							
0.0	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	5							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
0.0	1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	6							
0.0	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	6							
0.0	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	6							
0.0	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	6							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
0.0	1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	7							
0.0	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	7							
0.0	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	7							
0.0	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	7							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
0.0	1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	8							
0.0	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	8							
0.0	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	8							
0.0	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	8							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
0.0	1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	9							
0.0	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	9							
0.0	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	9							
0.0	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	9							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							

n.ro Kg/cm2	n.ro Kg/cm2	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	10							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	10							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	10							
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	10							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro Kg/cm2	n.ro Kg/cm2	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
2	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1							
	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1							
	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro Kg/cm2	n.ro Kg/cm2	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
2	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	2							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	2							
	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	2							
	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	2							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro Kg/cm2	n.ro Kg/cm2	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
2	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							
	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							
	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro Kg/cm2	n.ro Kg/cm2	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
2	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	4							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	4							
	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	4							

0.0	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	4							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
0.0	2	22	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	5							
0.0	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	5							
0.0	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	5							
0.0	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	5							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
0.0	2	22	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	6							
0.0	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	6							
0.0	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	6							
0.0	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	6							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
0.0	2	22	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	7							
0.0	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	7							
0.0	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	7							
0.0	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	7							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
0.0	2	22	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	8							
0.0	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	8							
0.0	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	8							
0.0	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	8							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
0.0	2	22	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	9							

0.0	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	9						
0.0	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	9						
0.0	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	9						

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
0.0	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	10						
0.0	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	10						
0.0	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	10						
0.0	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	10						

=====

= VERIFICA TENSIONI PER COMBINAZIONI SLE SLE RARE, FREQUENTI, PERMANENTI

=====

Legenda:

ELEM n.ro numero di elemento

NODO n.ro numero di nodo appartenente all'elemento

A1intr armatura di intradosso in dir. 1 espressa in cm2/metro

A2intr ' ' ' in dir. 2 ' '

Alestr armatura di estradosso in dir. 1 espressa in cm2/metro

A2estr ' ' ' in dir. 2 ' '

Sc max tensione max (in senso algebrico) nel cls (poiche' le tensioni di compressione sono negative, scmax e' = 0.)

Sc min tensione min (in senso algebrico) nel cls (in valore assoluto e' la massima tensione di compressione nel cls)

Sf max tensione max (in senso algebrico) nell'acciaio (e' la massima trazione nell'acciaio o la minima compressione, in valore assoluto)

Sf min tensione min (in senso algebrico) nell'acciaio (e' la minima trazione nell'acciaio o la massima compressione, in valore assoluto)

Valori Tensioni massime per verifica SLE calcestruzzo e acciaio in barre:

Comb. RARE Sf : 3600 Kg/cm2

Comb. RARE Sc : 149 Kg/cm2

Comb. RARE Sc : 112 Kg/cm2

Codice : v = verificato (i.e campo vuoto)

 : nv = non verificato, se Sc o Sf > tensioni massime SLE

VERIFICA TENSIONI PER COMBINAZIONI SLE RARE

ELEM	NODO	A1intr	A2intr	Alestr	A2estr	SCmin	SCmax	SFmin	SFmax
C	Codice								
n.ro	n.ro	(cm2/m)	(cm2/m)	(cm2/m)	(cm2/m)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)
(Kg/cm2)	O								

M

B

0.0	1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
		19							



0.0	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	2	22	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	19	21	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0

VERIFICA TENSIONI PER COMBINAZIONI SLE FREQUENTI

ELEM	NODO	A1intr	A2intr	Alestr	A2estr	SCmin	SCmax	SFmin	SFmax
C	n.ro	n.ro	(cm2/m)	(cm2/m)	(cm2/m)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	

M									
B	1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	20	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0		21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0		22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	2	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	20	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0		23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0		24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0

VERIFICA TENSIONI PER COMBINAZIONI SLE QUASI PERMANENTI

ELEM	NODO	A1intr	A2intr	Alestr	A2estr	SCmin	SCmax	SFmin	SFmax
C	n.ro	n.ro	(cm2/m)	(cm2/m)	(cm2/m)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	

M									
B	1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	21	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0		21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0		22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	2	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	21	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0		23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0



0.0 24 3.75 3.75 3.75 3.75 0.0 0.0 0.0

```

=====
RISULTATI : ARMATURA MURO      1
=====
===== ARMATURE SETTI PIASTRE =====
Rck cls                (Kg/cm2) : 300.0
% armatura minima      : 0.00      copriferro                (cm)      : 3.00
Diametro rete base    (mm)      : 12.00
Ferri intr. dir. x arm. A1 : 0.00      dir. y arm. A1            : 0.00
dir. z arm. A1        : 1.00
Ferri estr. dir. x arm. A1 : 0.00      dir. y arm. A1            : 0.00
dir. z arm. A1        : 1.00
intr./estr. ang.Ø A1-A2  : 90.00     ang.Ø A1-A2              : 90.00

ELEM  NODO  A1 intr  A2 intr  A1 estr  A2 estr
n.ro  n.ro   (cm2/m) (cm2/m) (cm2/m) (cm2/m)

   1    2    3.75    3.75    3.75    3.75
       9    3.75    3.75    3.75    3.75
      21    3.75    3.75    3.75    3.75
      22    3.75    3.75    3.75    3.75

   2    22    3.75    3.75    3.75    3.75
      21    3.75    3.75    3.75    3.75
      23    3.75    3.75    3.75    3.75
      24    3.75    3.75    3.75    3.75

  176   220    3.75    3.75    3.75    3.75
      226    3.75    3.75    3.75    3.75
      227    3.75    3.75    3.75    3.75
      221    3.75    3.75    3.75    3.75

  177   221    3.75    3.75    3.75    3.75
      227    3.75    3.75    3.75    3.75
      228    3.75    3.75    3.75    3.75
      222    3.75    3.75    3.75    3.75

  235   282    3.75    3.75    3.75    3.75
      284    3.75    3.75    3.75    3.75
      278    3.75    3.75    3.75    3.75
      290    3.75    3.75    3.75    3.75

  236   284    3.75    3.75    3.75    3.75
      285    3.75    3.75    3.75    3.75
      291    3.75    3.75    3.75    3.75
      278    3.75    3.75    3.75    3.75

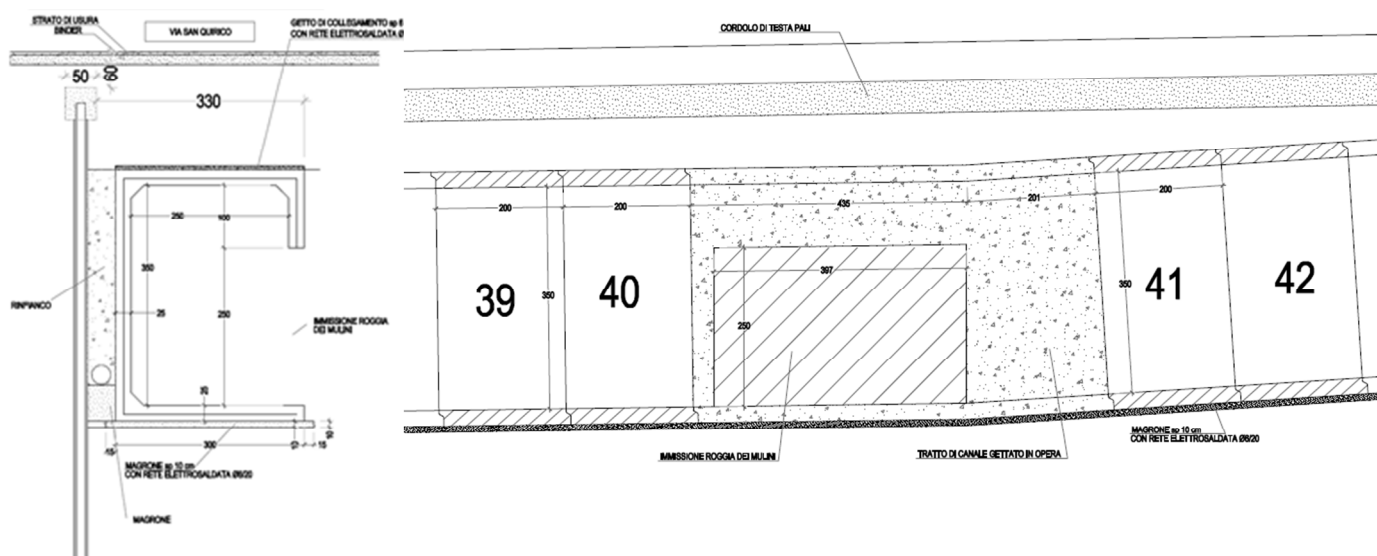
```

7 SCATOLARE IN OPERA CONFLUENZA ROGGIA DEI MULINI

7.1 DESCRIZIONE OPERA

Il tratto in opera sarà realizzato fra lo scatolare n°40 ed il n°41 per una lunghezza complessiva di circa 6,35 metri. La Roggia dei Mulini si inserisce all'interno dello scatolare in sponda destra, dove sarà realizzata un'apertura di dimensioni di 4,00 x 2,50 m circa.

Di seguito si riporta una sezione tipo dell'intervento.



Sezioni tipo intervento

7.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Con riferimento all'elaborato tecnico "**Relazione geologica**" redatta dal Geol. Luigi Perasso, l'area oggetto di intervento è caratterizzata dalla presenza diffusa di roccia affiorante lungo buona parte dell'alveo. Pertanto, per la caratterizzazione del sito è stato effettuato un rilievo geologico di superficie supportato da una serie di indagini di tipo diretto, costituite da tre carotaggi verticali, sette prove penetrometriche dinamiche medie; si sono escluse indagini di tipo indiretto a causa della presenza di una fitta rete di sottoservizi non sempre correttamente tracciati e spesso ignoti anche ai gestori degli stessi.

Sulla questa base è stato individuato un modello geologico costituito da tre strati aventi differenti caratteristiche geomeccaniche di seguito riportate (cautelativamente si assumono, per quanto riguarda la coesione ed i valori dell'angolo di attrito, i valori medi tra i range riportati nella relazione geologica):

- **SABBIA O SABBIA LIMOSA SCIOLTA** (spessore fino a 5,5 m)

Peso specifico

$$\gamma_k = 17 \text{ kN/m}^3$$

Angolo di attrito interno

$$\phi_k = 33^\circ$$

Coazione

$$c_k = 95.00 \text{ kPa}$$

- **SUBSTRATO ROCCIOSO** (Spessore successivi 10 metri)

Peso specifico

$$\gamma_k = 26 \text{ kN/m}^3$$

Angolo di attrito interno

$$\phi_k = 41^\circ$$

Coesione

 $c_k = 0.04 \text{ M Pa}$

Le verifiche di sicurezza del muro esistente sono condotte considerando le caratteristiche geologiche della coltre di copertura. Esse sono condotte considerando un angolo di attrito terramuro pari a φ (prudenzialmente pari al valore $\varphi=32^\circ$) nelle combinazioni di carico statiche e sismiche.

Dal punto di vista sismico, si riporta un estratto della suddetta relazione geologica, "(...) In relazione a quanto *rilevato nelle indagini geognostiche eseguite ad una buona parte delle opere a progetto; (...) per la parte di tombino più prossima a Via San Quirico (parte a valle) invece può essere attribuita (anche in base ai valori di N_{spt} sempre inferiori a 15) la categoria di suolo E (...) Per quanto attiene all'amplificazione determinata dalle condizioni morfologiche del sito, essendo l'intervento situato lungo la parte bassa di un versante con inclinazione media tra 20° e 30° . Viene pertanto assegnato un coefficiente di amplificazione topografica T_3 ".*

7.3 RELAZIONE DI CALCOLO

Determinazione delle azioni dovute al sisma

La zonizzazione sismica della Regione Liguria secondo l'O.P.C.M. 3519/2006 e s.m.i. classifica il comune di Davagna in ZONA 3.

DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI SISMICI:

I parametri sismici per la determinazione degli spettri di risposta vengono determinati prendendo in considerazione la classificazione sismica, le caratteristiche del terreno su cui sorgerà il manufatto e l'orografia della zona limitrofa lo stesso.

I parametri sismici sono quindi i seguenti:

Coefficiente topografico = T2 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media maggiore di 15° ;

La struttura insiste su un terreno di categoria B.

Il manufatto è ubicato alle seguenti coordinate WGS84:

Long. = 8.900774 Lat. 44,482599

Vita nominale struttura anni 50

Coefficiente d'uso della struttura II

Caratteristiche geometriche e tipologiche del manufatto

Per determinare il tipo di analisi strutturale da utilizzare per il calcolo della struttura portante è necessario calcolare i coefficienti relativi alla tipologia di manufatto.

La struttura oggetto della presente relazione tecnica sarà della seguente tipologia:

- **COSTRUZIONI IN CALCESTRUZZO ARMATO – Strutture a pareti**

Parametri sismici struttura in CLS armato.

Per determinare il tipo di analisi strutturale da utilizzare per il calcolo della struttura portante è necessario calcolare i coefficienti relativo alla tipologia di manufatto.

La struttura in esame è in calcestruzzo armato e del tipo a pareti ne segue che essendo:

$$q = q_0 \times K_R \text{ e sapendo che per duttilità di tipo B e } q_0 = 3$$

NTC2018 si ricava che:

$$K_R = 1 \text{ Struttura regolare in altezza}$$

$$\text{Segue che } q = q_0 \times K_R = 3$$

Vista quindi tale classificazione si decide di considerare la struttura del tipo **NON DISSIPATIVO** e a favore di sicurezza verrà considerata la struttura restante in CAMPO ELASTICO per cui si considerano i seguenti parametri sismici:

Per gli stati limite di esercizio SLE e SLD $q = 1,5$

Per gli stati limite ultimo SLU e SLV $q = 1,5$

Tab. 7.3.I – Limiti su q e modalità di modellazione dell'azione sismica

STATI LIMITE		Lineare (Dinamica e Statica)		Non Lineare	
		Dissipativo	Non Dissipativo	Dinamica	Statica
SLE	SLO	$q = 1.0$ § 3.2.3.4	$q = 1.0$ § 3.2.3.4	§ 7.3.4.1	§ 7.3.4.2
	SLD	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5		
SLU	SLV	$q \geq 1,5$ § 3.2.3.5	$q \leq 1,5$ § 3.2.3.5		
	SLC	---	---		

Le verifiche strutturali verranno effettuate seguendo L'ANALISI LINEARE STATICA in quanto la struttura è regolare in altezza.

$$T_1 = C_1 H^{3/4} < 2,5 T_c \text{ o } 2,5 T_d$$

$$\text{con } T_1 = C_1 H^{3/4} = 0,05 \times 3,5^{3/4} = 0,13$$



sapendo che dall' analisi degli spettri di risposta si ottiene: $T_c = 0,405$ e $T_d = 1,873$

da cui $T_1 = 0,013 < 1,0125$ VERIFICATO

Per poter eseguire l'analisi lineare statica è necessario porre $\lambda = 1$ vedi punto 7.8.1.5.2 delle NTC2018

Tramite i parametri precedenti sarà poi possibile effettuare le verifiche agli elementi finiti per la verifica delle strutture esistenti.

```
*****
*
*                               CIVILSOFT v.windows 7.84                               *
*
*      progettazione interattiva di strutture civili ed industriali                    *
*
*
*
*
*
*
* prodotto e distribuito da ASG srl PIACENZA Tel 0523/337389- info@aesegi.it *
*
*
*****
*
*
*                               RELAZIONE DI CALCOLO                               *
*
*
*
*****
```

Normativa di riferimento

- [1] N.T.C. 17/01/2018 Norme tecniche per le costruzioni
- [3] Eurocodici approvati dal Comitato Europeo di Normazione in forma di Euro Norma (EN)

Criteri di analisi della sicurezza e metodi di analisi strutturale

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con il metodo agli stati limite.

I metodi impiegati per l' analisi strutturale sono i seguenti :

- per carichi statici: metodo degli spostamenti
- carichi sismici: analisi statica , oppure
analisi dinamica modale con spettro di risposta

Spostamenti e azioni sono calcolati con il metodo agli elementi finiti (F.E.M.) Il metodo degli elementi finiti si basa sulla schematizzazione di una struttura come insieme di elementi di varie geometrie e caratteristiche, connessi l'un l'altro solo in corrispondenza di un numero determinato di punti chiamati 'nodi'.

Tali nodi, definiti da tre coordinate rispetto ad un sistema di riferimento cartesiano globale, vengono contrassegnati da un identificatore numerico ('numerazione nodale') crescente a partire da 1.

Anche gli elementi, risultano a loro volta individuati da un identificatore numerico crescente.

Incognite del problema (metodo degli spostamenti) sono assunte le 6 componenti di spostamento di ogni nodo, riferite alla terna globale (traslazioni secondo X,Y,Z, rotazioni attorno X,Y,Z) escluse naturalmente quelle impedito dai vincoli imposti alla struttura.

Il metodo permette di giungere all' impostazione di un sistema di equazioni

algebriche lineari, nelle sopra citate componenti di spostamento (gradi di liberta') i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati nei nodi:

$$K * u = F$$

dove K = matrice di rigidezza
u = vettore spostamenti nodali
F = vettore forze nodali

Dagli spostamenti risultanti dalla risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni in punti caratteristici di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all' elemento stesso.

Sistema di riferimento globale

Il sistema di riferimento impiegato, per nodi ed elementi e tutti gli altri dati strutturali, e' costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume che l' asse Z sia verticale ed orientato verso l'alto.

Modellazione della struttura e dei vincoli

La struttura e' modellata come insieme di 'elementi', tra loro collegati in punti chiamati 'nodi'. Gli elementi sono del tipo:

Elem. monodimensionali (una dimensione prevalente sulle altre due)

- aste
- travi, pilastri
- molle

Elementi bidimensionali (due dimensioni prevalenti sulla terza):

- setti, piastre
- membrane

Elementi tridimensionali (tre dimensioni paragonabili):

- plinti

asta : elemento lineare a sezione costante ed asse rettilineo, reagente a solo sforzo assiale.

Nello spazio 3-D l' elemento asta ha 3 gradi di liberta' ai nodi cui corrispondono tre componenti di spostamento di traslazione in ognuno dei suoi due nodi di estremita' ed un solo valore della tensione e della forza assiale.

trave: elem. monodimensionale reagente con 6 caratteristiche di sollecitazione (forza assiale, 2 forze di taglio, 2 momenti flettenti, momento torcente) , ad ognuna delle due estremita'.

L' elemento trave e' prismatico, ossia a sezione costante ed asse rettilineo.

Con il termine travi si intendono elementi non verticali.

Con il termine pilastri si intendono elementi verticali.

molla: elemento agente come molla estensionale o rotazionale di opportuna rigidezza, usato per schematizzare vincoli elastici o rigidi, anche in direzioni non coincidenti con quelle della terna globale.

setto/piastra: elemento 2-D, di forma triangolare o quadrangolare, reagente ad azioni nel proprio piano (azioni membranali) e ad azioni fuori dal proprio piano (azioni flettenti e taglianti).

Questo elemento e' usato per rappresentare ad es. pareti verticali, muri di sostegno, platee di fondazione.

membrana: elemento piano 2-D, triangolare o quadrangolare, che reagisce a soli sforzi di membrana.

Questo elemento e' ad es. usato per rappresentare il comportamento degli impalcati (solai) nei riguardi delle azioni orizzontali.

plinto: elemento 3-D, viene tradotto in un certo numero di molle traslazionali e rotazionali, che ne schematizzano il comportamento nell' ipotesi che il plinto costituisca un corpo rigido che collega il piede del pilastro ed il terreno modellato alla Winkler.

Fatte le seguenti definizioni (le direzioni 1, 2 sono quelle dei lati dell' area d' impronta del plinto):

K costante normale di sottofondo (misurata ad es. Kg/cm3)
 A area d' impronta del plinto
 J1 momento d' inerzia dell'area di base intorno a dir. 1
 J2 momento d' inerzia dell'area di base intorno a dir. 2
 s spostamento verticale del plinto
 r1 rotazione del plinto intorno alla direzione 1
 r2 rotazione del plinto intorno alla direzione 2
 F forza
 M momento

F = K * A * s ==> rigidezza molla verticale = K * A
 M1 = K * J1* r1 ==> rigidezza molla rotazionale 1 = K * J1
 M2 = K * J2* r2 ==> rigidezza molla rotazionale 2 = K * J2

Per una descrizione piu' sintetica della struttura, gli elementi sono riuniti in 'macro-elementi'.

Per macro-elementi, si intende il raggruppamento di piu' elementi, non necessariamente dello stesso tipo, in modo da formare delle parti riconoscibili ed identificabili all' interno della struttura.

-travata : allineamento di travi non verticali (anche ad asse spezzato)
 -pilastrata: allineamento di pilastri verticali
 -telaio : insieme di travi, pilastri posti in un piano verticale
 -muro : insieme di elementi setto/piastra posti in un piano qualsiasi, aventi lo stesso spessore.
 -impalcato : insieme di nodi, travi e membrane disposti di solito, ma non necessariamente in un piano orizzontale.

Origine e caratteristiche del codice di calcolo adottato

 I solutori attualmente interfacciati con CIVILSOFT sono i seguenti:

- Xfinest di HarpaCeas srl, Milano, Italia
 - ALGOR SUPERSAP di Algor Interactive Systems, Inc. Pittsburgh, PA, USA

Entrambi i solutori applicano il metodo degli elementi finiti a strutture di forma qualunque, comunque caricate e vincolate, il cui comportamento e' solitamente considerato lineare (per le eccezioni vedi in seguito)

Si intende con cio' parlare sia di linearita' materiale (proporzionalita' tra tensioni e deformazioni), sia di linearita' geometrica (proporzionalita' tra carichi e spostamenti).

Effettua il calcolo sia in campo statico sia in campo dinamico.

Nel primo caso la routine di risoluzione opera secondo l' algoritmo di Gauss sulla matrice globale suddivisa in blocchi memorizzati su memoria periferica. Nel secondo caso si puo' optare per un'analisi modale o per una integrazione diretta passo-passo delle equazioni del moto.

I carichi possono essere specificati sia come azioni concentrate applicate ai nodi, sia come forze (o momenti) concentrate o distribuite o variazioni agenti all' interno del singolo elemento.

Il solutore Xfinest e' dotato di apposito manuale di validazione come descritto nella dichiarazione di affidabilita' del codice stesso, fornita con la licenza del programma.

Il solutore ALGOR SUPERSAP e' stato sottoposto con esito positivo e relativa certificazione, alle prove NAFEMS (test di confronto della National Agency for Finite Element Methods and Standards, in Inghilterra).

Modellazione delle azioni

 Le azioni sono modellate secondo due modalita':

1) Azioni nodali

Sono forze o momenti concentrati nei nodi del modello strutturale (oppure cedimenti impressi).

Per ogni carico nodale si riporta il numero del caso di carico relativo ed

i valori delle componenti riferite alla terna globale.

2) Carichi agenti sugli elementi

Si tratta di carichi locali agli elementi (carichi distribuiti lungo l'asse di travi, pressioni agenti sulla superficie di setti, variazioni termiche etc).

I carichi possono essere assegnati anche per zone di carico.

Cio' accade quando si carica un impalcato per zone; per zona si intende una regione poligonale, convessa o concava, senza vuoti, individuata dai relativi vertici, che possono essere nodi di estremita' di travi, oppure nodi a setti.

Il programma individua, in modo automatico, le eventuali travi e/o pareti, disposte lungo il contorno della poligonale di carico, in modo da ripartire su di esse, il peso proprio, il permanente portato ed il carico accidentale, gravanti sulla zona.

La ripartizione dei carichi avviene con il criterio delle aree di influenza : l'areola elementare e' un quadrilatero avente due lati paralleli alla direzione di orditura del solaio e due lati dati dalle intercette sul contorno della poligonale di carico; il carico gravante sull'areola viene ripartito al 50% tra i due elementi strutturali (travi e/o pareti) disposti lungo i due lati non paralleli alla direzione d'orditura del solaio.

Modellazione strutturale, dei materiali ed interazione terreno-struttura

Le analisi possono essere sia condotte in regime di linearita' materiale (proporzionalita' tra tensioni e deformazioni), e di linearita' geometrica (proporzionalita' tra carichi e spostamenti), sia considerando aspetti non lineari del comportamento strutturale, quali:

- presenza di elementi reagenti solo a trazione o solo a compressione
- analisi degli effetti geometrici del 2o ordine con il metodo dei tagli fittizi
- analisi di instabilità globale per la ricerca del moltiplicatore critico dei carichi.

Nei riguardi dell'interazione terreno-struttura, il terreno e' modellato come suolo elastico alla Winkler, sia che le strutture di fondazione siano travi (travi su suolo elastico), platee di fondazione (piastre su suolo elastico) o plinti.

Analisi sismica

L'analisi sismica della struttura puo' essere eseguita con 2 metodi:

- analisi statica
- analisi dinamica modale con spettro di risposta con gli spettri di progetto definiti dalla Normativa di Riferimento

Con l'analisi statica il calcolo sismico della struttura si riduce ad una verifica statica conseguente alla applicazione di forze orizzontali (componente ondulatoria dell'azione sismica) e verticali (componente sussultoria del sisma), applicate nel baricentro delle masse gravanti sulla struttura.

Per il sistema di forze distribuite lungo l'altezza dell'edificio si assume una distribuzione lineare degli spostamenti.

La forza da applicare a ciascun piano è data dalla formula seguente:

$$F_i = F_h (z_i W_i) / S (z_j W_j)$$

dove: $F_h = S_d(T_1) W l/g$

F_i è la forza da applicare al piano i

W_i e W_j sono i pesi delle masse ai piani i e j rispettivamente

z_i e z_j sono le altezze dei piani i e j rispetto alle fondazioni

$S_d(T_1)$ è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto da normativa

W è il peso complessivo della costruzione

l è un coeff. pari a 0,85 se l'edificio ha almeno 3 piani e se $T_1 < 2T_C$, pari a 1,0 in tutti gli altri casi.

g è l'accelerazione di gravità.

Per edifici aventi massa e rigidezza distribuite in modo circa simmetrico in pianta, inscrivibile in un rettangolo con rapporto dei lati inferiore a 4, gli effetti torsionali accidentali, possono essere considerati amplificando le sollecitazioni, calcolate con la suddetta distribuzione, in ogni elemento resistente con il fattore (d) risultante dalla seguente espressione:

$$d = 1 + 0.6 \times x / L_e$$

dove: x = distanza dell'elemento resistente vert. dal baricentro geometrico dell'edificio, misurata perpendicolarmente alla direzione dell'azione sismica considerata

L_e è la distanza tra i due elementi resistenti più lontani, misurata allo stesso modo.

Nei riguardi delle azioni sismiche per gli edifici dotati di orizzontamenti realizzati con i comuni solai, gli orizzontamenti possono essere modellati con piani rigidi.

In questo programma, più realisticamente, si modellano gli impalcati con elementi membrana, di spessore pari allo spessore effettivo del solaio e con un modulo elastico che è quello di fatto attribuibile al solaio.

Le forze orizzontali sismiche sono sempre introdotte come forze nodali, determinando le incidenze di ciascun nodo (gli elementi che convergono in esso) e le relative aliquote di competenza dei 'pesi' degli elementi.

Verifiche degli elementi strutturali

Le verifiche sono effettuate con riferimento all'involuppo delle condizioni di carico (tutti i casi di carico e le combinazioni previste).

In fase di verifica si distinguono i seguenti elementi:

- aste soggette a solo sforzo assiale
- travi prevalentemente soggette a flessione e taglio;
 si distinguono travi in elevazione e di fondazione
- pilastri soggetti a presso(o tenso)-flessione deviata
- setti/piastre si distingue il comportamento a lastra e a piastra
- plinti si distinguono i plinti snelli ed i plinti tozzi

DESCRIZIONE TABELLA DATI MATERIALI

Di seguito si riportano le spiegazioni delle sigle usate nelle tabelle DATI MATERIALI.

MAT. n.ro numero identificativo del materiale (>= 1)
 PESO SPEC. peso dell' unita' di volume del materiale
 ALFA T coefficiente di dilatazione termica
 E modulo di elasticita'
 POISSON coefficiente di contrazione laterale impedita
 NOME descrizione del materiale (max. 11 caratteri)

===== DATI DI INGRESSO : TABELLA DATI MATERIALI =====

MAT. n.ro	PESO SPEC. (Kg/cm3)	ALFA T (1/C)	E (Kg/cm2)	POISSON	NOME
1	0.00250	0.000010	300000.0	0.1	c.a.o.

DESCRIZIONE TABELLE DATI CARICHI

I carichi sono organizzati in 'condizioni di carico, a loro volta suddivise in:

1) casi di carico

2) combinazioni dei casi di carico

Nell' ambito di una generica condizione di carico possono esserci:

- carichi nodali (compresi cedimenti, variazioni termiche nodali)
- carichi sugli elementi (comprese variazioni termiche)

TABELLA DATI CASI DI CARICO E COMBINAZIONI

Di seguito si riportano le spiegazioni delle sigle usate nella tabella DATI CASI DI CARICO E COMBINAZIONI:

CASO numero del caso di carico
 n.ro
 DESCRIZIONE descrizione sintetica del caso di carico
 COMB. numero della combinazione del caso di carico
 n.ro

DESCRIZIONE composizione della combinazione; per ogni caso di carico coinvolto nella combinazione, viene riportato il relativo numero ed il valore del coefficiente moltiplicativo ('peso del caso di carico nella combinazione).

=====

DATI DI INGRESSO : CASI DI CARICO E COMBINAZIONI

=====

CASI DI CARICO

CASO n.ro	DESCRIZIONE
1	c.d.c. 1 peso proprio
2	permanente non strutturale Peso materiale = 2430 daN/mq
3	sovraccarico 1000 daN/mq
4	spinta terre
5	sisma 1 SLU
6	sisma 2 SLU
7	sisma 1 SLD
8	sisma 2 SLD

COMBINAZIONI

COMB. n.ro	DESCRIZIONE
1	1*1.3 + 2*1.5 + 3*1.5 + 4*1.3
2	1*1 + 2*1.3 + 3*1.3 + 4*1
3	1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*1 + 6*0.3
4	1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*-1 + 6*0.3
5	1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*1 + 6*-0.3
6	1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*-1 + 6*-0.3
7	1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*0.3 + 6*1
8	1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*-0.3 + 6*1
9	1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*0.3 + 6*-1
10	1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*-0.3 + 6*-1
11	1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*1 + 8*0.3
12	1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*-1 + 8*0.3
13	1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*1 + 8*-0.3
14	1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*-1 + 8*-0.3
15	1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*0.3 + 8*1
16	1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*-0.3 + 8*1
17	1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*0.3 + 8*-1
18	1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*-0.3 + 8*-1
19	1*1 + 2*1 + 3*1 + 4*1
20	1*1 + 2*1 + 3*0.5 + 4*1
21	1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1

=====

DATI : PARAMETRI SISMICI

=====

Normativa sismica	: NTC 17/01/2018
Metodo di Analisi	: Analisi Statica Lineare
Quota fondazioni (zero sismico)	: 0.00
Angolo ingresso sisma dir.1-Asse x	: 0.0
Angolo ingresso sisma dir.2-Asse x	: 90.0
Categoria suolo	: B
Zona topografica	: 2

N1d,N2d = tensioni normali nelle direzioni (ortogonali) di armatura,
positive
se generano trazione nella lastra
Ftd1,Ftd2 = tensioni di trazione di calcolo nelle dir. 1,2
per le sezioni non fessurate
Comb. = combinazione numero
n.b. L'armatura di calcolo e' disposta nelle direzioni 1,2 in modo tale
da assorbire le tensioni di calcolo di trazione Ftd1,Ftd2
n.b. Asse normale al piano medio della piastra = Asse 3 del Rif.locale
piastra
fibre 3- = (estradosso)
fibre 3+ = (intradosso)
Forza e tensione normale, + se di trazione
n.b. Per le tensioni di calcolo, valori positivi indicano sforzi di
trazione,
negativi compressione, che vengono considerati pari a zero (EC2)

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1							
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	2							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	2							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	2							
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	2							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							

1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	4							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	4							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	4							
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	4							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	5							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	5							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	5							
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	5							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	6							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	6							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	6							
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	6							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	7							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	7							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	7							
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	7							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	8							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	8							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	8							
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	8							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	9							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	9							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	9							
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	9							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	10							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	10							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	10							
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	10							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
2	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1							
	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1							
	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
2	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	2							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	2							
	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	2							
	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	2							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
2	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							

0.0	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							
0.0	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
0.0	2	22	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	4							
0.0	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	4							
0.0	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	4							
0.0	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	4							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
0.0	2	22	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	5							
0.0	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	5							
0.0	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	5							
0.0	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	5							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
0.0	2	22	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	6							
0.0	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	6							
0.0	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	6							
0.0	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	6							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								
0.0	2	22	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	7							
0.0	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	7							
0.0	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	7							
0.0	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	7							

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM	NODO	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1
Ftd2	Sc1s	COMB							
n.ro	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
Kg/cm2	Kg/cm2								

Codice : v = verificato (i.e campo vuoto)
 : nv = non verificato, se Sc o Sf > tensioni massime SLE

VERIFICA TENSIONI PER COMBINAZIONI SLE RARE
 ELEM NODO A1intr A2intr Alestr A2estr SCmin SCmax SFmin SFmax
 C Codice
 n.ro n.ro (cm2/m) (cm2/m) (cm2/m) (cm2/m) (Kg/cm2) (Kg/cm2) (Kg/cm2)
 (Kg/cm2) O

M

B

1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	19							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	19							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								
	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								
	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								

VERIFICA TENSIONI PER COMBINAZIONI SLE FREQUENTI
 ELEM NODO A1intr A2intr Alestr A2estr SCmin SCmax SFmin SFmax
 C
 n.ro n.ro (cm2/m) (cm2/m) (cm2/m) (cm2/m) (Kg/cm2) (Kg/cm2) (Kg/cm2)
 (Kg/cm2) O

M

B

1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	20							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	20							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								
	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								
	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								

VERIFICA TENSIONI PER COMBINAZIONI SLE QUASI PERMANENTI
 ELEM NODO A1intr A2intr Alestr A2estr SCmin SCmax SFmin SFmax
 C
 n.ro n.ro (cm2/m) (cm2/m) (cm2/m) (cm2/m) (Kg/cm2) (Kg/cm2) (Kg/cm2)
 (Kg/cm2) O

M

B



1	2	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	21							
	9	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								
	22	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0	21							
	21	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								
	23	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								
	24	3.75	3.75	3.75	3.75	0.0	0.0	0.0
0.0								

=====
 RISULTATI : ARMATURA MURO 1
 =====

==== ARMATURE SETTI PIASTRE =====

Rck cls	(Kg/cm2)	: 300.0			
% armatura minima		: 0.00	copriferro	(cm)	: 3.00
Diametro rete base	(mm)	: 12.00			
Ferri intr.	dir. x arm. A1	: 0.00	dir. y arm. A1		: 0.00
	dir. z arm. A1	: 1.00			
Ferri estr.	dir. x arm. A1	: 0.00	dir. y arm. A1		: 0.00
	dir. z arm. A1	: 1.00			
intr./estr.	ang.ø A1-A2	: 90.00	ang.ø A1-A2		: 90.00

ELEM n.ro	NODO n.ro	A1 intr (cm2/m)	A2 intr (cm2/m)	A1 estr (cm2/m)	A2 estr (cm2/m)
1	2	3.75	3.75	3.75	3.75
	9	3.75	3.75	3.75	3.75
	21	3.75	3.75	3.75	3.75
	22	3.75	3.75	3.75	3.75
2	22	3.75	3.75	3.75	3.75
	21	3.75	3.75	3.75	3.75
	23	3.75	3.75	3.75	3.75
	24	3.75	3.75	3.75	3.75
176	220	3.75	3.75	3.75	3.75
	226	3.75	3.75	3.75	3.75
	227	3.75	3.75	3.75	3.75
	221	3.75	3.75	3.75	3.75
177	221	3.75	3.75	3.75	3.75
	227	3.75	3.75	3.75	3.75
	228	3.75	3.75	3.75	3.75
	222	3.75	3.75	3.75	3.75
235	282	3.75	3.75	3.75	3.75
	284	3.75	3.75	3.75	3.75
	278	3.75	3.75	3.75	3.75
	290	3.75	3.75	3.75	3.75
236	284	3.75	3.75	3.75	3.75
	285	3.75	3.75	3.75	3.75
	291	3.75	3.75	3.75	3.75
	278	3.75	3.75	3.75	3.75



8 SOTTOMURAZIONE

8.1 GENERALITÀ

La presente è redatta allo scopo di relazionare dal punto di vista strutturale le opere in cemento armato gettato in opera per la sistemazione idraulica del rio Fulle nel Comune di Genova.

Nel dettaglio, oggetto della presente è la realizzazione di una sottomurazione al disotto del muro di argine esistente per operare un abbassamento del fondo di circa 245 cm.

La sottomurazione avrà spessore 40 cm e sarà collegata

Materiali utilizzati per la sottomurazione.

- Calcestruzzo RCK300 per le strutture gettate in opera;
- Barre in acciaio per armatura a aderenza migliorata acciaio B450C.

Normativa di riferimento

La progettazione del manufatto è stata eseguita ai sensi delle Nuove Norme Tecniche 2018, il metodo di calcolo che sarà adottato è quello degli stati limite.

Nella relazione di calcolo saranno esplicitate le azioni ambientali e naturali a cui la struttura è soggetta.

Sollecitazioni

Nelle pagine seguenti saranno descritti i procedimenti per il calcolo delle azioni ambientali e naturali a cui verrà sottoposta la struttura in esame.

Saranno inoltre determinati i parametri sismici per l'esecuzione del calcolo agli elementi finiti che determinerà il dimensionamento delle sezioni strutturali.

8.2 RELAZIONE DI CALCOLO

1.1 Determinazione delle azioni ambientali e naturali

1.1.1 Determinazione delle azioni dovute alla neve

Il carico neve (80 kg/mq) non viene considerato in quanto il manufatto è al disotto della copertura della viabilità pubblica.

1.1.2 Determinazione delle azioni dovute al vento

Essendo il manufatto posto al disotto della copertura della viabilità pubblica non si considerano le azioni dovute al vento.

1.1.3 Determinazione delle azioni dovute al sisma

La zonizzazione sismica della Regione Liguria secondo l'O.P.C.M. 3519/2006 classifica il comune di Genova in ZONA 3.



I parametri sismici per la determinazione degli spettri di risposta vengono determinati prendendo in considerazione la classificazione sismica e l'orografia della zona limitrofa lo stesso.

I parametri sismici sono quindi i seguenti:

- **Coefficiente topografico = T1 superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$;**
- **La struttura insiste su un terreno: categoria di sottosuolo: E**
- **Il manufatto è ubicato alle seguenti coordinate WGS84:
Long. = 8.899870 Lat. 44.481745**
- **Vita nominale struttura anni 50**
- **Coefficiente d'uso della struttura II**
- **La struttura è regolare in altezza e regolare in pianta**
- **I calcoli saranno eseguiti tramite ANALISI STATICA LINEARE**

1.2 Azioni dovute ad agenti naturali

1.2.1 Calcolo parametri sismici

Per determinare il tipo di analisi strutturale da utilizzare per il calcolo è necessario calcolare i coefficienti relativi alla tipologia di manufatto.

Le strutture gettate in opera in esame sono del tipo STRUTTURE A PARETI NON ACCOPPIATE, ne segue che essendo:

$q = q_0 \times K_R$ e sapendo che per duttilità di tipo B si ricava che:

$q_0 = 3$ essendo la struttura a pareti non accoppiate

$K_R = 1$ Struttura regolare in altezza

Segue che $q = q_0 \times K_R = 3 \times 1 = 3$

Per le strutture a comportamento non dissipativo il fattore minimo relativo alla CD "B" è pari a:

$$q_{ND} = \frac{2}{3} q_{cdB} = 2$$

vista quindi tale classificazione si decide di considerare la struttura del tipo NON DISSIPATIVO a verrà considerata la struttura restante in CAMPO ELASTICO per cui si considerano i seguenti parametri sismici a favore di sicurezza:

Per gli stati limite di esercizio SLE e SLD $q = 1$

Per gli stati limite ultimo SLU e SLV $q = 1$

Tab. 7.3.I – Limiti su q e modalità di modellazione dell'azione sismica

STATI LIMITE		Lineare (Dinamica e Statica)		Non Lineare	
		Dissipativo	Non Dissipativo	Dinamica	Statica
SLE	SLO	q = 1.0 § 3.2.3.4	q = 1.0 § 3.2.3.4	§ 7.3.4.1	§ 7.3.4.2
	SLD	q ≤ 1,5 § 3.2.3.5	q ≤ 1,5 § 3.2.3.5		
SLU	SLV	q ≥ 1,5 § 3.2.3.5	q ≤ 1,5 § 3.2.3.5		
	SLC	---	---		

Le verifiche strutturali verranno effettuate seguendo L'ANALISI LINEARE STATICA in quanto le strutture sono regolari in altezza.

$$T_1 = C_1 H^{3/4} < 2,5 T_c \text{ o } 2,5 T_d$$

Per l'elemento scatolare gettato in opera:

$$\text{con } T_1 = C_1 H^{3/4} = 0,075 \times 2,35^{3/4} = 0,143 \text{ s}$$

Dove H = 2,35 m è l'altezza complessiva dal piano di fondazione della struttura.

sapendo che dall'analisi degli spettri di risposta si ottiene: $T_c = 0,555$ e $T_d = 1,948$ da cui $T_1 < 1,3875$ VERIFICATO per tutte le strutture

$\lambda = 1$ in quanto le strutture non hanno tre orizzontamenti.

Tramite i parametri precedenti sarà poi possibile effettuare le verifiche agli elementi finiti delle nuove strutture.

1.2.2 Spinta idraulica sul fondo – carico accidentale

Considerando l'altezza del battente idrico massima di circa 250 cm si ottiene un carico distribuito pari a 2500 kg/mq = 0,25 kg/cm²

1.3 Azioni non dovute ad agenti naturali

1.3.1 Carico lineare permanente sulla testa della sottomurazione

Considerando il peso del C.A. pari a 2500 kg/mc, una altezza del muro pari a 371 cm per uno spessore di 40 cm si ricava il carico lineare del muro pari a 37.1 kg/cm.

Considerando lo spessore della soletta pari a circa 30 cm per una lunghezza pari a 405 cm si ottiene un carico lineare della soletta pari a 15,2 kg/cm.

Pertanto, il carico lineare permanente non strutturale sulla testa della sottomurazione sarà pari a 52,3 kg/cm



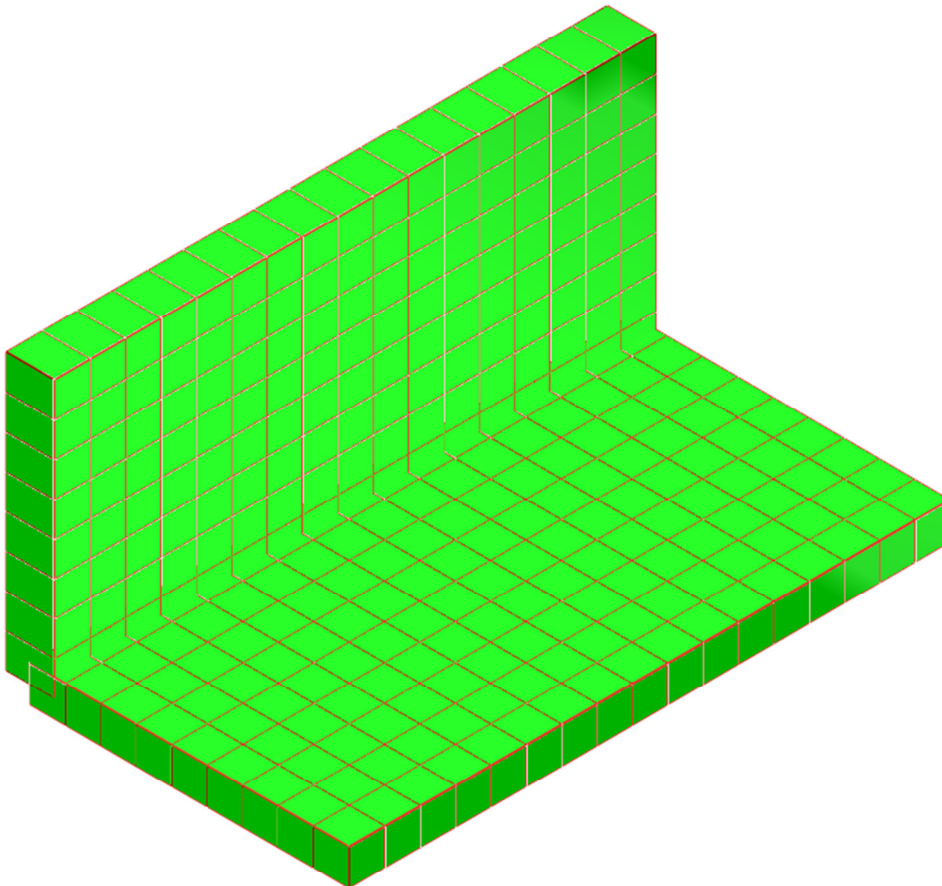
1.3.2 Carico lineare accidentale sulla testa della sottomurazione

Considerando un carico accidentale $Q = 600 \text{ kg/mq}$, la lunghezza $L=365 \text{ m}$ della soletta della piazzetta della stazione si ricava il carico lineare: $q \text{ lin} = Q \times L / 2 = 10,95 \text{ kg/cm}$

2 VERIFICA DELLE STRUTTURE PREFABBRICATE AGLI ELEMENTI FINITI

2.1 Modello strutturale sottomurazione gettata in opera

Si procede alla verifica della sottomurazione di spessore 40 cm e altezza del paramento pari a 214 cm circa, basamento di spessore 30 cm e larghezza complessiva pari a 285 cm.





2.2 Premessa e riferimenti normativi

```

*****
*
*
*          CIVILSOFT v.windows 7.84
*
*
*      progettazione interattiva di strutture civili ed industriali
*
*
*
*
*
*
* prodotto e distribuito da ASG srl PIACENZA Tel 0523/337389- info@aessegi.it *
*
*
*****
*
*
*
*
*
*
*          RELAZIONE DI CALCOLO
*
*
*
*****

```

Normativa di riferimento

[1] N.T.C. 17/01/2018 Norme tecniche per le costruzioni

[3] Eurocodici approvati dal Comitato Europeo di Normazione in forma di Euro Norma (EN)

Criteri di analisi della sicurezza e metodi di analisi strutturale

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con il metodo agli stati limite.

I metodi impiegati per l' analisi strutturale sono i seguenti :

-per carichi statici: metodo degli spostamenti

-carichi sismici: analisi statica , oppure

analisi dinamica modale con spettro di risposta

Spostamenti e azioni sono calcolati con il metodo agli elementi finiti(F.E.M.)

Il metodo degli elementi finiti si basa sulla schematizzazione di una struttura come insieme di elementi di varie geometrie e caratteristiche, connessi l'un l'altro solo in corrispondenza di un numero determinato di punti chiamati 'nodi'.

Tali nodi, definiti da tre coordinate rispetto ad un sistema di riferimento cartesiano globale, vengono contrassegnati da un identificatore numerico ('numerazione nodale') crescente a partire da 1.

Anche gli elementi, risultano a loro volta individuati da un identificatore numerico crescente.

Incognite del problema (metodo degli spostamenti) sono assunte le 6 componenti di spostamento di ogni nodo, riferite alla terna globale (traslazioni secondo X,Y,Z, rotazioni attorno X,Y,Z) escluse naturalmente quelle impedito dai vincoli imposti alla struttura.

Il metodo permette di giungere all' impostazione di un sistema di equazioni algebriche lineari, nelle sopra citate componenti di spostamento (gradi di liberta')i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati nei nodi:

$$K * u = F$$

dove K = matrice di rigidezza

u = vettore spostamenti nodali

F = vettore forze nodali

Dagli spostamenti risultanti dalla risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni in punti caratteristici di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all' elemento stesso.

Sistema di riferimento globale

Il sistema di riferimento impiegato, per nodi ed elementi e tutti gli altri

dati strutturali, e' costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ.

Si assume che l' asse Z sia verticale ed orientato verso l'alto.

Modellazione della struttura e dei vincoli

La struttura e' modellata come insieme di 'elementi', tra loro collegati in punti chiamati 'nodi'. Gli elementi sono del tipo:

Elem. monodimensionali (una dimensione prevalente sulle altre due)

- aste
- travi,pilastri
- molle

Elementi bidimensionali (due dimensioni prevalenti sulla terza):

- setti,piastre
- membrane

Elementi tridimensionali (tre dimensioni paragonabili):

- plinti

asta : elemento lineare a sezione costante ed asse rettilineo, reagente a solo sforzo assiale.

Nello spazio 3-D l' elemento asta ha 3 gradi di liberta' ai nodi cui corrispondono tre componenti di spostamento di traslazione in ognuno dei suoi due nodi di estremita'ed un solo valore della tensione e della forza assiale.

trave: elem. monodimensionale reagente con 6 caratteristiche di sollecitazione (forza assiale,2 forze di taglio,2 momenti flettenti,momento torcente)

, ad ognuna delle due estremita'.

L' elemento trave e' prismatico, ossia a sezione costante ed asse rettilineo.

Con il termine travi si intendono elementi non verticali.

Con il termine pilastri si intendono elementi verticali.

molla: elemento agente come molla estensionale o rotazionale di opportuna

rigidezza, usato per schematizzare vincoli elastici o rigidi, anche in direzioni non coincidenti con quelle della terna globale.

setto/piastra: elemento 2-D, di forma triangolare o quadrangolare, reagente ad azioni nel proprio piano (azioni membranali) e ad azioni fuori dal proprio piano (azioni flettenti e taglianti).

Questo elemento e' usato per rappresentare ad es. pareti verticali, muri di sostegno, platee di fondazione.

membrana: elemento piano 2-D, triangolare o quadrangolare, che reagisce a soli sforzi di membrana.

Questo elemento e' ad es. usato per rappresentare il comportamento degli impalcati (solai) nei riguardi delle azioni orizzontali.

plinto: elemento 3-D, viene tradotto in un certo numero di molle traslazionali e rotazionali, che ne schematizzano il comportamento nell' ipotesi che il plinto costituisca un corpo rigido che collega il piede del pilastro ed il terreno modellato alla Winkler.

Fatte le seguenti definizioni (le direzioni 1, 2 sono quelle dei lati dell' area d' impronta del plinto):

K costante normale di sottofondo (misurata ad es. Kg/cm³)

A area d' impronta del plinto

J1 momento d' inerzia dell'area di base intorno a dir. 1

J2 momento d' inerzia dell'area di base intorno a dir. 2

s spostamento verticale del plinto

r1 rotazione del plinto intorno alla direzione 1

r2 rotazione del plinto intorno alla direzione 2

F forza

M momento

$F = K * A * s \implies$ rigidezza molla verticale $= K * A$

$M1 = K * J1 * r1 \implies$ rigidezza molla rotazionale 1 $= K * J1$

$M2 = K * J2 * r2 \implies$ rigidezza molla rotazionale 2 $= K * J2$



Per una descrizione piu' sintetica della struttura, gli elementi sono riuniti in 'macro-elementi'.

Per macro-elementi, si intende il raggruppamento di piu' elementi, non necessariamente dello stesso tipo, in modo da formare delle parti riconoscibili ed identificabili all' interno della struttura.

- travata : allineamento di travi non verticali (anche ad asse spezzato)
- pilastrata: allineamento di pilastri verticali
- telaio : insieme di travi, pilastri posti in un piano verticale
- muro : insieme di elementi setto/piastra posti in un piano qualsiasi, aventi lo stesso spessore.
- impalcato : insieme di nodi, travi e membrane disposti di solito, ma non necessariamente in un piano orizzontale.

Origine e caratteristiche del codice di calcolo adottato

I solutori attualmente interfacciati con CIVILSOFT sono i seguenti:

- Xfinest di HarpaCeas srl, Milano, Italia
- ALGOR SUPERSAP di Algor Interactive Systems, Inc. Pittsburgh, PA, USA

Entrambi i solutori applicano il metodo degli elementi finiti a strutture di forma qualunque, comunque caricate e vincolate, il cui comportamento e' solitamente considerato lineare (per le eccezioni vedi in seguito)

Si intende con cio' parlare sia di linearita' materiale (proporzionalita' tra tensioni e deformazioni), sia di linearita' geometrica (proporzionalita' tra carichi e spostamenti).

Effettua il calcolo sia in campo statico sia in campo dinamico.

Nel primo caso la routine di risoluzione opera secondo l' algoritmo di Gauss sulla matrice globale suddivisa in blocchi memorizzati su memoria periferica.

Nel secondo caso si puo' optare per un' analisi modale o per una integrazione diretta passo-passo delle equazioni del moto.

I carichi possono essere specificati sia come azioni concentrate applicate ai

nodi, sia come forze (o momenti) concentrate o distribuite o variazioni agenti all'interno del singolo elemento.

Il solutore Xfinest e' dotato di apposito manuale di validazione come descritto nella dichiarazione di affidabilita' del codice stesso, fornita con la licenza del programma.

Il solutore ALGOR SUPERSAP e' stato sottoposto con esito positivo e relativa certificazione, alle prove NAFEMS (test di confronto della National Agency for Finite Element Methods and Standards, in Inghilterra).

Modellazione delle azioni

Le azioni sono modellate secondo due modalita':

1) Azioni nodali

Sono forze o momenti concentrati nei nodi del modello strutturale (oppure cedimenti impressi).

Per ogni carico nodale si riporta il numero del caso di carico relativo ed i valori delle componenti riferite alla terna globale.

2) Carichi agenti sugli elementi

Si tratta di carichi locali agli elementi (carichi distribuiti lungo l'asse di travi, pressioni agenti sulla superficie di setti, variazioni termiche etc).

I carichi possono essere assegnati anche per zone di carico.

Cio' accade quando si carica un impalcato per zone; per zona si intende una regione poligonale, convessa o concava, senza vuoti, individuata dai relativi vertici, che possono essere nodi di estremita' di travi, oppure nodi a setti.

Il programma individua, in modo automatico, le eventuali travi e/o pareti, disposte lungo il contorno della poligonale di carico, in modo da ripartire su di esse, il peso proprio, il permanente portato ed il carico accidentale, gravanti sulla zona.

La ripartizione dei carichi avviene con il criterio delle aree di influenza : l'areola elementare e' un quadrilatero avente due lati paralleli alla direzione di orditura del solaio e due lati dati dalle intercette sul

contorno della poligonale di carico; il carico gravante sull' areola viene ripartito al 50% tra i due elementi strutturali (travi e/o pareti) disposti lungo i due lati non paralleli alla direzione d' orditura del solaio.

Modellazione strutturale, dei materiali ed interazione terreno-struttura

 Le analisi possono essere sia condotte in regime di linearita' materiale (proporzionalita' tra tensioni e deformazioni), e di linearita' geometrica (proporzionalita' tra carichi e spostamenti), sia considerando aspetti non lineari del comportamento strutturale, quali:

- presenza di elementi reagenti solo a trazione o solo a compressione
- analisi degli effetti geometrici del 2o ordine con il metodo dei tagli fittizi
- analisi di instabilità globale per la ricerca del moltiplicatore critico dei carichi .

Nei riguardi dell' interazione terreno-struttura, il terreno e' modellato come suolo elastico alla Winkler, sia che le strutture di fondazione siano travi (travi su suolo elastico), platee di fondazione (piastre su suolo elastico) o plinti.

Analisi sismica

 L'analisi sismica della struttura puo' essere eseguita con 2 metodi:

- analisi statica
- analisi dinamica modale con spettro di risposta con gli spettri di progetto definiti dalla Normativa di Riferimento

Con l'analisi statica il calcolo sismico della struttura si riduce ad una verifica statica conseguente alla applicazione di forze orizzontali (componente ondulatoria dell' azione sismica) e verticali (componente sussultoria del sisma), applicate nel baricentro delle masse gravanti sulla struttura.

Per il sistema di forze distribuite lungo l'altezza dell' edificio si assume una distribuzione lineare degli spostamenti.

La forza da applicare a ciascun piano è data dalla formula seguente:

$$F_i = F_h (z_i W_i) / \sum (z_j W_j)$$

dove: $F_h = S_d(T_1) W l/g$

F_i è la forza da applicare al piano i

W_i e W_j sono i pesi delle masse ai piani i e j rispettivamente

z_i e z_j sono le altezze dei piani i e j rispetto alle fondazioni

$S_d(T_1)$ è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto da normativa

W è il peso complessivo della costruzione

l è un coeff.pari a 0,85 se l'edificio ha almeno 3 piani e se $T_1 < 2T_C$

, pari a 1,0 in tutti gli altri casi.

g è l'accelerazione di gravità.

Per edifici aventi massa e rigidezza distribuite in modo circa simmetrico in pianta, inscrivibile in un rettangolo con rapporto dei lati inferiore a 4, gli effetti torsionali accidentali, possono essere considerati amplificando le sollecitazioni, calcolate con la suddetta distribuzione, in ogni elemento resistente con il fattore (d) risultante dalla seguente espressione:

$$d = 1 + 0.6 x / L_e$$

dove: x = distanza dell'elemento resistente vert. dal baricentro geometrico dell'edificio, misurata perpendicolarmente alla direzione dell'azione sismica considerata

L_e è la distanza tra i due elementi resistenti più lontani, misurata allo stesso modo.

Nei riguardi delle azioni sismiche per gli edifici dotati di orizzontamenti realizzati con i comuni solai, gli orizzontamenti possono essere modellati con piani rigidi.

In questo programma, più realisticamente, si modellano gli impalcati con elementi membrana, di spessore pari allo spessore effettivo del solaio e con un modulo elastico che è quello di fatto attribuibile al solaio.

Le forze orizzontali sismiche sono sempre introdotte come forze nodali, determinando le incidenze di ciascun nodo (gli elementi che convergono in esso) e le relative aliquote di competenza dei 'pesi' degli elementi.

Verifiche degli elementi strutturali



Le verifiche sono effettuate con riferimento all'involuppo delle condizioni di carico (tutti i casi di carico e le combinazioni previste).

In fase di verifica si distinguono i seguenti elementi:

- aste soggette a solo sforzo assiale
- travi prevalentemente soggette a flessione e taglio;
 si distinguono travi in elevazione e di fondazione
- pilastri soggetti a presso(o tenso)-flessione deviata
- setti/piastre si distingue il comportamento a lastra e a piastra
- plinti si distinguono i plinti snelli ed i plinti tozzi

2.3 Tabella dati materiali

DESCRIZIONE TABELLA DATI MATERIALI

Di seguito si riportano le spiegazioni delle sigle usate nelle tabelle DATI MATERIALI.

- MAT. n.ro numero identificativo del materiale (>= 1)
- PESO SPEC. peso dell' unita' di volume del materiale
- ALFA T coefficiente di dilatazione termica
- E modulo di elasticita'
- POISSON coefficiente di contrazione laterale impedita
- NOME descrizione del materiale (max. 11 caratteri)

=====

DATI DI INGRESSO : TABELLA DATI MATERIALI

=====

MAT.	PESO SPEC.	ALFA T	E	POISSON	NOME
n.ro	(Kg/cm3)	(1/C)	(Kg/cm2)		
1	0.00250	0.000010	300000.0	0.1	c.a.o.

2.4 Casi di carico e combinazioni

=====



DATI DI INGRESSO : CASI DI CARICO E COMBINAZIONI

=====

CASI DI CARICO

CASO DESCRIZIONE

n.ro

- 1 c.d.c. 1 peso proprio
- 2 permanente
- 3 sovraccarico
- 4 spinta liquidi
- 5 sisma 1 SLU
- 6 sisma 2 SLU
- 7 sisma 1 SLD
- 8 sisma 2 SLD

COMBINAZIONI

COMB. DESCRIZIONE

n.ro

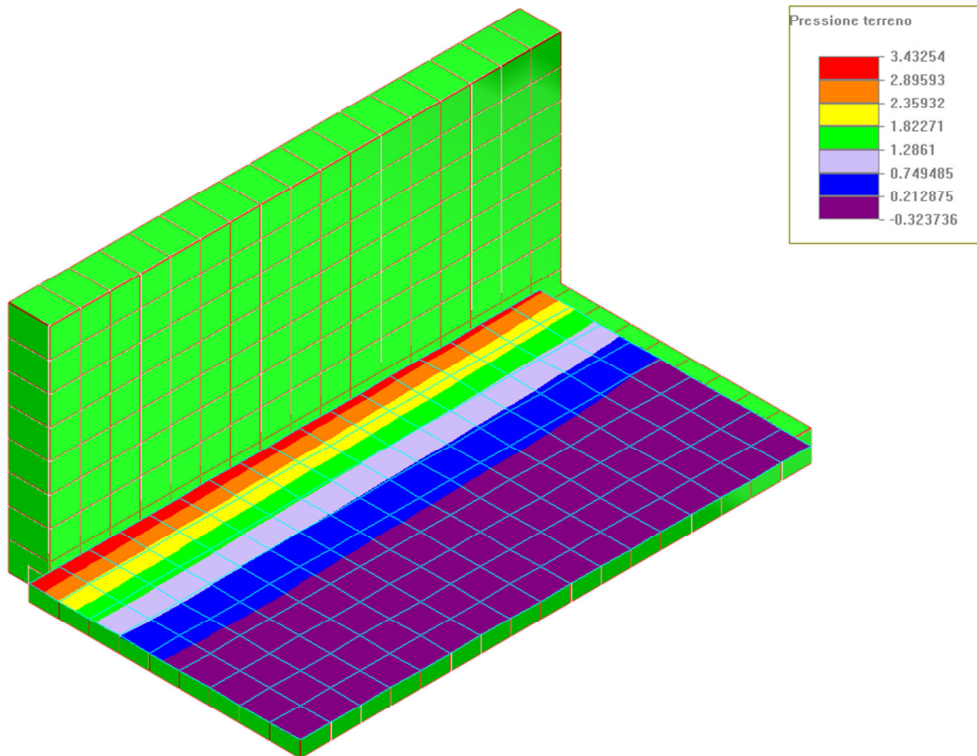
- 1 $1*1.3 + 2*1.3 + 3*1.5 + 4*1.3$
- 2 $1*1 + 2*1 + 3*1.3 + 4*1$
- 3 $1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*1 + 6*0.3$
- 4 $1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*-1 + 6*0.3$
- 5 $1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*1 + 6*-0.3$
- 6 $1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*-1 + 6*-0.3$
- 7 $1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*0.3 + 6*1$
- 8 $1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*-0.3 + 6*1$
- 9 $1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*0.3 + 6*-1$



- 10 $1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 5*-0.3 + 6*-1$
- 11 $1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*1 + 8*0.3$
- 12 $1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*-1 + 8*0.3$
- 13 $1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*1 + 8*-0.3$
- 14 $1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*-1 + 8*-0.3$
- 15 $1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*0.3 + 8*1$
- 16 $1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*-0.3 + 8*1$
- 17 $1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*0.3 + 8*-1$
- 18 $1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1 + 7*-0.3 + 8*-1$
- 19 $1*1 + 2*1 + 3*1 + 4*1$
- 20 $1*1 + 2*1 + 3*0.5 + 4*1$
- 21 $1*1 + 2*1 + 3*0.3 + 4*1$

2.5 Pressioni sul terreno

Le pressioni massime agenti sul terreno secondo la combinazione di carico più sollecitante n°3 sono evidenziato nell'immagine seguente:



DESCRIZIONE TABELLE PRESSIONI SUL TERRENO

Di seguito si riportano le spiegazioni delle sigle usate nelle



tabelle PRESSIONI SUL TERRENO.

Relativamente ad ogni caso di carico, vengono elencate, per ogni elemento strutturale (trave, platea, plinto), i valori delle pressioni di contatto terreno - struttura.

Le tabelle si differenziano in funzione del tipo di elemento cui si riferiscono (trave, platea, plinto):

TRAVI SU SUOLO ELASTICO

ELEM. numero dell' elemento
n.ro
x ascissa locale misurata dal nodo I al nodo J
Pressione valore della pressione di contatto (+ compressione)

PLATEE SU SUOLO ELASTICO

NODO numero del nodo della platea
n.ro
X coordinata X del nodo della platea
Y ' Y ' ' ' '
Z ' Z ' ' ' '
Pressione valore della pressione di contatto (+ compressione)

PLINTI SU SUOLO ELASTICO

PLINTO n.ro numero identificativo del plinto
NODO n.ro numero del nodo cui e' applicato il plinto
N sforzo normale agente sull'area d'impronta del plinto
 (compreso il peso proprio del plinto)
Mx momento agente intorno alla direzione x locale
My momento agente intorno alla direzione y locale
Press. 1 pressione di contatto nel p.to 1 (+ compressione)
Press. 2 pressione di contatto nel p.to 2 (+ compressione)
Press. 3 pressione di contatto nel p.to 3 (+ compressione)
Press. 4 pressione di contatto nel p.to 4 (+ compressione)

Per la simbologia eventualmente qui non descritta, si rimanda alla documentazione fornita con il programma.



DESCRIZIONE TABELLE PRESSIONI SUL TERRENO

Di seguito si riportano le spiegazioni delle sigle usate nelle tabelle PRESSIONI SUL TERRENO.

Relativamente ad ogni caso di carico, vengono elencate, per ogni elemento strutturale (trave, platea, plinto), i valori delle pressioni di contatto terreno - struttura.

Le tabelle si differenziano in funzione del tipo di elemento cui si riferiscono (trave, platea, plinto):

TRAVI SU SUOLO ELASTICO

ELEM. numero dell' elemento
n.ro
x ascissa locale misurata dal nodo I al nodo J
Pressione valore della pressione di contatto (+ compressione)

PLATEE SU SUOLO ELASTICO

NODO numero del nodo della platea
n.ro
X coordinata X del nodo della platea
Y ' Y ' ' ' '
Z ' Z ' ' ' '
Pressione valore della pressione di contatto (+ compressione)

PLINTI SU SUOLO ELASTICO

PLINTO n.ro numero identificativo del plinto
NODO n.ro numero del nodo cui e' applicato il plinto
N sforzo normale agente sull'area d'impronta del plinto
 (compreso il peso proprio del plinto)
Mx momento agente intorno alla direzione x locale
My momento agente intorno alla direzione y locale
Press. 1 pressione di contatto nel p.to 1 (+ compressione)
Press. 2 pressione di contatto nel p.to 2 (+ compressione)
Press. 3 pressione di contatto nel p.to 3 (+ compressione)

Press. 4 pressione di contatto nel p.to 4 (+ compressione)

Per la simbologia eventualmente qui non descritta, si rimanda alla documentazione fornita con il programma.

NODO n.ro	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	Pressione Max (Kg/cm2)	Caso n.	Comb. n.
1	100.00	100.00	0.00	3.433		3
2	365.00	100.00	0.00	0.173	4	
2	365.00	100.00	0.00	0.173		4
3	100.00	600.00	0.00	3.433		5
4	365.00	600.00	0.00	0.173	4	
4	365.00	600.00	0.00	0.173		4
5	129.44	100.00	0.00	2.363		7
6	129.44	129.41	0.00	2.304		7
7	100.00	129.41	0.00	3.413		3
8	129.44	158.82	0.00	2.296		1
9	100.00	158.82	0.00	3.388		3
10	129.44	188.24	0.00	2.297		1
11	100.00	188.24	0.00	3.363		3
12	129.44	217.65	0.00	2.296		1
13	100.00	217.65	0.00	3.337		3
14	129.44	247.06	0.00	2.295		1
15	100.00	247.06	0.00	3.311		3
16	129.44	276.47	0.00	2.294		1
17	100.00	276.47	0.00	3.286		3
18	129.44	305.88	0.00	2.294		1
19	100.00	305.88	0.00	3.261		3
20	129.44	335.29	0.00	2.293		1
21	100.00	335.29	0.00	3.236		3
22	129.44	364.71	0.00	2.293		1
23	100.00	364.71	0.00	3.236		5
24	129.44	394.12	0.00	2.294		1
25	100.00	394.12	0.00	3.261		5



26	129.44	423.53	0.00	2.294	1
27	100.00	423.53	0.00	3.286	5
28	129.44	452.94	0.00	2.295	1
29	100.00	452.94	0.00	3.311	5
30	129.44	482.35	0.00	2.296	1
31	100.00	482.35	0.00	3.337	5
32	129.44	511.76	0.00	2.297	1
33	100.00	511.76	0.00	3.363	5
34	129.44	541.18	0.00	2.296	1
35	100.00	541.18	0.00	3.388	5
36	129.44	570.59	0.00	2.304	9
37	100.00	570.59	0.00	3.413	5
38	129.44	600.00	0.00	2.363	9
39	158.89	100.00	0.00	1.621	7
40	158.89	129.41	0.00	1.581	7
41	158.89	158.82	0.00	1.580	1
42	158.89	188.24	0.00	1.582	1
43	158.89	217.65	0.00	1.582	1
44	158.89	247.06	0.00	1.581	1
45	158.89	276.47	0.00	1.580	1
46	158.89	305.88	0.00	1.580	1
47	158.89	335.29	0.00	1.579	1
48	158.89	364.71	0.00	1.579	1
49	158.89	394.12	0.00	1.580	1
50	158.89	423.53	0.00	1.580	1
51	158.89	452.94	0.00	1.581	1
52	158.89	482.35	0.00	1.582	1
53	158.89	511.76	0.00	1.582	1
54	158.89	541.18	0.00	1.580	1
55	158.89	570.59	0.00	1.581	9
56	158.89	600.00	0.00	1.621	9
57	188.33	100.00	0.00	1.082	8
58	188.33	129.41	0.00	1.048	8
59	188.33	158.82	0.00	1.029	1



60	188.33	188.24	0.00	1.033	1
61	188.33	217.65	0.00	1.034	1
62	188.33	247.06	0.00	1.034	1
63	188.33	276.47	0.00	1.033	1
64	188.33	305.88	0.00	1.032	1
65	188.33	335.29	0.00	1.032	1
66	188.33	364.71	0.00	1.032	1
67	188.33	394.12	0.00	1.032	1
68	188.33	423.53	0.00	1.033	1
69	188.33	452.94	0.00	1.034	1
70	188.33	482.35	0.00	1.034	1
71	188.33	511.76	0.00	1.033	1
72	188.33	541.18	0.00	1.029	1
73	188.33	570.59	0.00	1.048	10
74	188.33	600.00	0.00	1.082	10
75	217.78	100.00	0.00	0.735	8
76	217.78	129.41	0.00	0.713	8
77	217.78	158.82	0.00	0.685	8
78	217.78	188.24	0.00	0.663	4
79	217.78	217.65	0.00	0.654	4
80	217.78	247.06	0.00	0.645	4
81	217.78	276.47	0.00	0.637	1
82	217.78	305.88	0.00	0.636	1
83	217.78	335.29	0.00	0.636	1
84	217.78	364.71	0.00	0.636	1
85	217.78	394.12	0.00	0.636	1
86	217.78	423.53	0.00	0.637	1
87	217.78	452.94	0.00	0.645	6
88	217.78	482.35	0.00	0.654	6
89	217.78	511.76	0.00	0.663	6
90	217.78	541.18	0.00	0.685	10
91	217.78	570.59	0.00	0.713	10
92	217.78	600.00	0.00	0.735	10
93	247.22	100.00	0.00	0.529	4



94	247.22	129.41	0.00	0.524	4
95	247.22	158.82	0.00	0.518	4
96	247.22	188.24	0.00	0.512	4
97	247.22	217.65	0.00	0.505	4
98	247.22	247.06	0.00	0.500	4
99	247.22	276.47	0.00	0.494	4
100	247.22	305.88	0.00	0.490	4
101	247.22	335.29	0.00	0.486	4
102	247.22	364.71	0.00	0.486	6
103	247.22	394.12	0.00	0.490	6
104	247.22	423.53	0.00	0.494	6
105	247.22	452.94	0.00	0.500	6
106	247.22	482.35	0.00	0.505	6
107	247.22	511.76	0.00	0.512	6
108	247.22	541.18	0.00	0.518	6
109	247.22	570.59	0.00	0.524	6
110	247.22	600.00	0.00	0.529	6
111	276.67	100.00	0.00	0.395	4
112	276.67	129.41	0.00	0.392	4
113	276.67	158.82	0.00	0.389	4
114	276.67	188.24	0.00	0.385	4
115	276.67	217.65	0.00	0.381	4
116	276.67	247.06	0.00	0.378	4
117	276.67	276.47	0.00	0.375	4
118	276.67	305.88	0.00	0.373	4
119	276.67	335.29	0.00	0.372	4
120	276.67	364.71	0.00	0.372	6
121	276.67	394.12	0.00	0.373	6
122	276.67	423.53	0.00	0.375	6
123	276.67	452.94	0.00	0.378	6
124	276.67	482.35	0.00	0.381	6
125	276.67	511.76	0.00	0.385	6
126	276.67	541.18	0.00	0.389	6
127	276.67	570.59	0.00	0.392	6



128	276.67	600.00	0.00	0.395	6
129	306.11	100.00	0.00	0.281	4
130	306.11	129.41	0.00	0.280	4
131	306.11	158.82	0.00	0.277	4
132	306.11	188.24	0.00	0.275	4
133	306.11	217.65	0.00	0.274	6
134	306.11	247.06	0.00	0.275	6
135	306.11	276.47	0.00	0.275	6
136	306.11	305.88	0.00	0.275	6
137	306.11	335.29	0.00	0.274	6
138	306.11	364.71	0.00	0.274	4
139	306.11	394.12	0.00	0.275	4
140	306.11	423.53	0.00	0.275	4
141	306.11	452.94	0.00	0.275	4
142	306.11	482.35	0.00	0.274	4
143	306.11	511.76	0.00	0.275	6
144	306.11	541.18	0.00	0.277	6
145	306.11	570.59	0.00	0.280	6
146	306.11	600.00	0.00	0.281	6
147	335.56	100.00	0.00	0.182	6
148	335.56	129.41	0.00	0.187	6
149	335.56	158.82	0.00	0.190	6
150	335.56	188.24	0.00	0.193	6
151	335.56	217.65	0.00	0.193	6
152	335.56	247.06	0.00	0.193	6
153	335.56	276.47	0.00	0.191	6
154	335.56	305.88	0.00	0.189	6
155	335.56	335.29	0.00	0.186	6
156	335.56	364.71	0.00	0.186	4
157	335.56	394.12	0.00	0.189	4
158	335.56	423.53	0.00	0.191	4
159	335.56	452.94	0.00	0.193	4
160	335.56	482.35	0.00	0.193	4
161	335.56	511.76	0.00	0.193	4



162	335.56	541.18	0.00	0.190	4
163	335.56	570.59	0.00	0.187	4
164	335.56	600.00	0.00	0.182	4
165	365.00	129.41	0.00	0.175	4
165	365.00	129.41	0.00	0.175	4
166	365.00	158.82	0.00	0.177	4
166	365.00	158.82	0.00	0.177	4
167	365.00	188.24	0.00	0.179	4
167	365.00	188.24	0.00	0.179	4
168	365.00	217.65	0.00	0.180	4
168	365.00	217.65	0.00	0.180	4
169	365.00	247.06	0.00	0.180	4
169	365.00	247.06	0.00	0.180	4
170	365.00	276.47	0.00	0.180	4
170	365.00	276.47	0.00	0.180	4
171	365.00	305.88	0.00	0.180	4
171	365.00	305.88	0.00	0.180	4
172	365.00	335.29	0.00	0.180	4
172	365.00	335.29	0.00	0.180	4
173	365.00	364.71	0.00	0.180	4
173	365.00	364.71	0.00	0.180	4
174	365.00	394.12	0.00	0.180	4
174	365.00	394.12	0.00	0.180	4
175	365.00	423.53	0.00	0.180	4
175	365.00	423.53	0.00	0.180	4
176	365.00	452.94	0.00	0.180	4
176	365.00	452.94	0.00	0.180	4
177	365.00	482.35	0.00	0.180	4
177	365.00	482.35	0.00	0.180	4
178	365.00	511.76	0.00	0.179	4
178	365.00	511.76	0.00	0.179	4
179	365.00	541.18	0.00	0.177	4
179	365.00	541.18	0.00	0.177	4
180	365.00	570.59	0.00	0.175	4



180 365.00 570.59 0.00 0.175 4

2.6 Verifica dei setti in C.A.

=====

= MATERIALI E CRITERI DI PROGETTO

=====

Calcestruzzo	Acciaio in barre
Rck (Kg/cm2) : 300	fyk (Kg/cm2) : 4500.0
gammac : 1.50	gammas : 1.15
fck (Kg/cm2) : 249	fyd (Kg/cm2) : 3913.0
fcd (Kg/cm2) : 141	Es (Kg/cm2) : 2140673
fcm (Kg/cm2) : 331	
fctm (Kg/cm2) : 26	
fctk (Kg/cm2) : 18	
fctd (Kg/cm2) : 12	
fcfm (Kg/cm2) : 31	
Ecm (Kg/cm2) : 319172	
armatura minima (percentuale) : 0.00	
copriferro (cm) : 4.00	
Diametro rete base (mm) : 14.00	
Ferri intr. dir. x arm. A1 : 0.00	
dir. y arm. A1 : 1.00	
dir. z arm. A1 : 0.00	
Ferri estr. dir. x arm. A1 : 0.00	
dir. y arm. A1 : 1.00	
dir. z arm. A1 : 0.00	
intr./estr. ang.∅ A1-A2 : 90.00	
ang.∅ A1-A2 : 90.00	

Progetto armature per sforzi di: membrana

=====

= CRITERI DI PROGETTO ARMATURA IN REGIME DI LASTRA IN C.A. (EC2 APPENDICE 2 A.2.9)

=====

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM Sc1s	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
264 2.1	297 2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.1	-2.1	-0.0	-0.1	0.0
2.1	315 2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-2.1	-0.0	-0.2	0.0
2.1	316 2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-2.1	0.0	-0.2	0.0
2.1	298 2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.1	-2.1	0.0	-0.1	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM Sc1s	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
264 1.9	297 3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.8	-0.3	-0.1	0.0
1.9	315 3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.8	-0.3	-0.1	0.0
1.8	316 3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.1	-1.8	-0.3	-0.1	0.0
1.9	298 3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.1	-1.8	-0.3	-0.1	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM Sc1s	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
264 1.9	297 4	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.1	-1.8	-0.3	-0.1	0.0
1.9	315 4	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.8	-0.3	-0.1	0.0
1.9	316 4	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.1	-1.8	-0.3	-0.1	0.0
1.8	298 4	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.1	-1.8	-0.3	-0.1	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :



ELEM ScIs	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
264 1.9	297 5	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.1	-1.8	0.3	-0.1	0.0
1.8	315 5	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.1	-1.8	0.3	-0.1	0.0
1.9	316 5	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.8	0.3	-0.1	0.0
1.9	298 5	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.8	0.3	-0.1	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM ScIs	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
264 1.8	297 6	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.1	-1.8	0.3	-0.1	0.0
1.9	315 6	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.1	-1.8	0.3	-0.1	0.0
1.9	316 6	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.8	0.3	-0.1	0.0
1.9	298 6	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.1	-1.8	0.3	-0.1	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM ScIs	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
264 2.4	297 7	0.17	0.00	0.17	0.00	-0.2	-1.9	-1.0	0.3	0.0
2.3	315 7	0.14	0.00	0.14	0.00	-0.2	-1.9	-0.9	0.3	0.0
2.2	316 7	0.17	0.00	0.17	0.00	-0.1	-1.8	-0.9	0.3	0.0
2.3	298 7	0.21	0.00	0.21	0.00	-0.1	-1.8	-1.0	0.4	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :



ELEM ScIs	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
264 2.4	297 8	0.17	0.00	0.17	0.00	-0.1	-1.9	-1.0	0.3	0.0
2.3	315 8	0.13	0.00	0.13	0.00	-0.2	-1.9	-0.9	0.3	0.0
2.2	316 8	0.17	0.00	0.17	0.00	-0.1	-1.8	-0.9	0.3	0.0
2.3	298 8	0.22	0.00	0.22	0.00	-0.1	-1.8	-1.0	0.4	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM ScIs	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
264 2.3	297 9	0.21	0.00	0.21	0.00	-0.1	-1.8	1.0	0.4	0.0
2.2	315 9	0.17	0.00	0.17	0.00	-0.1	-1.8	0.9	0.3	0.0
2.3	316 9	0.14	0.00	0.14	0.00	-0.2	-1.9	0.9	0.3	0.0
2.4	298 9	0.17	0.00	0.17	0.00	-0.2	-1.9	1.0	0.3	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM ScIs	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
264 2.3	297 10	0.22	0.00	0.22	0.00	-0.1	-1.8	1.0	0.4	0.0
2.2	315 10	0.17	0.00	0.17	0.00	-0.1	-1.8	0.9	0.3	0.0
2.3	316 10	0.13	0.00	0.13	0.00	-0.2	-1.9	0.9	0.3	0.0
2.4	298 10	0.17	0.00	0.17	0.00	-0.1	-1.9	1.0	0.3	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :



ELEM ScIs	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
281 2.8	315 1	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-2.8	0.0	-0.2	0.0
2.8	21	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.3	-2.8	0.0	-0.3	0.0
2.8	23	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.3	-2.8	-0.0	-0.3	0.0
2.8	316	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-2.8	-0.0	-0.2	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM ScIs	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
281 2.2	315 2	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-2.2	0.0	-0.2	0.0
2.2	21	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-2.2	0.0	-0.2	0.0
2.2	23	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-2.2	-0.0	-0.2	0.0
2.2	316	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-2.2	-0.0	-0.2	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM ScIs	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
281 2.0	315 3	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.9	-0.3	-0.1	0.0
2.0	21	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.9	-0.3	-0.2	0.0
1.9	23	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.9	-0.3	-0.1	0.0
1.9	316	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.9	-0.3	-0.1	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :



ELEM ScIs	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
281 2.0	315 4	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.9	-0.3	-0.1	0.0
2.0	21 4	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.9	-0.3	-0.2	0.0
1.9	23 4	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.9	-0.3	-0.1	0.0
1.9	316 4	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.1	-1.9	-0.3	-0.1	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM ScIs	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
281 1.9	315 5	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.9	0.3	-0.1	0.0
1.9	21 5	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.9	0.3	-0.1	0.0
2.0	23 5	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.9	0.3	-0.2	0.0
2.0	316 5	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.9	0.3	-0.1	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM ScIs	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
281 1.9	315 6	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.1	-1.9	0.3	-0.1	0.0
1.9	21 6	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.9	0.3	-0.1	0.0
2.0	23 6	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.9	0.3	-0.2	0.0
2.0	316 6	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.2	-1.9	0.3	-0.1	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM ScIs	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
281 2.4	315 7	0.14	0.00	0.14	0.00	-0.2	-2.0	-1.0	0.3	0.0
2.4	21 7	0.09	0.00	0.09	0.00	-0.2	-2.0	-0.9	0.2	0.0
2.3	23 7	0.15	0.00	0.15	0.00	-0.2	-1.8	-0.9	0.3	0.0
2.4	316 7	0.21	0.00	0.21	0.00	-0.1	-1.8	-1.0	0.4	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM ScIs	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
281 2.4	315 8	0.14	0.00	0.14	0.00	-0.2	-2.0	-1.0	0.3	0.0
2.4	21 8	0.09	0.00	0.09	0.00	-0.2	-2.0	-0.9	0.2	0.0
2.3	23 8	0.15	0.00	0.15	0.00	-0.2	-1.8	-0.9	0.3	0.0
2.4	316 8	0.21	0.00	0.21	0.00	-0.1	-1.8	-1.0	0.4	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :

ELEM ScIs	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
281 2.4	315 9	0.21	0.00	0.21	0.00	-0.1	-1.8	1.0	0.4	0.0
2.3	21 9	0.15	0.00	0.15	0.00	-0.2	-1.8	0.9	0.3	0.0
2.4	23 9	0.09	0.00	0.09	0.00	-0.2	-2.0	0.9	0.2	0.0
2.4	316 9	0.14	0.00	0.14	0.00	-0.2	-2.0	1.0	0.3	0.0

DIMENSIONAMENTO ARMATURE PER COMPORTAMENTO A LASTRA :



ELEM ScIs	NODO COMB	A1i	A2i	A1e	A2e	N1d	N2d	N12d	Ftd1	Ftd2
n.ro Kg/cm2	n.ro	cm2/m	cm2/m	cm2/m	cm2/m	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	Kg/cm2
281 2.4	315 10	0.21	0.00	0.21	0.00	-0.1	-1.8	1.0	0.4	0.0
	21	0.15	0.00	0.15	0.00	-0.2	-1.8	0.9	0.3	0.0
2.3	10									
	23	0.09	0.00	0.09	0.00	-0.2	-2.0	0.9	0.2	0.0
2.4	10									
	316	0.14	0.00	0.14	0.00	-0.2	-2.0	1.0	0.3	0.0
2.4	10									

=====

= VERIFICA TENSIONI PER COMBINAZIONI SLE SLE RARE, FREQUENTI, PERMANENTI

=====

Legenda:

- ELEM n.ro numero di elemento
- NODO n.ro numero di nodo appartenente all'elemento
- A1intr armatura di intradosso in dir. 1 espressa in cm2/metro
- A2intr ' ' ' in dir. 2 ' '
- Alestr armatura di estradosso in dir. 1 espressa in cm2/metro
- A2estr ' ' ' in dir. 2 ' '
- Sc max tensione max (in senso algebrico) nel cls (poiche' le tensioni di compressione sono negative, scmax e' = 0.)
- Sc min tensione min (in senso algebrico) nel cls (in valore assoluto e'la massima tensione di compressione nel cls)
- Sf max tensione max (in senso algebrico) nell'acciaio (e' la massima trazione nell'acciaio o la minima compressione, in valore assoluto)
- Sf min tensione min (in senso algebrico) nell'acciaio (e' la minima trazione nell'acciaio o la massima compressione, in valore assoluto)

Valori Tensioni massime per verifica SLE calcestruzzo e acciaio in barre:

Comb. RARE Sf : 3600 Kg/cm2

Comb. RARE Sc : 149 Kg/cm2

Comb. RARE Sc : 112 Kg/cm2

Codice : v = verificato (i.e campo vuoto)

: nv = non verificato, se Sc o Sf > tensioni massime SLE

VERIFICA TENSIONI PER COMBINAZIONI SLE RARE

ELEM Codice	NODO n.ro	A1intr (cm2/m)	A2intr (cm2/m)	Alestr (cm2/m)	A2estr (cm2/m)	SCmin (Kg/cm2)	SCmax (Kg/cm2)	SFmin (Kg/cm2)	SFmax (Kg/cm2)	C O M B
264 19	297	0.22	0.00	0.22	0.00	-0.1	0.0	-2.1	0.0	
	315	0.17	0.00	0.17	0.00	-0.2	0.0	-2.5	0.0	
	316	0.17	0.00	0.17	0.00	-0.2	0.0	-2.5	0.0	
	298	0.22	0.00	0.22	0.00	-0.1	0.0	-2.1	0.0	
281 19	315	0.21	0.00	0.21	0.00	-0.2	0.0	-2.6	0.0	
	21	0.15	0.00	0.15	0.00	-0.2	0.0	-3.2	0.0	
	23	0.15	0.00	0.15	0.00	-0.2	0.0	-3.2	0.0	
	316	0.21	0.00	0.21	0.00	-0.2	0.0	-2.6	0.0	

VERIFICA TENSIONI PER COMBINAZIONI SLE FREQUENTI

ELEM Codice	NODO n.ro	A1intr (cm2/m)	A2intr (cm2/m)	Alestr (cm2/m)	A2estr (cm2/m)	SCmin (Kg/cm2)	SCmax (Kg/cm2)	SFmin (Kg/cm2)	SFmax (Kg/cm2)	C O M B
264 20	297	0.22	0.00	0.22	0.00	-0.1	0.0	-2.0	0.0	
	315	0.17	0.00	0.17	0.00	-0.2	0.0	-2.3	0.0	
	316	0.17	0.00	0.17	0.00	-0.2	0.0	-2.3	0.0	
	298	0.22	0.00	0.22	0.00	-0.1	0.0	-2.0	0.0	
281 20	315	0.21	0.00	0.21	0.00	-0.2	0.0	-2.4	0.0	



21	0.15	0.00	0.15	0.00	-0.2	0.0	-3.0	0.0
23	0.15	0.00	0.15	0.00	-0.2	0.0	-3.0	0.0
316	0.21	0.00	0.21	0.00	-0.2	0.0	-2.4	0.0

VERIFICA TENSIONI PER COMBINAZIONI SLE QUASI PERMANENTI

ELEM	NODO	A1intr	A2intr	A1estr	A2estr	SCmin	SCmax	SFmin	SFmax	C
n.ro	n.ro	(cm2/m)	(cm2/m)	(cm2/m)	(cm2/m)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	(Kg/cm2)	O
										M
										B
264	297	0.22	0.00	0.22	0.00	-0.1	0.0	-1.9	0.0	
21										
	315	0.17	0.00	0.17	0.00	-0.2	0.0	-2.3	0.0	
	316	0.17	0.00	0.17	0.00	-0.2	0.0	-2.3	0.0	
	298	0.22	0.00	0.22	0.00	-0.1	0.0	-1.9	0.0	
281	315	0.21	0.00	0.21	0.00	-0.2	0.0	-2.4	0.0	
21										
	21	0.15	0.00	0.15	0.00	-0.2	0.0	-2.9	0.0	
	23	0.15	0.00	0.15	0.00	-0.2	0.0	-2.9	0.0	
	316	0.21	0.00	0.21	0.00	-0.2	0.0	-2.4	0.0	
9	21	0.32	2.36	1.09	9.92					
	23	0.32	2.36	1.09	9.92					
	22	0.34	2.38	1.12	9.94					
	20	0.34	2.38	1.12	9.94					
26	20	0.22	0.73	1.22	10.31					
	22	0.22	0.73	1.22	10.31					
	48	0.22	0.74	1.23	10.31					
	47	0.22	0.74	1.23	10.31					
264	297	0.22	0.00	0.22	0.00					
	315	0.17	0.00	0.17	0.00					
	316	0.17	0.00	0.17	0.00					
	298	0.22	0.00	0.22	0.00					



281	315	0.21	0.00	0.21	0.00
	21	0.15	0.00	0.15	0.00
	23	0.15	0.00	0.15	0.00
	316	0.21	0.00	0.21	0.00

3 Fascicolo dei calcoli

=====

DATI : PARAMETRI SISMICI

=====

Normativa sismica : NTC 17/01/2018

Metodo di Analisi : Analisi Statica Lineare

Quota fondazioni : 0.00

Angolo ingresso sisma dir.1-Asse x : 0.0

Angolo ingresso sisma dir.2-Asse x : 90.0

Categoria suolo : E

Zona topografica : 1

Coeff. smorzamento : 5.00

Coeff.comportamento per sisma SLU oriz.dir.1: 1.00

' ' ' dir.2: 1.00

' ' ' vert. : 1.00

Coeff.comportamento per sisma SLE oriz.dir.1: 1.00

' ' ' dir.2: 1.00

' ' ' vert. : 1.00

ag per SLU : 0.087 (g)

F0 per SLU : 2.532

Tc* per SLU : 0.297 sec.

ag per SLE : 0.038 (g)

F0 per SLE : 2.555

Tc* per SLE : 0.243 sec.

Primo periodo di vibrazione struttura :

=====

TABELLA SPETTRO DI RISPOSTA ORIZZONTALE S.L.U.

=====



PUNTO n.ro	PERIODO (sec)	a/g
1	0.00	0.13920
2	0.05	0.19171
3	0.09	0.24421
4	0.14	0.29672
5	0.18	0.34922
6	0.23	0.35245
7	0.27	0.35245
8	0.32	0.35245
9	0.36	0.35245
10	0.41	0.35245
11	0.46	0.35245
12	0.50	0.35245
13	0.55	0.35245
14	0.59	0.33035
15	0.64	0.30675
16	0.68	0.28630
17	0.73	0.26841
18	0.77	0.25262
19	0.82	0.23858
20	0.87	0.22603
21	0.91	0.21473
22	0.96	0.20450
23	1.00	0.19520
24	1.05	0.18672
25	1.09	0.17894
26	1.14	0.17178
27	1.18	0.16517
28	1.23	0.15906
29	1.28	0.15338
30	1.32	0.14809
31	1.37	0.14315



32	1.41	0.13853
33	1.46	0.13420
34	1.50	0.13014
35	1.55	0.12631
36	1.59	0.12270
37	1.64	0.11929
38	1.69	0.11607
39	1.73	0.11301
40	1.78	0.11012
41	1.82	0.10736
42	1.87	0.10474
43	1.91	0.10225
44	1.96	0.09932
45	2.00	0.09485
46	2.05	0.09069
47	2.10	0.08679
48	2.14	0.08313
49	2.19	0.07970
50	2.23	0.07648
51	2.28	0.07345
52	2.32	0.07060
53	2.37	0.06791
54	2.41	0.06537
55	2.46	0.06298
56	2.51	0.06071
57	2.55	0.05856
58	2.60	0.05652
59	2.64	0.05459
60	2.69	0.05275
61	2.73	0.05101
62	2.78	0.04935
63	2.82	0.04777
64	2.87	0.04627
65	2.92	0.04483



66	2.96	0.04346
67	3.01	0.04216
68	3.05	0.04091
69	3.10	0.03971
70	3.14	0.03857
71	3.19	0.03748
72	3.23	0.03643
73	3.28	0.03542
74	3.33	0.03446
75	3.37	0.03353
76	3.42	0.03265
77	3.46	0.03179
78	3.51	0.03097
79	3.55	0.03018
80	3.60	0.02942
81	3.64	0.02869
82	3.69	0.02799
83	3.74	0.02731
84	3.78	0.02666
85	3.83	0.02603
86	3.87	0.02542
87	3.92	0.02483
88	3.96	0.02426
89	4.01	0.02371
90	4.05	0.02318

=====

TABELLA SPETTRO DI RISPOSTA ORIZZONTALE S.L.D.

=====

PUNTO	PERIODO	a/g
n.ro	(sec)	
1	0.00	0.06080
2	0.05	0.08706



3	0.09	0.11331
4	0.14	0.13957
5	0.18	0.15534
6	0.23	0.15534
7	0.27	0.15534
8	0.32	0.15534
9	0.36	0.15534
10	0.41	0.15534
11	0.46	0.15534
12	0.50	0.15255
13	0.55	0.13984
14	0.59	0.12908
15	0.64	0.11986
16	0.68	0.11187
17	0.73	0.10488
18	0.77	0.09871
19	0.82	0.09323
20	0.87	0.08832
21	0.91	0.08390
22	0.96	0.07991
23	1.00	0.07628
24	1.05	0.07296
25	1.09	0.06992
26	1.14	0.06712
27	1.18	0.06454
28	1.23	0.06215
29	1.28	0.05993
30	1.32	0.05787
31	1.37	0.05594
32	1.41	0.05413
33	1.46	0.05244
34	1.50	0.05085
35	1.55	0.04936
36	1.59	0.04795



37	1.64	0.04661
38	1.69	0.04535
39	1.73	0.04416
40	1.78	0.04243
41	1.82	0.04034
42	1.87	0.03839
43	1.91	0.03659
44	1.96	0.03490
45	2.00	0.03334
46	2.05	0.03187
47	2.10	0.03050
48	2.14	0.02922
49	2.19	0.02801
50	2.23	0.02688
51	2.28	0.02581
52	2.32	0.02481
53	2.37	0.02387
54	2.41	0.02298
55	2.46	0.02213
56	2.51	0.02133
57	2.55	0.02058
58	2.60	0.01986
59	2.64	0.01918
60	2.69	0.01854
61	2.73	0.01793
62	2.78	0.01734
63	2.82	0.01679
64	2.87	0.01626
65	2.92	0.01576
66	2.96	0.01527
67	3.01	0.01482
68	3.05	0.01438
69	3.10	0.01396
70	3.14	0.01356



71	3.19	0.01317
72	3.23	0.01280
73	3.28	0.01245
74	3.33	0.01211
75	3.37	0.01179
76	3.42	0.01147
77	3.46	0.01117
78	3.51	0.01088
79	3.55	0.01061
80	3.60	0.01034
81	3.64	0.01008
82	3.69	0.00984
83	3.74	0.00960
84	3.78	0.00937
85	3.83	0.00915
86	3.87	0.00893
87	3.92	0.00873
88	3.96	0.00853
89	4.01	0.00833
90	4.05	0.00815

=====
TABELLA SPETTRO DI RISPOSTA VERTICALE S.L.U.
=====

PUNTO	PERIODO	a/g
n.ro	(sec)	
1	0.00	0.03464
2	0.05	0.08300
3	0.09	0.08772
4	0.14	0.08772
5	0.18	0.07220
6	0.23	0.05776
7	0.27	0.04814



8	0.32	0.04126
9	0.36	0.03610
10	0.41	0.03209
11	0.46	0.02888
12	0.50	0.02626
13	0.55	0.02407
14	0.59	0.02222
15	0.64	0.02063
16	0.68	0.01925
17	0.73	0.01805
18	0.77	0.01740
19	0.82	0.01740
20	0.87	0.01740
21	0.91	0.01740
22	0.96	0.01740
23	1.00	0.01740
24	1.05	0.01740
25	1.09	0.01740
26	1.14	0.01740
27	1.18	0.01740
28	1.23	0.01740
29	1.28	0.01740
30	1.32	0.01740
31	1.37	0.01740
32	1.41	0.01740
33	1.46	0.01740
34	1.50	0.01740
35	1.55	0.01740
36	1.59	0.01740
37	1.64	0.01740
38	1.69	0.01740
39	1.73	0.01740
40	1.78	0.01740
41	1.82	0.01740



42	1.87	0.01740
43	1.91	0.01740
44	1.96	0.01740
45	2.00	0.01740
46	2.05	0.01740
47	2.10	0.01740
48	2.14	0.01740
49	2.19	0.01740
50	2.23	0.01740
51	2.28	0.01740
52	2.32	0.01740
53	2.37	0.01740
54	2.41	0.01740
55	2.46	0.01740
56	2.51	0.01740
57	2.55	0.01740
58	2.60	0.01740
59	2.64	0.01740
60	2.69	0.01740
61	2.73	0.01740
62	2.78	0.01740
63	2.82	0.01740
64	2.87	0.01740
65	2.92	0.01740
66	2.96	0.01740
67	3.01	0.01740
68	3.05	0.01740
69	3.10	0.01740
70	3.14	0.01740
71	3.19	0.01740
72	3.23	0.01740
73	3.28	0.01740
74	3.33	0.01740
75	3.37	0.01740



76	3.42	0.01740
77	3.46	0.01740
78	3.51	0.01740
79	3.55	0.01740
80	3.60	0.01740
81	3.64	0.01740
82	3.69	0.01740
83	3.74	0.01740
84	3.78	0.01740
85	3.83	0.01740
86	3.87	0.01740
87	3.92	0.01740
88	3.96	0.01740
89	4.01	0.01740
90	4.05	0.01740

=====

TABELLA SPETTRO DI RISPOSTA VERTICALE S.L.D.

=====

PUNTO	PERIODO	a/g
n.ro	(sec)	
1	0.00	0.01000
2	0.05	0.02417
3	0.09	0.02555
4	0.14	0.02555
5	0.18	0.02103
6	0.23	0.01683
7	0.27	0.01402
8	0.32	0.01202
9	0.36	0.01052
10	0.41	0.00935
11	0.46	0.00841
12	0.50	0.00765



13	0.55	0.00701
14	0.59	0.00647
15	0.64	0.00601
16	0.68	0.00561
17	0.73	0.00526
18	0.77	0.00495
19	0.82	0.00467
20	0.87	0.00443
21	0.91	0.00421
22	0.96	0.00401
23	1.00	0.00382
24	1.05	0.00349
25	1.09	0.00321
26	1.14	0.00295
27	1.18	0.00273
28	1.23	0.00253
29	1.28	0.00236
30	1.32	0.00220
31	1.37	0.00205
32	1.41	0.00192
33	1.46	0.00180
34	1.50	0.00170
35	1.55	0.00160
36	1.59	0.00151
37	1.64	0.00142
38	1.69	0.00135
39	1.73	0.00128
40	1.78	0.00121
41	1.82	0.00115
42	1.87	0.00110
43	1.91	0.00105
44	1.96	0.00100
45	2.00	0.00095
46	2.05	0.00091



47	2.10	0.00087
48	2.14	0.00084
49	2.19	0.00080
50	2.23	0.00077
51	2.28	0.00074
52	2.32	0.00071
53	2.37	0.00068
54	2.41	0.00066
55	2.46	0.00063
56	2.51	0.00061
57	2.55	0.00059
58	2.60	0.00057
59	2.64	0.00055
60	2.69	0.00053
61	2.73	0.00051
62	2.78	0.00050
63	2.82	0.00048
64	2.87	0.00047
65	2.92	0.00045
66	2.96	0.00044
67	3.01	0.00042
68	3.05	0.00041
69	3.10	0.00040
70	3.14	0.00039
71	3.19	0.00038
72	3.23	0.00037
73	3.28	0.00036
74	3.33	0.00035
75	3.37	0.00034
76	3.42	0.00033
77	3.46	0.00032
78	3.51	0.00031
79	3.55	0.00030
80	3.60	0.00030



81	3.64	0.00029
82	3.69	0.00028
83	3.74	0.00027
84	3.78	0.00027
85	3.83	0.00026
86	3.87	0.00026
87	3.92	0.00025
88	3.96	0.00024
89	4.01	0.00024
90	4.05	0.00023

9 RELAZIONE DI CALCOLO DEI MURI GETTAI IN OPERA (CANALE)

9.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il tratto a monte del canale del rio Fulle si sovrappone in parte a quello esistente, allargandosi lievemente verso via Rio Fulle. Il vecchio muro d'argine in sponda destra verrà quindi demolito e ricostruito in c.a., mentre il muro in sponda sinistra verrà realizzato ex-novo in adiacenza a quello esistente. E' prevista la plateazione del fondo, che formerà con i muri d'argine un profilo "a U".

Normative di riferimento:

NTC 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» - D.M. 17 gennaio 2018

NTC 2008 - 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:

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

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

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

Avendo indicato con:

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

Valori limite di K_a :

$d < (\beta - \varphi)$ secondo Muller-Breslau

γ_t = Peso unità di volume del terreno;

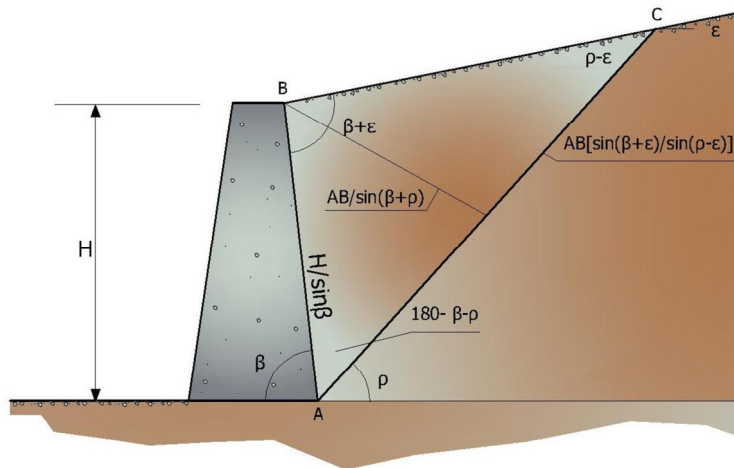
β = Inclinazione della parete interna rispetto al piano orizzontale passante per il piede;

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.



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

Calcolo della spinta attiva con Rankine

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

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

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

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

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

Calcolo della spinta attiva con Mononobe & Okabe

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

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

con k_h coefficiente sismico orizzontale e k_v verticale.

Calcolo coefficienti sismici

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

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

dove

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

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

g = accelerazione di gravità.

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

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

dove

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

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

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

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

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

Per muri non liberi 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.

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

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

β_m coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito; per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno il coefficiente β_m assume valore unitario. Per i muri liberi di traslare o ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuto al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di studi specifici, si assume che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

a_{\max} = Accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = Accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

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

S = coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_S e di amplificazione topografica S_T .

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

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

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

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

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

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

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

γ_I = Fattore di importanza;

S = Soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E);



$a_g = a_{gRYI}$ è la “design ground acceleration on type A ground”.

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

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

Effetto dovuto alla coesione

La coesione induce delle pressioni negative costanti pari a:

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

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

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

dove

Q = Carico agente sul terrapieno.

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

$$S_c = P_c \cdot H$$

con punto di applicazione pari a $H/2$.

Carico uniforme sul terrapieno

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

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

Per integrazione, una spinta pari a S_q :

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

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

Spinta attiva in condizioni sismiche

In presenza di sisma la forza di calcolo esercitata dal terrapieno sul muro è data da:

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

Dove:

H = Altezza muro;

k_v = Coefficiente sismico verticale;

g = Peso per unità di volume del terreno;

K = Coefficienti di spinta attiva totale (statico + dinamico);

E_{ws} = Spinta idrostatica dell'acqua;

E_{wd} = Spinta idrodinamica.

Per terreni impermeabili la spinta idrodinamica $E_{wd} = 0$, ma viene effettuata una correzione sulla valutazione dell'angolo ϑ della formula di Mononobe & Okabe così come di seguito:



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

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

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

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

Spinta idrostatica

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

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

Con risultante pari a:

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

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

Resistenza passiva

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

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



per integrazione si ottiene la spinta passiva:

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

Avendo indicato con:

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

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

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

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

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

Carico limite di fondazioni superficiali su terreni

VESIC - Analisi a breve termine

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

$$V_d \leq R_d$$

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:

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

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;

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

d_c = Fattore di profondità;

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

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

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

A_f = Area efficace della fondazione;

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

VESIC - Analisi a lungo termine

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

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

Dove:

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

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

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

Fattori di forma

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

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

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

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

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

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

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

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

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

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

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

$$d_\gamma = 1$$

HANSEN - Analisi a breve termine

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

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 nastroformi;

d_c = Fattore di profondità;

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

i_c = Fattore correttivo di inclinazione del carico;

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

A_f = Area efficace della fondazione;

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

HANSEN- Analisi a lungo termine

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

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

Dove:

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

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

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

Fattori di forma

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

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

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

per forma rettangolare, quadrata o circolare.

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

per fondazione nastroforme

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

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

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

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

Fattori di profondità

$$d_c = 1 + 0.4K$$

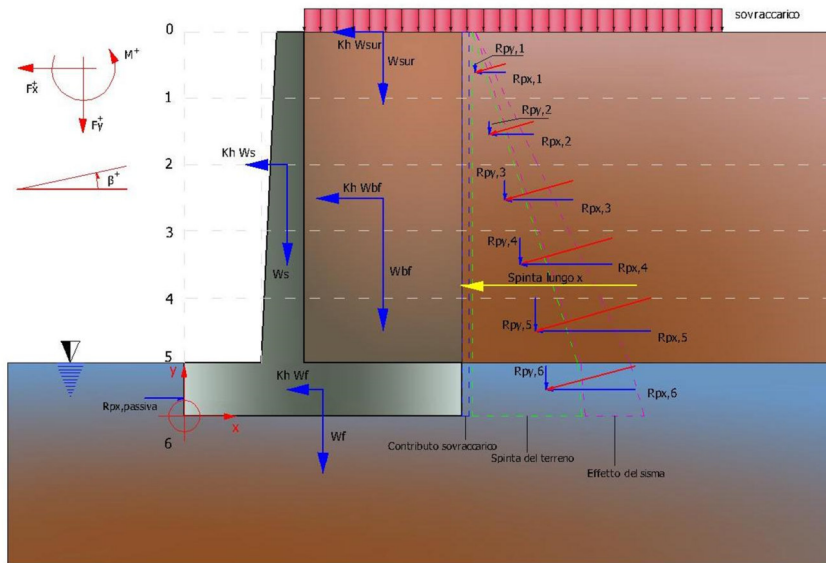
$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi) \cdot K$$

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

$$d_\gamma = 1$$

Sollecitazioni muro

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



Schema delle forze agenti su un muro e convenzioni sui segni

Calcolo delle spinte per le verifiche globali

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

Convenzione segni

Forze verticali positive se dirette dall'alto verso il basso;

Forze orizzontali positive se dirette da monte verso valle;

Coppie positive se antiorarie;

Angoli positivi se antiorari.

Dati generali

Codice progetto	Fulle
Descrizione	Muro canale
Comune di	Genova Via san Quirico -Rio fulle
Tecnico	Dot. ing. Luciano Siri
Zona	Condizioni ambientali Ordinarie Genova Via San quirico
Lat./Long. [WGS84]	44.405649/8.946256
Normativa GEO	NTC 2018
Normativa STR	NTC 2018

Spinta

Mononobe & Okabe [M.O. 1929]

Dati generali muro

Altezza muro	260,0 cm
Spessore testa muro	30,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	150,0 cm
Sporgenza mensola a monte	10,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	30,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	30,0 cm

Coefficienti sismici [N.T.C.]**Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,235	2,526	0,187
S.L.D.	50,0	0,304	2,53	0,209
S.L.V.	475,0	0,696	2,533	0,286
S.L.C.	975,0	0,892	2,523	0,294

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Classe II
--------	-----------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,376	0,0	0,0	0,0
S.L.D.	0,4864	0,47	0,0233	0,0117
S.L.V.	1,1136	0,38	0,0432	0,0216
S.L.C.	1,4272	0,0	0,0	0,0

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	29960	20	11.33	1.03	2.21
2	C25/30	30	31470	25	14.16	1.19	2.56
3	C28/35	35	32300	28	15.86	1.28	2.76
4	C40/50	50	35220	40	19.83	1.49	3.2

Acciai:

Nr.	Classe acciaio	Es [Mpa]	fyk [Mpa]	fyd [Mpa]	ftk [Mpa]	ftd [Mpa]	ep_tk	epd_ult	β1*β2 iniziale	β1*β2 finale
1	B450C	200000	450	391.3	540	391.3	0.075	0.0675	1	0.5
2	B450C*	200000	450	391.3	540	450	0.075	0.0675	1	0.5

3	B450C**	200000	450	391.3	458.3	398.5	0.012	0.01	1	0.5
4	S235H	200000	240	210	360	210	0.012	0.01	1	0.5
5	S275H	200000	280	243	460	244	0.012	0.01	1	0.5
6	S355H	200000	360	312	510	360	0.012	0.01	1	0.5

Materiali impiegati realizzazione muro C25/30 B450C
 Copriferro, Elevazione 3,0 cm
 Copriferro, Fondazione 3,0 cm
 Copriferro, Dente di fondazione 3,0 cm

Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	590	0	18.63	33	0.00	24	No		Ghiaia con sabbia o ghiaia sabbiosa

FATTORI DI COMBINAZIONE

A1+M1+R3

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

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

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1.4
2	Scorrimento	1.1
3	Partecipazione spinta passiva	1.4
	Ribaltamento	1.15

A_Unitari+M1+RSLV

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

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

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1.2
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1.2
	Ribaltamento	1

A Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%)

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

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

Nr.	Verifica	Coefficienti resistenze
1	Carico limite	1.2
2	Scorrimento	1
3	Partecipazione spinta passiva	1.2
	Ribaltamento	1

A1+M1+R3 [GEO+STR]

1.1 CALCOLO SPINTE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coazione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
290,0	238,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
238,0	186,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
186,0	134,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
134,0	82,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
82,0	30,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	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}
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

Q_i Quota iniziale strato (cm)
 Q_f Quota finale strato (cm)
 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	290,0	238,0	0,79	0,35	255,33	255,33
2	238,0	186,0	2,37	1,06	209,11	209,11
3	186,0	134,0	3,95	1,76	158,27	158,27
4	134,0	82,0	5,53	2,46	106,76	106,76
5	82,0	30,0	7,11	3,17	55,04	55,04

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

P_y Peso del muro (kN);
 P_x Forza inerziale (kN);
 X_p, Y_p Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	P_x	P_y	X_p	Y_p
238,0	0,0	3,9	165,0	264,0
186,0	0,0	7,8	165,0	238,0
134,0	0,0	11,7	165,0	212,0
82,0	0,0	15,6	165,0	186,0
30,0	0,0	19,5	165,0	160,0

Sollecitazioni sul muro

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

Quota	F_x	F_y	M	H
238,0	0,79	4,25	0,08	30,0
186,0	3,16	9,21	0,88	30,0
134,0	7,11	14,87	3,22	30,0

82,0	12,64	21,23	7,92	30,0
30,0	19,76	28,3	15,8	30,0

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

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	4,39	61,57	S	121,16	0,0	150,34
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	9,6	62,2	S	121,23	0,0	37,61
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	15,16	62,86	S	121,3	0,0	16,72
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	21,48	63,62	S	121,39	0,0	9,41
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	29,11	64,52	S	121,49	0,0	6,03

1.2 VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(xr1, yr1) = (190,0/0,0)$
Piano di rottura passante per $(xr2, yr2) = (190,0/290,0)$
Centro di rotazione $(xro, yro) = (0,0/0,0)$

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
290,0	238,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
238,0	186,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
186,0	134,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
134,0	82,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
82,0	30,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
30,0	0,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	290,0	238,0	0,73	0,48	255,33	255,33
2	238,0	186,0	2,2	1,43	209,11	209,11
3	186,0	134,0	3,67	2,39	158,27	158,27
4	134,0	82,0	5,14	3,34	106,76	106,76
5	82,0	30,0	6,61	4,3	55,04	55,04
6	30,0	0,0	4,5	2,87	14,71	14,8

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
30,0	0,0	18,63	180,0	33,0	24,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Kp	Kpx	Kpy
204,0	3,39	-3,1	-1,38

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

Z(Rpy) Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);		Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1		30,0	0,0	-2,6	-1,16	10,0	10,0

Sollecitazioni totali

	Fx	Fy	M
Fx	Forza in direzione x (kN);		
Fy	Forza in direzione y (kN);		
M	Momento (kNm);		
	Fx	Fy	M
Spinta terreno	22,88	14,8	-6,03
Peso muro	0,0	19,5	-32,18
Peso fondazione	0,0	14,25	-13,54
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	6,3	-11,65
Spinte fondazione	-2,6	-1,16	-0,26
	20,28	53,69	-63,65

Momento stabilizzante	-85,49 kNm
Momento ribaltante	21,84 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	22,88 kN
Sommatoria forze verticali	54,85 kN
Coefficiente di attrito	0,65
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	54,85 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	22,88 kN
Resistenza terreno	38,22 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,52
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-85,49 kNm
Momento ribaltante	21,84 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	3,4
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	20,28 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	53,69 kN
Somma momenti	-63,65 kNm
Larghezza fondazione	190,0 cm
Lunghezza	6600,0 cm
Eccentricità su B	23,54 cm
Peso unità di volume	18,63 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	33,0 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	30,0 cm

Peso terreno sul piano di posa	18,63 KN/m ³
Nq	26,09
Nc	38,64
Ng	35,19
Fattori di forma	
sq	1,01
sc	1,01
sg	0,99
Inclinazione carichi	
iq	0,39
ic	0,37
ig	0,24
Fattori di profondità	
dq	1,06
dc	1,08
dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	248,93 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	3,31

Carico limite verificato Csq>1**Tensioni sul terreno**

Ascissa centro sollecitazione	118,54 cm
Larghezza della fondazione	190,0 cm
x = 0.0 cm	7.25 kPa
x = 190.0 cm	49.27 kPa

MENSOLA A VALLE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
150,0	-2,6	-25,66	-13,76	30,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	2,9	61,39	S	121,13	0,0	4,63

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
180,0	4,5	15,58	-1,53	30,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	4,39	61,57	S	121,16	0,0	7,63

A_Unitari+M1+RSLV [GEO+STR]**CALCOLO SPINTE****Discretizzazione terreno**

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
290,0	238,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
238,0	186,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
186,0	134,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
134,0	82,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
82,0	30,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

Dkx, Dky Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	290,0	238,0	0,61	0,27	255,33	255,33
2	238,0	186,0	1,82	0,81	209,11	209,11
3	186,0	134,0	3,04	1,35	158,27	158,27
4	134,0	82,0	4,26	1,89	106,76	106,76
5	82,0	30,0	5,47	2,44	55,04	55,04

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

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

Quota	Px	Py	Xp	Yp
238,0	0,0	3,9	165,0	264,0
186,0	0,0	7,8	165,0	238,0
134,0	0,0	11,7	165,0	212,0
82,0	0,0	15,6	165,0	186,0
30,0	0,0	19,5	165,0	160,0

Sollecitazioni sul muro

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

Quota	Fx	Fy	M	H
238,0	0,61	4,17	0,06	30,0
186,0	2,43	8,88	0,68	30,0
134,0	5,47	14,14	2,48	30,0
82,0	9,73	19,93	6,09	30,0
30,0	15,2	26,27	12,16	30,0

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

Afv Area dei ferri lato valle.

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

Afv	Afm	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	4,39	61,57	S	121,16	0,0	195,44
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	8,86	62,11	S	121,22	0,0	48,89
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	14,42	62,77	S	121,29	0,0	21,74
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	20,34	63,48	S	121,37	0,0	12,24
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	26,83	64,25	S	121,46	0,0	7,84

1.3 VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(xr1,yr1) = (190,0/0,0)$
Piano di rottura passante per $(xr2,yr2) = (190,0/290,0)$
Centro di rotazione $(xro,yro) = (0,0/0,0)$

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
290,0	238,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
238,0	186,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
186,0	134,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
134,0	82,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
82,0	30,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
30,0	0,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0

33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	290,0	238,0	0,57	0,37	255,33	255,33
2	238,0	186,0	1,7	1,1	209,11	209,11
3	186,0	134,0	2,83	1,84	158,27	158,27
4	134,0	82,0	3,96	2,57	106,76	106,76
5	82,0	30,0	5,09	3,3	55,04	55,04
6	30,0	0,0	3,46	2,21	14,71	14,8

1.4 SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
30,0	0,0	18,63	180,0	33,0	24,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Kp	Kpx	Kpy
204,0	3,39	-3,1	-1,38

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	30,0	0,0	-2,6	-1,16	10,0	10,0

Sollecitazioni totali

	Fx	Fy	M
	Forza in direzione x (kN);		
		Forza in direzione y (kN);	
			Momento (kNm);
	Fx	Fy	M
Spinta terreno	17,6	11,39	-4,64
Peso muro	0,0	19,5	-32,18
Peso fondazione	0,0	14,25	-13,54
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	4,84	-8,96
Spinte fondazione	-2,6	-1,16	-0,26
	15,0	48,82	-59,57

Momento stabilizzante	-76,31 kNm
Momento ribaltante	16,74 kNm

Verifica alla traslazione

Sommatoria forze orizzontali	17,6 kN
Sommatoria forze verticali	49,98 kN
Coefficiente di attrito	0,65
Adesione	0,0 kPa
Angolo piano di scorrimento	-360,0 °
Forze normali al piano di scorrimento	49,98 kN
Forze parall. al piano di scorrimento	17,6 kN
Resistenza terreno	35,06 kN
Coeff. sicurezza traslazione Csd	1,99
Traslazione verificata Csd>1	

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-76,31 kNm
Momento ribaltante	16,74 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	4,56
Muro verificato a ribaltamento Csv>1	

Carico limite verticale VESIC

Somma forze in direzione x (Fx)	15,0 kN
Somma forze in direzione y (Fy)	48,82 kN
Somma momenti	-59,57 kNm
Larghezza fondazione	190,0 cm
Lunghezza	6600,0 cm
Eccentricità su B	27,01 cm
Peso unità di volume	18,63 KN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	33,0 °
Coesione	0,0 kPa
Terreno sulla fondazione	30,0 cm
Peso terreno sul piano di posa	18,63 KN/m ³
Nq	26,09
Nc	38,64
Ng	35,19
Fattori di forma	
sq	1,01

sc	1,01
sg	0,99
Inclinazione carichi	
iq	0,48
ic	0,46
ig	0,33
Fattori di profondità	
dq	1,06
dc	1,09
dg	1,0
Carico limite verticale (Qlim)	304,3 kN
Fattore sicurezza (Csq=Qlim/Fy)	5,19

Carico limite verificato Csq>1**Tensioni sul terreno**

Ascissa centro sollecitazione	122,01 cm
Larghezza della fondazione	190,0 cm
x = 0.0 cm	3.78 kPa
x = 190.0 cm	47.61 kPa

MENSOLA A VALLE

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

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
150,0	-2,6	-21,53	-10,4	30,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	2,9	61,39	S	121,13	0,0	5,52

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
180,0	3,46	12,33	-1,2	30,0

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

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

Afi	Afs	Nu	Mu	Ver.	Vrd	Vwd	Sic. VT
4Ø14 (6,16)	4Ø14 (6,16)	3,64	61,48	S	121,15	0,0	9,63

A_Unitari+M1+RSLV+Beta (+50%) [GEO]**CALCOLO SPINTE****Discretizzazione terreno**

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

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
290,0	238,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
238,0	186,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
186,0	134,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
134,0	82,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	
82,0	30,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0

24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	290,0	238,0	0,61	0,27	255,33	255,33
2	238,0	186,0	1,82	0,81	209,11	209,11
3	186,0	134,0	3,04	1,35	158,27	158,27
4	134,0	82,0	4,26	1,89	106,76	106,76
5	82,0	30,0	5,47	2,44	55,04	55,04

CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzia)

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

Quota	Px	Py	Xp	Yp
238,0	0,0	3,9	165,0	264,0
186,0	0,0	7,8	165,0	238,0
134,0	0,0	11,7	165,0	212,0
82,0	0,0	15,6	165,0	186,0
30,0	0,0	19,5	165,0	160,0

Sollecitazioni sul muro

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

Quota	Fx	Fy	M	H
238,0	0,61	4,17	0,06	30,0
186,0	2,43	8,88	0,68	30,0
134,0	5,47	14,14	2,48	30,0
82,0	9,73	19,93	6,09	30,0
30,0	15,2	26,27	12,16	30,0

VERIFICHE GLOBALI

Piano di rottura passante per $(x_{r1}, y_{r1}) = (190,0/0,0)$
 Piano di rottura passante per $(x_{r2}, y_{r2}) = (190,0/290,0)$
 Centro di rotazione $(x_{ro}, y_{ro}) = (0,0/0,0)$

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);
G	Peso unità di volume (KN/m ³);
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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
290,0	238,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
238,0	186,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
186,0	134,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
134,0	82,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
82,0	30,0	18,63	0,0	33,0	33,0	0,0	0,0	
30,0	0,0	18,63	0,0	33,0	24,0	0,0	0,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
33,0	0,27	0,0	0,0	0,22	0,15	0,0	0,0
24,0	0,26	0,0	0,0	0,24	0,11	0,0	0,0

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	290,0	238,0	0,57	0,37	255,33	255,33
2	238,0	186,0	1,7	1,1	209,11	209,11
3	186,0	134,0	2,83	1,84	158,27	158,27
4	134,0	82,0	3,96	2,57	106,76	106,76
5	82,0	30,0	5,09	3,3	55,04	55,04
6	30,0	0,0	3,46	2,21	14,71	14,8

SPINTE IN FONDAZIONE

Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato (cm);

G	Peso unità di volume (KN/m ³);
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	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
30,0	0,0	18,63	180,0	33,0	24,0	0,0	180,0	

Coefficienti di spinta ed inclinazioni

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

μ	Kp	Kpx	Kpy
204,0	3,39	-3,1	-1,38

Spinte risultanti e punto di applicazione

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

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	30,0	0,0	-2,6	-1,16	10,0	10,0

Sollecitazioni totali

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

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	17,6	11,39	-4,64
Peso muro	0,0	19,5	-32,18
Peso fondazione	0,0	14,25	-13,54
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0
Terr. fondazione	0,0	4,84	-8,96
Spinte fondazione	-2,6	-1,16	-0,26
	15,0	48,82	-59,57

Momento stabilizzante	-76,31 kNm
Momento ribaltante	16,74 kNm

Verifica al ribaltamento

Momento stabilizzante	-76,31 kNm
Momento ribaltante	16,74 kNm
Coeff. sicurezza ribaltamento Csv	4,56

Muro verificato a ribaltamento C_{sv}>1**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
150,0	-2,6	-21,53	-10,4	30,0

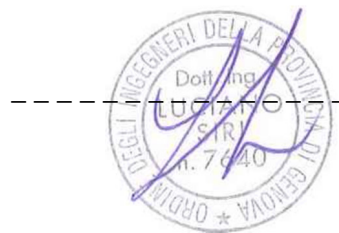
MENSOLA A MONTE

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
180,0	3,46	12,33	-1,2	30,0

Genova, 12 Giugno 2023

Dott. Ing. Luciano siri



4 Validazione dei Calcoli




Piacenza, 08 giugno 2009

Il sottoscritto Dott.Ing. Giorgio Alberti nella qualita' di amministratore unico della societa' ASG srl, produttrice del software denominato CIVILSOFT, dichiara che detto software è un programma pre e post – processore del software Algor SUPERSAP della Algor Inc. PA USA, prodotto nel pieno rispetto di un rigoroso programma di Garanzia della Qualita'.

In particolare affidabilita' e robustezza del codice di calcolo ALGOR sono stati verificati confrontando i risultati numerici di un amplissimo numero di esempi con i risultati teorici.

Si allegano alla presente gli esempi utilizzati per i test di verifica.

ASG srl
Dott.Ing. Giorgio Alberti


ASG S.r.l. SOFTWARE
ANALISI E GRAFICA STRUTTURALE
Via S. Eufemia, 30 - PIACENZA
C.F./P.IVA n. 01150490330