# **REGIONE SICILIANA**

# LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI ENNA già PROVINCIA REGIONALE DI ENNA

LAVORI DI RIFUNZIONALIZZAZIONE DELLA SP.7/B, COMPRESA REALIZZAZIONE DI UN VIADOTTO, IN VARIANTE, AL KM. 7+134, MIRATI ALLA RIAPERTURA AL TRANSITO

# PROGETTO ESECUTIVO 1º STRALCIO

Elaborato:	Classe:	Data :
<b>A.5</b>	Relazioni	10/04/2019
Scala:	Oggetto: CALCOLO PARATIA DI PALI IN	C.A. DI
	SOSTEGNO DEL PIEDE DEI RILE	CVATI

Redatto da:	Visto il R.U.P.:

# RELAZIONE DI CALCOLO

#### NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle Norme Tecniche per le costruzioni emanate con il D.M. 17/01/2018 pubblicato nel suppl. 8 G.U. 42 del 20/02/2018, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 2 Febbraio 2009, n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

#### CALCOLO DELLE SPINTE

Il calcolo delle spinte viene convenzionalmente riferito ad un metro di profondità di paratia. Pertanto tutte le grandezze riportate in stampa, sia per i dati di input che per quelli di output, debbono di conseguenza attribuirsi ad un metro di profondità della paratia stessa.

Per rendere più completa la trattazione relativa alla determinazione delle spinte sarà opportuno distinguere i seguenti casi:

- Spinta delle terre:
  - a) con superficie del terreno rettilinea
  - b) con superficie del terreno spezzata
- Spinta del sovraccarico ripartito uniforme:
  - a) con superficie del terreno rettilinea
  - b) con superficie del terreno spezzata
- Spinta del sovraccarico ripartito parziale
- Spinta del sovraccarico concentrato lineare
- Spinte in presenza di coesione
- Spinta interstiziale in assenza o in presenza di moto di filtrazione
- Spinta passiva

#### • SPINTA DELLE TERRE

Trattandosi di terreni stratificati, discretizzato il diaframma in un congruo numero di punti, si determina la spinta sulla parete come risultante delle pressioni orizzontali in ogni concio, calcolate come:

$$\sigma_h = \sigma_v \cdot K \cdot \cos \delta$$

dove:

 $\sigma_h$  = pressione orizzontale

 $\sigma_{v}$  = pressione verticale

K = coefficiente di spinta dello strato di calcolo

 $\delta$  = coefficiente di attrito terra-parete

La pressione verticale è data dal peso del terreno sovrastante:

- in termini di tensioni totali:

 $\sigma_v = \tau \cdot z$ 

dove

 $\tau = \text{peso specifico del terreno}$ 

z = generica quota di calcolo della pressione a partire dall'estradosso del terrapieno

in termini di tensioni efficaci in assenza di filtrazione:

 $\sigma_v = \tau' \cdot z$ 

dove

 $\tau'$  = peso specifico efficace del terreno

- in termini di tensioni efficaci in presenza di filtrazione discendente dal terrapieno:

$$\sigma_v = [\tau - \tau_w \cdot (1 - I_w)] \cdot z$$

dove

 $\tau$  = peso specifico del terreno

 $\tau_w$  = peso specifico dell'acqua

 $I_w$  = gradiente idraulico:  $\delta H / \delta L$ 

 $\delta H$  = differenza di carico idraulico

 $\delta L$  = percorso minimo di filtrazione

in termini di tensioni efficaci in presenza di filtrazione ascendente dal terrapieno:

$$\sigma_{v} = \left[\tau - \tau_{w} \cdot (1 + I_{w})\right] \cdot z$$

#### a) Con superficie del terreno rettilinea

Lo schema di calcolo è basato sulla teoria di *Coulomb* nell'ipotesi di assenza di falda:

$$K_{a} = \frac{\operatorname{sen}^{2}(\beta + \phi)}{\operatorname{sen}^{2}\beta \cdot \operatorname{sen}(\beta - \delta) \cdot \left[1 + \left(\frac{\operatorname{sen}(\phi + \delta) \cdot \operatorname{sen}(\phi - \varepsilon)}{\operatorname{sen}(\beta - \delta) \cdot \operatorname{sen}(\beta + \varepsilon)}\right)^{\frac{1}{2}}\right]^{2}}$$
(Muller-Breslau)

avendo indicato con:

 $\beta = 90^{\circ}$ : inclinazione del paramento interno rispetto all'orizzontale;

 $\phi$  = angolo d'attrito interno del terreno;

 $\delta$  = angolo di attrito terra-muro;

 $\varepsilon$  = angolo di inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale.

#### b) Con superficie del terreno spezzata

In questo caso, pur mantenendo le ipotesi di *Coulomb*, la ricerca del cuneo di massima spinta non conduce alla determinazione di un unico coefficiente, come nella forma di *Muller-Breslau*, giacché il diagramma di spinta non è più triangolare bensì poligonale.

Posto  $l_i$  = lunghezza, in orizzontale, del tratto inclinato:

$$dh = l_i \times tan \varepsilon$$

e, permanendo la solita simbologia, si procede alla determinazione del cuneo di massima spinta ricavando l'angolo di inclinazione della corrispondente superficie di scorrimento, detto ro tale angolo, si ottiene, per  $\beta = 90^{\circ}$ :

$$\tan(ro) = \frac{1}{-\tan(ro) + \left[ (1 + \tan^2 \phi) \cdot \left( 1 + \frac{l_i \cdot dh}{(H + dh)^2 \cdot \tan \phi} \right) \right]^{\frac{1}{2}}}$$

Tracciando una retta inclinata di 'ro' a partire dal vertice della spezzata si stacca ,sulla superficie di spinta, un segmento di altezza:

$$h = l_i \cdot \frac{(\tan(ro) - \tan \varepsilon) \cdot \tan \beta}{\tan(ro) + \tan \beta}$$

su questo tratto della superficie di spinta si assumerà il seguente coefficiente di spinta attiva:

$$K_{a1} = \frac{(\tan \beta + \tan(ro)) \cdot \left(1 + \frac{\tan \varepsilon}{\tan \beta}\right) \cdot \tan(ro - \phi)}{\tan \beta \cdot (\tan(ro) - \tan \varepsilon)}$$

mentre per il restante tratto di altezza (H - h) si assumerà:

$$K_{a2} = \frac{(\tan\beta + \tan(ro)) \cdot \tan(ro - \phi)}{\tan\beta \cdot \tan(ro)}$$

#### c) Incremento di spinta sismica:

- Calcolo dell'incremento di spinta sismica secondo <u>D.M. 16/01/96</u>:

$$K_{as} = K' - A \cdot K_a$$

essendo:

$$A = \frac{\cos^2(\alpha + \tau)}{\cos^2\alpha + \cos\tau}$$

con:

 $\alpha$  = angolo formato dall'intradosso con la verticale

 $\tau = arctan C$ 

C = coefficiente di intensità sismica

 $K' = \text{coefficiente calcolato staticamente per } \epsilon' = \epsilon + \tau \quad e \quad \beta' = \beta - \tau$ 

La pressione ottenuta ha un andamento lineare, con valore zero al piede del diaframma e valore massimo in sommità.

- Calcolo dell'incremento di spinta sismica secondo N.T.C.: in assenza di studi specifici, i coefficienti sismici orizzontale  $(k_b)$  e verticale  $(k_v)$  che interessano tutte le masse sono calcolati come (7.11.6.3.1):

$$g \cdot K_h = \alpha \cdot \beta \cdot a_{\text{max}}$$
$$a_{\text{max}} = a_g \cdot S_S \cdot S_T$$
$$K_v = 0.5 \cdot K_h$$

La forza di calcolo viene denotata come  $E_d$  da considerarsi come la risultante delle spinte statiche e dinamiche del terreno. Tale spinta totale di progetto  $E_d$ , esercitata dal terrapieno ed agente sull'opera di sostegno, è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \cdot \tau' \cdot (1 \pm K_v) \cdot K \cdot H^2 + E_{ws}$$

dove:

Hè l'altezza del muro;

 $E_{ws}$  è la spinta idrostatica;

 $\tau$ ' è il peso specifico del terreno (definito ai punti seguenti);

K è il coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico).

Il coefficiente di spinta del terreno può essere calcolato mediante la formula di Mononobe e Okabe.

- Se  $\beta \leq \phi - \Theta$ :

$$K_{a} = \frac{\operatorname{sen}^{2}(\alpha + \phi - \Theta)}{\operatorname{cos}\Theta \cdot \operatorname{sen}^{2}\alpha \cdot \operatorname{sen}(\phi - \Theta - \delta) \cdot \left[1 + \left(\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \operatorname{sen}(\phi - \beta - \Theta)}{\operatorname{sen}(\phi - \Theta - \delta) \cdot \operatorname{sen}(\alpha + \beta)}\right)^{\frac{1}{2}}\right]^{2}}$$

- Se  $\beta > \phi - \Theta$ :

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \phi - \Theta)}{\cos\Theta \cdot \sin^2\alpha \cdot \sin(\phi - \Theta - \delta)}$$

dove:

- φ: è il valore di calcolo dell'angolo di resistenza a taglio del terreno in condizioni di sforzo efficace;
- $\alpha$ ,  $\beta$ : sono gli angoli di inclinazione rispetto all'orizzontale rispettivamente della parete del muro rivolta a monte e della superficie del terrapieno;
- $\delta$ : è il valore di calcolo dell'angolo di resistenza a taglio tra terreno e muro;
- Θ: è l'angolo definito successivamente in funzione dei seguenti casi:

#### Livello di falda al di sotto del muro di sostegno:

 $\tau' = \tau$  peso specifico del terreno

$$\tan\Theta = \frac{K_h}{1 \pm K_v}$$

#### Terreno al di sotto del livello di falda:

 $\tau' = \tau - \tau_w$  peso immerso del terreno  $\tau_w$ : peso specifico dell'acqua

$$\tan \Theta = \frac{\tau}{\tau - \tau_w} \cdot \frac{K_h}{1 \pm K_v}$$

#### b) Inerzia della parete:

In presenza di sisma l'opera è soggetta alle forze di inerzia della parete:

- Forze di inerzia secondo <u>D.M. 16/01/96</u>:

$$F_i = C \cdot W$$

con C = coefficiente di intensità sismica

- Forze di inerzia secondo N.T.C.:

$$F_{ih} = K_h \cdot W$$

$$F_{iv} = K_v \cdot W$$

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

$$K_v = \frac{K_h}{2}$$

Al fattore *r* può essere assegnato il valore 2 nel caso di opere di sostegno che ammettano spostamenti, per esempio i muri a gravità, o che siano sufficientemente flessibili. In presenza di terreni non coesivi saturi deve essere assunto il valore 1.

#### • SPINTA DEL SOVRACCARICO RIPARTITO UNIFORME

# a) Con superficie del terreno rettilinea

In questo caso ,intendendo per Q il sovraccarico per metro lineare di proiezione orizzontale:

$$\sigma_v = Q$$

#### b) Con superficie del terreno spezzata

Una volta determinata la superficie di scorrimento del cuneo di massima spinta (ro), quindi il diagramma di carico che grava sul cuneo di spinta ,si scompone tale diagramma in due strisce; la prima agente sul tratto di terreno inclinato, la seconda sul rimanente tratto orizzontale.

Ognuna delle strisce di carico genererà un diagramma di pressioni sul muro i cui valori saranno determinati secondo la formulazione di *Terzaghi* che esprime la pressione alla generica profondità *z* come:

$$\sigma_h = \frac{2 \cdot Q \cdot W}{\pi} \cdot (\Theta - sin\Theta \cdot \cos 2\tau)$$

dove:

$$W = \frac{\operatorname{sen} \beta}{\operatorname{sen}(\beta + \varepsilon)}$$

#### SPINTA DEL SOVRACCARICO CONCENTRATO LINEARE

Il carico concentrato lineare genera un diagramma delle pressioni sul muro che può essere determinato usando la teoria di *Boussinesq*:

Essendo:

 $d_l$  = distanza del sovraccarico dal muro, in orizzontale

 $q_1$  = intensità del carico;

e posto

$$m = \frac{d_l}{H}$$

si ottiene il valore della pressione alla generica profondità z in base alle seguenti relazioni:

a) per  $m \le 0.4$ 

$$\sigma_h = 0.203 \cdot \frac{q_l}{H} \cdot \frac{\frac{z}{H}}{\left[0.16 + \left(\frac{z}{H}\right)^2\right]^2}$$

b) per m > 0.4

$$\sigma_h = 4 \cdot \frac{q_l}{H \cdot \pi} \cdot \frac{m \cdot \frac{z}{H}}{\left[m^2 + \left(\frac{z}{H}\right)^2\right]^2}$$

#### SPINTA ATTIVA DOVUTA ALLA COESIONE

La coesione determina una controspinta sulla parete, pari a:

$$\sigma_h = -2 \cdot C \cdot \sqrt{K_a} \cdot \sqrt{1 + R_{ac}}$$

essendo:

C = coesione dello strato

 $R_{ac}$  = rapporto aderenza/coesione

#### SPINTA INTERSTIZIALE

La spinta risultante dovuta all'acqua è pari alla differenza tra la pressione interstiziale di monte e di valle.

Nel caso di filtrazione discendente da monte e ascendente da valle:

$$\sigma_h = \tau_w \cdot \left[ H_{wm} \cdot (1 - I_w) - H_{wv} \cdot (1 + I_w) \right]$$

dove:

 $H_{wn}$  = quota della falda di monte  $H_{wv}$  = quota della falda di valle

Nel caso di filtrazione discendente da valle e ascendente da monte:

$$\sigma_h = \tau_w \cdot \left[ H_{wm} \cdot (1 + I_w) - H_{wv} \cdot (1 - I_w) \right]$$

#### SPINTA PASSIVA

$$\sigma_{hp} \cdot R_p = \sigma_v \cdot K_p \cdot \cos \delta + 2 \cdot C \cdot \sqrt{K_p} \cdot \sqrt{1 + R_{ac}}$$

dove:

 $\sigma_{hp}$  = pressione passiva orizzontale

 $R_p$  = coefficiente di riduzione della spinta passiva

 $\sigma_{v}$  = pressione verticale

 $K_p$  = coefficiente di spinta passiva dello strato di calcolo

 $\delta$  = coefficiente di attrito terra-parete

C = coesione

 $R_{ac}$  = rapporto aderenza/coesione

a) per  $\phi \ll 0$ :

$$K_{p} = \frac{\operatorname{sen}^{2}(\beta - \phi)}{\operatorname{sen}^{2}\beta \cdot \operatorname{sen}(\beta + \delta) \cdot \left[1 - \left(\frac{\operatorname{sen}(\phi + \delta) \cdot \operatorname{sen}(\phi + \varepsilon)}{\operatorname{sen}(\beta + \delta) \cdot \operatorname{sen}(\beta + \varepsilon)}\right)^{\frac{1}{2}}\right]^{2}}$$

b) per  $\phi = 0$ :

 $K_p = 1$ 

#### EQUILIBRIO DELLA PARATIA E CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Il diaframma è una struttura deformabile, per cui in funzione degli spostamenti che assume è in grado di mobilitare pressioni dal terreno circostante. Nella trattazione classica per determinare le spinte sul tratto infisso della paratie si ipotizza che il terreno circostante sia in condizioni di equilibrio limite, per cui ipotizzata una deformata si possono determinare le zone attive e passive del terreno e le relative pressioni.

Questo modo di procedere fornisce buoni risultati nei problemi di progetto e nel caso si vogliano determinare dei valori globali di sicurezza mentre non permette di valutare con buona approssimazione i diagrammi delle sollecitazioni. Inoltre un grande limite è rappresentato dal fatto che i metodi classici non permettono di tenere in conto la presenza di più di un tirante.

Un modo più moderno di affrontare il problema dell'equilibrio delle paratie è quello di utilizzare delle tecniche di soluzione più generali quali quello degli elementi finiti. L'algoritmo di soluzione utilizzato nel programma si può riassumere nei seguenti passi principali:

1 - discretizzazione della paratia con elementi trave elastici.

- 2 modellazione dei tiranti con molle elastiche che reagiscono solo nel caso la paratia si allontani dal terreno (tiranti o sbadacchi).
- 3 modellazione del terreno in cui e' infissa la paratia con molle non lineari con legame costitutivo di tipo bilatero.
- 4 algoritmo di soluzione per sistemi di equazioni non lineari che utilizza la tecnica della matrice di rigidezza secante.
- 5 calcolo degli spostamenti della paratia, in particolare gli spostamenti dei tiranti e del fondo scavo che danno preziose informazioni sulla deformabilità del sistema terreno- paratia.
- **6** calcolo delle sollecitazioni degli elementi trave (taglio, momento).
- 7 calcolo delle pressioni sul terreno dove e' infissa la paratia.

#### Descrizione dell'algoritmo

Si discretizza la paratia in n-l conci di trave connessi ad n nodi. Si calcola quindi la matrice di rigidezza elementare del concio e quindi si esegue l'assemblaggio della matrice globale. Ogni nodo presenta due gradi di libertà (spostamento trasversale e rotazione), quindi si hanno in totale  $2 \times n$  gradi di libertà globali.

La matrice di rigidezza assemblata di dimensioni  $(2n \times 2n)$  risulta non invertibile in quando la struttura ammette moti rigidi. I moti rigidi e quindi la labilità della struttura vengono eliminati modellando il terreno in cui la paratia risulta infissa ed i tiranti.

Sia il terreno che i tiranti vengono modellati con delle molle i cui valori di rigidezza vengono sommati agli elementi diagonali della matrice globale. I tiranti hanno un legame costitutivo unilatero.

#### RIGIDEZZA DEL TIRANTE:

Se:

L = lunghezza

A = Area del tirante/interasse E = modulo elastico del tirante f = angolo di inclinazione

T = sforzo sul tirante/puntone v = spostamento

ne consegue:

$$K = \frac{A \cdot E}{I} \cdot \cos^2 f$$

 $T = K \times v \text{ se } v \ge 0$ 

T = 0 se v < 0 (la paratia si avvicina al terreno)

#### RIGIDEZZA DEL TERRENO (Bowles, Fondazioni pag.649):

Se:

c = coesione

g peso specifico efficace

Nc, Nq, Ng coefficienti di portanza z quota infissione

$$K = 40 \times (c \times Nc + 0.5 \times g \times 1 \times Ng) + 40 \times (g \times Nq \times z)$$

Il legame costitutivo pressione terreno-spostamento v della paratia si assume di tipo non lineare bilatero:

vl = 1,5 cm spostamento limite elastico

Pp = pressione passiva

 $Pu = min(vl \times K, Pp)$  pressione massima sopportata dal terreno

 $K \times v \le Pu$  (fase elastica)

P(v) = Pu se  $K \times v > Pu$  (fase plastica)

Il sistema non lineare risolvente risulta quindi:

K(v) matrice secante

F = forze nodali

$$F = K(v) v$$

$$v_i = inv(K(v_{i-1}) F)$$
 per  $i = 0, ..., n$ 

Risolto iterativamente il sistema non lineare si ottengono gli spostamenti nodali e quindi pressioni, sollecitazioni e forze ai tiranti. È importante al fine di una corretta verifica della paratia controllare lo spostamento al fondo scavo della paratia.

#### **ANCORAGGI**

La lunghezza minima del tirante è determinata in maniera tale che la retta passante dalla punta estrema dell'ancoraggio e dal piede del diaframma formi un angolo pari a  $\phi$  (angolo di attrito interno) con la verticale.

#### BLOCCO DI ANCORAGGIO

Il blocco di ancoraggio, nell'ipotesi che esso sia continuo lungo tutta la lunghezza del diaframma, deve dimensionarsi sulla base di un coefficiente di sicurezza che vale:

$$\mu_a = \frac{\tau \cdot H_a^2 \cdot (K_p - K_a)}{2 \cdot T_r}$$

dove:

 $\tau$  = peso specifico del terreno

 $H_a$  = affondamento del blocco di ancoraggio nel terreno

 $K_p$  = coefficiente di spinta passiva

 $K_a$  = coefficiente di spinta attiva

 $T_r$  = forza di trazione sull'ancoraggio

#### BULBO DI ANCORAGGIO DI CALCESTRUZZO INIETTATO SOTTO PRESSIONE

Se:

 $T_{\mu}$  = sforzo resistente

 $T_r$  = forza di trazione sull'ancoraggio

 $\mu_a$  = coefficiente di sicurezza

A = area bulbo

 $p_{\nu}$  = pressione verticale

f = angolo di attrito del terreno Ko = 1-sin(f) (spinta a riposo)

c = coesione

allora:

$$T_u = A \cdot \left[ p_v \cdot Ko \cdot \tan\left(\frac{2}{3} \cdot f\right) + 0.8 \cdot c \right]$$

#### **VERIFICHE**

Il programma esegue le verifiche di resistenza sugli elementi strutturali in funzione della tipologia della paratia. Le verifiche verranno eseguite per tutte le tipologie a scelta dell'utente sia con il metodo delle tensioni ammissibili che con il metodo degli SLU.

Per la generica in particolare la verifica agli S.L.U. prevede solo l'utilizzo di materiali assimilabili ai sensi della normativa vigente all'acciaio Fe360, Fe430 e Fe510. In particolare per il metodo degli S.L.U. si prevede che le azioni di calcolo utilizzate per le verifiche di resistenza derivanti vengano incrementate di un coefficiente parziale pari a 1,50.

Per le sezioni in acciaio la verifica S.L.U. viene effettuato al limite elastico.

Le verifiche saranno effettuate, coerentemente con il metodo selezionato (T.A. S.L.U), rispettando la normativa vigente per le strutture in c.a. ed in acciaio.

Le verifiche saranno effettuate sia sulla sezione della paratia che sugli elementi secondari quali cordoli in c.a. ed in acciaio, testata di ancoraggio in acciaio per le berlinesi.

Le sollecitazioni agenti sul cordolo vengono calcolate schematizzandolo come una trave continua caricata con forze concentrate.

Nel caso di cordoli in c.a. vengono effettuate le verifiche consuete per le travi soggette a momento flettente e taglio.

Nel caso di cordoli realizzati in acciaio vengono effettuate le seguenti verifiche:

- 1) verifica del profilo del longherone calcolato a trave continua e caricato con forze concentrate.
- 2) Verifica del comportamento a mensola della piattabanda del profilo a contatto con i pali della berlinese.
- 3) Verifica che la risultante inclinata del tirante sia interna alla area di contatto costituita dalle piattabande dei profili.
- 4) Verifica della piastra forata della testata sollecitata dal tiro del tirante irrigidita con eventuali nervature.
- 5) Verifica della piastra forata della testata in corrispondenza dello incastro con le nervature laterali della testata. Verifica della saldature corrispondente di tipo II classe a T o completa penetrazione.

### SPECIFICHE CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La simbologia riportata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

Str. N.ro : Numero dello strato

**Spess.** : Spessore dello strato

**Coesione** : Coesione

Rapp. ader/co : Rapporto Aderenza/Coesione

Ang. attr. : Angolo di attrito interno del terreno dello strato in esame

**Peso spec.** : Peso specifico del terreno in situ

**Peso effic.** : Peso specifico efficace del terreno saturo

**Attr. terra-muro** : Angolo di attrito terra-muro

**Descriz.** : Descrizione sintetica dello strato

#### SPECIFICHE CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La simbologia riportata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

#### METODO DI VERIFICA: STATI LIMITI ULTIMI

#### PARATIA CON SEZIONE RETTANGOLARE IN C.A.

Nr : Numero del concio a partire dalla testa della paratia

Quota: Quota del fondo del concio, a partire dalla testa della paratiaMf: Momento flettente di progetto riferito ad una sezione di 1 m.N: Sforzo normale di progetto riferito ad una sezione di 1 m.Am: Area armature posta sul lembo di monte di una sezione di 1 m.Av: Area armature posta sul lembo di valle di una sezione di 1 m.

**Mu** : Momento resistente ultimo di progetto agente su una sezione di 1 m.

T : Taglio di progetto agente su una sezione di 1 m.

**Tu** : Taglio resistente ultimo relativo ad una sezione di 1 m.

**passo st.** : Passo armature di ripartizione di progetto

#### PARATIA CON PALI IN C.A.

Nr : Numero del concio a partire dalla testa della paratia

Quota
 : Quota del fondo del concio, a partire dalla testa della paratia
 Mf
 : Momento flettente di progetto riferito ad un singolo palo
 N
 : Sforzo normale di progetto riferito ad un singolo palo

**Aa** : Area armature riferito ad un singolo palo

Mu: Momento resistente ultimo riferito ad un singolo paloTu: Taglio resistente ultimo riferito ad un singolo palopasso st.: Passo armature di ripartizione di progetto

## PARATIA CON SEZIONE IN ACCIAIO, BERLINESE E GENERICA

Nr : Numero del concio a partire dalla testa della paratia

Quota : Quota del fondo del concio, a partire dalla testa della paratia

Mf : Momento flettente agente sul singolo profilo o palo
N : Sforzo normale agente sul singolo profilo o palo

Taglio agente sul singolo profilo o palo
 σΜ : Tensione normale dovuta a momento flettente
 σN : Tensione normale dovuta a sforzo normale

τ : Tensione tangenziale

oideale : Tensione ideale. Viene stampato NOVER in caso ecceda il valore limite elastico

#### CORDOLO IN CALCESTRUZZO ARMATO

N.ro : Numero del cordolo

**Mf** : Momento flettente massimo

Aa : Armatura simmetrica posizionata sul lembo teso/compresso

Mu : Momento ultimo di progetto

T : Taglio massimo

Tu : Taglio ultimo di progetto passo st. : Passo staffe di progetto

#### CORDOLO IN ACCIAIO

: Numero del cordolo N.ro

: Descrizione del profilo dei longheroni Sigla

Mf Momento flettente massimo agente sul singolo longherone

Taglio massimo agente sul singolo longherone

SigM Tensione normale agente sulla sezione del longherone Tau Tensione tangenziale agente sulla sezione del longherone

SigI Tensione ideale agente sulla sezione del longherone. Viene stampato "NOVER" in

caso ecceda il valore limite elastico

**SigC** : Tensione normale agente sulla sezione di incastro della piatta banda del longherone

a causa della pressione di contatto longherone palo. Viene stampato "NOVER" in

caso ecceda il valore limite elastico

Mf Momento flettente agente sulla sezione forata della piastra

Taglio massima agente sulla piastra

SigM Tensione normale agente sulla sezione forata della piastra

Tau Tensione tangenziale massima sulla piastra

Tensione ideale agente sulla sezione forata della piastra. Viene stampato "NOVER" SigI

in caso ecceda il valore limite elastico

Mfi : Momento flettente agente sulla sezione saldata d'incastro della piastra SigS : Tensione normale agente sulla saldatura d'incastro della piastra

SigI Tensione ideale agente sulla saldatura d'incastro della piastra. Viene stampato

"NOVER" in caso ecceda il valore limite elastico

Mf : Momento flettente agente sulla sezione delle nervatura laterale ad altezza variabile N : Sforzo normale massimo agente sulla sezione delle nervatura laterale ad altezza

variabile

T : Taglio massimo agente sulla sezione delle nervatura laterale ad altezza variabile SigM

Tensione normale dovuta a momento flettente agente sulla sezione della nervatura

laterale in corrispondenza dell'asse del tirante

: Tensione normale dovuta a Sforzo Normale agente sulla sezione della nervatura SigN

laterale in corrispondenza dell'asse del tirante

Tau Tensione tangenziale massima tra la sezione della nervatura laterale in

corrispondenza dell'asse del tirante e la sezione di appoggio sul longherone

SigI : Tensione ideale massima tra la sezione della nervatura laterale in corrispondenza

dell'asse del tirante e la sezione di appoggio sul longherone. Viene stampato

"NOVER" in caso ecceda il valore limite elastico

#### • SPECIFICHE CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La simbologia riportata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

# CEDIMENTI VERTICALI TERRENO DI MONTE

Tipo di Analisi : Indica il tipo di combinazione e di tabella dei materiali associata

Comb. N.ro : Numero combinazione della tabella associata al tipo di analisi (SLU M1, SLU M2,

RARA, FREQUENTE, QUASI PERMANENENTE)

**Volume (mc)** : Volume del terreno deformato

DistMax (m.) : Distanza massima orizzontale dalla paratia alla quale si annullano i cedimenti

**Ced.x =0** : Cedimento verticale a ridosso della paratia

Ced.x = 1/4 : Cedimento verticale ad 1/4 della distanza massima

Ced.x = 2/4 : Cedimento verticale ad 2/4 della distanza massima

Ced.x =3/4 : Cedimento verticale ad 3/4 della distanza massima

DATI GENERALI DI CALCOLO E CARATTERISTICHE MATERIALI					
DATI GENERALI					
	PARAMETR	I SISMICI			
Vita Nominale (Anni)	50	Classe d' Uso			SECONDA
Longitudine Est (Grd)	14,42215	Latitudine Nord (	(Grd)		37,60742
Categoria Suolo		Coeff. Condiz. To			1,00000
	RAMETRI S	SISMICI S.L	D.		
Probabilita' Pvr	,	Periodo Ritorno A			50,00
Accelerazione Ag/g		Fattore Stratigr. '			1,50
PA	RAMETRI	SISMICI S.L	V.		
Probabilita' Pvr	,	Periodo Ritorno A			475,00
Accelerazione Ag/g		Fattore Stratigr. '			1,50
COEFFIC			SISMIC	CA	
Coeff deformab. Alfa 0,91 Coeff. Spostam. Beta		0,59			
Coeff. Orizzontale	0,08	Coeff. Verticale			0,04
DATI PARATIA					
Tipo diaframma A SBALZO					
Moto di filtrazione ASSENTE				ENTE	
Tipo di paratia PALI IN C.A.				IN C.A.	
Tipo verifica sezioni				D.M.	2018
Numero Condizioni di Carico					1
Numero Fasi di calcolo					7
Sbancamento Aggiuntivo Quota	Sbancamento Aggiuntivo Quota Tirante [m] 0,00				,00
Modellazione Molle con diagramma P-Y ELASTO-PLASTICO				PLASTICO	
COEFFICIENTI PARZIALI GEOTECNICA					
		TABELLA	M1 00	TA	BELLA M2
	Tangente Resist. Taglio				1,25
Peso Specifico		00		1,00	
Coesione Efficace (c'k)		1,00		1,25	
Resist. a taglio NON drenata (cu		00		1,40	

DATI GENERALI DI CALCOLO E CARATTERISTICHE MATERIALI							
CEMENTO ARMATO PARATIE							
Classe Calcestruzzo	C20/	25	Classe Acciaio	Fel	B 38 k		
Modulo Elastico CLS	299619	kg/cmq	Modulo Elastico Acc	210000	0 kg/cmq		
Coeff. di Poisson	0,2		Tipo Armatura	SEN	NSIBILI		
Resist.Car. CLS 'fck'	200,0	kg/cmq	Tipo Ambiente				
Resist. Calcolo 'fcd'	93,0	kg/cmq	Resist.Car.Acc 'fyk'	3800,0	kg/cmq		
Tens. Max. CLS 'rcd'	93,0	kg/cmq	Tens. Rott.Acc 'ftk'	3800,0	kg/cmq		
Def.Lim.El. CLS 'eco'	0,20	%	Resist. Calcolo'fyd'	3250,0	kg/cmq		
Def.Lim.Ult CLS 'ecu'	0,35	%	Def.Lim.Ult.Acc'eyu'	1,00	%		
Fessura Max.Comb.Rare		mm	Sigma CLS Comb.Rare	119,0	kg/cmq		
Fessura Max.Comb.Perm	0,2	mm	Sigma CLS Comb.Perm	92,0	kg/cmq		
Fessura Max.Comb.Freq	0,3	mm	Sigma Acc Comb.Rare	3040,0	kg/cmq		
Peso Spec.CLS Armato	2500	kg/mc		-			

DATI GENERALI DI CALCOLO E CARATTERISTICHE MATERIALI					
CEMENTO ARMATO PALI					
Copriferro	3,0	cm			
Passo minimo armatura staffe	10	cm			
Passo massimo armatura staffe	30	cm			
Step passo armatura staffe	5	cm			
Diametro ferro staffe	8	mm			

DATI GENERALI DI CALCOLO E CARATTERISTICHE MATERIALI				
CEMENTO ARMATO PALI				
Tipo staffatura	Elicoidale			
Diametro ferro armatura longitudinale	16 mm			
Numero minimo ferri per palo	6			

Diametro pali

Aggetto minimo

[m]

GEOMETRIA PARATIA					
GEOMETRIA DIAFF	RAMMA				
[m]	0,80				
[m]	4,80				
[kg/cmq]	300000,00				
rrapieno [m]	0,00				
[m]	1.00				

Interasse pali [m]	4,80
Modulo elastico pali [kg/cmq]	30000,00
Quota estradosso terrapieno [m]	0,00
Spessore terrapieno [m]	1,00
Profondita' di infissione [m]	11,20
Quota falda di monte [m]	4,00
Quota falda di valle [m]	4,00
Inclinazione terrapieno di monte [°]	8,00
Inclinazione terrapieno di valle [°]	8,00
Distanza terrapieno orizzontale [m]	0,00
Passo di discretizzazione [m]	0,50
Rigidezza alla trasl. orizz. [t/m]	0,00
Rigidezza alla rotazione [t]	0,00
Numero file pali	2
Tipo sfalsamento pali	Pali Sfalsati
Interasse file [m]	0,30

GEOMETRIA PARATIA						
CORDOLO DI TESTA IN C. L. S.						
	Aggetto lato valle [m]	0,35				
	Aggetto lato monte [m]	0,35				
	Altezza [m]	0,80				

0,00

STRATIGRAFIA									
	STRATIGRAFIA								
Strato	Spess.	Coes.	Rapp.	Ang.attr	Peso spec	Peso effic	Attr.	Kw Orizz	Descrizione
N.ro	m	kg/cmq	ader/co	Grd	kg/mc	kg/mc	terra-muro	kg/cmc	
1	4,50	0,300	0,500	22,00	1900	900	14,00	BOWELS	Limi sabbiosi
2	2,90	0,380	0,500	24,00	1980	900	16,00	BOWELS	Argille siltose
3	20,00	0,270	0,500	25,00	1930	900	16,00	BOWELS	Limi argillosi

	SOVRACCARICHI - CONDIZIONE DI CARICO N.ro: 1						
SOVRACCARICHI							
	Sovraccarico uniform. distrib. sul terrapieno [kg/mq]:	10000,00					
	Distanza del sovraccarico distrib. dalla paratia [m]:	0,00					
	Distanza verticale del carico dal piano di campagna [m]:	0,00					
	Sovraccarico lineare sul terrapieno [kg/m]:	0,00					
	Distanza del sovraccarico lineare dalla paratia [m]:	0,00					
	Distanza verticale del carico dal piano di campagna [m]:	0,00					
	Forza verticale concentrata sulla paratia [kg]:	0					
	Eccentricita' forza verticale dalla mezzeria paratia [m]:	0,00					
	Forza orizzontale concentrata sulla paratia [kg]:	0					
	Sovraccarico uniform, distrib, terrap, valle [kg/mg]:	0.00					

COMBINAZIONI CARICHI						
Cond.	Descrizione					
SOFTWARE: C.D.R Computer Design of Bulkheads - Rel 2018 - Lic. Nro: 19593						

Num.	Condizione
1	PERMANENTE

	COMBINAZIONI CARICHI												
	COMBINAZIONI DI CARICO S.L.U. M 1												
Comb	Comb Cond.1 Cond.2 Cond.3 Cond.4 Cond.5 Cond.6 Cond.7 Cond.8 Cond.9 Cond10 Sisma												
1	1,50										0,00		
2	1,00										1,00		

	COMBINAZIONI CARICHI												
	COMBINAZIONI DI CARICO S.L.U. M 2												
Comb	Comb Cond.1 Cond.2 Cond.3 Cond.4 Cond.5 Cond.6 Cond.7 Cond.8 Cond.9 Cond10 Sisma												
1	1,30										0,00		
2	1,00										1,00		

	COMBINAZIONI CARICHI											
	COMBINAZIONI DI CARICO S.L.E. RARA											
Comb	Comb   Cond.1   Cond.2   Cond.3   Cond.4   Cond.5   Cond.6   Cond.7   Cond.8   Cond.9   Cond10   Sisma										Sisma	
1	1 1,00											

	COMBINAZIONI CARICHI											
	COMBINAZIONI DI CARICO S.L.E. FREQ.											
Comb	Cond.1	Cond.2	Cond.3	Cond.4	Cond.5	Cond.6	Cond.7	Cond.8	Cond.9	Cond10	Sisma	
1	1 1,00											

	COMBINAZIONI CARICHI												
	COMBINAZIONI DI CARICO S.L.E. PERM.												
Comb	Cond.1	Cond.2	Cond.3	Cond.4	Cond.5	Cond.6	Cond.7	Cond.8	Cond.9	Cond10	Sisma		
1	1 1,00												

	COMBINAZIONI CARICHI												
COMBINAZIONI DI CARICO S.L.U. FASI COSTRUTTIVE													
Comb   Cond.1   Cond.2   Cond.3   Cond.4   Cond.5   Cond.6   Cond.7   Cond.8   Cond.9   Cond10   Sisma										Sisma			
1	1.40												

VERIFICHE DI SICUREZZA	
RISULTATI DI CALCOLO	
Momento flettente massimo [kg·m/m]	-1684
Quota di momento flettente massimo [m]	2,50
Spostamento a fondo scavo [mm]	0,51
Scarto finale della analisi non lineare (E-04)	0
Convergenza analisi non lineare	SODDISFATTA
Infissione analisi non lineare	SUFFICIENTE
Coefficiente di sicurezza dell' infissione	11,2000
Moltiplicatore di collasso dei carichi	10,0000

	VERIFICHE DI RESISTENZA SEZIONI PARATIA A FLESSIONE													
		VERIFICHE	DI RESISTE	ENZA SEZI	<u>ONI PARATI</u>	A A FLESSI	ONE							
	VERIFICHE SEZIONI PARATIA IN C.L.S.													
Nr.														
	(m)	(kgm)	(Kg)	(cmq)	(kgm)	(kg)	(Kg)	(cm.)						
1	0,50	-348		16,1	-17467	1391	12997	30						
2	1,00	-1565		16,1	-17467	3478	12997	30						
3	1,50	-2946		16,1	-17467	2207	12997	30						
4	2,00	-3737		16,1	-17467	1121	12997	30						
5	2,50	-4041		16,1	-17467	249	12997	30						

SOFTWARE: C.D.B. - Computer Design of Bulkheads - Rel.2018 - Lic. Nro: 19593
Pag. 16

		VERIFICHE	DI RESISTE	NZA SEZI	ONI PARATI	A A FLESSI	ONE	
			VERIFICHE	SEZIONI P	PARATIA IN C	C.L.S.		
Nr.	Quota	Mf	N	Aa	Mu	T	Tu	passo st.
	(m)	(kgm)	(Kg)	(cmq)	(kgm)	(kg)	(Kg)	(cm.)
6	3,00	-3968		16,1	-17467	-399	12997	30
7	3,50	-3630		16,1	-17467	-836	12997	30
8	4,00	-3129		16,1	-17467	-1077	12997	30
9	4,50	-2552		16,1	-17467	-1169	12997	30
10	5,08	-1860		16,1	-17467	-1136	12997	30
11	5,66	-1236		16,1	-17467	-979	12997	30
12	6,24	-727		16,1	-17467	-766	12997	30
13	6,82	-349		16,1	-17467	-546	12997	30
14	7,40	-95		16,1	-17467	-348	12997	30
15	7,93	48		16,1	17467	-204	12997	30
16	8,47	122		16,1	17467	-93	12997	30
17	9,00	146		16,1	17467	-15	12997	30
18	9,53	137		16,1	17467	35	12997	30
19	10,07	109		16,1	17467	61	12997	30
20	10,60	72		16,1	17467	67	12997	30
21	11,13	37		16,1	17467	58	12997	30
22	11,67	11		16,1	17467	35	12997	30
23	12,20	0		16,1	17467	0	12997	30

CEDIMENTI VERTICALI TERRENO DI MONTE												
Tipo di	Comb.	Volume	DistMax	Ced.x=0	Ced.1/4	Ced.2/4	Ced.3/4					
Analisi	N.ro	(mc)	(m)	mm	mm	mm	mm					
SLU M1	1	0,000	0,67	0,1	0,1	0,0	0,0					
SLU M1	2	0,000	0,67	0,2	0,1	0,0	0,0					
SLU M2	1	0,001	2,36	2,2	1,2	0,5	0,1					
SLU M2	2	0,001	2,02	2,1	1,2	0,5	0,1					
RARA	1	0,000	0,67	0,1	0,1	0,0	0,0					
FREQ.	1	0,000	0,67	0,1	0,1	0,0	0,0					
PERM.	1	0,000	0,67	0,1	0,1	0,0	0,0					

	SPOSTAMENTI ORIZZONTALI PARATIA - SLU M1 - COMBINAZIONE N.ro: 1												
Quota	SpostOriz	Quota	SpostOriz	Quot	a SpostOriz		Quota	SpostOriz		Quota	SpostOriz		
m	(mm)	m	(mm)	m	(mm)		m	(mm)		m	(mm)		
0,50	0,02	1,00	0,02	1,5	0,01		2,00	0,01		2,50	0,01		
3,00	0,01	3,50	0,00	4,0	0,00		4,50	0,00		5,08	0,00		
5,66	0,00	6,24	0,00	6,8	0,00		7,40	0,00		7,93	0,00		
8,47	0,00	9,00	0,00	9,5	0,00		10,07	0,00		10,60	0,00		
11,13	0,00	11,67	0,00	12,2	0,00								

	SPOSTAMENTI ORIZZONTALI PARATIA - SLU M1 - COMBINAZIONE N.ro: 2														
Quota	SpostOriz		Quota	SpostOriz		Quota	SpostOriz		Quota	SpostOriz		Quota	SpostOriz		
m	(mm)		m	(mm)		m	(mm)		m	(mm)		m	(mm)		
0,50	0,03		1,00	0,03		1,50	0,02		2,00	0,01		2,50	0,01		
3,00	0,01		3,50	0,00		4,00	0,00		4,50	0,00		5,08	0,00		
5,66	0,00		6,24	0,00		6,82	0,00		7,40	0,00		7,93	0,00		
8,47	0,00		9,00	0,00		9,53	0,00		10,07	0,00		10,60	0,00		
11,13	0,00		11,67	0,00		12,20	0,00								

	SPOSTAMENTI ORIZZONTALI PARATIA - SLU M2 - COMBINAZIONE N.ro: 1														
Quota	Quota SpostOriz Quota SpostOriz Quota SpostOriz Quota SpostOriz Quota SpostOriz Quota SpostOriz														
m	(mm)		m	(mm)		m	(mm)		m	(mm)		m	(mm)		
0,50	0,63		1,00	0,51		1,50	0,40		2,00	0,29		2,50	0,20		
3,00	0,13		3,50	0,08		4,00	0,03		4,50	0,01		5,08	-0,01		
5,66	-0,02		6,24	-0,02		6,82	-0,02		7,40	-0,02		7,93	-0,01		

SOFTWARE: C.D.B. - Computer Design of Bulkheads - Rel.2018 - Lic. Nro: 19593
Pag. 17

		S	SPOSTA	MENTI ORIZ	ZONT	ALI PARAT	TIA - SLU M2	- CON	<b>IBINAZION</b>	IE N.ro: 1					
Quota	Quota         SpostOriz         Quota         SpostOriz         Quota         SpostOriz         Quota         SpostOriz         Quota         SpostOriz														
m	(mm)		m	(mm)		m	(mm)		m	(mm)		m	(mm)		
8,47	-0,01		9,00	-0,01		9,53	0,00		10,07	0,00		10,60	0,00		
11,13	11,13   0,00   11,67   0,00   12,20   0,00														

	SPOSTAMENTI ORIZZONTALI PARATIA - SLU M2 - COMBINAZIONE N.ro: 2														
Quota	SpostOriz		Quota	SpostOriz		Quota	SpostOriz		Quota	SpostOriz		Quota	SpostOriz		
m	(mm)		m	(mm)		m	(mm)		m	(mm)		m	(mm)		
0,50	0,53		1,00	0,43		1,50	0,33		2,00	0,25		2,50	0,17		
3,00	0,11		3,50	0,06		4,00	0,03		4,50	0,01		5,08	-0,01		
5,66	-0,02		6,24	-0,02		6,82	-0,02		7,40	-0,02		7,93	-0,01		
8,47	-0,01		9,00	-0,01		9,53	0,00		10,07	0,00		10,60	0,00		
11,13	0,00		11,67	0,00		12,20	0,00								

_															
	SPOSTAMENTI ORIZZONTALI PARATIA - COMBINAZIONE RARA N.ro: 1														
	Quota         SpostOriz         Quota         SpostOriz         Quota         SpostOriz         Quota         SpostOriz         Quota         SpostOriz														
	m	(mm)		m	(mm)		m	(mm)		m	(mm)		m	(mm)	
	0,50	0,02		1,00	0,01		1,50	0,01		2,00	0,01		2,50	0,01	
	3,00	0,00		3,50	0,00		4,00	0,00		4,50	0,00		5,08	0,00	
	5,66	0,00		6,24	0,00		6,82	0,00		7,40	0,00		7,93	0,00	
	8,47	0,00		9,00	0,00		9,53	0,00		10,07	0,00		10,60	0,00	
	11,13	0,00		11,67	0,00		12,20	0,00							

	SPOSTAMENTI ORIZZONTALI PARATIA - COMBINAZIONE FREQUENTE N.ro: 1														
Quota	SpostOriz	Quota	SpostOriz	Quota	SpostOriz		Quota	SpostOriz		Quota	SpostOriz				
m															
0,50	0,02	1,00	0,01	1,50	0,01		2,00	0,01		2,50	0,01				
3,00	0,00	3,50	0,00	4,00	0,00		4,50	0,00		5,08	0,00				
5,66	0,00	6,24	0,00	6,82	0,00		7,40	0,00		7,93	0,00				
8,47	0,00	9,00	0,00	9,53	0,00		10,07	0,00		10,60	0,00				
11,13	0,00	11,67	0,00	12,20	0,00										

	SPOSTAMENTI ORIZZONTALI PARATIA - COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE N.ro: 1														
Quota	SpostOriz		Quota	SpostOriz		Quota	SpostOriz		Quota	SpostOriz		Quota	SpostOriz		
m	m (mm) m (mm) m (mm) m														
0,50	0,02		1,00	0,01		1,50	0,01		2,00	0,01		2,50	0,01		
3,00	0,00		3,50	0,00		4,00	0,00		4,50	0,00		5,08	0,00		
5,66	0,00		6,24	0,00		6,82	0,00		7,40	0,00		7,93	0,00		
8,47	0,00		9,00	0,00		9,53	0,00		10,07	0,00		10,60	0,00		
11,13	0,00		11,67	0,00		12,20	0,00								

				VERIFICH	E S.L.E.										
			FESSU	RAZION	NE PAI	RATIA	1								
Tipo															
Comb	fes	fes	Kg	Kgm	cm	mm	mm								
Rara															
Freq						0,00	0,30	VERIFICA							
Perm						0,00	0,20	VERIFICA							

	VERIFICHE S.L.E.														
	TENSIONI DI ESERCIZIO PARATIA														
Tipo															
Comb	σc	σc	Kg	Kgm	Kg/cmq	Kg/cmq	σf	σf	Kg	Kgm	Kg/cmq	Kg/cmq			
Rara	1	6	0	-93	-0,6	119,0	1	6	0	-93	23	3040	VERIFICA		
Freq															
Perm	1	6	0	-93	-0,6	92,0							VERIFICA		