

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.

Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.

- Legge nr. 64 del 02/02/1974.

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

- D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'

- D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche

- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

- D.M. 14 gennaio 2008 "*Norme Tecniche Costruzioni*"

Considerato che il sito ricade in zona 4 e che la costruzione è classificabile del tipo 2 e classe d'uso I, ai sensi dell'art. 2.7 del DM 14 gennaio 2008 "Norme tecniche Costruzioni" per il calcolo della struttura in esame viene adottato il metodo alle tensioni ammissibili assumendo un grado di sismicità S pari a 5 come definito dal DM LL.PP. 16.01.1996.

Calcolo del carico sulla calotta

Pressione Geostatica

In questo caso la pressione in calotta viene calcolata come prodotto tra il peso specifico del terreno per l'altezza del ricoprimento (Spessore dello strato di terreno superiore). Quindi la pressione in calotta è fornita dalla seguente relazione:

$$P_v = \gamma H$$

Se sul profilo del piano campagna sono presenti dei sovraccarichi, concentrati e/o distribuiti, la diffusione di questi nel terreno avviene secondo un angolo, rispetto alla verticale, pari a 30.00° .

Spinta sui piedritti

Si assume che sui piedritti agisca la spinta attiva.

La teoria di Rankine o del masso illimitato considera il terreno in uno stato di equilibrio limite e suppone che non ci sia attrito fra il terreno e la parete.

Considerando il caso di un terreno incoerente con angolo di attrito ϕ e peso di volume γ il coefficiente di spinta attiva è espresso da

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \phi/2)$$

e quindi la pressione laterale, ad una generica profondità z e la spinta totale sulla parete di altezza H valgono

$$\sigma = \gamma z K_a + p_v K_a$$

$$S = 1/2 \gamma H^2 K_a + p_v K_a H$$

dove p_v è la pressione verticale agente in corrispondenza della calotta.

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parete pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \arctg(C)$ essendo C il coefficiente di intensità sismica.

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

Tale incremento di spinta deve essere applicato ad una distanza dalla base pari a 2/3 dell'altezza della parete.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali che si destano per effetto del sisma. Tale forza viene valutata come

$$F_i = CW$$

dove W è il peso della parete e dei relativi sovraccarichi permanenti e va applicata nel baricentro dei pesi.

Strategia di soluzione

A partire dal tipo di terreno, dalla geometria e dai sovraccarichi agenti il programma è in grado di conoscere tutti i carichi agenti sulla struttura per ogni combinazione di carico.

La struttura scatolare viene schematizzata come un telaio piano e viene risolta mediante il metodo degli elementi finiti (FEM). Più dettagliatamente il telaio viene discretizzato in una serie di elementi connessi fra di loro nei nodi.

Il terreno di rinfilo e di fondazione viene invece schematizzato con una serie di elementi molle non reagenti a trazione (modello di Winkler). L'area della singola molla è direttamente proporzionale alla costante di Winkler del terreno e all'area di influenza della molla stessa.

A partire dalla matrice di rigidezza del singolo elemento, \mathbf{K}_e , si assembla la matrice di rigidezza di tutta la struttura \mathbf{K} . Tutti i carichi agenti sulla struttura vengono trasformati in carichi nodali (reazioni di incastro perfetto) ed inseriti nel vettore dei carichi nodali \mathbf{p} .

Indicando con \mathbf{u} il vettore degli spostamenti nodali (incogniti), la relazione risolutiva può essere scritta nella forma

$$\mathbf{K} \mathbf{u} = \mathbf{p}$$

Da questa equazione matriciale si ricavano gli spostamenti incogniti \mathbf{u}

$$\mathbf{u} = \mathbf{K}^{-1} \mathbf{p}$$

Noti gli spostamenti nodali è possibile risalire alle sollecitazioni nei vari elementi.

La soluzione del sistema viene fatta per ogni combinazione di carico agente sullo scatolare. Il successivo calcolo delle armature nei vari elementi viene condotto tenendo conto delle condizioni più gravose che si possono verificare nelle sezioni fra tutte le combinazioni di carico.

Geometria scatolare

Descrizione	Scatolare semplice
Altezza esterna (m)	3.35
Larghezza esterna (m)	2.60
Lunghezza mensola di fondazione sinistra (m)	0.00
Lunghezza mensola di fondazione destra (m)	0.00
Spessore piedritto sinistro (m)	0.30
Spessore piedritto destro (m)	0.30
Spessore fondazione (m)	0.40
Spessore traverso (m)	0.35

Caratteristiche strati terreno

Strato di ricoprimento

Tipo di terreno	Terreno di ricoprimento
Spessore dello strato (m)	3.00
Peso di volume (Kg/m^3)	1800
Angolo di attrito ($^\circ$)	30
Coesione (Kg/cm^2)	0.00

Strato di rinfiacco

Tipo di terreno	Terreno di rinfiacco
Peso di volume (Kg/m^3)	1800
Angolo di attrito ($^\circ$)	30
Coesione (Kg/cm^2)	0.00
Costante di Winkler (Kg/cm^3)	0.00

Strato di base

Tipo di terreno	Terreno di base
Peso di volume (Kg/m^3)	1800
Angolo di attrito ($^\circ$)	30
Coesione (Kg/cm^2)	0.00
Costante di Winkler (Kg/cm^3)	5.00
Tensione ammissibile (Kg/cm^2)	2.00

Caratteristiche materiali utilizzati

R_{bk} calcestruzzo (Kg/cm^2)	250
σ_{amm} acciaio (Kg/cm^2)	2600
Tensione ammissibile cls (Kg/cm^2)	85.00
Tensione tang.ammissibile cls (Kg/cm^2)	5.33
Tensione tang.ammissibile cls (Kg/cm^2)	16.86

Condizioni di carico

Simbologia adottata ed unità di misura

Origine in corrispondenza dello spigolo inferiore sinistro della struttura

Ascisse X (espresse in metri) positive verso destra

Ordinate Y (espresse in metri) positive verso l'alto

Carichi concentrati espressi in Kg

Coppie concentrate espressi in Kgm

Carichi distribuiti espressi in Kg/ml

Carichi verticali positivi se diretti verso il basso

Carichi orizzontali positivi se diretti verso destra

Coppie concentrate positive se antiorarie

X_p ascissa del punto di applicazione dei carichi verticali concentrati

Y_p ordinata del punto di applicazione dei carichi orizzontali concentrati

V_p intensità del carico concentrato

X_1, X_2 , ascisse del punto iniziale e finale per carichi distribuiti verticali

Y_1, Y_2 , ordinate del punto iniziale e finale per carichi distribuiti orizzontali

V_1 intensità del carico distribuito in corrispondenza del punto iniziale

V_2 intensità del carico distribuito in corrispondenza del punto finale

Condizione di carico n° 1 (Sovraccarico)

DISTRIBUITO PROFILO $X_1 = -5.00$ $X_2 = 7.60$ $V_1 = 2000.00$ $V_2 = 2000.00$

Condizione di carico n° 8 (Peso Proprio)

Condizione di carico n° 9 (Spinta Terreno)

Condizione di carico n° 10 (Spinta Sismica)

Combinazioni di carico

Nella tabella sotto riportata le combinazioni di carico sono definite riportando ogni condizione di carico attivo nella combinazione per il relativo coefficiente di partecipazione.

Comb. n° 1 :	8 x 1.00	9 x 1.00	
Comb. n° 2 :	1 x 1.00	8 x 1.00	9 x 1.00
Comb. n° 3 :	8 x 1.00	9 x 1.00	10 x 1.00
Comb. n° 4 :	8 x 1.00	9 x 1.00	10 x -1.00

Analisi della spinta e verifiche

Simbologia adottata ed unità di misura

Origine in corrispondenza dello spigolo inferiore sinistro della struttura

Ascisse X (espresse in metri) positive verso destra

Ordinate Y (espresse in metri) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti verso destra

Le forze verticali sono considerate positive se agenti verso il basso

Tipo di analisi

Pressione in calotta	Pressione geostatica
Spinta sui piedritti	Spinta attiva (Rankine)
Spinta sismica	Mononobe-Okabe
Pressione in calotta(solo peso terreno)	5400.00 Kg/m ²
Angolo diffusione sovraccarico	30.00
Coefficiente di spinta	0.333
Coefficiente di spinta sismico	0.351
Discretizzazione strutturale	
Numero elementi fondazione	24
Numero elementi trasverso	12
Numero elementi piedritto sinistro	30
Numero elementi piedritto destro	30

Analisi della combinazione n° 1

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q(Kg/mq)
-16.73	19.33	5400.00

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 1800.00	Pressione inf. 3810.00
Piedritto destro	Pressione sup. 1800.00	Pressione inf. 3810.00

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 1)

X(m)	ux(cm)	uy(cm)
0.15	0.000	0.189
0.72	0.000	0.184
1.30	0.000	0.181
1.88	0.000	0.184
2.45	0.000	0.189

Spostamenti traverso (Combinazione n° 1)

X(m)	ux(cm)	uy(cm)
0.15	0.000	0.192
0.72	0.000	0.198
1.30	0.000	0.201
1.88	0.000	0.198
2.45	0.000	0.192

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 1)

Y(m)	ux(cm)	uy(cm)
0.20	0.000	0.189
1.69	0.004	0.191
3.18	0.000	0.192

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 1)

Y(m)	ux(cm)	uy(cm)
0.20	0.000	0.189
1.69	-0.004	0.191
3.18	0.000	0.192

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 1)

X(m)	M(Kgm)	T(Kg)	N(Kg)
0.15	-2569.47	-8993.88	4735.42
0.72	1477.37	-4216.63	4735.42
1.30	2812.12	433.65	4735.42
1.88	1477.37	5097.41	4735.42
2.45	-2569.47	8993.88	4735.42

Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 1)

X(m)	M(Kgm)	T(Kg)	N(Kg)
0.15	-2176.47	7216.25	3587.14
0.72	935.53	3608.12	3587.14
1.30	1972.87	0.00	3587.14
1.88	935.53	-3608.12	3587.14
2.45	-2176.47	-7216.25	3587.14

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 1)

Y(m)	M(Kgm)	T(Kg)	N(Kg)
0.20	-2569.47	4735.42	9447.50
1.69	721.98	-89.66	8331.88
3.18	-2176.47	-3587.14	7216.25

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 1)

Y(m)	M(Kgm)	T(Kg)	N(Kg)
0.20	-2569.47	-4735.42	9447.50
1.69	721.98	89.66	8331.88
3.18	-2176.47	3587.14	7216.25

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 1)

X(m)	$\sigma_t(\text{Kg/cm}^2)$
0.15	0.95
0.72	0.92
1.30	0.91
1.88	0.92
2.45	0.95

Verifica sezioni fondazione (Combinazione n° 1)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 40.00 cm

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M	T	N	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}	τ _c
1	0.15	6.16	6.16	2569	-8994	4735	18.90	846.71	191.82	-2.86
2	0.72	6.16	6.16	-1477	-4217	4735	10.58	117.72	346.76	-1.34
3	1.30	6.16	6.16	-2812	434	4735	20.70	207.56	959.41	0.14
4	1.88	6.16	6.16	-1477	5097	4735	10.58	117.72	346.76	1.62
5	2.45	6.16	6.16	2569	8994	4735	18.90	846.71	191.82	2.86

Verifica sezioni traverso (Combinazione n° 1)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 35.00 cm

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M	T	N	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}	τ _c
1	0.15	6.16	6.16	-2176	7216	3587	20.17	188.74	912.13	2.65
2	0.72	6.16	6.16	936	3608	3587	8.43	247.96	91.30	1.33
3	1.30	6.16	6.16	1973	0	3587	18.28	801.80	173.39	0.00
4	1.88	6.16	6.16	936	-3608	3587	8.43	247.96	91.30	-1.33
5	2.45	6.16	6.16	-2176	-7216	3587	20.17	188.74	912.13	-2.65

Verifica sezioni piedritto sinistro (Combinazione n° 1)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 30.00 cm

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M	T	N	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}	τ _c
1	0.20	6.16	6.16	-2569	4735	9448	30.86	304.28	964.16	2.06
2	1.69	6.16	6.16	722	-90	8332	7.47	30.52	96.22	-0.04
3	3.18	6.16	6.16	-2176	-3587	7216	26.25	253.15	871.89	-1.56

Verifica sezioni piedritto destro (Combinazione n° 1)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 30.00 cm

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M	T	N	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}	τ _c
1	0.20	6.16	6.16	-2569	-4735	9448	30.86	304.28	964.16	-2.06
2	1.69	6.16	6.16	722	90	8332	7.47	30.52	96.22	0.04
3	3.18	6.16	6.16	-2176	3587	7216	26.25	253.15	871.89	1.56

Analisi della combinazione n° 2

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q(Kg/mq)
-16.73	-6.73	5400.00
-6.73	9.33	6968.72
9.33	19.33	5400.00

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 2322.91	Pressione inf. 4332.91
Piedritto destro	Pressione sup. 2322.91	Pressione inf. 4332.91

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 2)

X(m)	ux(cm)	uy(cm)
0.15	0.001	0.222
0.72	0.000	0.215
1.30	0.000	0.212
1.88	0.000	0.215
2.45	-0.001	0.222

Spostamenti traverso (Combinazione n° 2)

X(m)	ux(cm)	uy(cm)
0.15	0.001	0.225
0.72	0.000	0.232
1.30	0.000	0.236
1.88	0.000	0.232
2.45	-0.001	0.225

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 2)

Y(m)	ux(cm)	uy(cm)
0.20	0.001	0.222
1.69	0.004	0.224
3.18	0.001	0.225

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 2)

Y(m)	ux(cm)	uy(cm)
0.20	-0.001	0.222
1.69	-0.004	0.224
3.18	-0.001	0.225

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 2)

X(m)	M(Kgm)	T(Kg)	N(Kg)
0.15	-3016.25	-10720.13	5496.39
0.72	1802.75	-5029.64	5496.39
1.30	3391.91	507.15	5496.39
1.88	1802.75	6060.23	5496.39
2.45	-3016.25	10720.13	5496.39

Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 2)

X(m)	M(Kgm)	T(Kg)	N(Kg)
0.15	-2673.40	9020.27	4381.82
0.72	1216.60	4510.14	4381.82
1.30	2513.26	0.00	4381.82
1.88	1216.60	-4510.14	4381.82
2.45	-2673.40	-9020.27	4381.82

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 2)

Y(m)	M(Kgm)	T(Kg)	N(Kg)
0.20	-3016.25	5496.39	11251.52
1.69	828.64	-106.51	10135.90
3.18	-2673.40	-4381.82	9020.27

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 2)

Y(m)	M(Kgm)	T(Kg)	N(Kg)
0.20	-3016.25	-5496.39	11251.52
1.69	828.64	106.51	10135.90
3.18	-2673.40	4381.82	9020.27

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 2)

X(m)	$\sigma_t(\text{Kg/cm}^2)$
0.15	1.11
0.72	1.08
1.30	1.06
1.88	1.08
2.45	1.11

Verifica sezioni fondazione (Combinazione n° 2)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 40.00 cm

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M	T	N	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}	τ _c
1	0.15	6.16	6.16	3016	-10720	5496	22.19	998.48	224.85	-3.41
2	0.72	6.16	6.16	-1803	-5030	5496	12.97	142.96	441.79	-1.60
3	1.30	6.16	6.16	-3392	507	5496	24.98	249.16	1173.08	0.16
4	1.88	6.16	6.16	-1803	6060	5496	12.97	142.96	441.79	1.93
5	2.45	6.16	6.16	3016	10720	5496	22.19	998.48	224.85	3.41

Verifica sezioni traverso (Combinazione n° 2)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 35.00 cm

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M	T	N	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}	τ _c
1	0.15	6.16	6.16	-2673	9020	4382	24.78	231.66	1122.21	3.32
2	0.72	6.16	6.16	1217	4510	4382	11.02	341.04	117.83	1.66
3	1.30	6.16	6.16	2513	0	4382	23.30	1035.39	219.61	0.00
4	1.88	6.16	6.16	1217	-4510	4382	11.02	341.04	117.83	-1.66
5	2.45	6.16	6.16	-2673	-9020	4382	24.78	231.66	1122.21	-3.32

Verifica sezioni piedritto sinistro (Combinazione n° 2)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 30.00 cm

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M	T	N	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}	τ _c
1	0.20	6.16	6.16	-3016	5496	11252	36.19	358.08	1120.62	2.39
2	1.69	6.16	6.16	829	-107	10136	8.61	26.93	111.76	-0.05
3	3.18	6.16	6.16	-2673	-4382	9020	32.22	311.90	1059.88	-1.91

Verifica sezioni piedritto destro (Combinazione n° 2)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 30.00 cm

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M	T	N	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}	τ _c
1	0.20	6.16	6.16	-3016	-5496	11252	36.19	358.08	1120.62	-2.39
2	1.69	6.16	6.16	829	107	10136	8.61	26.93	111.76	0.05
3	3.18	6.16	6.16	-2673	4382	9020	32.22	311.90	1059.88	1.91

Analisi della combinazione n° 3

Carichi verticali in calotta

X_i	X_j	$Q(\text{Kg/mq})$
-16.73	19.33	5400.00

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 1800.00	Pressione inf. 3810.00
Piedritto destro	Pressione sup. 1800.00	Pressione inf. 3810.00

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 286.48	Pressione inf. 0.00
Piedritto destro	Pressione sup. 0.00	Pressione inf. 0.00

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 3)

$X(\text{m})$	$u_x(\text{cm})$	$u_y(\text{cm})$
0.15	0.061	0.159
0.72	0.061	0.169
1.30	0.061	0.181
1.88	0.060	0.199
2.45	0.060	0.219

Spostamenti traverso (Combinazione n° 3)

$X(\text{m})$	$u_x(\text{cm})$	$u_y(\text{cm})$
0.15	0.150	0.162
0.72	0.150	0.182
1.30	0.150	0.200
1.88	0.150	0.212
2.45	0.149	0.222

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 3)

$Y(\text{m})$	$u_x(\text{cm})$	$u_y(\text{cm})$
0.20	0.061	0.159
1.69	0.110	0.161
3.18	0.150	0.162

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 3)

$Y(\text{m})$	$u_x(\text{cm})$	$u_y(\text{cm})$
0.20	0.060	0.219

1.69	0.101	0.221
3.18	0.149	0.222

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 3)

X(m)	M(Kgm)	T(Kg)	N(Kg)
0.15	-3011.80	-8841.50	5161.99
0.72	1113.41	-4670.76	5179.24
1.30	2770.70	-194.57	5196.49
1.88	1757.62	4716.44	5213.74
2.45	-2212.00	9146.83	5230.99

Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 3)

X(m)	M(Kgm)	T(Kg)	N(Kg)
0.15	-1961.54	6991.47	3714.99
0.72	1021.22	3383.34	3730.08
1.30	1929.31	-224.78	3745.18
1.88	762.72	-3832.91	3760.27
2.45	-2478.54	-7441.03	3775.36

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 3)

Y(m)	M(Kgm)	T(Kg)	N(Kg)
0.20	-3011.80	5162.04	9222.72
1.69	814.48	167.16	8107.09
3.18	-1961.54	-3714.99	6991.47

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 3)

Y(m)	M(Kgm)	T(Kg)	N(Kg)
0.20	-2212.00	-4480.26	9672.28
1.69	724.79	311.35	8556.66
3.18	-2478.54	3775.36	7441.03

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 3)

X(m)	$\sigma_t(\text{Kg/cm}^2)$
0.15	0.80
0.72	0.85
1.30	0.91
1.88	0.99
2.45	1.10

Verifica sezioni fondazione (Combinazione n° 3)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 40.00 cm

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M	T	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}	τ_c
1	0.15	6.16	6.16	3012	-8842	5162	22.17	1020.90	222.79	-2.81
2	0.72	6.16	6.16	-1113	-4671	5179	7.52	90.22	165.23	-1.49
3	1.30	6.16	6.16	-2771	-195	5196	20.37	207.30	906.44	-0.06
4	1.88	6.16	6.16	-1758	4716	5214	12.67	138.99	440.44	1.50
5	2.45	6.16	6.16	2212	9147	5231	16.16	646.06	170.41	2.91

Verifica sezioni traverso (Combinazione n° 3)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 35.00 cm

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M	T	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}	τ_c
1	0.15	6.16	6.16	-1962	6991	3715	18.18	173.38	786.19	2.57
2	0.72	6.16	6.16	1021	3383	3730	9.24	282.83	99.08	1.24
3	1.30	6.16	6.16	1929	-225	3745	17.87	766.53	171.12	-0.08
4	1.88	6.16	6.16	763	-3833	3760	6.64	151.07	76.11	-1.41
5	2.45	6.16	6.16	-2479	-7441	3775	22.97	212.72	1061.94	-2.74

Verifica sezioni piedritto sinistro (Combinazione n° 3)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 30.00 cm

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M	T	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}	τ_c
1	0.20	6.16	6.16	-3012	5162	9223	36.42	345.46	1261.00	2.25
2	1.69	6.16	6.16	814	167	8107	8.48	59.12	106.50	0.07
3	3.18	6.16	6.16	-1962	-3715	6991	23.59	231.04	751.43	-1.62

Verifica sezioni piedritto destro (Combinazione n° 3)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 30.00 cm

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M	T	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}	τ_c
1	0.20	6.16	6.16	-2212	-4480	9672	26.27	269.61	725.55	-1.95
2	1.69	6.16	6.16	725	311	8557	7.51	27.77	97.02	0.14
3	3.18	6.16	6.16	-2479	3775	7441	29.98	283.31	1048.44	1.65

Analisi della combinazione n° 4

Carichi verticali in calotta

Xi	Xj	Q(Kg/mq)
-16.73	19.33	5400.00

Spinte sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 1800.00	Pressione inf. 3810.00
Piedritto destro	Pressione sup. 1800.00	Pressione inf. 3810.00

Spinte sismiche sui piedritti

Piedritto sinistro	Pressione sup. 0.00	Pressione inf. 0.00
Piedritto destro	Pressione sup. 286.48	Pressione inf. 0.00

Spostamenti fondazione (Combinazione n° 4)

X(m)	ux(cm)	uy(cm)
0.15	-0.060	0.219
0.72	-0.060	0.199
1.30	-0.061	0.181
1.88	-0.061	0.169
2.45	-0.061	0.159

Spostamenti traverso (Combinazione n° 4)

X(m)	ux(cm)	uy(cm)
0.15	-0.149	0.222
0.72	-0.150	0.212
1.30	-0.150	0.200
1.88	-0.150	0.182
2.45	-0.150	0.162

Spostamenti piedritto sinistro (Combinazione n° 4)

Y(m)	ux(cm)	uy(cm)
0.20	-0.060	0.219
1.69	-0.101	0.221
3.18	-0.149	0.222

Spostamenti piedritto destro (Combinazione n° 4)

Y(m)	ux(cm)	uy(cm)
0.20	-0.061	0.159

1.69	-0.110	0.161
3.18	-0.150	0.162

Sollecitazioni fondazione (Combinazione n° 4)

X(m)	M(Kgm)	T(Kg)	N(Kg)
0.15	-2212.00	-9146.83	5230.99
0.72	1757.62	-3765.03	5213.74
1.30	2770.70	1062.16	5196.49
1.88	1113.41	5481.06	5179.24
2.45	-3011.80	8841.50	5161.99

Sollecitazioni traverso (Combinazione n° 4)

X(m)	M(Kgm)	T(Kg)	N(Kg)
0.15	-2478.54	7441.03	3775.36
0.72	762.72	3832.91	3760.27
1.30	1929.31	224.78	3745.18
1.88	1021.22	-3383.34	3730.08
2.45	-1961.54	-6991.47	3714.99

Sollecitazioni piedritto sinistro (Combinazione n° 4)

Y(m)	M(Kgm)	T(Kg)	N(Kg)
0.20	-2212.00	4480.26	9672.28
1.69	724.79	-311.35	8556.66
3.18	-2478.54	-3775.36	7441.03

Sollecitazioni piedritto destro (Combinazione n° 4)

Y(m)	M(Kgm)	T(Kg)	N(Kg)
0.20	-3011.80	-5162.04	9222.72
1.69	814.48	-167.16	8107.09
3.18	-1961.54	3714.99	6991.47

Pressioni sul terreno di fondazione (Combinazione n° 4)

X(m)	$\sigma_t(\text{Kg/cm}^2)$
0.15	1.10
0.72	0.99
1.30	0.91
1.88	0.85
2.45	0.80

Verifica sezioni fondazione (Combinazione n° 4)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 40.00 cm

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M	T	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}	τ_c
1	0.15	6.16	6.16	2212	-9147	5231	16.16	646.06	170.41	-2.91
2	0.72	6.16	6.16	-1758	-3765	5214	12.67	138.99	440.44	-1.20
3	1.30	6.16	6.16	-2771	1062	5196	20.37	207.30	906.44	0.34
4	1.88	6.16	6.16	-1113	5481	5179	7.52	90.22	165.23	1.74
5	2.45	6.16	6.16	3012	8842	5162	22.17	1020.90	222.79	2.81

Verifica sezioni traverso (Combinazione n° 4)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 35.00 cm

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M	T	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}	τ_c
1	0.15	6.16	6.16	-2479	7441	3775	22.97	212.72	1061.94	2.74
2	0.72	6.16	6.16	763	3833	3760	6.64	151.07	76.11	1.41
3	1.30	6.16	6.16	1929	225	3745	17.87	766.53	171.12	0.08
4	1.88	6.16	6.16	1021	-3383	3730	9.24	282.83	99.08	-1.24
5	2.45	6.16	6.16	-1962	-6991	3715	18.18	173.38	786.19	-2.57

Verifica sezioni piedritto sinistro (Combinazione n° 4)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 30.00 cm

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M	T	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}	τ_c
1	0.20	6.16	6.16	-2212	4480	9672	26.27	269.61	725.55	1.95
2	1.69	6.16	6.16	725	-311	8557	7.51	27.77	97.02	-0.14
3	3.18	6.16	6.16	-2479	-3775	7441	29.98	283.31	1048.44	-1.65

Verifica sezioni piedritto destro (Combinazione n° 4)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 30.00 cm

N°	X	A _{fi}	A _{fs}	M	T	N	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}	τ_c
1	0.20	6.16	6.16	-3012	-5162	9223	36.42	345.46	1261.00	-2.25
2	1.69	6.16	6.16	814	-167	8107	8.48	59.12	106.50	-0.07
3	3.18	6.16	6.16	-1962	3715	6991	23.59	231.04	751.43	1.62

Inviluppo spostamenti fondazione

X(m)	ux _{min} (cm)	ux _{max} (cm)	uy _{min} (cm)	uy _{max} (cm)
0.15	-0.0602	0.0612	0.1591	0.2218
0.72	-0.0604	0.0609	0.1691	0.2151
1.30	-0.0607	0.0607	0.1810	0.2117
1.88	-0.0609	0.0604	0.1691	0.2151
2.35	-0.0612	0.0602	0.1591	0.2218

Inviluppo spostamenti traverso

X(m)	ux _{min} (cm)	ux _{max} (cm)	uy _{min} (cm)	uy _{max} (cm)
0.15	-0.1495	0.1504	0.1619	0.2253
0.72	-0.1497	0.1501	0.1824	0.2323
1.30	-0.1499	0.1499	0.2002	0.2361
1.88	-0.1501	0.1497	0.1824	0.2323
2.45	-0.1504	0.1495	0.1619	0.2253

Inviluppo spostamenti piedritto sinistro

Y(m)	ux _{min} (cm)	ux _{max} (cm)	uy _{min} (cm)	uy _{max} (cm)
0.20	-0.0602	0.0612	0.1591	0.2218
1.69	-0.1011	0.1104	0.1606	0.2237
3.18	-0.1495	0.1504	0.1619	0.2253

Inviluppo spostamenti piedritto destro

Y(m)	ux _{min} (cm)	ux _{max} (cm)	uy _{min} (cm)	uy _{max} (cm)
0.20	-0.0612	0.0602	0.1591	0.2218
1.69	-0.1104	0.1011	0.1606	0.2237
3.18	-0.1504	0.1495	0.1619	0.2253

Inviluppo sollecitazioni fondazione

X(m)	M _{min} (Kgm)	M _{max} (Kgm)	T _{min} (Kg)	T _{max} (Kg)	N _{min} (Kg)	N _{max} (Kg)
0.15	-3016	-2212	-10720	-8842	4735	5496
0.72	1113	1803	-5030	-3765	4735	5496
1.30	2771	3392	-195	1062	4735	5496
1.88	1113	1803	4716	6060	4735	5496
2.45	-3016	-2212	8842	10720	4735	5496

Inviluppo sollecitazioni traverso

X(m)	M _{min} (Kgm)	M _{max} (Kgm)	T _{min} (Kg)	T _{max} (Kg)	N _{min} (Kg)	N _{max} (Kg)
0.15	-2673	-1962	6991	9020	3587	4382

0.72	763	1217	3383	4510	3587	4382
1.30	1929	2513	-225	225	3587	4382
1.88	763	1217	-4510	-3383	3587	4382
2.45	-2673	-1962	-9020	-6991	3587	4382

Inviluppo sollecitazioni piedritto sinistro

Y(m)	M _{min} (Kgm)	M _{max} (Kgm)	T _{min} (Kg)	T _{max} (Kg)	N _{min} (Kg)	N _{max} (Kg)
0.20	-3016	-2212	4480	5496	9223	11252
1.69	722	829	-311	167	8107	10136
3.18	-2673.40	-1961.54	-4381.82	-3587.14	6991.47	9020.27

Inviluppo sollecitazioni piedritto destro

Y(m)	M _{min} (Kgm)	M _{max} (Kgm)	T _{min} (Kg)	T _{max} (Kg)	N _{min} (Kg)	N _{max} (Kg)
0.20	-3016	-2212	-5496	-4480	9223	11252
1.69	722	829	-167	311	8107	10136
3.18	-2673.40	-1961.54	3587.14	4381.82	6991.47	9020.27

Inviluppo pressioni sul terreno di fondazione

X(m)	σ_t min(Kg/cm ²)	σ_t max(Kg/cm ²)
0.15	0.80	1.11
0.72	0.85	1.08
1.30	0.91	1.06
1.88	0.85	1.08
2.45	0.80	1.11

Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 40.00 cm

X(m)	A _{fi}	A _{fs}	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}	τ_c
0.15	6.16	6.16	22.19	1020.90	224.85	-3.41
0.72	6.16	6.16	12.97	142.96	441.79	-1.60
1.30	6.16	6.16	24.98	249.16	1173.08	0.34
1.88	6.16	6.16	12.97	142.96	441.79	1.93
2.45	6.16	6.16	22.19	1020.90	224.85	3.41

Verifica sezioni traverso (Inviluppo)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 35.00 cm

X(m)	A _{fi}	A _{fs}	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}	τ_c
0.15	6.16	6.16	24.78	231.66	1122.21	3.32
0.72	6.16	6.16	11.02	341.04	117.83	1.66
1.30	6.16	6.16	23.30	1035.39	219.61	-0.08
1.88	6.16	6.16	11.02	341.04	117.83	-1.66
2.45	6.16	6.16	24.78	231.66	1122.21	-3.32

Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 30.00 cm

Y(m)	A _{fi}	A _{fs}	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}	τ_c
0.20	6.16	6.16	36.42	358.08	1261.00	2.39
1.69	6.16	6.16	8.61	59.12	111.76	-0.14
3.18	6.16	6.16	32.22	311.90	1059.88	-1.91

Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B= 100 cm

Altezza sezione H= 30.00 cm

Y(m)	A _{fi}	A _{fs}	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}	τ_c
0.20	6.16	6.16	36.42	358.08	1261.00	-2.39
1.69	6.16	6.16	8.61	59.12	111.76	0.14
3.18	6.16	6.16	32.22	311.90	1059.88	1.91