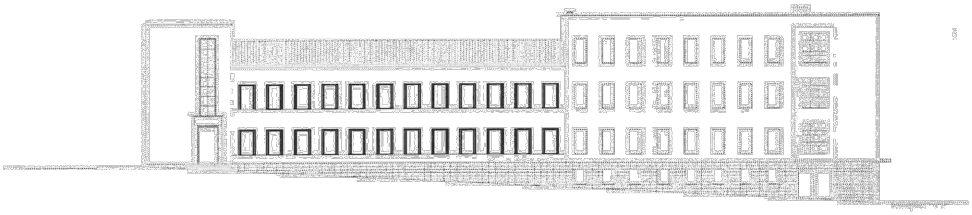
COMUNE DI MILITELLO IN VAL DI CATANIA

PROVINCIA DI CATANIA - REGIONE SICILIA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA E RIQUALIFICAZIONE DEGLI EDIFICI ADIBITI AD USO SCOLASTICO
FONDO EUROPEO DI SVILUPPO REGIONALE (FESR-PON 2014-2020)
ISTITUTO COMPRENSIVO STATALE "PIETRO CARRERA"
VIALE REGINA MARGHERITA N.15

PROGETTO ESECUTIVO



RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

ALLEGATO - RELAZIONE GEOTECNICA DELL'EDIFICIO IN MURATURA

PROGETTO

0 2 MAG. 2018

R. U. P.
legale rappresentante
Geom. PAOLO FRAMONTANA

PROGETTISTA
tecnico incaricato
Arch. ing. [illegible] Russo

Visti ed approvazioni

REGIONE SICILIANA
ASSESSORATO REGIONALE DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ
Dipartimento Regionale Tecnico
Pos. N. 120515
Visto ai sensi dell'art. 1 del D.P.R. 380/001 e ss.mm.ii. con riferimento alla nota prot. 9547 del 16 GEN. 2018
Il Funzionario Tecnico
Il Capo U.O.
IL DIRIGENTE
(Dott. [illegible])

ELABORATO VERIFICATO
art.26 D.Lgs. 50/2016
LICCIARDELLOPROGETTI S.r.l.

10/11/2020

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nell' analisi e nelle verifiche si è tenuto conto delle seguenti normative:

— **Legge 5 novembre 1971 n. 1086**

(G. U. 21 dicembre 1971 n. 321)

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

— **Legge 2 febbraio 1974 n. 64**

(G. U. 21 marzo 1974 n. 76)

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche

— **C.N.R. n. 10024/1986**

Analisi di strutture mediante elaboratore. Impostazione e Redazione delle relazioni di calcolo

— **Decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 14 gennaio 2008**

(G.U. 29 del 4 febbraio 2008 Suppl. Ord. n.30)

Norme tecniche per le costruzioni

— **Circolare 2 febbraio 2009, n. 617**

(G.U. 47 del 26 febbraio 2009 Suppl. Ord. n. 27)

Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008

CAPACITA' PORTANTE DI UNA FONDAZIONE SUPERFICIALE AGLI "SLU"

METODO DI BRINCH-HANSEN

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

$$E_d = E\left[\gamma_F F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d\right]$$

Ovvero

$$E_d = \gamma_E E\left[F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d\right]$$

Con $\gamma_E = \gamma_F$ e dove R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R\left[\gamma_F F_k ; \frac{X_k}{\gamma_M} ; a_d\right]$$

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

Il calcolo della capacità portante di una fondazione superficiale agli stati limiti viene valutata secondo il metodo

di *Brinch-Hansen.*

FORMULA DI BRINCH-HANSEN IN CONDIZIONI NON DRENATE

La determinazione del carico limite in condizione non drenate viene calcolata secondo la seguente relazione:

$$q_{\lim} = (2+\pi)c_u s_c i_c b_c g_c d_c + q$$

FORMULA DI BRINCH-HANSEN IN CONDIZIONI DRENATE

La determinazione del carico limite in condizione drenate viene calcolata secondo la seguente relazione:

$$q_{\lim} = c' N_c s_c i_c b_c g_c d_c + q' N_q s_q i_q b_q g_q d_q + \frac{1}{2}\gamma N_\gamma B' s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma d_\gamma$$

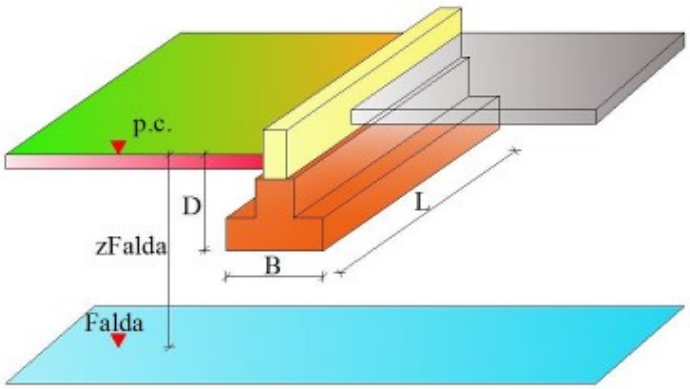
DATI GEOMETRICI

B = Lato minore della fondazione

L = Lato maggiore della fondazione

D = Affondamento della fondazione rispetto al piano di campagna

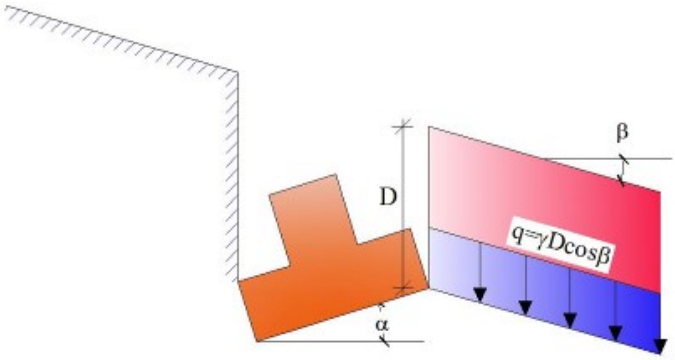
z = Profondità della falda rispetto al piano di campagna



α = Inclinazione del piano di posa della fondazione rispetto al piano orizzontale

β = Inclinazione del piano di campagna a valle rispetto al piano orizzontale

Progetto:



FORMA DELLA FONDAZIONE

Nastriforme se B<L/5

Rettangolare se B>L/5

Circolare

Quadrata

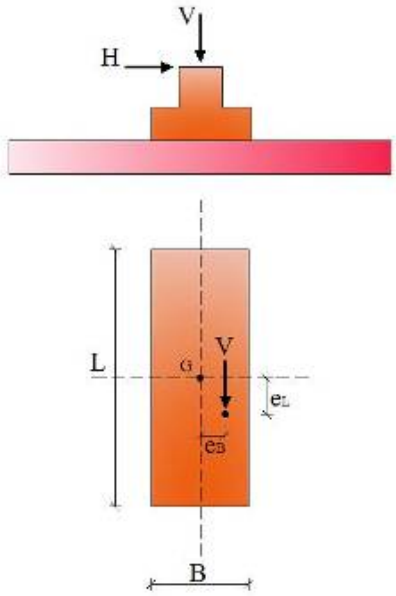
CARICHI

H = carico orizzontale parallelo alla base della fondazione

V = carico verticale applicato a B/2

e_B = eccentricità del carico verticale lungo la base

e_L = eccentricità del carico verticale lungo la lunghezza



Progetto:

DATI GEOTECNICI

γ_1 = *peso specifico apparente del terreno al di sopra del piano di posa della fondazione*

γ_{Sat1} = *peso specifico del terreno in condizione sature al di sopra del piano di posa della fondazione*

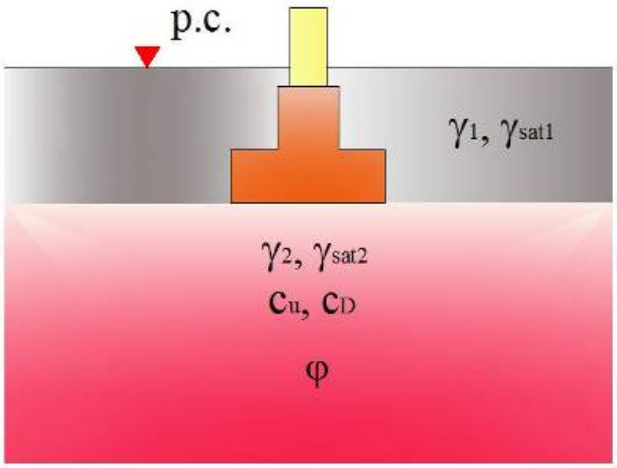
γ_2 = *peso specifico apparente del terreno al di sotto del piano di posa della fondazione*

γ_{Sat2} = *peso specifico del terreno in condizione sature al di sotto del piano di posa della fondazione*

c_u = *coesione del terreno al di sotto del piano di fondazione in condizioni non drenate*

c_D = *coesione del terreno al di sotto del piano di fondazione in condizioni drenate*

φ = *angolo di attrito interno del terreno al di sotto del piano di fondazione*



COEFFICIENTI PARZIALI

γ_F = *coefficiente parziale per le azioni o per l'effetto*

γ_R = *coefficiente parziale per le verifiche agli stati limite ultimi*

$\gamma_{\varphi'}$ = *coefficiente parziale per la tangente dell'angolo di resistenza al taglio*

c' = *coefficiente parziale per la coesione efficace*

c_{uk} = *coefficiente parziale per la resistenza non drenata*

γ = *coefficiente parziale per il peso dell'unità di volume*

Le verifiche vengono effettuate tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali secondo i due approcci:

Approccio 1:

- Combinazione 1: (A2+M2+R2)

- Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2:

(A1+M1+R3).

GRANDEZZE GEOMETRICHE EFFETTIVE

Dimensioni effettive equivalenti della fondazione soggetta a carichi eccentrici

$$B' = B - 2 \cdot e_B$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L$$

$$A' = B' \cdot L'$$

FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE

- *Condizioni non drenate:*

$$N_q = 1$$

$$N_c = (2 + \pi) = 5{,}14$$

$$N_\gamma = 0$$

- *Condizioni drenate:*

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot \phi$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1)\tan \phi$$

FATTORI DI FORMA

I fattori di forma sono funzione della geometria della fondazione, e dipendono dal tipo di terreno:

	Fattori di forma		
Forma della fondazione	s_c	s_q	s_γ
Rettangolare	$1+\frac{B'}{L'}\cdot\frac{N_q}{N_c}$	$1+\frac{B'}{L'}\cdot\tan\varphi$	$1-0.4\frac{B'}{L'}$
Circolare o quadrata	$1+\cdot\frac{N_q}{N_c}$	$1+\tan\varphi$	0.6

FATTORI DI PROFONDITA'

La profondità del piano di fondazione mette in conto anche la resistenza al taglio del terreno sopra il piano di fondazione.

		Fattori di profondità		
Valori di ϕ		d_c	d_q	d_γ
ϕ= 0, Argilla satura in condizioni non drenate	$\frac{D}{B'}\le 1$	$1+0.4\frac{D}{B'}$	1	1
	$\frac{D}{B'}>1$	$1+0.4\cdot\arctan\left(\frac{D}{B'}\right)$		
ϕ> 0, Sabbie e argille in condizioni drenate	$\frac{D}{B'}\le 1$	$d_q-\frac{1-d_q}{N_c\tan\phi}$	$1+2\tan\phi(1-\sin\phi)^2\cdot\frac{D}{B'}$	1
	$\frac{D}{B'}>1$		$1+2\tan\phi(1-\sin\phi)^2\cdot\arctan\left(\frac{D}{B'}\right)$	

FATTORI DI INCLINAZIONE DEL CARICO

L'inclinazione del carico riduce la resistenza a rottura di una fondazione superficiale, secondo il rapporto fra le componenti orizzontale H (parallela a B) e verticale V.

Definito il parametro

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

I fattori diventano

	Fattori di inclinazione dei carichi		
Valori di ϕ	i_c	i_q	i_γ
ϕ= 0 *Argilla satura in condizioni non drenate*	$1 - \frac{mH}{B \cdot L \cdot c_u \cdot N_c}$	1	1
c>0, ϕ> 0 *Argilla in condizioni drenate*	$i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \tan\phi}$	$\left(1 - \frac{H}{V + BLc_D \cot\phi}\right)^m$	$\left(1 - \frac{H}{V + BLc_D \cot\phi}\right)^{m+1}$
c= 0, *Sabbie*	-	$\left(1 - \frac{H}{V}\right)^m$	$\left(1 - \frac{H}{V}\right)^{m+1}$

FATTORI DI INCLINAZIONE DEL PIANO DI POSA

La capacità portante nella direzione ortogonale al piano di posa, è corretta secondo dei fattori di inclinazione del piano di posa

	Fattori di inclinazione del piano di posa		
Valori di ϕ	b_c	b_q	b_γ
ϕ= 0 *Argilla satura in condizioni non drenate*	$1-\frac{2\alpha}{\pi+2}$	1	1
c>0, ϕ> 0 *Argilla in condizioni drenate*	$b_q-\frac{1-b_q}{N_c\tan\phi}$	$(1-\alpha\tan\phi)^2$	$(1-\alpha\tan\phi)^2$

Dove α è l'angolo che il piano di posa della fondazione forma con l'orizzontale.

FATTORI DI INCLINAZIONE DEL PIANO DI CAMPAGNA

Nel caso in cui il piano campagna è inclinato di un angolo β rispetto all'orizzontale verranno inseriti dei coefficienti correttivi su calcolo della la capacità portante.

	Fattori di inclinazione del piano di campagna		
Valori di ϕ	g_c	g_q	g_γ
ϕ= 0 *Argilla satura in condizioni non drenate*	$1-\frac{2\beta}{\pi+2}$	1	1
c>0, ϕ> 0 *Argilla in condizioni drenate*	$g_q-\frac{1-g_q}{N_c\tan\phi}$	$(1-\beta\tan\phi)^2\cdot\cos\beta$	$(1-\beta\tan\phi)^2$

CARICO DA TERRENO

- *Assenza di falda:*

$$q = \gamma_1 D \cos\beta$$

- *Presenza della falda:*

$$q = (\gamma_1 z + (\gamma_{Sat1} - \gamma_W) \cdot (D - z)) \cos\beta \qquad z < D$$

$$q = \gamma_1 z D \cos\beta \qquad z > D$$

$$q = \gamma_{Sat1} D \cos\beta \qquad \text{condizioni non drenate}$$

Dove β è l'angolo che il terreno forma con l'orizzontale.

CAPACITA' PORTANTE

La capacità portante di calcolo espressa in termini di tensione vale

$$q_d = q_{\lim,} / \gamma_R$$

La capacità portante di calcolo espressa in termini di azione vale

$$Q_d = q_d \cdot A$$

Dove $A = B \cdot L$ è l'area dell'impronta della fondazione.

VERIFICA A SCORRIMENTO

Le azioni orizzontali tendono a far scorrere la fondazione nel verso della forza applicata H.

La forza che contrasta lo scorrimento dipende dalle forze di attrito e di aderenza nel contatto fondazione – terreno e da un'eventuale resistenza laterale:

$$E_H = F_{Rd} + E_{pd} = V \tan\delta_t + c_a \cdot B + E_{pd}$$

Dove:

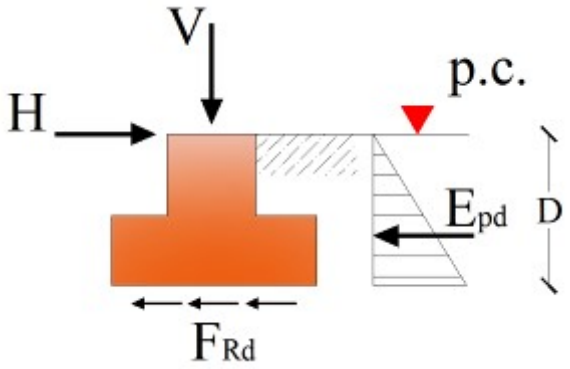
$\delta_t =$ coefficiente di attrito fondazione - terreno

$c_a =$ adesione fondazione – terreno

$E_{pd} =$ resistenza laterale di calcolo (resistenza passiva)

Il coefficiente di attrito fondazione – terreno, in generale può essere assunto paro all'angolo di attrito interno ϕ' del terreno a contatto con la fondazione, l'adesione c_a invece è assunta pari a $0.7c$.

La resistenza passiva in genere si mobilita per spostamenti superiori di almeno un ordine di grandezza rispetto a quelli necessari per mobilitare lo stato limite attivo F_{Rd}, in genere viene trascurato, almeno che non venga compattato il terreno riporto o infisso un muro laterale o che il getto di calcestruzzo avvenga a contatto con la parete di scavo.



La verifica è soddisfatta se:

$R_H = H \leq E_H$

Progetto:

CAPACITA' PORTANTE DI UNA FONDAZIONE SUPERFICIALE AGLI SLU METODO DI BRINCH - HANSEN

1. DESCRIZIONE

Fondazione su materiale calcarenitico.
Verifica sulla fondazione di cui ai fili fissi 43 - 45

2. FORMA DELLA FONDAZIONE

Nastriforme

3. FALDA

Assenza di falda nel volume d'interesse geotecnico

4. DATI GEOMETRICI

B (m)	L (m)	D (m)	α(°)	β(°)
1	10	2.4	0	0

5. CARICHI ED ECCENTRICITA'

5.1 Approccio 1 - Combinazione 1

H (kN)	V (kN)	e_B (m)	e_L (m)
263	1720	0.2	1

5.2 Approccio 1 - Combinazione 2

H (kN)	V (kN)	e_B (m)	e_L (m)
228	1490	0.1	0

5.3 Approccio 2

H (kN)	V (kN)	e_B (m)	e_L (m)
263	1720	0.2	1

6. GEOMETRIA EFFETTIVA

6.1 Approccio 1 - Combinazione 1

B' (m)	L' (m)	A' (m^2)
0.6	8	4.8

6.2 Approccio 1 - Combinazione 2

B' (m)	L' (m)	A' (m^2)
0.8	10	8

Progetto:

6.3 Approccio 2

B' (m)	L' (m)	A' (m^2)
0.6	8	4.8

7. DATI GEOTECNICI

γ_1 (kN/m ^{3})	γ_{sat1} (kN/m ^{3})	γ_2 (kN/m ^{3})	γ_{sat2} (kN/m ^{3})	c_U (kN/m ^{2})	c_D (kN/m ^{2})	ϕ (°)
18	0	18	0	0	0	30

8. COEFFICIENTI PARZIALI PER LE AZIONI

CARICHI	γ_F	A_1	A_2
Permanente Favorevole	γ_{G1}	1	1
Permanente Sfavorevole	γ_{G1}	1.3	1
Permanente non strutturale Favorevole	γ_{G2}	0	0
Permanente non strutturale Sfavorevole	γ_{G2}	1.5	1.3
Variabile Favorevole	γ_{Qi}	0	0
Variabile Sfavorevole	γ_{Qi}	1.5	1.3

9. COEFFICIENTI PARZIALI PER I PARAMETRI GEOTECNICI

PARAMETRO	GRANDEZZA	γ_M	M_1	M_2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan\phi'_k$	$\gamma_{\phi\text{э}}$	1	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1	1

10. COEFFICIENTI PARZIALI PER LE RESISTENZE

VERIFICA	R_1	R_2	R_3
Capacità portante	γ_R= 1	γ_R= 1.8	γ_R= 2.3
Scorrimento	γ_R= 1	γ_R= 1.1	γ_R= 1.1

11. COEFFICIENTI DI CAPACITA' PORTANTE E COEFFICIENTI CORRETTIVI

11.1 Approccio 1 - Combinazione 1

Fattori di capacità portante	N_c= 30.14	N_q= 18.40	N_γ = 22.40
Fattori di forma	s_c= 1.05	s_q= 1.04	s_γ = 0.97
Fattori inclinazione del carico	i_c= 0.71	i_q= 0.73	i_γ = 0.62
Fattori inclinazione del piano di posa	b_c= 1.00	b_q= 1.00	b_γ = 1.00
Fattori inclinazione del piano di campagna	g_c= 1.00	g_q= 1.00	g_γ = 1.00
Fattori di profondità	d_c= 1.23	d_q= 1.22	d_γ = 1.00

11.2 Approccio 1 - Combinazione 2

Fattori di capacità portante	N_c= 20.42	N_q= 10.43	N_γ = 10.56
Fattori di forma	s_c= 1.04	s_q= 1.04	s_γ = 0.97
Fattori inclinazione del carico	i_c= 0.70	i_q= 0.73	i_γ = 0.62
Fattori inclinazione del piano di posa	b_c= 1.00	b_q= 1.00	b_γ = 1.00
Fattori inclinazione del piano di campagna	g_c= 1.00	g_q= 1.00	g_γ = 1.00
Fattori di profondità	d_c= 1.28	d_q= 1.25	d_γ = 1.00

11.2 Approccio 2

Fattori di capacità portante	N_c= 30.14	N_q= 18.40	N_γ = 22.40
Fattori di forma	s_c= 1.05	s_q= 1.04	s_γ = 0.97
Fattori inclinazione del carico	i_c= 0.71	i_q= 0.73	i_γ = 0.62
Fattori inclinazione del piano di posa	b_c= 1.00	b_q= 1.00	b_γ = 1.00
Fattori inclinazione del piano di campagna	g_c= 1.00	g_q= 1.00	g_γ = 1.00
Fattori di profondità	d_c= 1.23	d_q= 1.22	d_γ = 1.00

12. CARICO DOVUTO AL TERRENO SOVRASTANTE LA FONDAZIONE

Approccio	**q (kN/m ^{2})**
Approccio 1 - Combinazione 1	43.20
Approccio 1 - Combinazione 2	43.20
Approccio 2	43.20

14. CAPACITA' PORTANTE

Approccio	**q (N/mm ^{2})**	**q_d (N/mm ^{2})**	**Q (kN)**
Approccio 1 - Combinazione 1	0.86	0.86	8563.91
Approccio 1 - Combinazione 2	0.48	0.27	2677.27
Approccio 2	0.86	0.37	3723.44

15. VERIFICA A SCORRIMENTO

14.1 Approccio 1 - Combinazione 1

Forza di calcolo H= 263 kN	Forza resistente Hr= 993 kN	Verifica

14.1 Approccio 1 - Combinazione 2

Forza di calcolo H= 228 kN	Forza resistente Hr= 626 kN	Verifica

14.2 Approccio 2

Forza di calcolo H= 263 kN	Forza resistente Hr= 903kN	Verifica