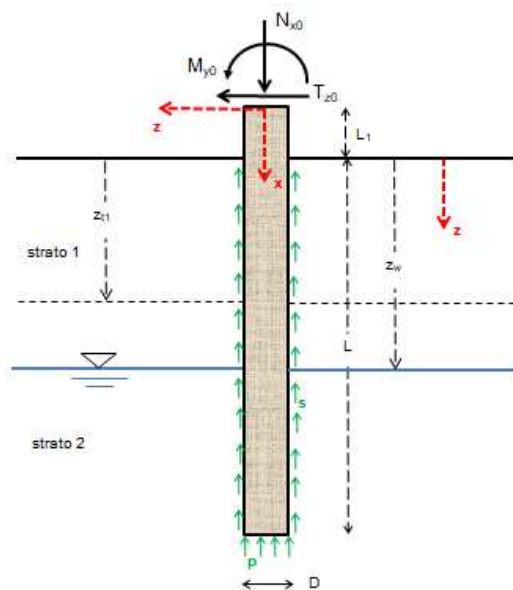


Pali.Az

Software per il calcolo geotecnico e strutturale dei pali di fondazione

(versione 3.0)



Validazione del software

Autore

Ing. **Ciro Azzara**

Via E. Majorana, 8 – 90035 Marone (PA)

Cell. 348 1514947

E-mail: ing.azzara@libero.it azzara.ciro@gmail.com

<p>Pali.Az 3.0 (Ing. Ciro Azzara)</p>	<p>Validazione del software</p>	<p>Pag. 2 di 9</p>
--	--	--------------------

INDICE

1. PREMESSA	3
2. ESEMPI DI VALIDAZIONE DEL CODICE	3
Test di verifica n. 1 - Carico limite orizzontale in palo libero di ruotare, terreno coesivo	3
Test di verifica n. 2 - Carico limite orizzontale in palo a rotazione in testa impedita, terreno coesivo	5
Test di verifica n. 3 - Carico limite orizzontale in palo libero di ruotare, terreno incoerente.....	6
Test di verifica n. 4 - Carico limite orizzontale in palo a rotazione in testa impedita, terreno incoerente	7
3. BIBLIOGRAFIA	9

Pali.Az 3.0 <i>(Ing. Ciro Azzara)</i>	Validazione del software	Pag. 3 di 9
---	---------------------------------	-------------

1. PREMESSA

Di seguito vengono riportati alcuni esempi al fine di dare ulteriori chiarimenti sull'uso del software e per validare il codice di calcolo confrontando i risultati con quelli ottenuti manualmente e/o riscontrabili in letteratura tecnica e/o utilizzando altri software di comprovata affidabilità.

La taratura dei vari algoritmi di calcolo implementati, al fine di dimostrare l'attendibilità dei risultati, è una operazione fondamentale che va a tutela e garanzia dell'utente finale ed è espressamente prevista dalle NTC di cui al D.M. 14/01/2008 e al D.M. 17/01/2018 (capitolo 10), fermo restando che il progettista resta sempre e comunque unico responsabile dell'intera progettazione geotecnica e strutturale, come espressamente previsto dal penultimo comma del capitolo 10.1 dei citati Decreti Ministeriali.

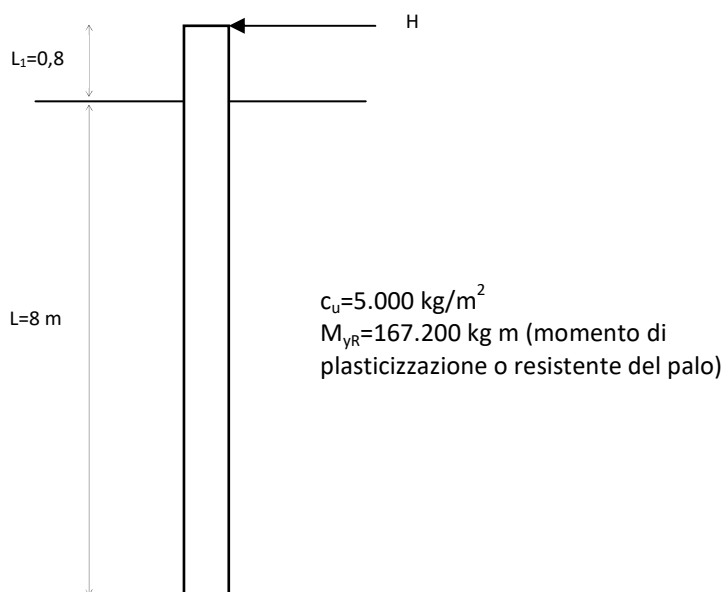
Il progettista deve controllare l'affidabilità dei codici di calcolo utilizzati e verificare l'attendibilità dei risultati ottenuti.

Va precisato che non è mai possibile avere una corrispondenza assoluta dei risultati, sia per gli arrotondamenti impliciti dovuti al linguaggio macchina, sia per le diverse ipotesi assunte nella stesura degli algoritmi che vengono implementati nel software.

2. Esempi di validazione del codice

TEST DI VERIFICA N. 1 - CARICO LIMITE ORIZZONTALE IN PALO LIBERO DI RUOTARE, TERRENO COESIVO

Consideriamo un palo avente diametro $D=0,8$ m in terreno coesivo (condizioni non drenate) libero di ruotare in testa. Determinare il carico limite alle azioni orizzontali.



Applichiamo le formule e gli abachi riportati nel libro [1] Viggiani Carlo – *Fondazioni*.

Nel caso di “palo corto” il carico limite è dato dalla formula 13.24, pagina 353, del libro:

$$\frac{H}{c_u \cdot D^2} = -9 \cdot \left(1,5 + \frac{L}{D} + 2 \cdot \frac{L_1}{D}\right) + 9 \cdot \sqrt{2 \cdot \left(\frac{L}{D}\right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{L_1}{D}\right)^2 + 4 \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{L_1}{D} + 6 \cdot \frac{L_1}{D} + 4,5}$$

Sostituendo i valori si ottiene il carico limite $H = 70.648$ kg.

Nel caso di “palo lungo” il carico limite è dato dalla formula 13.27, pagina 356, del libro:

$$\frac{H}{c_u \cdot D^2} = -9 \cdot \left(1,5 + \frac{L_1}{D}\right) + 9 \cdot \sqrt{\left(\frac{L_1}{D}\right)^2 + 3 \cdot \frac{L_1}{D} + \frac{2}{9} \cdot \frac{M_{xR}}{c_u \cdot D^3} + 2,25}$$

Sostituendo i valori si ottiene il carico limite $H = 59.234$ kg.

Il valore del carico limite è il minore dei due e quindi $H = 59.234$ kg (si verifica la condizione di rottura di “palo lungo”).

Risultati ottenuti con Pali.Az

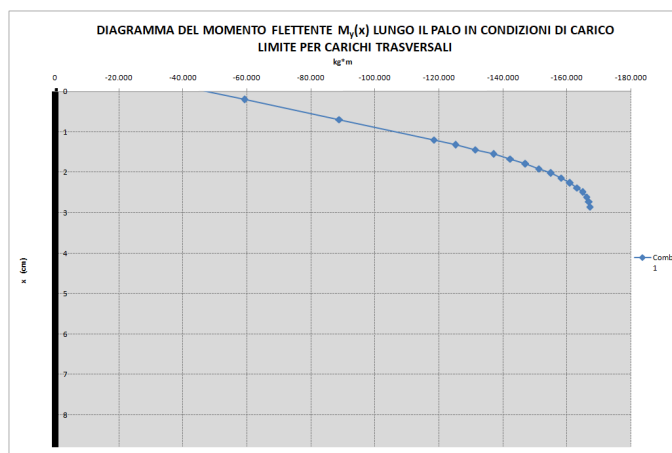
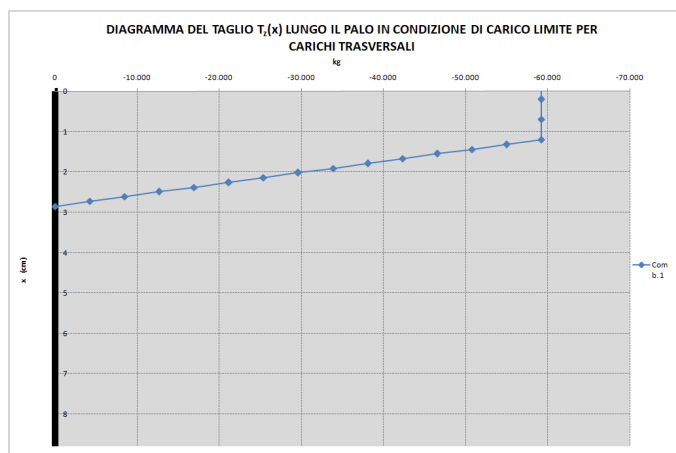
Per effettuare il calcolo occorre inserire i superiori dati di input e indicare, in Dati Generali, che il palo è costituito da materiale generico e che il numero di strati è pari ad uno; scegliere come normativa di riferimento il DM 11/03/1988. Si ottiene il seguente valore di carico limite

Meccanismo di rottura di "palo lungo"

lunghezza $f = 1,65$ m

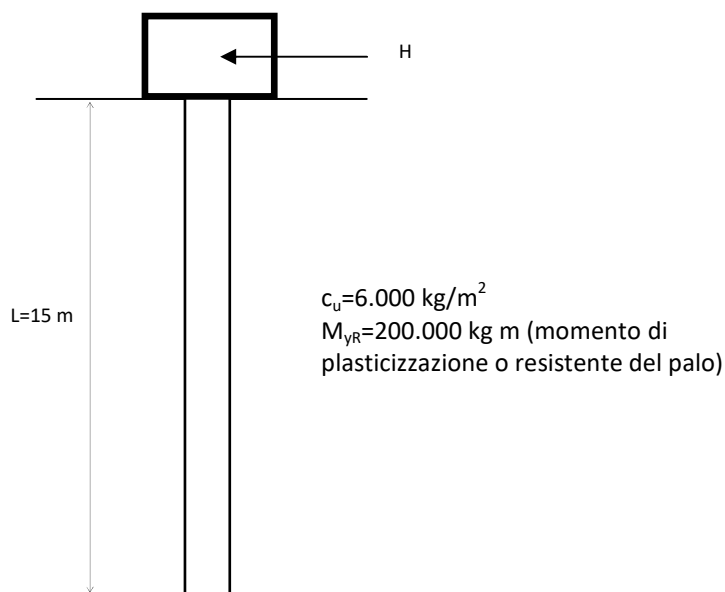
Carico limite trasversale $T_{lim} = 59.234,14$ kg

Come si può vedere, i risultati ottenuti con il software sono coincidenti con quelli ottenuti con le formule riportate nel testo citato.



TEST DI VERIFICA N. 2 - CARICO LIMITE ORIZZONTALE IN PALO A ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA, TERRENO COESIVO

Consideriamo un palo avente diametro $D=1$ m in terreno coesivo a rotazione in testa impedita. Determinare il carico limite alle azioni orizzontali.



Nel caso di “palo corto” il carico limite è dato dalla formula 13.29, pagina 357, del libro [1]:

$$\frac{H}{c_u \cdot D^2} = 9 \cdot \left(-1,5 + \frac{L}{D}\right)$$

Sostituendo i valori si ottiene il carico limite $H = 729.000$ kg.

Nel caso di “palo intermedio” il carico limite è dato dalla formula 13.33, pagina 358, del libro:

$$\frac{H}{c_u \cdot D^2} = -9 \cdot \left(1,5 + \frac{L}{D}\right) + 9 \cdot \sqrt{2 \cdot \left(\frac{L}{D}\right)^2 + \frac{4}{9} \cdot \frac{M_{xR}}{c_u \cdot D^3} + 4,5}$$

Sostituendo i valori si ottiene il carico limite $H = 278.838,45$ kg.

Nel caso di “palo lungo” il carico limite è dato dalla formula 13.34, pagina 361, del libro:

$$\frac{H}{c_u \cdot D^2} = -13,5 + \sqrt{182,25 + 36 \cdot \frac{M_{yR}}{c_u \cdot D^3}}$$

Sostituendo i valori si ottiene il carico limite $H = 142.071,74$ kg.

Il valore del carico limite è il minore dei tre e quindi $H = 142.071,74$ kg (anche qui si verifica la condizione di rottura di “palo lungo”).

Risultati ottenuti con Pali.Az

<p>Pali.Az 3.0 (Ing. Ciro Azzara)</p>	<p>Validazione del software</p>	<p>Pag. 6 di 9</p>
--	--	--------------------

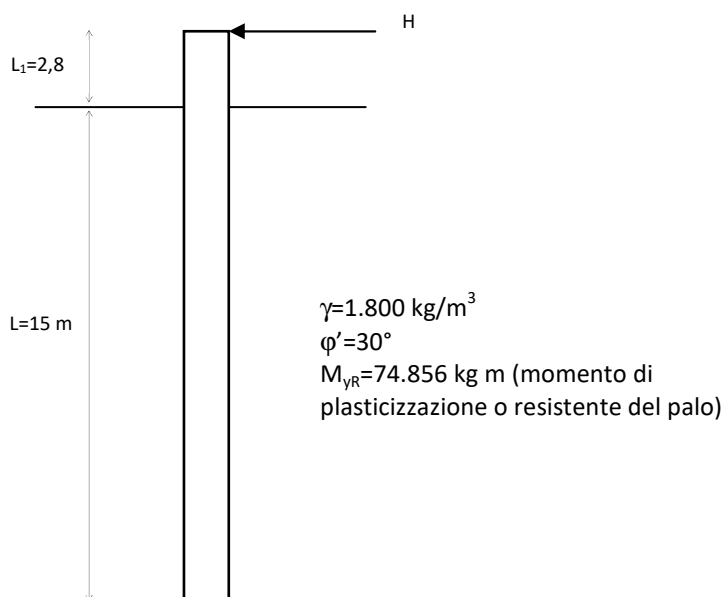
Si ottiene il seguente valore di carico limite

Meccanismo di rottura di "palo lungo"
 lunghezza $f = 2,63$ m
 Carico limite trasversale $T_{lim} = 142.071,74$ kg

Come si può vedere, i risultati ottenuti con il software sono perfettamente coincidenti con quelli ottenuti con le formule riportate nel testo citato.

TEST DI VERIFICA N. 3 - CARICO LIMITE ORIZZONTALE IN PALO LIBERO DI RUOTARE, TERRENO INCOERENTE

Consideriamo un palo avente diametro $D=0,7$ m in terreno incoerente libero di ruotare in testa. Determinare il carico limite alle azioni orizzontali.



Al solito, applichiamo le formule e gli abachi riportati nel libro [1]. Nel caso di "palo corto" il carico limite è dato dalla formula 13.36, pagina 361, del libro:

$$\frac{H}{k_p \cdot \gamma \cdot D^3} = \frac{D}{2 \cdot (L_1 + L)} \cdot \left(\frac{L}{D} \right)^3$$

dove $k_p = \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{2} \right) = 3,00$

Sostituendo i valori si ottiene il carico limite $H = 206.897$ kg.

Nel caso di "palo lungo" il carico limite è dato dalla formula 13.41 e dall'abaco di figura 13.28, pagine 364 e 365, del libro. Essendo, con i dati del problema:

Pali.Az 3.0 (Ing. Ciro Azzara)	Validazione del software	Pag. 7 di 9
--	---------------------------------	-------------

$$\frac{M_{yR}}{k_p \cdot \gamma \cdot D^4} = 100 \quad \text{e } L_1/D=4$$

entrando nell'abaco citato si ottiene $\frac{H}{k_p \cdot \gamma \cdot D^3} = 17,5$ (rilevazione grafica, soggetta al correlato errore di lettura). Dal valore rilevato si ricava il valore del carico limite $H = 18.714 \text{ kg}$.

Il valore del carico limite è il minore dei due e quindi $H = 18.714 \text{ kg}$ (si verifica la condizione di rottura di "palo lungo").

Risultati ottenuti con Pali.Az

Si ottiene il seguente valore di carico limite

Meccanismo di rottura di "palo lungo"

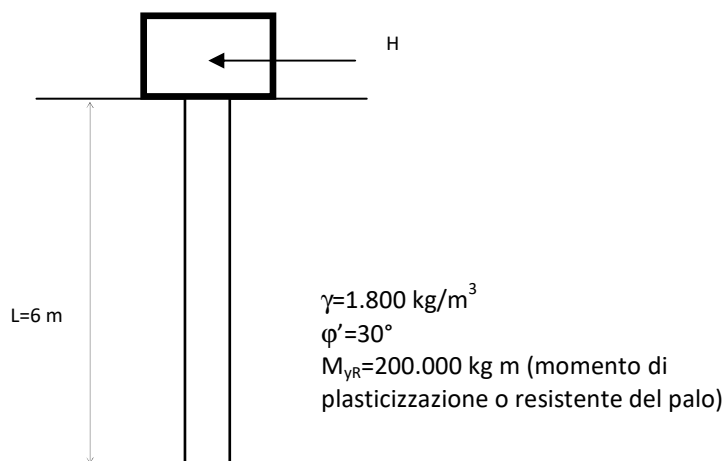
profondità f in cui si forma la cerniera plastica = 1,81 m

Carico limite trasversale $T_{lim} = 18.668,76 \text{ kg}$

Come si può vedere, i risultati ottenuti con il software sono coincidenti con quelli ottenuti con le formule e gli abachi riportati nel testo citato.

TEST DI VERIFICA N. 4 - CARICO LIMITE ORIZZONTALE IN PALO A ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA, TERRENO INCOERENTE

Consideriamo un palo avente diametro $D=1,0 \text{ m}$ in terreno incoerente impedito di ruotare in testa. Determinare il carico limite alle azioni orizzontali.



Nel caso di "palo corto" il carico limite è dato dalla formula 13.42, pagina 367, del libro:

$$\frac{H}{k_p \cdot \gamma \cdot D^3} = 1,5 \cdot \left(\frac{L}{D} \right)^2$$

<p>Pali.Az 3.0 (Ing. Ciro Azzara)</p>	<p>Validazione del software</p>	<p>Pag. 8 di 9</p>
--	--	--------------------

dove $k_p = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{2}\right) = 3,00$

Sostituendo i valori si ottiene il carico limite $H = 291.600$ kg.

Nel caso di “palo intermedio” il carico limite è dato dalla formula 13.44, pagina 367, del libro.

$$\frac{H}{k_p \cdot \gamma \cdot D^3} = 0,5 \cdot \left(\frac{L}{D}\right)^2 + \frac{M_{xR}}{k_p \cdot \gamma \cdot D^4} \cdot \frac{D}{L}$$

Sostituendo i valori si ottiene il carico limite $H = 130.533$ kg.

Nel caso di “palo lungo” il carico limite è dato dalla formula 13.45, pagina 368, del libro.

$$\frac{H}{k_p \cdot \gamma \cdot D^3} = \sqrt[3]{\left(3,676 \cdot \frac{M_{yR}}{k_p \cdot \gamma \cdot D^4}\right)^2}$$

Sostituendo i valori si ottiene il carico limite $H = 142.865$ kg.

Il valore del carico limite è il minore dei tre e quindi $H = 130.533$ kg (si verifica la condizione di rottura di “palo intermedio”).

Risultati ottenuti con Pali.Az

Si ottiene il seguente valore di carico limite

Meccanismo di rottura di "palo intermedio"

profondità f in cui si forma la cerniera plastica = 4,01 cm

Carico limite trasversale $T_{lim} = 130.533,33$ kg

Come si può vedere, i risultati ottenuti con il software sono coincidenti con quelli ottenuti con le formule riportate nel testo citato.

<i>Pali.Az 3.0</i> (Ing. <i>Ciro Azzara</i>)	Validazione del software	Pag. 9 di 9
---	---------------------------------	-------------

3. BIBLIOGRAFIA

- [1] Viggiani C. (1996) - *Fondazioni*. CUEN, Napoli

Data emissione documento: **Gennaio 2022**