

1. Sommario

Il problema dell'analisi delle fondazioni a pozzo, in termini di sollecitazioni, spostamenti e tensioni nel terreno, è stato affrontato da vari autori [2], [3], [4], [6], soprattutto in tempi relativamente lontani. Gli approcci descritti nei lavori citati sono di tipo analitico e comportano difficoltà di applicazione nella progettazione, oppure prevedono eccessive semplificazioni e non hanno sufficiente generalità.

Nella tesi di laurea dello scrivente [8] si era cercato di ridurre le ipotesi semplificative, considerando il terreno comunque stratificato, con il modulo di reazione descritto da un polinomio di grado qualsiasi, e considerando anche il contributo delle tensioni tangenziali τ oltre a quello delle tensioni normali σ . Questa impostazione non era una novità, ma lo era invece l'implementazione in un programma di calcolo automatico.

Man mano che la potenza di calcolo dei computer è aumentata, è diventato possibile utilizzare anche nella pratica professionale il metodo degli elementi finiti, associato generalmente a leggi costitutive elastoplastiche del terreno con il criterio di rottura di Mohr-Coulomb (o di Drucker-Prager). Tale approccio è descritto per esempio in una recente tesi di laurea [7].

Leggi costitutive più complesse non sembrano ancora, a parere dello scrivente, proficuamente applicabili nella pratica professionale.

2. Descrizione del metodo di calcolo utilizzato

Il tipo di modellazione utilizzata nel presente lavoro è la stessa di [8] e considera il terreno alla Winkler, schematizzato come nella seguente figura 1. Il terreno può essere stratificato, con caratteristiche meccaniche definite per ciascuno degli strati.

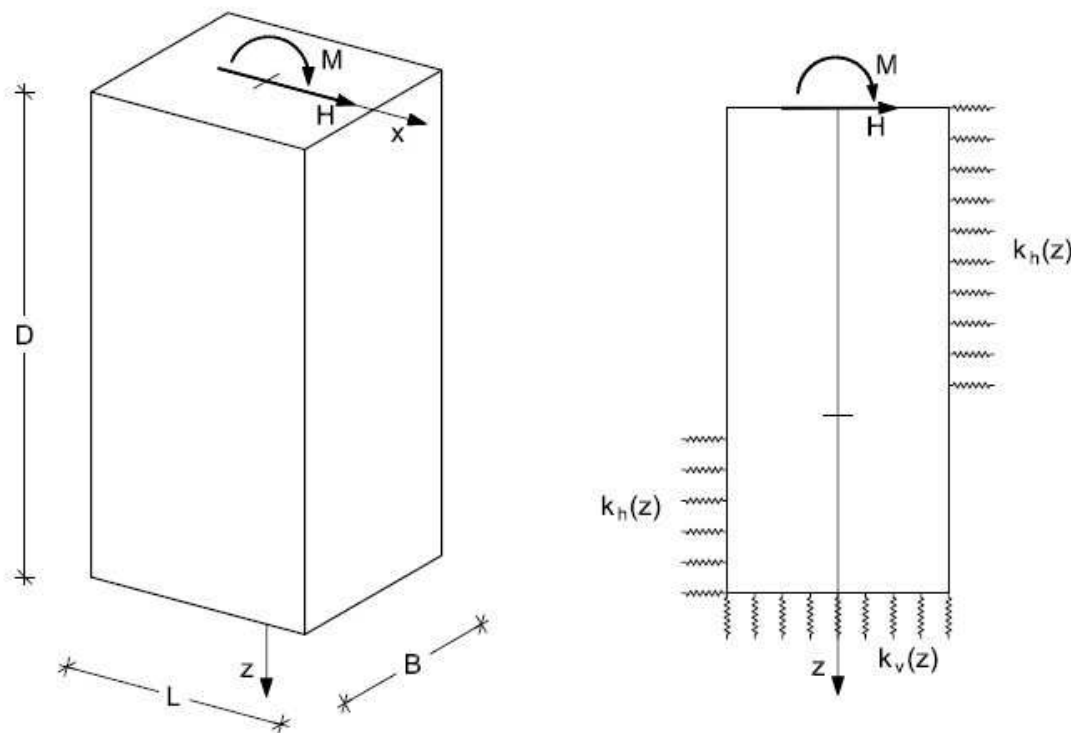


Figura 1

Il modulo di reazione orizzontale di ciascuno strato varia con la profondità secondo la legge:

$$k_h = k_0 + k_1 z^n \quad [FL^{-3}] \quad (1)$$

Il modulo di reazione verticale alla base è invece definito come:

$$k_v = (k_0 + k_1 D^n) r \quad [FL^{-3}] \quad (2)$$

dove: r = coefficiente di correlazione adimensionale

Le tensioni nel terreno sono funzione dello spostamento $x(z)$ secondo le relazioni:

$$\sigma(z) = k_h(z) x(z) \quad [FL^{-2}] \quad (3)$$

$$\tau(z) = k_R \gamma z \frac{tg \delta_0}{v_0} x(z) \quad [FL^{-2}] \quad (4)$$

dove:

$x(z)$ = spostamento orizzontale alla profondità z

k_R = coefficiente di spinta a riposo

γ = peso di volume del terreno

$tg \delta_0$ = coefficiente di attrito limite terreno-pozzo

v_0 = spostamento in grado di sviluppare interamente il valore $tg \delta_0$

Le tensioni orizzontali risultanti dai calcoli devono essere confrontate con quelle di plasticizzazione di ciascuno strato:

$$\sigma_{pl}(z) = p_0 + p_1 z \quad [FL^{-2}]$$

Nella versione attualmente implementata del programma di calcolo, questi controlli non sono previsti e le tensioni risultanti devono pertanto essere confrontate manualmente con quelle di plasticizzazione.

Il metodo dei moduli di reazione del terreno, nella forma piuttosto generale indicata nelle equazioni (1) e (2), consente di rappresentare in modo adeguato i diversi tipi di terreno, incoerente o coesivo, in condizioni drenate e non drenate.

Per la scelta dei valori dei moduli di reazione del terreno si può fare riferimento a molteplici studi pubblicati: in [4] si fa esplicitamente riferimento ai pozzi di fondazione, mentre per esempio in [5] è riportata un'ampia bibliografia sull'argomento.

La modellazione del terreno indicata dalle equazioni (1) e (2), sostanzialmente alla Winkler, può essere utilizzata per ricavare lo stato tensionale e deformativo in modo tradizionale, risolvendo le equazioni di equilibrio, ovvero può essere utilizzata con un programma agli elementi finiti.

Di seguito si espongono sinteticamente entrambi i metodi.

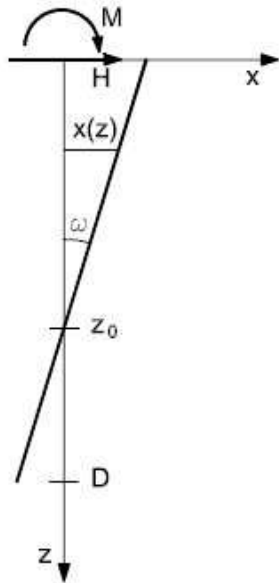
Metodo tradizionale

Devono essere risolte le seguenti equazioni di equilibrio alla traslazione ed alla rotazione, con riferimento ai simboli indicati nella figura 1.

$$H - B \int_0^D \sigma_x(z) dz - 2L \int_0^D \tau_{yx}(z) dz + B \int_0^L \tau_{zx}(x) dx = 0 \quad (5)$$

$$M + B \int_0^D \sigma_x(z) z dz + 2L \int_0^D \tau_{yx}(z) z dz - BD \int_0^L \tau_{zx}(x) dx - B \int_0^L \sigma_z(x) x dx = 0 \quad (6)$$

Con riferimento alla figura 2, le (5) e (6) costituiscono un sistema di equazioni non lineari nelle incognite z_0 (profondità del centro di rotazione) e ω (tangente dell'angolo di rotazione).



Il sistema deve essere risolto con metodi numerici che prevedono successive iterazioni, sino a rientrare entro una tolleranza predefinita. Risolto il sistema è possibile esprimere lo spostamento $x(z)$ come:

$$x(z) = (k_0 + k_1 z^n) \cdot (z_0 - z) \operatorname{tg} \omega$$

e quindi la distribuzione di tensioni normali e tangenziali può essere ricavata dalle (3) e (4).

Jamiolkowski nel 1968 [4] ha presentato una soluzione in forma chiusa del sistema, con l'ipotesi semplificativa di trascurare le tensioni tangenziali.

Lo sforzo di taglio nello strato sommitale, ad una profondità z , vale:

$$T(z) = H - B \int_0^z \sigma_x(z) dz - 2L \int_0^z \tau_{yx}(z) dz$$

Figura 2

Nel caso in cui vengano considerate le tensioni tangenziali, lo sforzo di taglio alla base del pozzo non sarà nullo, ma avrà il valore:

$$T(D) = B \int_0^L \tau_{zx}(x) dx$$

Il momento flettente nello strato sommitale, ad una profondità z , vale:

$$M(z) = M - B \int_0^z \sigma_x(z) z dz - 2L \int_0^z \tau_{yx}(z) z dz$$

Metodo degli elementi finiti

Ci si limita in questa sede a presentare la matrice di rigidezza di un elemento finito del tipo Beam su suolo alla Winkler (nel seguito indicato come elemento tipo Wink), così come ricavata in [9]. È interessante notare che l'integrazione è esatta e pertanto questo tipo di elemento finito (come quello delle travi ordinarie, non poggianti su un letto di molle) non risente del grado di discretizzazione.

Detta ℓ la lunghezza dell'elemento, K_w il modulo di reazione del terreno (modulo di reazione di Winkler) e b la larghezza di appoggio della trave, come indicato nella figura 3, la matrice di rigidezza locale dell'elemento bidimensionale a 4 gradi di libertà per nodo risulta:

$$K^t = K_w b \begin{bmatrix} \frac{13}{35} e & \frac{11}{210} e^2 & \frac{9}{70} e & \frac{-13}{420} e^2 \\ & \frac{1}{105} e^3 & \frac{13}{420} e^2 & \frac{-1}{140} e^3 \\ & & \frac{13}{35} e & \frac{-11}{210} e^2 \\ \text{simmetrica} & & & \frac{1}{105} e^3 \end{bmatrix}$$

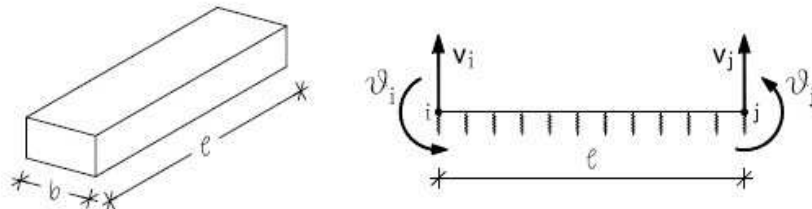


Figura 3

Gli elementi finiti di questo tipo possono essere anche disposti verticalmente e con molle reagenti nella direzione orizzontale.

3. Commenti ai diversi tipi di approccio

L'approccio di tipo tradizionale qui riassunto vuole riprendere, anche se molto sinteticamente, il lavoro fatto in [8], non disponibile in rete in quanto nato più di 30 anni fa. Quel lavoro intendeva sostanzialmente evidenziare le differenze fra i risultati ottenuti considerando o meno il contributo delle tensioni tangenziali.

Il programma di calcolo, originariamente scritto in Fortran ed utilizzato su un mainframe dell'università, è stato trascritto in VB6 (programma Pozzi: prima revisione 2.0 di Luglio 2015, l'ultima revisione con approccio tradizionale è la 2.31), correggendo con l'occasione un piccolo errore riscontrato nel calcolo dell'andamento dello sforzo di taglio ottenuto considerando il contributo delle tensioni tangenziali.

Questa versione originale del programma, nell'attuale traduzione appena descritta, è stata testata in varie situazioni, ed in modo più esteso rispetto al lavoro originale. Sono stati inoltre confrontati i risultati ottenuti con quelli del metodo presentato in [4]. Nella maggior parte dei casi testati, compreso il confronto con la soluzione in forma chiusa di [4] presentato più avanti, il programma sembra comportarsi in modo appropriato. La soluzione del sistema non lineare incontra d'altra parte dei problemi di tipo numerico in alcune situazioni, in particolare nel caso in cui l'azione orizzontale esterna sia nulla e sia applicata al pozzo solamente una coppia in sommità ($H = 0$; $M \neq 0$).

L'approccio con il metodo degli elementi finiti (FEM), nell'ipotesi di considerare una legge costitutiva elastica per il terreno, non presenta invece problemi numerici. Per ovviare alle problematiche riscontrate in alcuni casi con la versione originale del programma, ne è stata implementata una nuova versione che utilizza il metodo FEM (ultima revisione Pozzi 4.00), descritta con maggiore dettaglio nel successivo paragrafo.

4. Descrizione del programma FEM

Il nuovo programma è un adattamento di un esistente codice agli elementi finiti, sviluppato dallo scrivente, dedicato alla risoluzione del problema di un pozzo di fondazione sollecitato da un carico orizzontale e/o da una coppia in sommità.

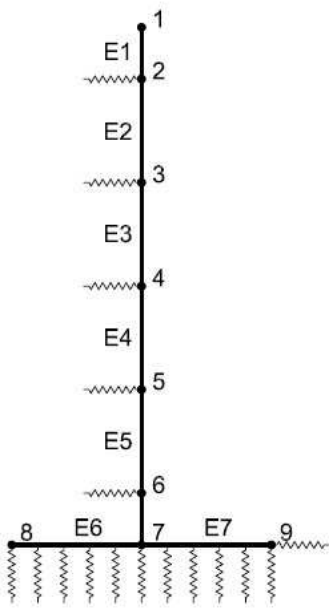


Figura 4

Dove:

Δz_i = lunghezza di fusto afferente al nodo i

$$k_r(z) = k_R \gamma z \frac{\text{tg } \delta_0}{v_0}$$

La rigidezza del pozzo rispetto al terreno è automaticamente considerata in funzione del momento di inerzia della sezione (in calcestruzzo) del pozzo e dei valori di k_h e k_r del terreno.

I due elementi che rappresentano la base del pozzo sono di tipo Wink con modulo di reazione k_v calcolato con l'espressione (2).

Alla base viene inserita un'altra molla orizzontale concentrata, a rappresentare il contributo dell'attrito, con valore:

$$K_{\tau, \text{BASE}} = k_r(D) B L$$

La parte di programma dedicata al calcolo dei pozzi prevede, alla fine del calcolo, di ricavare le tensioni normali e tangenziali in funzione delle rispettive rigidezze. La deformata e gli andamenti dello sforzo di taglio e del momento flettente risultano come normale routine del modulo FEM.

5. Presentazione di alcuni risultati

Esempio 1

Il primo esempio di calcolo presenta il confronto con il metodo originale presentato da Jamiolkowski [4], i cui parametri fanno riferimento allo schema rappresentato nella figura 5.

Imponendo l'equilibrio alla rotazione ed alla traslazione, nell'ipotesi di trascurare le tensioni tangenziali, si perviene alle seguenti equazioni (7) e (8).

Utilizzando gli stessi dati della versione originale del programma, la nuova versione discretizza il pozzo suddividendolo in una serie di elementi verticali che rappresentano il fusto (il numero degli elementi è scelto dall'utente), e da due elementi che rappresentano la base.

Nella figura 4 è rappresentata una tipica mesh prodotta automaticamente.

Nella parte verticale vengono utilizzati elementi tipo Beam ed il terreno è modellato con molle elastiche di opportuna rigidezza, concentrate ai nodi.

La rigidezza delle molle viene calcolata utilizzando le espressioni (3) e (4) e conduce, per i contributi dovuti rispettivamente alle tensioni normali ed alle tensioni tangenziali, alle seguenti espressioni:

$$K_{\sigma, i} = k_h(z) B \Delta z_i \quad [FL^{-1}]$$

$$K_{\tau, i} = 2 k_r(z) L \Delta z_i \quad [FL^{-1}]$$

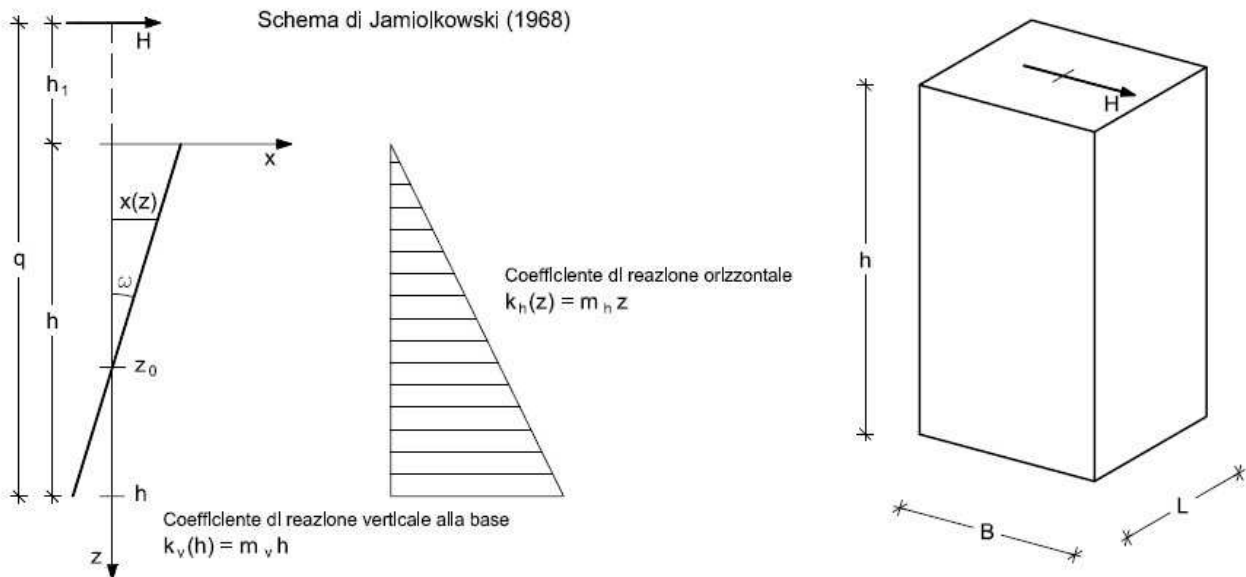


Figura 5

$$z_0 = \frac{\beta L h^2 (4q - h) + 6W B}{2\beta L h (3q - h)} \quad (7)$$

$$\text{tg } \omega = \frac{12\beta H (3q - h)}{m_h h (Lh^3\beta + 18BW)} \quad (8)$$

dove, oltre a quanto indicato nella figura 5: $\beta = \frac{k_h}{k_v}$; $W = \frac{LB^2}{6}$

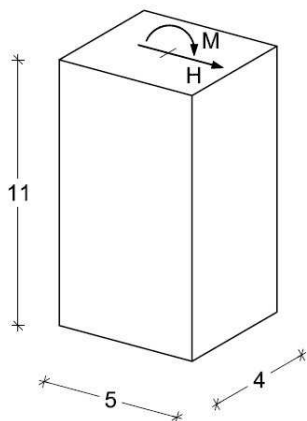


Figura 6

La geometria del problema analizzato è rappresentata nella figura 6, mentre di seguito sono elencati gli altri dati.

$H = 3200 \text{ kN}$; $M = 6400 \text{ kNm}$

$k_h = 2500 \cdot z \text{ kN/m}^3$; $k_v = k_h \times 11 = 27500 \text{ kN/m}^3$

Per il confronto con il metodo di Jamiolkowski si trascurano le tensioni tangenziali e quindi non servono altri dati.

Nell'allegato 1 è riportata la relazione di calcolo ottenuta con la versione Pozzi 2.31, versione tratta dalla tesi [8] e che risolve il sistema non lineare con un metodo iterativo. Tale versione fornisce esplicitamente i risultati in termini di profondità del centro di rotazione e di tangente dell'angolo di rotazione.

L'ultima versione del programma (Pozzi 4.00), che utilizza il metodo degli elementi finiti, non fornisce invece questi valori. Si riportano di seguito i risultati tratti dall'allegato 1.

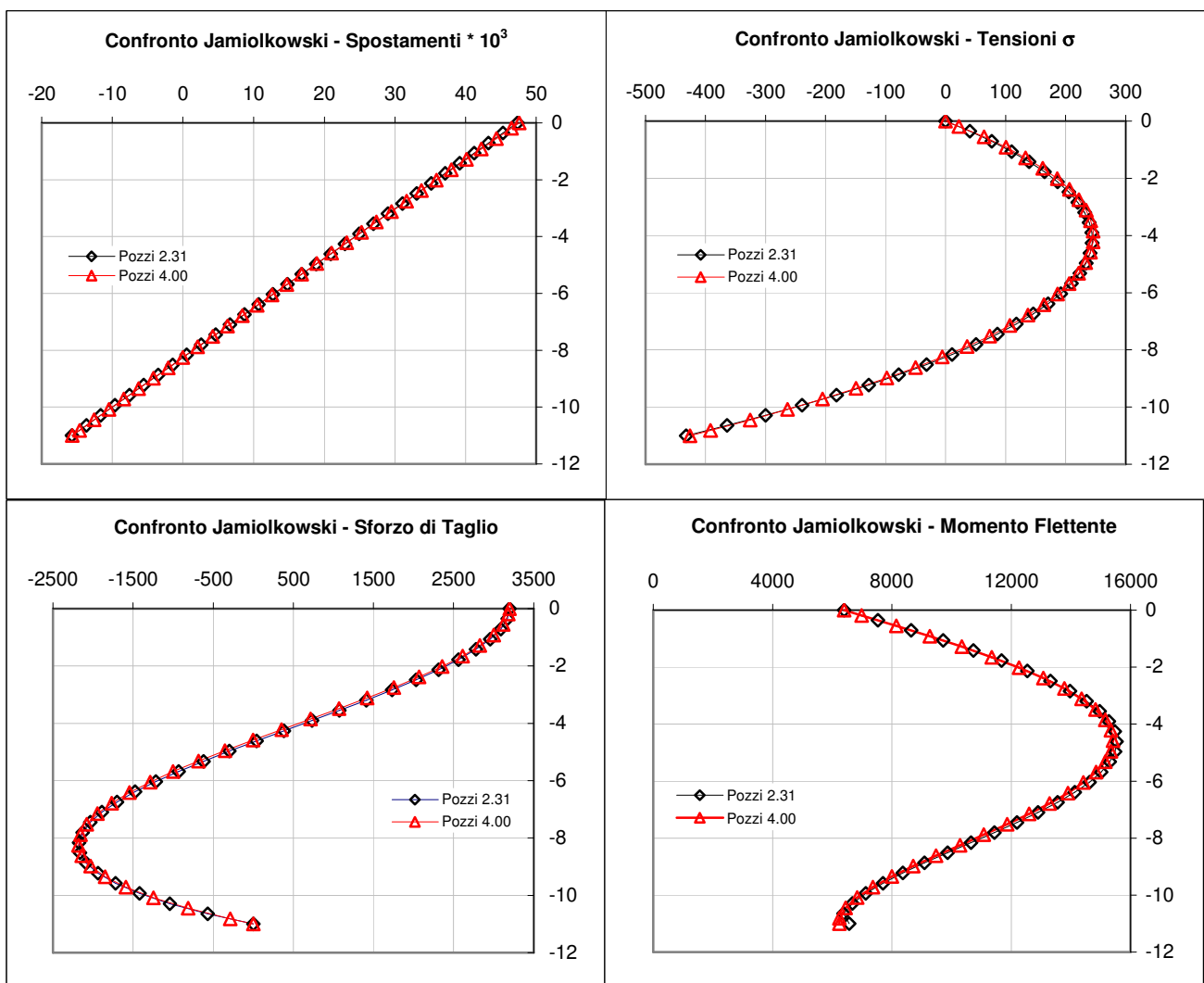
Tangente Omega = 5.729511E-03 [-]
 Profondità centro di rotazione = -8.256494E+00 [L]

Nella seguente tabella sono riportati i valori necessari a calcolare le espressioni (7) ed (8) di [4].

Forza H (kN)	h_1 (m)	β (-)	Lato L (m)	Lato B (m)	Prof. h (m)	Altezza q (m)	W (m ³)	m_h (kN/m ⁴)
3200	2	1	4	5	11	13	16.66667	2500

Inserendo questi valori nelle espressioni (7) ed (8), si ottengono esattamente gli stessi valori di z_0 e $\text{tg } \omega$ del programma Pozzi 2.31.

Si riportano di seguito i confronti degli andamenti delle varie grandezze risultanti dai calcoli, ottenuti con le versioni 2.31 e 4.00 del programma Pozzi. Il metodo di Jamiolkowski, fornendo gli stessi valori di z_0 e $\text{tg } \omega$ di Pozzi 2.31, conduce naturalmente agli stessi andamenti degli spostamenti, dello sforzo di taglio e del momento flettente.



Le due versioni del programma forniscono risultati praticamente uguali. Come si vedrà dai prossimi esempi, nel caso in cui vengano considerate anche le tensioni tangenziali si riscontrano invece alcune differenze.

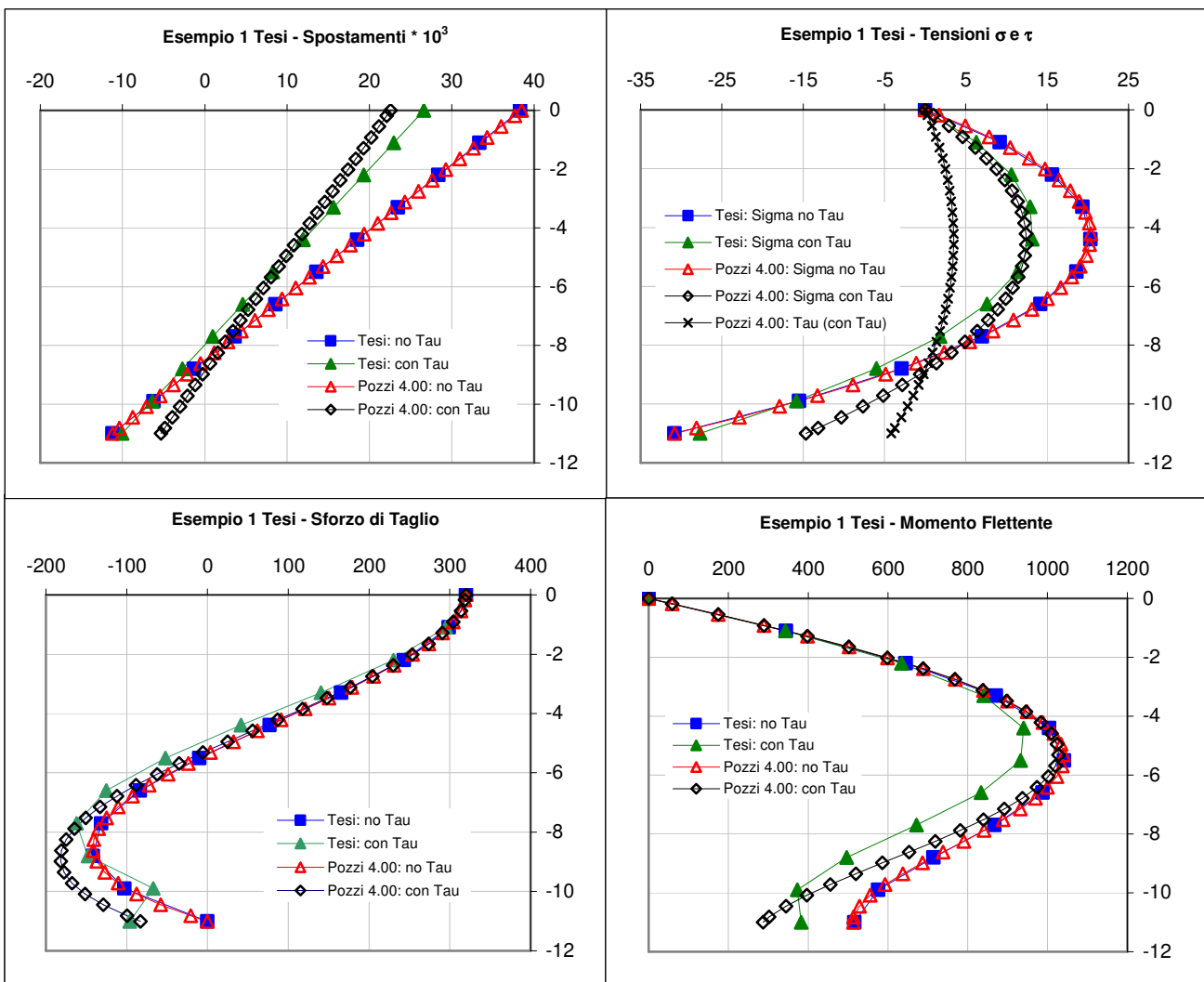
Esempio 2

Viene riprodotto il primo esempio presentato nella tesi [8], confrontando i risultati ottenuti con la versione originale del programma (Pozzi 2.31, indicato con Tesi nei diagrammi) e con la versione FEM (Pozzi 4.00). Si paragonano inoltre gli andamenti delle varie grandezze, considerando o meno le tensioni tangenziali. Si sono mantenute le unità di misura originali pubblicate in [8], con le forze espresse in t (tonnellate).

Con riferimento alla figura 1 ed alle equazioni (1), (2), (3) e (4), i dati sono riportati nella seguente tabella.

D (m)	B (m)	L (m)	H (t)	M (tm)	r (-)	n (-)	v_0 (m)	$\text{tg } \delta_0$ (-)	γ (t/m ³)	k_0 (t/m ³)	k_1 (t/m ⁴)	k_R (-)
11	4	5	320	0	1	1	0.006	0.5	1.7	0	250	0.5

I diagrammi seguenti mettono a confronto i risultati ottenuti.



Vi è un perfetto accordo fra i risultati ottenuti con la versione del programma della tesi e quelli forniti da Pozzi 4.00, nel caso in cui siano trascurate le tensioni tangenziali. Con il contributo delle tensioni tangenziali emergono invece delle differenze, probabilmente originate dalla non esatta individuazione della deformata del pozzo. I valori del taglio e del momento flettente non cambiano molto considerando o meno le tensioni tangenziali, mentre c'è una notevole differenza (naturalmente) nella distribuzione delle tensioni sul terreno.

L'andamento dei parametri di sollecitazione fornito dal programma originale nel caso siano presenti le τ dimostra la presenza di qualche errore nell'implementazione numerica.

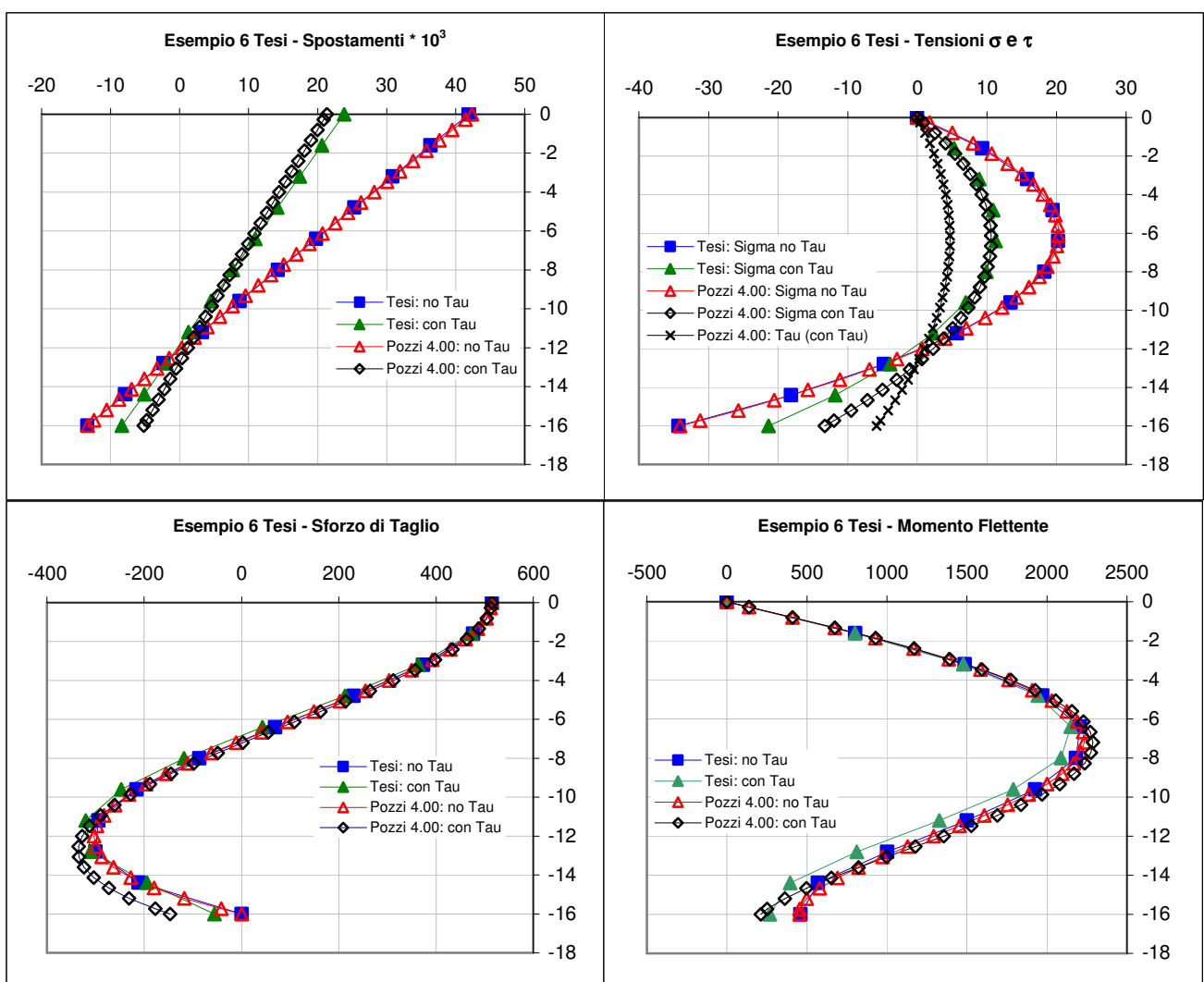
Esempio 3

Viene riprodotto il sesto esempio presentato nella tesi [8], confrontando anche in questo caso i risultati ottenuti con la versione originale del programma (Pozzi 2.31, indicato con Tesi nei diagrammi) e con la versione FEM (Pozzi 4.00). Anche in questo esempio si paragonano inoltre gli andamenti delle varie grandezze, considerando o meno le tensioni tangenziali. Si sono mantenute le unità di misura originali pubblicate in [8], con le forze espresse in t (tonnellate).

Con riferimento alla figura 1 ed alle equazioni (1), (2), (3) e (4), i dati sono riportati nella seguente tabella.

D (m)	B (m)	L (m)	H (t)	M (tm)	r (-)	n (-)	v_0 (m)	$\text{tg } \delta_0$ (-)	γ (t/m ³)	k_0 (t/m ³)	k_1 (t/m ⁴)	k_R (-)
16	5	5	515	0	1	1	0.006	0.5	1.7	0	160	0.5

I diagrammi seguenti mettono a confronto i risultati ottenuti.



Anche in questo esempio vi è un perfetto accordo fra i risultati ottenuti con la versione del programma della tesi e quelli forniti da Pozzi 4.00, nel caso in cui siano trascurate le tensioni tangenziali. Considerando invece le tensioni tangenziali emergono anche qui delle differenze fra i due metodi, seppure molto meno marcate che nell'esempio precedente. I valori del taglio e del momento flettente sono in questo caso molto simili fra loro, mentre permane una notevole differenza nella distribuzione delle tensioni sul terreno.

6. Conclusioni

Il lavoro qui presentato conduce alle stesse conclusioni già individuate in [8], che vengono di seguito riportate.

Le tensioni normali σ sul terreno, calcolate senza considerare le tensioni tangenziali τ , sono notevolmente maggiori di quelle calcolate con il loro contributo. Nonostante in questo articolo siano stati presentati solo due dei sei esempi pubblicati nella tesi [8], si possono confermare le differenze lì riportate relativamente alle distribuzioni delle tensioni: senza il contributo delle τ si ottengono valori di σ maggiori di una quantità compresa fra il 7% ed il 37% circa.

L'approccio senza tensioni tangenziali τ risulta a favore della sicurezza, ma la modellazione delle τ permette di non adottare coefficienti di sicurezza troppo elevati per il terreno, a vantaggio dell'economia di questo tipo di strutture.

I parametri di sollecitazione lungo il fusto del pozzo sono invece confrontabili nei casi in cui si considerino o meno le tensioni tangenziali τ .

I risultati ottenuti consentono di affermare il successo della migrazione del programma Pozzi al metodo FEM, in quanto confermano i valori originali, correggendo contemporaneamente alcuni problemi. Numerosi test hanno inoltre dimostrato l'assoluta generalità delle geometrie e delle azioni esterne che possono essere considerate, a differenza della versione originale che in alcuni casi non era in grado di convergere ad un risultato.

Ringrazio l'ing. Alberto Roncaglia per la collaborazione ed i preziosi suggerimenti forniti.

7. Bibliografia

- [1] Bathe K. J.: *"Finite element procedures in engineering analysis"* – Prentice-Hall (1982).
- [2] Berardi G., La Magna A., Dalerci G.: *"Sul calcolo delle fondazioni a pozzo"* - X Convegno di geotecnica (1970).
- [3] Gatti G., Locatelli M.: *"Prismi di fondazione in terreni stratificati"* – Rivista Italiana di Geotecnica (1978).
http://www.associazionegeotecnica.it/sites/default/files/rig/rig_1978_3_123.pdf
- [4] Jamiolkowski M.: *"Dimensionamento delle fondazioni a pozzo"* – Atti e rassegna tecnica della società degli ingegneri e degli architetti in Torino (1968).
http://digit.biblio.polito.it/3136/1/serverone_digit_Attrassegna_Atti_Rassegna_indici_2013_Indici%202013%20anno_1968_files%20pdf_07_Luglio.pdf
- [5] Landi G.: *"Pali soggetti a carichi orizzontali: indagini sperimentali ed analisi"* – Tesi di dottorato di ricerca presso l'Università degli studi di Napoli Federico II, dipartimento di ingegneria geotecnica (2005).
http://www.fedoa.unina.it/682/1/Landi_Gennaro.pdf
- [6] Pasqualini E.: *"Criteri di dimensionamento delle fondazioni a pozzo"* – Atti dell'Istituto di Scienze delle costruzioni del Politecnico di Torino (1975).
- [7] Sandonà S.: *"Fondazioni a pozzo per pile da ponte. Confronti fra diversi modelli di interazione con il terreno"* – Tesi di laurea presso l'Università di Bologna (2013).
http://amslaurea.unibo.it/6752/1/Stefano_Sandon%C3%A0_tesi.pdf
- [8] Varagnolo P.: *"Programma di calcolo delle fondazioni a pozzo"* – Tesi di laurea presso l'Università di Padova (1984).
- [9] Vitaliani R., Martini L.: *"Lezioni di calcolo automatico"* – Cusl Nuova Vita (1987).
- [10] Zienkiewicz O. C.: *"The finite element method"* Third edition – McGraw-Hill (1977).

Allegato 1

Calcolo di pozzi di fondazione - file: jamiol1_231
DATA: 05 Novembre 2015

Release: 2.31

Titolo: Confronto 1 con il metodo Jamiolkowski 1968

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL POZZO

Profondità di infissione = -11.00 [L]
Dimensione frontale = 4.00 [L]
Dimensione laterale = 5.00 [L]

Forza orizzontale = 3200.00 [F]
Momento esterno = 6400.00 [F L]

Numero degli strati di terreno = 1 [-]

Esponente n = 1.0000E+00 [-]

CARATTERISTICHE DEGLI STRATI

Coordinata inizio strato 1 = 0.0000E+00 [L]
Peso di volume Gamma = 1.7000E+01 [F/L³]
Coefficiente K0 = 0.0000E+00 [F/L³]
Coefficiente K1 = 2.5000E+03 [F/L⁴]
Coefficiente K riposo = 5.0000E-01 [-]
Coefficiente Ni0 = 6.0000E-03 [L]
Coefficiente tg(Delta0) = 0.0000E+00 [-]
Coefficiente P0 = 0.0000E+00 [F/L²]
Coefficiente P1 = 9.1800E+01 [F/L³]

CARATTERISTICHE DELLA BASE

Coefficiente di correlazione R = 1.0000E+00 [-]
Coefficiente Ni0 = 6.0000E-03 [L]
Coefficiente tg(Delta0) = 0.0000E+00 [-]

METODO DI CALCOLO UTILIZZATO: SENZA TENSIONI TANGENZIALI

-- FINE ITERAZIONI ----- OUTPUT RISULTATI --

Tangente Omega = 5.729511E-03 [-]
Profondità centro di rotazione = -8.256494E+00 [L]

VALORI DELLA TENSIONE NEL TERRENO [F/L²]

Profondità [L]	Tensione Sigma,t [F/L ²]
0.0000E+00	0.0000E+00

-3.5484E-01	4.0161E+01
-7.0968E-01	7.6715E+01
-1.0645E+00	1.0966E+02
-1.4194E+00	1.3900E+02
-1.7742E+00	1.6474E+02
-2.1290E+00	1.8686E+02
-2.4839E+00	2.0538E+02
-2.8387E+00	2.2029E+02
-3.1935E+00	2.3160E+02
-3.5484E+00	2.3930E+02
-3.9032E+00	2.4339E+02
-4.2581E+00	2.4387E+02
-4.6129E+00	2.4075E+02
-4.9677E+00	2.3402E+02
-5.3226E+00	2.2368E+02
-5.6774E+00	2.0974E+02
-6.0323E+00	1.9218E+02
-6.3871E+00	1.7103E+02
-6.7419E+00	1.4626E+02
-7.0968E+00	1.1789E+02
-7.4516E+00	8.5909E+01
-7.8065E+00	5.0323E+01
-8.1613E+00	1.1129E+01
-8.5161E+00	-3.1671E+01
-8.8710E+00	-7.8079E+01
-9.2258E+00	-1.2809E+02
-9.5806E+00	-1.8171E+02
-9.9355E+00	-2.3894E+02
-1.0290E+01	-2.9978E+02
-1.0645E+01	-3.6422E+02
-1.1000E+01	-4.3227E+02

 -- TENSIONE MASSIMA RISULTANTE DAI CALCOLI --

Strato n°	Profondità [L]	Tensione Sigma,t [F/L^2]
1	-1.1000E+01	-4.3227E+02

 VALORI DELLO SFORZO DI TAGLIO [F]

Profondità [L]	Sforzo di Taglio [F]
0.0000E+00	3.2000E+03
-3.5484E-01	3.1711E+03
-7.0968E-01	3.0877E+03
-1.0645E+00	2.9550E+03
-1.4194E+00	2.7781E+03
-1.7742E+00	2.5621E+03
-2.1290E+00	2.3121E+03
-2.4839E+00	2.0332E+03
-2.8387E+00	1.7307E+03
-3.1935E+00	1.4095E+03
-3.5484E+00	1.0748E+03
-3.9032E+00	7.3181E+02
-4.2581E+00	3.8552E+02
-4.6129E+00	4.1101E+01
-4.9677E+00	-2.9633E+02
-5.3226E+00	-6.2166E+02
-5.6774E+00	-9.2976E+02

-6.0323E+00	-1.2155E+03
-6.3871E+00	-1.4738E+03
-6.7419E+00	-1.6995E+03
-7.0968E+00	-1.8875E+03
-7.4516E+00	-2.0327E+03
-7.8065E+00	-2.1299E+03
-8.1613E+00	-2.1741E+03
-8.5161E+00	-2.1601E+03
-8.8710E+00	-2.0828E+03
-9.2258E+00	-1.9370E+03
-9.5806E+00	-1.7177E+03
-9.9355E+00	-1.4198E+03
-1.0290E+01	-1.0381E+03
-1.0645E+01	-5.6742E+02
-1.1000E+01	-1.5317E-04

 VALORI DEL MOMENTO FLETTENTE [F L]

Profondità [L]	Momento Flettente [F L]
0.0000E+00	6.4000E+03
-3.5484E-01	7.5320E+03
-7.0968E-01	8.6438E+03
-1.0645E+00	9.7167E+03
-1.4194E+00	1.0734E+04
-1.7742E+00	1.1681E+04
-2.1290E+00	1.2544E+04
-2.4839E+00	1.3313E+04
-2.8387E+00	1.3977E+04
-3.1935E+00	1.4530E+04
-3.5484E+00	1.4965E+04
-3.9032E+00	1.5279E+04
-4.2581E+00	1.5470E+04
-4.6129E+00	1.5536E+04
-4.9677E+00	1.5481E+04
-5.3226E+00	1.5307E+04
-5.6774E+00	1.5019E+04
-6.0323E+00	1.4625E+04
-6.3871E+00	1.4133E+04
-6.7419E+00	1.3555E+04
-7.0968E+00	1.2903E+04
-7.4516E+00	1.2191E+04
-7.8065E+00	1.1435E+04
-8.1613E+00	1.0654E+04
-8.5161E+00	9.8674E+03
-8.8710E+00	9.0971E+03
-9.2258E+00	8.3666E+03
-9.5806E+00	7.7013E+03
-9.9355E+00	7.1285E+03
-1.0290E+01	6.6772E+03
-1.0645E+01	6.3783E+03
-1.1000E+01	6.5651E+03