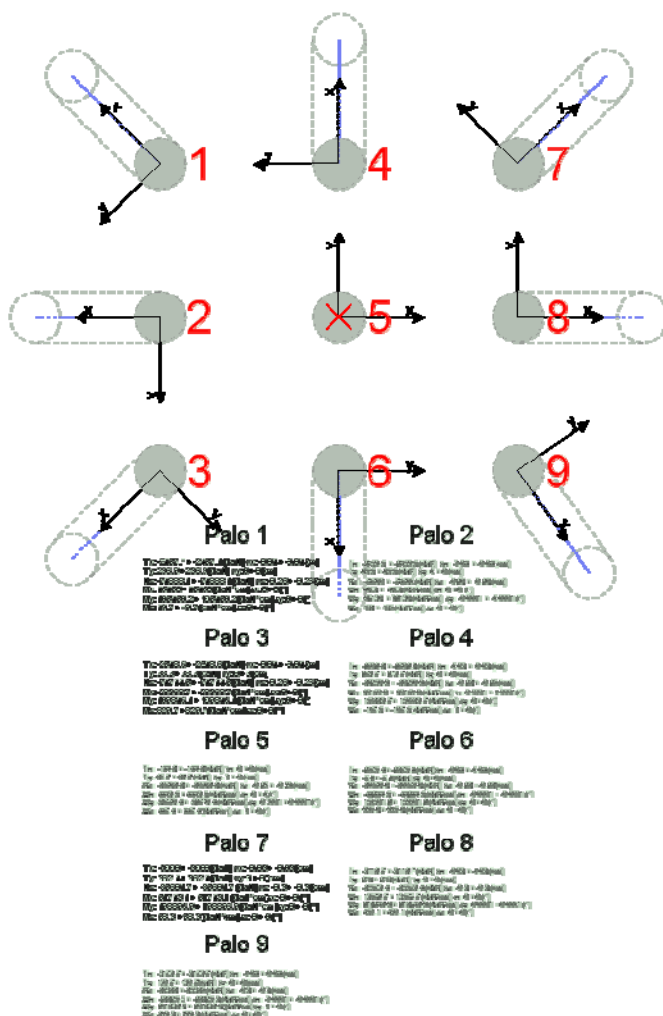


IS ProGeo

PALISOL



MANUALE UTENTE

Indice

1	IS PALISOL	3
1.1	Introduzione	3
1.2	Teoria	3
1.3	Utilizzo del programma	5
1.3.1	Inserimento dati	6
1.3.2	Risultato calcoli	7

1 IS PaliSol

1.1 Introduzione

IS PaliSol è il modulo per il calcolo di sollecitazioni in testa a pali immersi in un terreno elastico collegati in sommità ad una fondazione rigida, nel caso tridimensionale.

Utilizzando le teorie di Randolph, Fleming e Timoshenko il programma è in grado di ricavare gli effetti dell'interazione terreno-struttura sul caso di una palificata costituita da più pali comunque inclinati. I risultati dell'analisi consistono nelle sei componenti di spostamento rigido della fondazione e nelle azioni agenti in testa a ciascun palo, riportate di fianco al palo stesso.

1.2 Teoria

In una palificata in cui i pali sono collegati in testa da un plinto rigido il cedimento dell'*i*-esimo palo è determinato dal proprio carico e dalle aliquote indotte dai pali adiacenti; è espresso dalla seguente equazione:

$$w_i = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \left(\frac{P}{K_v} \right)_j$$

In cui:

α_{ij} : coefficiente di interazione (Poulos, 1968)

K_v : rigidezza alla traslazione verticale del palo

Imponendo *n* condizioni di uguaglianza di cedimenti dei pali ed aggiungendo l'equazione dell'equilibrio alla traslazione verticale si possono ricavare *n*+1 incognite, ossia il cedimento ed i carichi agenti in testa ai pali. Si ricava che i pali maggiormente sollecitati sono quelli che si trovano in prossimità del bordo e che le differenze nella distribuzione del carico fra i pali aumentano con il numero di pali, il rapporto di snellezza e quando si riduce l'interasse tra gli stessi. Si osserva, inoltre, che nel caso di una platea rigida su pali caricati uniformemente il cedimento risulta paragonabile a quello calcolato per un palo posizionato sul bordo.

L'approccio elaborato più recentemente per studiare un palo sottoposto a forze ortogonali è quello di Poulos (1971) e Randolph (1981). Essi hanno ipotizzato un mezzo continuo e Randolph, in particolar modo, ha ricavato le espressioni per valutare la rotazione θ e lo spostamento u della testa di un palo immerso in un mezzo elastico avente modulo di taglio variabile linearmente con la profondità.

$$u = F \left[0,27 \cdot H \left(\frac{l_c}{2} \right)^{-1} + 0,3 \cdot M \left(\frac{l_c}{2} \right)^{-2} \right]$$
$$\theta = F \left[0,3 \cdot H \left(\frac{l_c}{2} \right)^{-2} + 0,8 \cdot M \left(\frac{l_c}{2} \right)^{-3} \sqrt{\rho} \right]$$

In queste equazioni compaiono la lunghezza critica l_c del palo ed il grado di eterogeneità ρ del terreno, entrambi valutati in funzione del modulo di taglio, calcolato ad una profondità pari a $l_c/2$.

Tali relazioni valgono per un palo flessibile, cioè avente una lunghezza superiore alla lunghezza critica l_c .

Riguardo alle forza agente lungo l'asse, nel caso di un palo immerso in un mezzo elastico, Fleming (1985) ha stabilito un'espressione per il calcolo della lunghezza attiva l_a , che permette di

discriminare fra il caso in cui il carico raggiunge la base e quello in cui viene equilibrato dal solo attrito laterale.

Nel primo caso, la relazione carico-cedimento può essere valutata con la seguente espressione approssimata:

$$\frac{P}{w} = \pi R_0 G_{av} \sqrt{\frac{E_p}{2G_L}}$$

In cui compaiono termini dipendenti dalle caratteristiche del terreno e del palo.

Nel caso in cui sia da considerare il contributo della base, è possibile ricorrere alla relazione sviluppata da Timoshenko (1970), che esprime la relazione carico-cedimento di una piastra rigida a contatto con un semispazio elastico.

Per studiare la risposta di una palificata occorre definire prima il comportamento del singolo palo sottoposto ad un'azione ad una sua estremità. Imponendo uno spostamento δ_i pari all'unità, mentre tutti gli altri movimenti sono nulli, le azioni che si manifestano nei nodi sono i cosiddetti coefficienti di rigidezza k_{ij} e che rappresentano la forza F_i dovuta al movimento δ_j . Per avere l'equilibrio del nodo i -esimo di una struttura, deve verificarsi l'uguaglianza tra le forze che riceve dalle membrature e l'azione applicata esternamente sullo stesso; in forma matriciale si ha:

$$[k]\{\delta\} = \{F\}$$

In cui $[k]$ è la matrice delle rigidezze, che è quadrata e simmetrica.

Quando si hanno pali sia verticali che inclinati, ed i carichi agenti presentano eccentricità elevate e si è in presenza di momenti flettenti e forze orizzontali, l'analisi della palificata diventa piuttosto complicata. Bowles (1974) ha presentato una soluzione matriciale per risolvere il problema; il metodo utilizza le seguenti equazioni:

- $\{P\} = [A]\{F\}$
Vale a livello del singolo palo, P rappresenta l'aliquota di carico agente esterno sostenuta dal palo i -esimo, F rappresenta le sollecitazioni locali in testa al palo, mentre A è una matrice 6×6 non simmetrica (v. Figura 6.1).
- $\{F\} = [S] \cdot [A]^T \{X\}$
La matrice S è 6×6 è la matrice di rigidezza del palo.
 X sono gli spostamenti della testata che costituisce la fondazione, ossia le incognite del problema.
- $\{P\} = [A] \cdot [S] \cdot [A]^T \{X\}$
Invertendo la matrice ASA^T si ottengono gli spostamenti X dato che P è noto (le sollecitazioni esterne sono un dato del problema).
- $\{e\} = [A]^T \{X\}$
Noto il valore del vettore X si ottengono gli spostamenti e delle teste dei singoli pali.
- $\{F\} = [S]\{e\}$
Dati gli spostamenti del singolo palo, si ottengono le sollecitazioni locali agenti in testa a ciascun palo.

Questo metodo matriciale è di tipo generale perché fa uso di tutti i sei gradi di libertà della testata (tre traslazioni e tre rotazioni). L'ipotesi principale è che la testata sia perfettamente rigida, che non

si abbiano rotazioni flessionali ed estensioni, in modo che la distanza tra le teste dei pali rimanga costante.

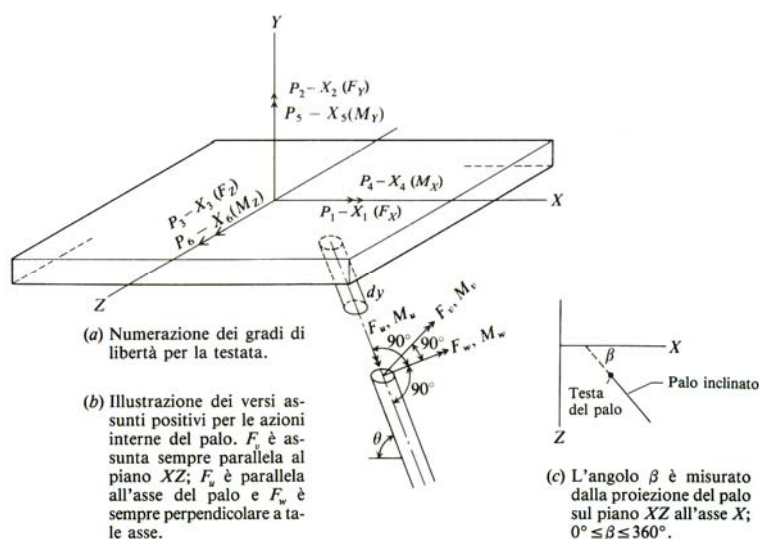


Figura 6. 1 Forze applicate in testa al palo

1.3 Utilizzo del programma

L'introduzione dei dati è semplice ed immediata. L'ambiente di lavoro ha la tipica interfaccia dell'ambiente Windows[®] e quando IS PaliSol viene avviato, appare una finestra come quella illustrata di seguito in Figura 6.2.

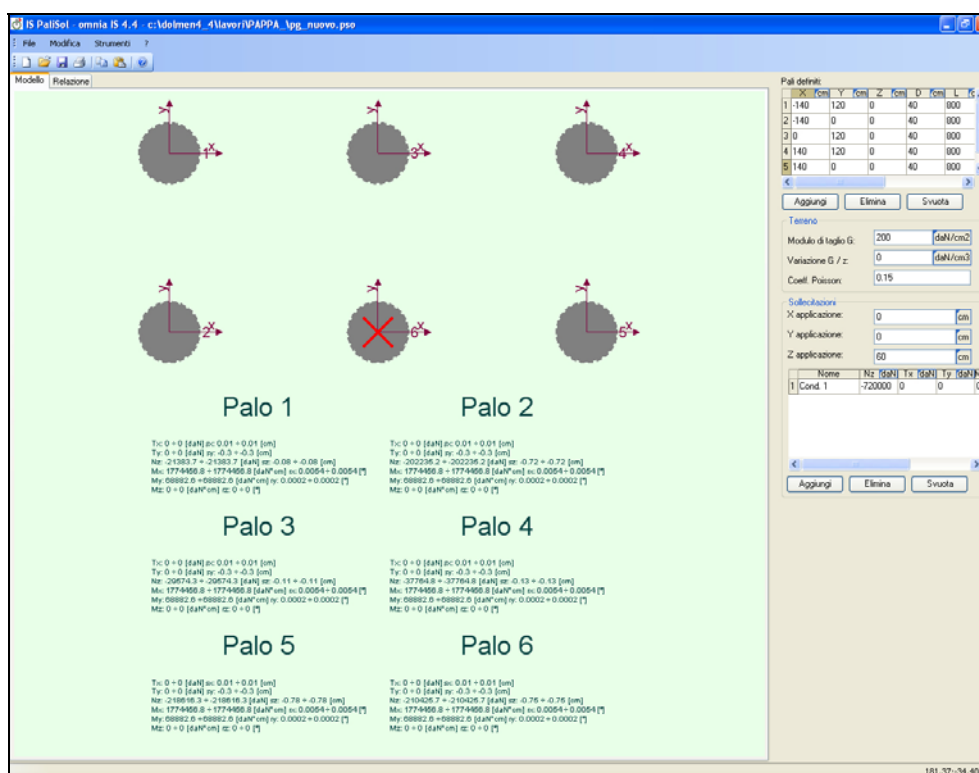


Figura 6. 2 Finestra principale di IS PaliSol

È possibile utilizzare i seguenti elementi e metodi dell'interfaccia:

- **menu a tendina (o menu principale):** è l'elemento classico dell'ambiente Windows, e dà accesso alle possibilità offerte dal programma. Sono riportate le voci: *File*, *Modifica* e *?*. Sotto

la dicitura *File* si trovano i comandi relativi all'apertura e salvataggio del file (*Nuovo, Apri, Salva con nome, Salva e Esci*) ed alla creazione della relazione di calcolo (*Crea relazione*). In corrispondenza della voce *Modifica* si hanno i comandi per importare ed esportare le immagini (*Copia disegno, Copia modello e Incolla modello*). Infine da ? si accede all'aiuto in linea: *Manuale utenti e Contatti*.

- **pannello laterale:** riassume le caratteristiche dei principali elementi del modello, e permette la modifica o l'introduzione diretta dei dati.
- **tasto centrale del mouse:** può essere utilizzato per muoversi agevolmente sull'area di disegno, in particolare il *doppio click* gestisce la funzione ottimizza e centra l'immagine all'interno della finestra, il *click trascinando il mouse* permette di spostare la parte dell'immagine su cui si trova il puntatore nella zona voluta della finestra e la *rotazione della rotella* consente di ingrandire e rimpicciolire il disegno a seconda della direzione della rotazione.

1.3.1 Inserimento dati

L'inserimento dei dati viene effettuato nel pannello laterale e riguarda i pali, il terreno e le sollecitazioni. Per prima cosa occorre inserire le caratteristiche dei singoli pali costituenti la palificata:

X: posizione del palo sull'asse delle ascisse

Y: posizione del palo sull'asse delle ordinate

Z: posizione del palo in direzione verticale

	X cm	Y cm	Z cm	D cm	L cm
1	-140	120	0	40	800
2	-140	0	0	40	800
3	-140	-120	0	40	800
4	0	120	0	40	800

D: diametro del palo

L: lunghezza del palo

Beta: inclinazione tra il palo e l'asse x

Teta: inclinazione tra il palo e l'asse z

E: modulo elastico del palo

nu: modulo di Poisson del palo

Il numero di pali che si può inserire va da due ad infinito.

Si passa poi a definire il comportamento del terreno introducendo:

G: modulo di taglio

G/z: variazione del modulo di taglio in funzione della profondità

v: modulo di Poisson

Infine, per quanto riguarda le sollecitazioni, occorre inserire:

x applicazione: il punto di applicazione sull'asse delle ascisse

y applicazione: il punto di applicazione sull'asse delle ordinate

z applicazione: il punto di applicazione in direzione verticale

Sforzo N_z : sforzo normale

Sforzo T_x : sforzo trasversale sull'asse delle ascisse

Sforzo T_y : sforzo trasversale sull'asse delle ordinate

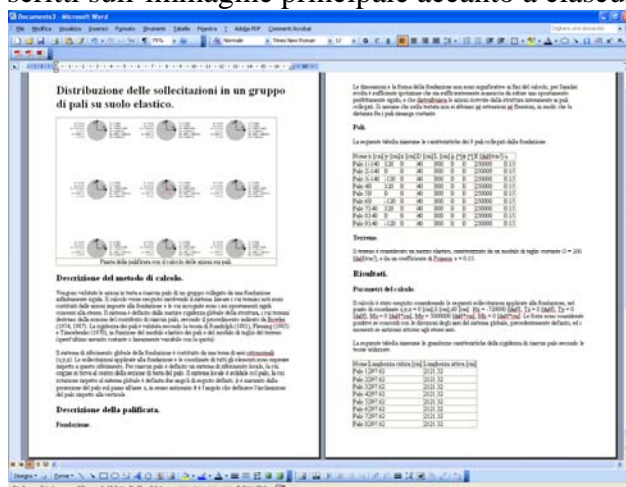
Momento M_x : momento in direzione dell'asse delle ascisse

Momento M_y : momento in direzione dell'asse delle ordinate

Momento M_z : momento in direzione verticale

1.3.2 Risultato calcoli

Ultimato l'inserimento dei dati si possono visualizzare i risultati, ossia le sollecitazioni N, M e T e che agiscono in testa a ciascun palo e gli spostamenti che gli stessi subiscono. Questi vengono scritti sull'immagine principale accanto a ciascun palo.



Si può, quindi, passare alla fase di creazione della relazione accedendo dal menu principale alle voci *File* e *Crea relazione*. **IS PaliSol** crea una relazione di calcolo sintetica, ma estremamente completa, in formato HTML (.html). Nella relazione sono riportati i dati introdotti ed i risultati ottenuti.