COEFFICIENTI CORRETTIVI INERZIALI E CINEMATICI PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

L'azione del sisma si traduce in accelerazioni nel sottosuolo (**effetto cinematico**) e nella fondazione, per l'azione delle forze d'inerzia generate dalla struttura in elevazione (**effetto inerziale**).
Nell'analisi pseudo-statica, modellando l'azione sismica attraverso la sola componente orizzontale, tali effetti possono essere portati in conto mediante l'introduzione di coefficienti sismici rispettivamente denominati $\mathbf{K_{hi}}$ e $\mathbf{K_{hk}}$, il primo definito dal rapporto tra le componenti orizzontale e verticale dei carichi trasmessi in fondazione ed il secondo funzione dell'accelerazione massima attesa al sito.
La formula generale del carico limite si modifica nel seguente modo:

$$q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c \cdot \Psi_c \cdot z_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q \cdot \Psi_q \cdot z_q + \frac{B'}{2} \cdot \gamma_f \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma \cdot z_\gamma \cdot c_\gamma$$

in cui, oltre ai termini già noti (quelli correttivi e quelli di Terzaghi), si sono introdotti i seguenti termini:

$\mathbf{z_c}$, $\mathbf{z_q}$, $\mathbf{z_\gamma}$ = coefficienti correttivi dovuti all'effetto inerziale;
$\mathbf{c_\gamma}$ = coefficiente correttivo dovuto all'effetto cinematico.

• CALCOLO DEGLI EFFETTI CINEMATICI: Calcolo del fattore correttivo c_γ

L'effetto cinematico modifica il solo coefficiente $N\gamma$ in funzione del coefficiente sismico K_{hk}, valutabile con i riferimenti normativi specifici per i pendii (circolare esplicativa § C 7.11.5.3.1). In tal modo è possibile esprimere il K_{hk} (**§** 7.11.3.5.2, NTC) come:

$$k_{hk} = \beta_s \cdot \frac{S_S.S_T.a_g}{g},$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;
g = accelerazione di gravità;
S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica;
S_T = coefficiente di amplificazione topografica;
a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di β_s sono riportati nella tabella 7.11.I delle NTC:

Tab. 7.11.I – NTC

	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	
	A	***B,C,D,E***
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Il coefficiente correttivo per l'effetto cinematico viene portato in conto tramite la seguente relazione:

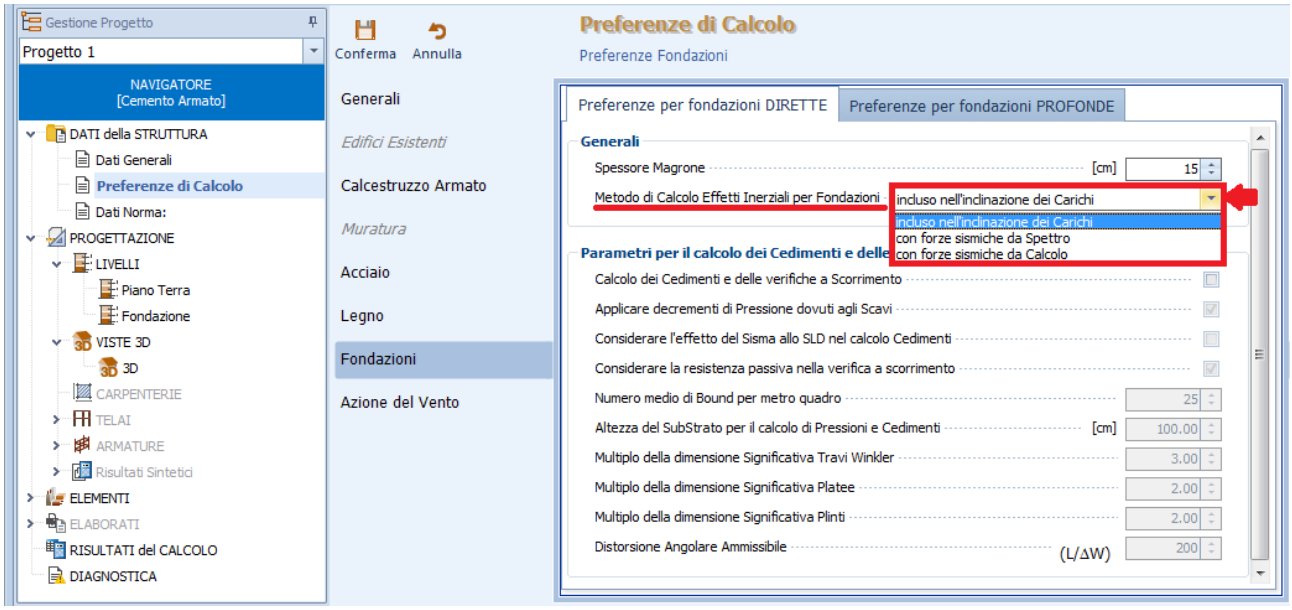
Terreni puramente coesivi ($c\neq0$, $\phi=0$)	**Terreni dotati di attrito e coesione** ($c\neq0$, $\phi\neq0$)
$c_\gamma = 1$	$c_\gamma = \left(1 - \frac{K_{hk}}{\tan\phi}\right)^{0.45}$ se $\frac{K_{hk}}{\tan\phi} < 1$, altrimenti $c_\gamma = 0$

• CALCOLO DEGLI EFFETTI INERZIALI: Calcolo dei fattori correttivi z_c, z_q, z_γ

L'effetto inerziale produce variazioni di tutti i coefficienti di capacità portante del carico limite in funzione del coefficiente sismico K_{hi}.
Per la valutazione di tale effetto, nel programma sono disponibili le seguenti 3 opzioni di calcolo:

1) incluso nell'inclinazione dei Carichi;
2) con forze sismiche da Spettro;
3) con forze sismiche da Calcolo.

La scelta di queste opzioni nel programma avviene aprendo il nodo ***DATI della STRUTTURA*** del *NAVIGATORE*, aprendo il sotto nodo ***Preferenze di Calcolo***, selezionando il tab ***Fondazioni*** e nel list box "*Metodo di Calcolo Effetti Inerziale per Fondazioni"*, selezionando il relativo metodo di calcolo.



CASO 1): INCLUSO NELL'INCLINAZIONE DEI CARICHI

Nella valutazione del carico limite vengono prese in considerazioni le azioni agenti in fondazione derivanti da tutte le combinazioni di carico (sia sismiche che non sismiche).
Per le combinazioni sismiche, gli effetti inerziali vengono direttamente portati in conto tramite i coefficienti correttivi dovuti all'inclinazione dei carichi ($\mathbf{i_c}$, $\mathbf{i_q}$, $\mathbf{i_\gamma}$). In tal caso, il coefficiente sismico K_{hi} è stato non calcolato e i corrispondenti fattori correttivi (z_c, z_q, z_γ) sono stati assunti tutti di valore unitario.

CASO 2): CON FORZE SISMICHE DA SPETTRO

La scelta di tale opzione comporta da parte del programma il calcolo dei seguenti coefficienti nel modo di seguito indicato:

- **Coefficienti di INCLINAZIONE DEI CARICHI**

  I coefficienti d'inclinazione dei carichi vengono determinati a partire **SOLO** dalle azioni orizzontali derivanti dalle combinazioni NON sismiche (statiche).

- **Coefficienti CORRETTIVI INERZIALI**

  Per il calcolo dei coefficienti correttivi **INERZIALI**, il programma procede al calcolo del coefficiente K_{hi} ricavato dallo spettro di progetto allo SLV attraverso la relazione:

$$k_{hi} = \frac{S_S . S_T . a_g}{g}$$

con:

a_g/g = accelerazione massima al suolo;
S_S = amplificazione stratigrafica;
S_T = amplificazione topografica.

  Il K_{hi} definito in questo modo coincide con l'ordinata dello spettro di progetto allo SLV per T =0 ed è indipendente dalle combinazioni di carico.

  Determinato il K_{hi}, i coefficienti correttivi dovuti all'**EFFETTO INERZIALE** possono essere calcolati con la teoria di **Paolucci-Pecker**, secondo la quale l'effetto dell'azione sismica sul carico limite di una fondazione si può valutare introducendo, sui tre termini della capacità portante, i fattori parziali z di correzione così determinati:

Terreni puramente coesivi ($c\neq0$, $\phi=0$)	**Terreni dotati di attrito e coesione** ($c\neq0$, $\phi\neq0$)
$z_c = z_q = z_\gamma = 1$	$z_c = 1 - 0.32 \cdot K_{hi}$ se $z_c > 0$ altrimenti $z_c = 0$
	$z_\gamma = z_q = \left(1 - \frac{K_{hi}}{\tan\phi}\right)^{0.35}$ se $\frac{K_{hi}}{\tan\phi} < 1$ altrimenti $z_\gamma = z_q = 0$

Metodo di Calcolo Effetti Inerziali per Fondazioni: con forze sismiche da Spettro

CASO 3): CON FORZE SISMICHE DA CALCOLO

La scelta di tale opzione comporta da parte del programma il calcolo dei seguenti coefficienti nel modo di seguito indicato:

- **COEFFICIENTI DI INCLINAZIONE DEI CARICHI**

  Come **CASO 2).**

- **COEFFICIENTI CORRETTIVI INERZIALI**

  Per il calcolo dei coefficienti correttivi **INERZIALI**, il programma procede al calcolo del coefficiente K_{hi} dal rapporto F_o/F_v.

$$k_{hi} = \frac{F_O}{F_V},$$

con:

F_O = azione orizzontale dovuta al SOLO sisma nella generica combinazione di carico;
F_V = azione verticale.

Determinato il K_{hi}, i coefficienti correttivi dovuti all'**EFFETTO INERZIALE** possono essere calcolati con la teoria di **Paolucci-Pecker**, secondo la quale l'effetto dell'azione sismica sul carico limite di una fondazione si può valutare introducendo, sui tre termini della capacità portante, i fattori parziali z di correzione così determinati:

Terreni puramente coesivi ($c\neq0$, $\phi=0$)	**Terreni dotati di attrito e coesione** ($c\neq0$, $\phi\neq0$)
$z_c = z_q = z_\gamma = 1$	$z_c = 1 - 0.32 \cdot K_{hi}$ se $z_c > 0$ altrimenti $z_c = 0$
	$z_\gamma = z_q = \left(1 - \frac{K_{hi}}{\tan\phi}\right)^{0.35}$ se $\frac{K_{hi}}{\tan\phi} < 1$ altrimenti $z_\gamma = z_q = 0$

Metodo di Calcolo Effetti Inerziali per Fondazioni: con forze sismiche da Calcolo