

Applicazione: determinazione dello spettro elastico



Si deve progettare allo stato limite di salvaguardia della vita un edificio a uso civile abitazione, con periodo di vibrazione $T = 0,8$ s, collocato nel comune di Castiglione dei Pepoli (Bologna) nel punto di coordinate geografiche (Lon 11,164; Lat 44,1 43) (►1) su suolo di categoria B, in zona pianeggiante.

I parametri sismici

Il periodo di ritorno:

$$T_R = 475 \text{ anni}$$

era stato determinato nel paragrafo 3 del testo. È ora necessario determinare, per il preciso punto P in esame, i tre parametri sismici:

- a_g , accelerazione orizzontale massima del luogo (espressa in $g/10$, ossia in decimi dell'accelerazione di gravità);
- F_0 , valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (adimensionale);
- T_C^* , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro delle componenti orizzontali (espresso in secondi).

Le modalità di determinazione di tali parametri sono contenute nell'Allegato A alle NTC, mentre l'Allegato B contiene due tabelle.

Nella tabella 1 sono elencati i valori dei parametri per 10 751 nodi, identificati dal codice ID e dalle coordinate geografiche (latitudine e longitudine). L'insieme di questi nodi, che non distano più di 10 km l'uno dall'altro, forma un *reticolo di riferimento* che copre tutta l'Italia continentale e le isole di Sicilia, Ischia, Procida e Capri (►2).

I valori di a_g , F_0 e T_C sono riportati per ogni ID e per 9 valori del periodo di ritorno T_R (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975, 2475 anni).

I nodi del reticolo sono ordinati per latitudine e longitudine crescenti, facendo variare prima la longitudine e poi la latitudine.

È molto improbabile, naturalmente, che il punto P coincida con uno dei nodi. Si determinerà quindi la maglia elementare che lo contiene, che ha per vertici quattro nodi del reticolo (►3), dei quali sono noti sia le coordinate, sia i valori dei tre parametri a_g , F_0 , T_C^* in corrispondenza del periodo di ritorno $T_R = 475$ anni (posti tra parentesi quadre). Il luogo

$$P \text{ (Lon 11,164; Lat 44,1)}$$

è contenuto nella maglia di vertici:

- ID 18281 → (Lon 11,121; Lat 44,161) [1,887 - 2,38 - 0,29]
- ID 18282 → (Lon 11,191; Lat 44,162) [1,799 - 2,49 - 0,29]
- ID 18503 → (Lon 11,123; Lat 44,111) [1,991 - 2,37 - 0,29]
- ID 18504 → (Lon 11,193; Lat 44,112) [1,995 - 2,36 - 0,29]

I valori di a_g , F_0 e T_C^* relativi al punto P si possono calcolare, come suggerito dalla Circolare 617, come media pesata dei valori assunti dagli stessi parametri nei quattro vertici della maglia, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto e i quattro vertici. Si ha:

$$\frac{\sum_{i=1}^4 p_i / d_i}{\sum_{i=1}^4 1/d_i}$$

►1 Come trovare le coordinate geografiche di una costruzione.

Latitudine e longitudine possono essere cercate in linea, per esempio all'indirizzo <http://www.getlatlon.com> oppure in google maps.

Le coordinate devono essere espresse in gradi decimali (GD) nel sistema WGS84 (World Geodetic System 1984). Per coordinate espresse in altri sistemi, come ED50, la conversione può essere eseguita con vari programmi (si veda per esempio al sito http://www.ultrasoft3d.it/Conversione_Coordinate.aspx).

►2 Con convenzioni del tutto analoghe, la tabella 2 fornisce gli stessi parametri, costanti su tutto il territorio di ciascuna isola, per tutte le altre isole.

►3 I quattro vertici della maglia si possono ricercare nell'Allegato B o, più semplicemente, all'indirizzo <http://esse1-gis.mi.ingv.it> gestito dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

dove:

- p è il valore del generico parametro;
- p_i è il valore dello stesso parametro nel vertice i -esimo;
- d_i è la distanza tra il punto P e il vertice i -esimo.

Le distanze di P dai 4 vertici sono:

$$d_{18281} = \sqrt{(11,121 - 11,164)^2 + (44,161 - 44,143)^2} = 0,046$$

$$d_{18282} = \sqrt{(11,191 - 11,164)^2 + (44,162 - 44,143)^2} = 0,033$$

$$d_{18503} = \sqrt{(11,123 - 11,164)^2 + (44,111 - 44,143)^2} = 0,052$$

$$d_{18504} = \sqrt{(11,193 - 11,164)^2 + (44,112 - 44,143)^2} = 0,042$$

$$\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i} = \frac{1}{0,046} + \frac{1}{0,033} + \frac{1}{0,052} + \frac{1}{0,042} = 95$$

Si ha quindi, nel punto P :

$$a_g = \frac{1}{95} \cdot \left(\frac{1,887}{0,046} + \frac{1,799}{0,033} + \frac{1,991}{0,052} + \frac{1,995}{0,042} \right) = 1,91 \frac{g}{10} = 0,191 g$$

$$F_0 = \frac{1}{95} \cdot \left(\frac{2,38}{0,046} + \frac{2,49}{0,033} + \frac{2,37}{0,052} + \frac{2,36}{0,042} \right) = 2,41$$

$$T_C^* = 0,29 s$$

■ Le componenti spettrali

- Coefficiente di amplificazione stratigrafica (tab. 7) →

$$S_s = 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \frac{a_g}{g} = 1,40 - 0,40 \cdot 2,41 \cdot 0,191 = 1,21 \rightarrow 1,20$$

- Coefficiente di amplificazione topografica (tab. 8) → $S_T = 1,0$
da cui

$$S = S_s \cdot S_T = 1,20$$

- $T_C = (\text{tab. 7}) = C_C T_C^* = 1,05 (T_C^*)^{-0,20} \cdot T_C^* = 1,05 \cdot 0,29^{-0,20} \cdot 0,29 = 0,39 s$
- $T_B = T_C / 3 = 0,13 s$
- $T_D = 4,0 a_g / g + 1,6 = 4,0 \cdot 0,191 + 1,6 = 1,67 s$
- $\eta = 1$ ($\xi = 5\%$).

Riassumendo, per la costruzione in esame si ha:

- parametri sismici:

$$a_g = 0,191 g$$

$$F_0 = 2,41$$

- $S = 1,20$
- $\eta = 1$
- $T = 0,8 s$
- $T_B = 0,13 s$; $T_C = 0,39 s$; $T_D = 1,67 s$.

Essendo:

$$T_C = 0,39 \text{ s} < T = 0,8 \text{ s} < T_D = 1,67 \text{ s}$$

- la componente orizzontale dello spettro elastico va calcolata con la terza delle formule riportate nella ► FIGURA 23. Si ottiene:

$$\begin{aligned} S_e(T) &= a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right) = 0,191 \text{ g} \cdot 1,20 \cdot 2,41 \cdot \left(\frac{0,39}{0,80} \right) = \\ &= 0,269 \text{ g} \end{aligned}$$