

LAVORI DI AMPLIAMENTO DELL'
I.T.I.S. "G. B. PENTASUGLIA" DI
MATERA CON STRUTTURE
PREFABBRICATE

PROVINCIA DI MATERA
AREA TECNICA
SETTORE EDILIZIA SCOLASTICA

PROGETTISTA
ARCHITETTO
COSCIA DANIELA CARMEN

VIA APPIA NUOVA, 381 - 00181 ROMA
SEDE OPERATIVA
VIA MADONNA DELLE VIRTU', 69 - 75100 MATERA
C.F. CSCDLC77H57D547H
P. IVA 01077720777

REALIZZAZIONE DI STRUTTURA DI SUPPORTO
PER ELEMENTI MONOBLOCCO AD USO SCOLASTICO

PROGETTO STRUTTURALE

ELABORATO:

CARATTERIZZAZIONE SISMICA

DATA:

APRILE 18

SCALA:

--

TAVOLA:

2 / 9

REVISIONE:

00

LA MODELLAZIONE STRUTTURALE, IL METODO E L'ALGORITMO DI CALCOLO ADOTTATI

Il calcolo delle strutture è stato svolto secondo le norme tecniche costituite dal D.M. 14/01/2008, considerando la struttura spaziale, suddivisa in elementi monodimensionali (aste) e bidimensionali (shell), con l'utilizzo del software C.D.S. Light.

I metodi di calcolo adottati sono:

Per i carichi statici: metodo delle deformazioni.

Per i carichi sismici: metodo dell'analisi modale e dell'analisi sismica equivalente.

In assenza di orizzontamenti e dei conseguenti piani sismici si ipotizza che le masse siano concentrate nei baricentri delle masse.

Il manufatto da realizzare rientra in ambito di edilizia scolastica e quindi è interessato da affollamento significativo. Pertanto, ai fini della determinazione delle azioni sismiche, si è considerata l'opera di classe d'uso III con coefficiente d'uso $C_u = 1,5$.

Scelta dell'analisi

Alla luce della geometria dell'opera da realizzare si è optato per adottare una analisi statica lineare a masse concentrate e fattore di struttura $q = 3$ (strutture a pareti non accoppiate).

Metodo numerico adottato: metodo di Cholesky.

Elementi adottati: aste e shell.

Metodologia di verifica: metodo semiprobabilistico agli stati limite.

Codici di calcolo: Il calcolo automatico svolto è stato effettuato con l'ausilio del software C.D.S. Light Lic. N°16933.

Solutore ed affidabilità dei risultati: Come previsto al punto 10.2 delle norme tecniche di cui al D.M. 14.01.2008 l'affidabilità del codice utilizzato è stata verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

La S.T.S. s.r.l. a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti fornisce direttamente on-line i test sui casi prova (<http://www.stsweb.it/STSWeb/ITA/homepage.htm>)

Il software è inoltre dotato di filtri e controlli di autodiagnostica che agiscono a vari livelli sia della definizione del modello che del calcolo vero e proprio.

I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

1. Filtri per la congruenza geometrica del modello di calcolo generato

2. Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.
3. Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su eventuali mal condizionamenti delle matrici, verifica dell'indice di condizionamento.
4. Controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.
5. Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

Valutazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità: Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.

Si è inoltre controllato che le reazioni vincolari diano valori in equilibrio con i carichi applicati, in particolare per i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche si è provveduto a confrontarli con valori ottenuti da modelli semplificati.

Le sollecitazioni ottenute per i carichi verticali direttamente agenti sono stati confrontati con semplici schemi a trave continua.

Per gli elementi inflessi di tipo bidimensionale si è provveduto a confrontare i valori ottenuti dall'analisi FEM con i valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo.

MODELLAZIONE E PERICOLOSITA' SISMICA DEL SITO

Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte degli eventi sismici che possono interessare il sito. L'azione sismica di progetto si basa sulla "pericolosità sismica di base" che costituisce l'elemento primario di conoscenza per la determinazione delle azioni sismiche di calcolo. Tale pericolosità sismica deve essere dotata di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini di ubicazione geografica che in termini temporali.

In particolare bisogna valutare:

- la accelerazione orizzontale massima del terreno (ag);

- il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale (F_0);
- il periodo di ritorno del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale (T_c);
- che il sito interessato sia compreso in un reticolo di riferimento della maglia considerata per la pericolosità sismica di base;
- che l'intervallo di riferimento temporale sia compreso tra 30 e 2475 anni.

L'azione sismica così individuata viene successivamente rimodulata in ragione delle effettive condizioni del sito, del sottosuolo e della morfologia di superficie.

Nel caso in esame, in riferimento alla realizzazione di una platea in c.a. con sovrastanti pareti per appoggio sovrastrutture, si è proceduto come segue:

1. Dagli appositi siti web (sistema *Google Earth*) sono state desunte la latitudine e la longitudine del sito interessato dalla costruzione.
2. In base alle citate coordinate geografiche si è individuato il seguente reticolo di riferimento, desunto dall'apposito sito web del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

☐ Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA


COMUNE

Elaborazioni grafiche

Elaborazioni numeriche

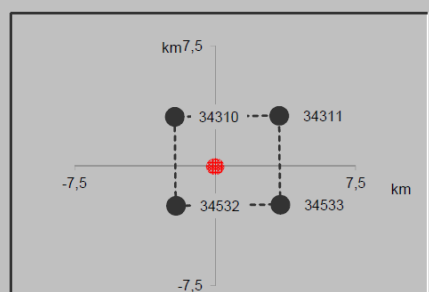
Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo
☒ Sito esterno al reticolo
☐ Interpolazione su 3 nodi
☐ Interpolazione corretta



Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito


INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Fig. 1: Individuazione del reticolo di riferimento in funzione delle coordinate

3. Tramite il software fornito dal suddetto sito internet sono stati individuati i vari tipi di spettri di risposta in funzione dei diversi intervalli temporali ed i relativi parametri a_g , F_o e T_c esplicitati nelle Tabelle seguenti, riferite ad una vita nominale pari a 50 anni con classe d'uso III e $C_u = 1,5$.
- 4.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	120	0,056	2,461	0,353
SLD	201	0,067	2,510	0,370
SLV	1898	0,121	2,761	0,441
SLC	2475	0,129	2,794	0,447

Fig. 2: Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

5. Una volta individuati gli spettri di risposta relativi alla posizione geografica si sono determinati gli spettri di progetto da utilizzare effettivamente nel calcolo, tramite l'applicazione dei seguenti parametri sismici significativi, direttamente relativi alle effettive opere da realizzare:

- vita nominale dell'opera: 50 anni;
- classe d'uso della costruzione: III;
- coefficiente d'uso: 1,5;
- categoria del suolo di fondazione: B;
- coefficiente topografico: 1,0;
- Sistema costruttivo: c.a./acciaio

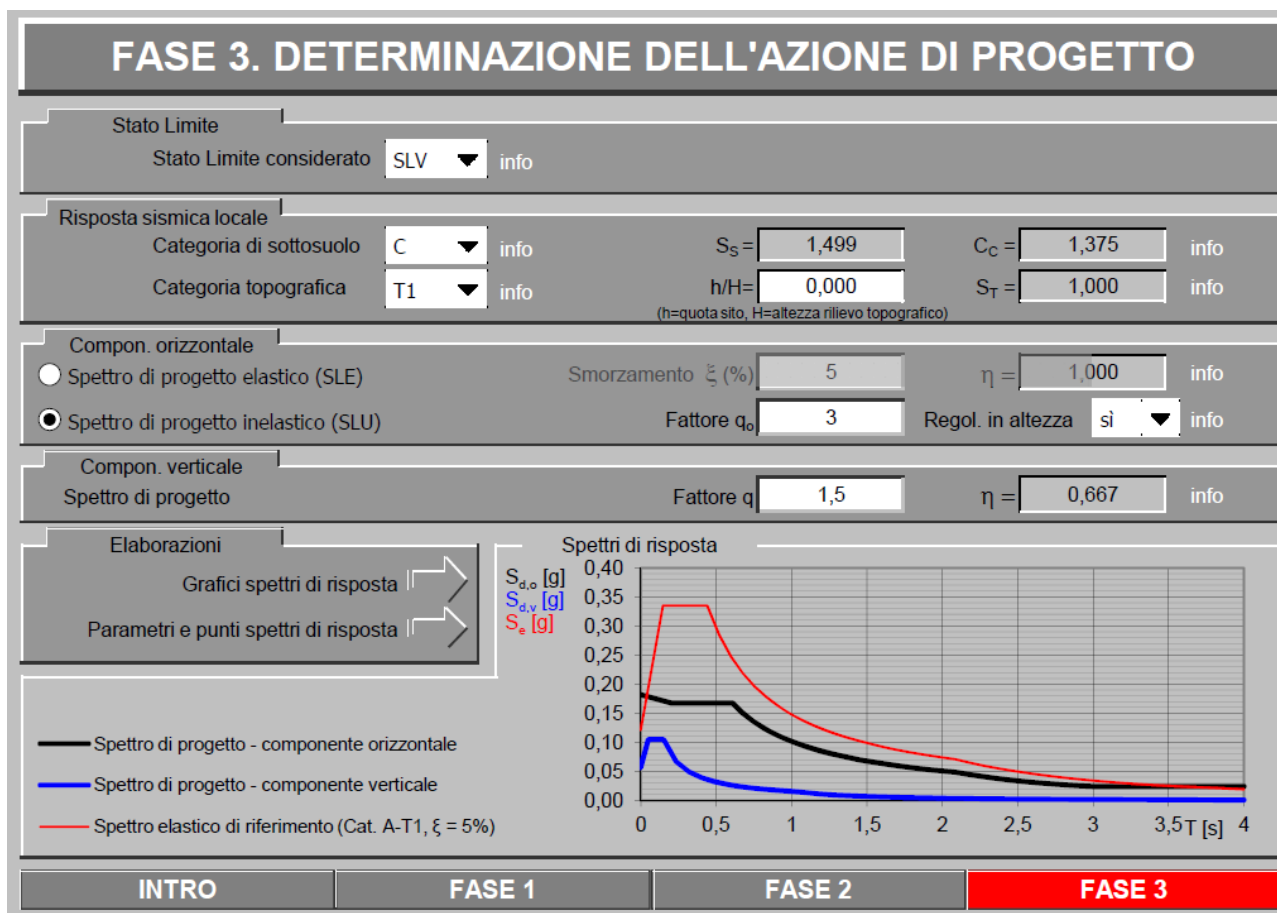


Fig. 3: Spettro di progetto

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,121 g
F_0	2,761
T_C^*	0,441 s
S_S	1,499
C_C	1,375
S_T	1,000
q	3,000

Parametri dipendenti

S	1,499
η	0,333
T_B	0,202 s
T_C	0,607 s
T_D	2,086 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,182
$T_B \leftarrow$	0,202	0,167
$T_C \leftarrow$	0,607	0,167
	0,677	0,150
	0,748	0,136
	0,818	0,124
	0,889	0,114
	0,959	0,106
	1,029	0,099
	1,100	0,092
	1,170	0,087
	1,241	0,082
	1,311	0,078
	1,382	0,074
	1,452	0,070
	1,522	0,067
	1,593	0,064
	1,663	0,061
	1,734	0,059
	1,804	0,056
	1,874	0,054
	1,945	0,052
	2,015	0,050
$T_D \leftarrow$	2,086	0,049
	2,177	0,045
	2,268	0,041
	2,359	0,038
	2,450	0,035
	2,541	0,033
	2,633	0,031
	2,724	0,029
	2,815	0,027
	2,906	0,025
	2,997	0,024
	3,088	0,024
	3,180	0,024
	3,271	0,024
	3,362	0,024
	3,453	0,024
	3,544	0,024
	3,635	0,024
	3,727	0,024
	3,818	0,024
	3,909	0,024
	4,000	0,024

Fig. 4: Spettro di progetto in forma tabellare

MOTIVAZIONI DI UTILIZZO DELL'APPROCCIO SEMPLIFICATO PER LA VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA LOCALE

Il procedimento sviluppato nelle pagine precedenti comporta un certo grado di approssimazione conseguente al fatto che il punto preso in esame, contraddistinto dalle coordinate geografiche adottate, non coincide con uno dei 10.751 punti appartenenti alla maglia considerata nella "pericolosità sismica di base". I valori dei parametri assunti nei calcoli (a_g , F_0 , T^*_c) sono stati calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici. La alternativa a tale procedura semplificata comporterebbe l'adozione di metodi di interpolazione notevolmente più complessi. Nel caso in esame, visto che gli scostamenti dei valori di azione sismica sono stimabili nell'ordine di $\pm 0,01g$ e che il sito interessato non presenta particolari problematiche dal punto di vista geologico e geotecnico, si ritiene che la procedura semplificata adottata sia ampiamente accettabile.

Il progettista delle strutture
Arch. Daniela Carmen Coscia