COMUNE DI

# GAGGI

PROVINCIA DI MESSINA

# PROGETTO ESECUTIVO

# PER ADEGUAMENTO SISMICO, MESSA IN SICUREZZA E RIQUALIFICAZIONE DELLA "SCUOLA MEDIA"

DOM. GIUSEPPE C. VADALÀ - GIARDINI NAXOS - Iscritto all'Albo di Messina Matric.2204

IL PROGETTISTA E D.L.

IL RUP

PROGETTO ESECUTIVO

ALLEGATI

- TAV A3i: RELAZIONE/DICHIARAZIONE GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

VISTI

GAGGI, lì

UFFICIO DEL GENIO CIVILE
— MESSINA —

Si attesta che le previsioni del presente progetto sono conformi alle norme di edilizia sismica. L'autorizzazione allo inizio dei lavori è subordinata alla formale domanda ai sensi dell'Art 17 della Legge 64/1974

N. 8249 Messina, lì 18-05-21

Dipartimento Regionale Tecnico - Reg. Siciliana - Assessorato Infrastrutture e Mobilità - Ufficio Genio Civile - Messina

L'INGEGNERE CAPO
(Ing. Nicola Alleruzzo)

IL DIRIGENTE
(Giuseppe Ferraloro)

# Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

Il calcolo strutturale è stato eseguito facendo riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 17/01/2018 e CIRCOLARE C.S.LL.PP. n° 7/19. Avendo utilizzato l'ausilio di un codice di calcolo, l'analisi strutturale e le relative verifiche si sono condotte in conformità delle indicazioni al punto 10.2 del succitato decreto.

- Tipo di analisi svolta

Trattandosi di una struttura da realizzare in zona sismica, si è condotta un'analisi strutturale di tipo statica non lineare. Per lo svolgimento del calcolo si è accettata l'ipotesi che, in corrispondenza dei piani sismici, i solai siano infinitamente rigidi nel loro piano e che le masse ai fini del calcolo delle forze di piano siano concentrate alle loro quote. La ricerca dei modi e delle relative frequenze è stata perseguita con il metodo di Jacobi.
I modi di vibrazione considerati sono in numero tale da assicurare l'eccitazione di più dell'85% della massa totale della struttura. Per ciascuna direzione di ingresso del sisma si sono valutate le forze applicate spazialmente agli impalcati di ogni piano (forza in X, forza in Y e momento).
Le forze orizzontali così calcolate vengono ripartite fra gli elementi irrigidenti (pilastri e pareti di taglio), ipotizzando i solai dei piani sismici infinitamente rigidi assialmente.
Per la verifica della struttura si è fatto riferimento all'analisi statica non lineare. Gli angoli delle direzioni di ingresso dei sismi sono valutati rispetto all'asse X del sistema di riferimento globale.

Il calcolo degli spostamenti e delle caratteristiche viene effettuato con il metodo degli elementi finiti (F.E.M.).

Possono essere inseriti due tipi di elementi:

1) Elemento monodimensionale asta che unisce due nodi aventi ciascuno 6 gradi di libertà. Per maggiore precisione di calcolo, viene tenuta in conto anche la deformabilità a taglio e quella assiale di questi elementi. Queste aste, inoltre, non sono considerate flessibili da nodo a nodo ma hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla parte di trave inglobata nello spessore del pilastro; questi tratti rigidi forniscono al nodo una dimensione reale.

2) L'elemento bidimensionale shell che unisce quattro nodi nello spazio. Il suo comportamento è duplice, funziona da lastra per i carichi agenti sul suo piano, da piastra per i carichi ortogonali.

Assemblate tutte le matrici di rigidezza degli elementi in quella della struttura spaziale, la risoluzione del sistema viene perseguita tramite il metodo di Cholesky. Ai fini della risoluzione della struttura, gli spostamenti X e Y e le rotazioni attorno l'asse verticale Z di tutti i nodi che giacciono su di un impalcato dichiarato rigido sono mutuamente vincolati.

- VERIFICHE

Le verifiche, svolte secondo il metodo degli stati limite ultimi e di esercizio, si ottengono inviluppando tutte le condizioni di carico prese in considerazione. In fase di verifica è stato differenziato l'elemento trave dall'elemento pilastro. Nell'elemento trave le armature sono disposte in modo asimmetrico, mentre nei pilastri sono sempre disposte simmetricamente. Per l'elemento trave, l'armatura si determina suddividendola in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante, valutando per tali conci le massime aree di armatura superiore ed inferiore richieste in base ai momenti massimi riscontrati nelle varie combinazioni di carico esaminate. Lo stesso criterio è stato adottato per il calcolo delle staffe. Anche l'elemento pilastro viene scomposto in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante. Vengono però riportate le armature massime richieste nella metà superiore

(testa) e inferiore (piede). La fondazione su travi rovesce è risolta contemporaneamente alla sovrastruttura tenendo in conto sia la rigidezza flettente che quella torcente, utilizzando per l'analisi agli elementi finiti l'elemento asta su suolo elastico alla Winkler. Le travate possono incrociarsi con angoli qualsiasi e avere dei disassamenti rispetto ai pilastri su cui si appoggiano.
La ripartizione dei carichi, data la natura matriciale del calcolo, tiene automaticamente conto della rigidezza relativa delle varie travate convergenti su ogni nodo.
Le verifiche per gli elementi bidimensionali (setti) vengono effettuate sovrapponendo lo stato tensionale del comportamento a lastra e di quello a piastra. Vengono calcolate le armature delle due facce dell'elemento bidimensionale disponendo i ferri in due direzioni ortogonali.

- Origine e Caratteristiche del codice di calcolo

Il codice di calcolo utilizzato è il programma agli elementi finiti **CDS 2020**, realizzato dalla STS (Software Tecnico Scientifico), con n. di licenza 15302. La versione del software è la Ver. full 2020.

Affidabilità del codice

I calcoli vengono eseguiti secondo l'ordine sotto elencato:

- Analisi dei carichi
- Calcolo dei baricentri delle masse e delle rigidezze
- Calcolo dei periodi di vibrazione e degli autovettori mediante analisi modale.
- Calcolo coefficienti di partecipazione e forze statiche equivalenti.
- Calcolo momenti – tagli - sforzi normali per travi e pilastri, sia per carichi statici verticali ed eventuali sollecitazioni esterne applicate ai nodi, che per le forze sismiche, e le correzioni torsionali.
- Calcolo degli spostamenti degli impalcati per i vari modi di vibrare.
- Calcolo dei valori efficaci delle sollecitazioni generate dalle forze sismiche.
- Calcolo di progetto e verifica agli stati limite di travi e pilastri.
- Calcolo di progetto e verifica agli stati limite delle travi di fondazione.

Eseguita l'analisi dei carichi per tutte le travi e mensole costituenti la struttura e considerando gli impalcati come strutture infinitamente rigide, vengono calcolate le matrici di rigidezza dei telai, le matrici delle distanze dei telai dal baricentro delle masse e la matrice delle masse, pervenendo, quindi, alla matrice delle rigidezze del sistema spaziale dell'intera struttura.
La risoluzione del sistema viene eseguita mediante analisi modale sopra descritta. Dopo aver calcolato tutte le matrici relative alla struttura nel suo complesso, si procede al calcolo dei telai.

Il calcolo di ciascun telaio viene ripetuto per le seguenti condizioni di carico:

- Carichi verticali permanenti piu' eventuali sollecitazioni esterne nei nodi.
- Carichi accidentali.
- Forze orizzontali (dovute al sisma agente in due direzioni ortogonali) più forze torsionali (effetto dell'eccentricità fra masse e rigidezze).
- Carico della neve.

I risultati ottenuti (momenti, tagli, sforzi normali e spostamenti) consentono di procedere al calcolo delle armature ed alle successive verifiche agli stati limite ultimo e di esercizio.
Il solutore sviluppato integralmente dalla STS denominato"WarpSolver" è dotato di un accurato controllo della soluzione, a mezzo di appositi algoritmi, tra cui quelli per il calcolo del numero di condizionamento e del

raffinamento iterativo della soluzione. Il solutore è stato sottoposto a severi test di validazione, mettendolo a confronto sia con le soluzioni teoriche, che con i più quotati solutori agli elementi finiti.
L'esito di tali test ha evidenziato la notevole precisione ed affidabilità del solutore STS che sostanzialmente riproduce gli stessi risultati dei migliori solutori attualmente disponibili sul mercato mondiale.
I risultati dei test sono visionabili direttamente sul sito della STS.

Scelta del codice

Il codice di calcolo utilizzato, modella la struttura con telai, che presentano aste verticali, orizzontali ed inclinate, con i montanti incastrati in un reticolo di travi di fondazione. Il reticolo di fondazione a sua volta poggia su un terreno di fondazione, modellato come terreno alla Winkler. Tale modellazione è coerente con la modellazione di edifici multipiano che si trova nella letteratura consolidata del settore. Il metodo di calcolo, con ricerca degli autovalori ed autovettori della struttura, al fine di determinare le sollecitazioni, è anch'esso coerente con la letteratura tecnica del settore. Pertanto il codice di calcolo appare adeguato al calcolo della struttura.

Modalità di presentazione dei risultati

Il fascicolo di calcolo presenta i dati generali sulla geometria del fabbricato ed i carichi, con il modello tridimensionale. Quindi i coefficienti di combinazione delle azioni, ed i risultati dell'analisi della struttura. Infine le verifiche agli stati limite ultimo e di esercizio della struttura, e il dimensionamento dell'armatura.

Informazioni generali sull'elaborazione

Al fine di emettere un giudizio fondato sull'accettabilità dei calcoli, sono state condotte delle calcolazioni semplificate, con i normali metodi della Scienza delle Costruzioni e utilizzando schemi statici quali le mensole e le travi semplicemente incastrate agli estremi, su una colonna montante e su una travata. Tali calcolazioni hanno fornito risultati in linea con quelli attesi e con quelli forniti dal codice di calcolo.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

Va precisato che la quantità di armatura fornita dai calcoli è risultata in linea con quella di numerosi altri edifici aventi caratteristiche similari e progettati dai sottoscritti, per cui si può ritenere che rientri nell'ottica di una tecnica costruttiva abbastanza diffusa e quindi opportunamente dimensionata.

Inoltre anche gli stati tensionali determinati e gli spostamenti calcolati, sono in linea con quelli di altri edifici aventi caratteristiche similari e già calcolati dai sottoscritti, per cui si possono ritenere esatte le scelte di schematizzazione e modellazione della struttura e delle azioni.

Per quanto sopra esposto il sottoscritto **Dott. Ing. Giuseppe Carmelo Vadalà** dichiara di aver esaminato la documentazione a corredo del software, nonché i casi di prova interamente risolti e commentati, e ne attesta l'affidabilità e l'idoneità al caso specifico.

In allegato si riporta un calcolo di massima eseguito manualmente per confrontare i risultati ottenuti con l'ausilio del software.

VERIFICA DELLA TRAVE 9-16 a quota 6.10 m (SEZ 30x50)

Si determinano le forze che agiscono sulla trave:
Analisi dei carichi del solaio di calpestio:

| AZIONE | VALORI CARATTERISTICI (Kg/mq) | COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma$ | VALORI DI PROGETTO (Kg/mq) |
|---|---|---|---|
| Peso proprio | $G_{k1} = 180$ | 1.3 | $G_{d1} = 234$ |
| Carico fisso | $G_{k2} = 200$ | 1.5 | $G_{d2} = 300$ |
| Carico variabile | $Q_k = 300$ | 1.5 | $Q_d = 450$ |
| TOTALE | | | $F_d = 984$ |

Lo scarico del solaio di calpestio sulla trave pari a: $q_{solaio}$=984x6,10/2=3001 kg/ml;

Il momento flettente massimo che si ricava, considerando il vincolo di semiincastro, è pari a:
$M_{max}=q_{solaio}xl^2/10$=3001x2,45$^2$/12=1501 kgm;

Il taglio massimo è pari a $T_{max}=q_{solaio}xl/2$=3001x2,45/2=3676 kg.

Riepilogando, le sollecitazioni agenti sulla trave 4-5 sono pari a:

T=3676 kg M=1501 kgm

Si conduce la verifica della trave a flessione e taglio.

VERIFICA A FLESSIONE

Sezione Rettangolare b = 30 cm h = 50 cm

Armatura disposta 2+2F14

Caratteristiche di sollecitazione:

M = 15.01 kNm

Valori limiti:

Mrd = 20.3 kNm

M/Mrd = 0.75

Deformazioni:

eps c sup = 0.0011

eps s inf = -0.01

asse neutro x =5.3 cm

**Sezione verificata (il calcolo eseguito con il software è affidabile)**

VERIFICA A TAGLIO

Sezione Rettangolare b = 30 cm h = 50 cm

Si dispongono staffe F8/16 cm

Taglio di calcolo:
V = 36.76 kN

Valori limiti del taglio:

VRd1= 25.6 kN

VRd2= 551.6 kN

**Sezione verificata (il calcolo eseguito con il software è affidabile)**

Gaggi, lì

Il Calcolista
Dott. Ing. Giuseppe Carmelo Vadalà