

Oggetto: Parere in merito al progetto di adeguamento di una costruzione esistente mediante l'inserimento di "torri dissipative". (Rif. prot. int. n. 58).

Il Comitato Tecnico Scientifico

Viste le richieste del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli e del Servizio Tecnico di Bacino Romagna, di espressione di un parere in merito all'impiego del sistema a "torri dissipative" per realizzare l'adeguamento sismico di edifici esistenti, nonché di espressione di parere sul caso specifico "Progetto di adeguamento sismico de: _____ in cui sono state previste dette torri;

Esaminata la nota del Tecnico del SGSS che ha istruito la pratica, ing. Federica Marani;

Vista la relazione dei componenti della Struttura Operativa Tecnico Scientifica del CTS (Ing. Nicola Cosentino, Geom. Paolo Fantoni, Ing. Vania Passarella);

Premesso

Nel caso del _____ di _____ la struttura dell'edificio si sviluppa per 3 piani fuori terra più porzione centrale di dimensione ridotta rialzata per un ulteriore piano; è costituita da telai piani in c.c.a. gettati in opera con travi in altezza e orizzontamenti realizzati in solai di latero cemento dotati di soletta superiore (spessore variabile da 4 a 5cm); la fondazione è a travi rovesce collegate tra loro; il tamponamento di chiusura è in muratura.

La costruzione, il cui impianto originario risale al 1963 (ex _____ presenta una forma a "T" (con telai e orditure dei solai ortogonali nelle due porzioni della "T"), comunque abbastanza compatta, con ingombro complessivo di circa 40 x 30m. L'edificio, riadattato a scuola, ha subito una importante ristrutturazione nel 1995 ed allo stato attuale si presenta inserito all'interno di un aggregato di fabbricati che costituisce il polo scolastico. L'edificio, nel 2010, è stato oggetto di valutazione della sicurezza.

Si precisa che le attenzioni del CTS sono state rivolte esclusivamente alle problematiche di carattere generale legate all'impiego delle "torri dissipative", lasciando la valutazione degli altri aspetti e del giudizio di merito sul singolo progetto all'istruttoria della Struttura competente.

L'adeguamento sismico proposto è basato sull'inserimento di 3 torri dissipative (brevetto ing. _____), due inserite sul fronte di ingresso e una terza sul tronco ortogonale posta sul fianco. Le torri sul fronte di ingresso vincolano i piani da P1 a P4 mentre la torre sul retro termina al terzo piano in quanto a questa quota è posto il coperto; in nessun caso è vincolato il piano terra. Il collegamento tra i profilati metallici costituenti le torri e la costruzione esistente avviene per mezzo di piaste ancorate ai pilastri ed alla travi ad esse adiacenti.

Al fine di dimostrare il conseguimento dell'adeguamento, al progetto definitivo è allegata una analisi non lineare nel dominio del tempo, considerando 3 accelerogrammi artificiali spettrocompatibili applicati separatamente in x ed y. Non sono presenti valutazioni in merito agli effetti torsionali. A fronte dei risultati

di detta analisi, riportati unicamente in termini di spostamento del punto di controllo, la struttura è considerata verificata in virtù del fatto che lo spostamento massimo risulta pari a 80mm.

Dalla discussione emerge, in via preliminare, che l'innovatività e la non-convenzionalità dell'intervento richiedono uno studio approfondito, in tutti gli aspetti progettuali ed analitici, più di quanto non sia normalmente richiesto a soluzioni pur complesse ma ampiamente documentate in letteratura (isolamento sismico, controventi dissipativi, dissipatori di interpiano, etc.).

Pur essendo presentato come sistema brevettato, non si ravvedono gli estremi per la qualificazione di un "sistema costruttivo", configurandosi quindi ciascun intervento come singolo "progetto" e, come tale, da corredare di volta in volta delle necessarie analisi e verifiche, sia sulla costruzione esistente che sulle "torri".

Considerato

1. La soluzione progettuale viene proposta come sistema "brevettato" sebbene, dalla documentazione prodotta, non siano evidenti le peculiarità oggetto del brevetto. Si ritiene necessario che vengano esplicitate dette peculiarità, sia al fine di poter correttamente espletare l'esame del progetto (ad esempio, in termini di documentazione da richiedere nel rispetto delle "protezioni" garantite dal brevetto stesso), sia al fine di un corretto inquadramento normativo del "sistema" composto da struttura esistente e torri dissipative (NCT-2008, DPR 380/2001, etc).
2. La collocazione degli smorzatori alla base della torre "rigida" non rientra tra le disposizioni "tradizionali", studiate e documentate in letteratura (la più prossima delle quali - rappresentata dalle soluzioni a "controventi esterni" collegati alla struttura esistente con smorzatori distribuiti ai vari piani - manifesta un comportamento alquanto diverso).

Si ritiene, conseguentemente, indispensabile una chiara ed esaustiva restituzione delle valutazioni analitiche volte a dimostrare funzionamento ed efficienza del "layout" progettuale (inclusi schemi semplificati che dimostrino l'affidabilità e i limiti dei procedimenti analitici adottati), anche rispetto a soluzioni "tradizionali", come quelle sopra citate.

3. Per le singole applicazioni progettuali, è indispensabile corredare le valutazioni numeriche anche con analisi dinamiche lineari con spettro di risposta, mettendo in conto il contributo degli smorzatori attraverso i "rapporti di smorzamento equivalenti", appropriatamente valutati per i diversi modi di vibrare interessati (in funzione dei livelli di deformazione raggiunti nei diversi stati limite considerati, in presenza di elementi a comportamento non lineare).

Tali analisi, ove le verifiche sulle singole membrature vengano condotte con più complesse analisi dinamiche non lineari, dovranno consentire la "validazione" di queste ultime, confrontando le grandezze significative in tal senso (sollecitazioni globali alla base della struttura, spostamenti di interpiano e globali, etc.). Tale "validazione" deve essere condotta nello spirito del § 10.2 delle NTC-2008 e dei dettami del § 7.3.4.2 delle stesse NTC nonché del § C7.3.4.2 della Circolare 617/2009.

4. Nel merito del progetto presentato, si rileva che le analisi delle torri e della struttura nel suo insieme non sono complete rispetto a quanto richiesto dalle NTC-2008 (tipologie di analisi, numero di spettri considerati, combinazioni delle azioni sismiche, stati limite da verificare per i diversi elementi/componenti, effetti torsionali e delle eccentricità delle masse, etc.). Si evidenziano alcuni aspetti ai quali si ritiene necessario prestare particolare attenzione.
 - a. Per il ruolo critico che svolgono, ai dispositivi del sistema di dissipazione è richiesta una particolare affidabilità; ciò vale sia per gli smorzatori che per le torri (oltre che, si intende, per le unioni, i collegamenti alla struttura esistente, etc.). Per i primi (comunque progettati e verificati sperimentalmente secondo quanto stabilito nel § 11.9 delle NTC), sia le verifiche di capacità (corsa e

forza massima, etc.) che il numero di cicli da effettuare nelle prove di qualificazione devono essere commisurati al terremoto di progetto allo SLC. Per i secondi, l'azione sismica di progetto è quella corrispondente allo SLC: dovrà essere evitata la possibilità di instabilizzazione a compressione o di plasticizzazione a trazione e le connessioni devono essere progettate in modo tale da assorbire, con ampio margine di sicurezza, le forze previste dal calcolo. Di tali aspetti (considerazioni, analisi, prescrizioni, sollecitazioni negli elementi tipici, verifiche, etc.) dovrà essere dato esaustivo riscontro negli elaborati progettuali.

- b. È in generale opportuna una buona ridondanza degli elementi che costituiscono il sistema di protezione, sia per ridurre le sollecitazioni indotte sulle membrature cui essi sono collegati, sia per scongiurare il rischio che il malfunzionamento di un dispositivo possa compromettere l'efficacia dell'intero sistema di protezione. Nel caso in esame, tale ridondanza viene a mancare, essendo ciascuna torre indispensabile al funzionamento d'assieme; in caso di mancato funzionamento di una torre, infatti, la struttura risulterebbe fortemente penalizzata dalle eccentricità delle azioni delle altre torri (con conseguenti negativi effetti torsionali); inoltre, in ciascuna torre, il numero di dispositivi smorzanti è quello strettamente necessario per il corretto funzionamento della stessa.

Conseguentemente, risulta indispensabile una analisi parametrica che valuti l'effetto di significative differenze statistiche di produzione, la dipendenza del comportamento dei dispositivi da fattori quali la frequenza, la temperatura, l'invecchiamento dei materiali, etc.. Andranno effettuate analisi multiple che considerino il comportamento dei dispositivi in corrispondenza dei valori limite dei parametri meccanici, contemplando anche la possibilità che le variazioni siano diverse nei diversi dispositivi.

- c. È ragionevole ipotizzare che le torri si comportino come elementi "dissipativi" nei confronti di modi di vibrare caratterizzati da deformata pressoché lineare in elevazione, mentre fungono da elementi "irrigidenti" nei confronti di forme modali "intrecciate" o delle componenti "non rettilinee" delle forme monotone. Si ritiene necessario studiare tali comportamenti, evidenziando le principali grandezze che ne caratterizzano le risposte: (i) azioni taglianti nelle torri; (ii) azione tagliente alla base delle torri e verifica della capacità della cerniera di base in tal senso; (iii) etc..
- d. Tra gli altri aspetti degni di nota e di approfondimento analitico/progettuale si segnalano, in via esemplificativa e non esaustiva: (i) la variabilità spaziale del moto sismico e suoi effetti sulla struttura, sulle torri e sugli elementi di interfaccia; (ii) il controllo degli spostamenti relativi alle unità strutturali circostanti; (iii) il comportamento nei confronti del moto in prossimità della faglia ("near-source"), tipicamente caratterizzato da 1 o 2 cicli a bassa frequenza e media non nulla; (iv) una accurata valutazione analitica (e possibilmente sperimentale) del comportamento del dispositivo di amplificazione del moto dei dissipatori (caratterizzato da diverse articolazioni e relativi "giochi"/tolleranze), nel suo "piano di lavoro" e "fuori piano"; (v) lo studio delle protezioni (ove appropriate) contro la polvere, l'incendio, gli atti vandalici, etc..
5. Anche la valutazione della sicurezza della costruzione esistente deve essere condotta con la dovuta attenzione agli aspetti che coinvolgono l'interazione con le torri dissipative. In particolare, a titolo esemplificativo:
- a. Le verifiche agli SLU degli elementi strutturali (travi, pilastri, nodi, solai, etc.) devono essere condotte con riferimento alle azioni relative allo SLV (o in alternativa allo SLC). Qualora si oltrepassi il limite elastico, del comportamento non lineare si dovrà tener conto nelle analisi non lineari (conseguendo un appropriato livello di conoscenza) e, per quelle lineari, nella determinazione di un adeguato fattore di struttura "q" (la valutazione del fattore di struttura per le costruzioni con

sistemi dissipativi deve discendere da metodologie di comprovata validità, che portino in conto le plasticizzazioni sia nella struttura che nei dispositivi dissipativi).

- b. Deve essere valutata la capacità degli elementi esistenti di trasferire le azioni alle torri (tenendo conto sia degli effetti dissipativi che di quelli irrigidenti sopra menzionati). Per gli impalcati, si evidenzia la necessità di verificare non solo la capacità globale di trasferire le azioni dalla struttura esistente alle torri (tenendo conto delle armature effettivamente presenti, anche tra regioni a diversa orditura) ma anche la resistenza locale in corrispondenza dei collegamenti edificio/torri (con le sovra-resistenze, rispetto alle azioni derivanti dal calcolo, previste dalla norma).
 - c. Il modello per la valutazione della capacità nella configurazione “di progetto” deve essere coerente con quello che si adotta per lo “stato di fatto”, così come analoghe devono essere le verifiche da condurre (oltre a quelle specifiche legate all’interazione edificio/torri). In caso di intervento di adeguamento, le verifiche devono essere condotte in modo esaustivo anche nei confronti delle combinazioni “non-sismiche”.
6. Gli elaborati di progetto (da redigere a livello esecutivo) devono essere completi e dettagliati. Particolare attenzione andrà posta agli aspetti di interazione tra struttura esistente e torri, già sopra evidenziati in merito alle analisi, eseguendo e restituendo con appropriato livello di approfondimento anche tutte le indagini volte alla conoscenza dello stato di fatto.
 7. Infine, trattandosi di intervento finanziato con fondi pubblici, appare opportuna una valutazione del rapporto benefici-costi dell’intervento, sia confrontandolo con altre soluzioni progettuali (anche con sistemi controventanti e/o dissipativi esterni di tipo “convenzionale”), sia in relazione alla reale vulnerabilità dell’edificio, avendo riscontrato incongruenze tra quanto riportato nella “valutazione della sicurezza” redatta nel 2010 e i contenuti del progetto di adeguamento presentato.

Si rileva, a tal proposito, che l’adeguamento sismico di strutture esistenti con soluzioni che prevedano l’incremento della sola dissipazione (quindi con uno smorzamento modale equivalente aggiuntivo, con la conseguente riduzione dell’ordinata dello spettro degli spostamenti) si applica bene a strutture dotate di per sé di buona rigidezza e resistenza, per le quali è sufficiente una riduzione dell’ordine del 20-40% delle deformazioni sismiche, conseguente ad una uguale riduzione delle forze sismiche.

Tutto ciò premesso e considerato, il Comitato Tecnico Scientifico, all’unanimità dei presenti

è del parere

che il progetto presentato debba essere rivisto nello spirito delle considerazioni sopra esposte.

Il Vice-Presidente del Comitato Tecnico Scientifico

(Prof. Ing. Pier Paolo Diotallevi)

