

Oggetto: Parere in merito a caso specifico inerente alla progettazione di una nuova struttura in c.a. (Rif. prot. int. n. 179)

### Il Comitato Tecnico Scientifico

**Vista** la richiesta della Struttura Tecnica Competente in materia sismica (di seguito STC) dell'Unione con nota prot. 22/03/2021 di esprimere un parere tecnico-scientifico per la validazione dei modelli di calcolo idealizzati dal progettista ed una valutazione in merito alla concezione del sistema sismoresistente, considerato che non sono note alla scrivente STC evidenze scientifiche e/o di norma a supporto delle ipotesi di modellazione delle predette "cerniere a taglio e a torsione" basate su formule del capitolo 4 (§ 4.1.2.3) delle NTC2018;

**Sentita** la sottocommissione designata che ha istruito la richiesta di parere;

### Premesso

che la richiesta di parere pervenuta dalla STC segue l'istruttoria condotta dalla stessa su di un progetto strutturale inerente una nuova costruzione eseguita con struttura portante in c.a. nell'ambito della quale, a seguito di una prima richiesta di integrazione e di una successiva comunicazione di motivi ostativi al rilascio del parere favorevole, il progettista strutturale giustifica le scelte condotte in progetto avvalendosi di due ipotesi di seguito esposte (e tratte dalla nota del quesito posto):

- 1) dagli approfondimenti di merito in sede di chiarimenti emerge che in zona nodale del pilastro 8 la verifica di gerarchia, di cui al punto 7.4.4.2.1 delle NTC2018, non risulta soddisfatta pertanto le travi convergenti al nodo 8 (ossia in particolare le travi 4a e 4b) non vedono garantita la possibilità di generare zone dissipative agli estremi ai fini del meccanismo duttile globale. A seguito di tale evidenza il progettista dichiara di voler considerare "secondario" (ai sensi del punto 7.2.3 delle NTC2018) il pilastro di spina 8, escludendo quindi, di fatto, le travate 4, 4a e 4b dal meccanismo dissipativo allo SLV.
- 2) A seguito degli approfondimenti richiesti [in merito a travi che vedono la loro sezione estrema fuori dal nodo trave pilastro] il progettista decide di verificare la sicurezza allo SLV dell'unità strutturale mediante analisi statica non lineare (...), dichiarando di aver considerato all'interno delle zone critiche, entro le quali si innestano (fuori nodo) le travate 2, 3 e 5 (...), opportune cerniere a taglio e a torsione, per ciascun elemento, mediante l'inserimento di general-link a comportamento non lineare. Tali general-link, aventi ciascuna la resistenza desunta dalle formule del capitolo 4 (§ 4.1.2.3) delle NTC2018, avrebbero lo scopo di simulare la possibile rottura fragile per raggiungimento alternativo di una delle 3 resistenze sotto citate:
  - resistenza nei confronti di sollecitazioni torcenti in travi e pilastri;
  - resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti in travi e pilastri;
  - resistenza dei nodi.

### Preso atto

che nella richiesta di parere pervenuta:

- a) viene affermato che "In fase di progetto il tecnico si è avvalso del metodo di analisi lineare dinamica per la ricerca delle sollecitazioni in fase sismica. La struttura è stata concepita con telaio spaziale in c.c.a. gettato in opera su due piani con un comportamento dissipativo allo SLV ( $q = 3.9$ ) e pertanto soggetta al rispetto delle regole della progettazione in capacità...";

- b) è allegato un documento “*Report risultati analisi non lineare*” prodotto dal progettista a seguito delle richieste di integrazioni formulate dalla STC nella quale viene affermato che:

*Nel modello predisposto per le analisi non lineari, oltre alla definizione delle opportune sezioni a fibre preposte a simulare il comportamento a presso-flessionale degli elementi finiti, si sono definite delle cerniere a taglio e a torsione, per ciascun elemento, mediante l'inserimento di general-link a comportamento non lineare. Tali general-link, aventi ciascuna la resistenza desunta dalle formule del capitolo 4 (§ 4.1.2.3) delle NTC 2018 hanno lo scopo di simulare la possibile rottura fragile per raggiungimento alternativo di una delle 3 resistenze sotto citate:*

- *resistenza nei confronti di sollecitazioni torcenti in travi e pilastri;*
- *resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti in travi e pilastri;*
- *resistenza dei nodi.*

*Per mezzo di tali cerniere si è considerato e introdotto nelle analisi non lineari di pushover la possibilità del raggiungimento di meccanismo di rottura fragile che anticipa il meccanismo flessionale. Inoltre, la modellazione dell'esatta posizione di travi e pilastri (che tiene conto degli eventuali disassamenti e delle eccentricità degli assi principali tra elementi) ha permesso di ricavare il meccanismo di collasso della struttura tenendo in considerazione nel modello, del reale percorso dei carichi e delle azioni esterne, anche considerando la presenza delle eccentricità di progetto tra elemento ed elemento.*

*La curva di pushover è stata interrotta all'istante in cui si è raggiunta:*

- *o la capacità rotazionale ultima di un elemento trave o pilastro;*
- *o la resistenza nei confronti di sollecitazioni torcenti in travi e pilastri;*
- *o la resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti in travi e pilastri;*
- *o la resistenza dei nodi.*

(...)

e, con riferimento alle analisi condotte, che:

*“Poiché la richiesta di spostamento  $d_{max}$  è inferiore alla capacità di spostamento che determina il primo meccanismo di collasso, i meccanismi di collasso duttile sono verificati allo SLC e la struttura è VERIFICATA allo SLC;*

*I meccanismi di collasso fragili sono anch'essi soddisfatti allo SLC in quanto dalle analisi emerge che il primo meccanismo fragile si attiva successivamente ai meccanismi di collasso duttile.*

### Considerato

che,

- i) il § 7.2.2 delle NTC 2018 specifica che “*Nel caso di comportamento strutturale dissipativo il comportamento sismico della struttura è largamente dipendente dal comportamento delle sue zone dissipative, esse devono formarsi ove previsto e mantenere, in presenza di azioni cicliche, la capacità di trasmettere le necessarie sollecitazioni e di dissipare energia, garantendo la capacità in duttilità relativa alla classe di duttilità scelta*” e pertanto l'utilizzo di un fattore  $q = 3.9$  deve soddisfare i criteri di regolarità strutturale ed il rispetto delle regole specifiche dei dettagli costruttivi, in particolar modo, delle zone ove si deve sviluppare la dissipazione idealizzata;
- ii) il § 7.4.6.1.1 delle NTC 2018 specifica che, con riferimento alle strutture a comportamento dissipativo, “*La larghezza  $b$  della trave deve essere  $\geq 20$  cm e, per le travi “a spessore di solaio”, deve essere non maggiore della larghezza del pilastro, aumentata da ogni lato di metà dell'altezza della sezione trasversale della trave stessa, risultando comunque non maggiore di due volte  $b_c$ , essendo  $b_c$  la larghezza del pilastro misurata ortogonalmente all'asse della trave.*”, mentre all'interno del materiale inviato si evidenziano situazioni di mancato rispetto della prescrizione riportata;

- iii) il § 7.4.6.1.3 delle NTC 2018 specifica che, con riferimento alle stesse tipologie di strutture, “Sono da evitare, per quanto possibile, eccentricità tra l’asse della trave e l’asse del pilastro concorrenti in un nodo. Qualora tale eccentricità superi 1/4 della larghezza del pilastro, la trasmissione degli sforzi deve essere assicurata da armature adeguatamente dimensionate allo scopo. Lo scrivente Comitato evidenzia che vi sono due travi la cui eccentricità supera quanto indicato dalla norma. Tuttavia, non può esprimersi sulla corretta progettazione di tali dettagli poiché non risulta trasmesso il progetto strutturale né, comunque, è nei compiti dello stesso Comitato eseguire istruttorie di dettaglio;
- iv) con riferimento all’attribuzione di elemento secondario affidata al pilastro di spina (richiamato al punto 1) delle premesse al presente parere), visto anche l’importante ruolo svolto dallo stesso elemento a cui risulta affidato buona parte dell’azione gravitazionale, deve essere rispettato quanto richiesto al § 7.2.3 delle NTC 2018 per gli elementi secondari in cui è sottolineato che “Tali elementi sono progettati per resistere ai soli carichi verticali e per seguire gli spostamenti della struttura senza perdere capacità portante. Gli elementi secondari e i loro collegamenti devono quindi essere progettati e dotati di dettagli costruttivi per sostenere i carichi gravitazionali, quando soggetti a spostamenti causati dalla più sfavorevole delle condizioni sismiche di progetto allo SLC, valutati, nel caso di analisi lineare, secondo il § 7.3.3.3, oppure, nel caso di analisi non lineare, secondo il § 7.3.4.”, anche dette importanti verifiche non risultano documentate nella documentazione pervenuta al Comitato;
- v) con riferimento alle “cerniere a taglio e a torsione” basate su formule del capitolo 4 (§ 4.1.2.3) delle NTC 2018 si richiama anche il § 4.1.2.3.6 delle medesime NTC il quale prescrive che “Per l’angolo  $\theta$  delle bielle compresse di conglomerato cementizio deve essere assunto un unico valore per le due verifiche di taglio e torsione” poiché alcuni puntoni compressi sono gli stessi per ambo i modelli resistenti per il taglio e per la torsione. Inoltre, in caso di inversione di segno delle sollecitazioni, si ritiene che alcuni meccanismi resistenti (e.g. ingranamento inerti, etc.) risultino meno efficaci e di conseguenza si consiglia di utilizzare un’inclinazione del puntone compresso pari a  $45^\circ$  analogamente a quanto indicato all’interno dell’Eurocodice 8 per strutture in alta duttilità;
- vi) nel caso di comportamento torsionale delle membrature, qualora il progettista decida di inserire cerniere plastiche a torsione, oltre a valutare la resistenza torsionale risulta fondamentale considerare il decadimento della rigidezza torsionale delle travi al raggiungimento del momento torcente di fessurazione;

Tutto ciò premesso e considerato, il Comitato Tecnico Scientifico, presieduto dal Prof. Ing. Marco Savoia,

**è del parere**

che, il rispetto delle prescrizioni imposte da normativa per le nuove costruzioni progettate in duttilità debba essere sempre prediletto rispetto alla dimostrazione attraverso analisi statiche non lineari (pur ammesse) che la struttura possieda un comportamento duttile. In quest’ultimo caso tale duttilità deve essere suffragata oltre che da verifiche globali anche da verifiche locali (e.g. ancoraggio armature, resistenza nodi, etc.) specifiche per il caso in esame.

Il Presidente del Comitato Tecnico Scientifico

(Prof. Ing. Marco Savoia)