

INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO DI FABBRICATO INDUSTRIALE

La sicurezza delle costruzioni esistenti nei confronti dell'azione sismica è un tema molto dibattuto, in quanto il patrimonio edilizio italiano è in gran parte costituito da fabbricati edificati nel secondo dopoguerra seguendo pratiche progettuali ben distanti dalle odierne concezioni strutturali.

Il presente contributo illustra l'approccio metodologico adottato per il miglioramento sismico di un edificio esistente in calcestruzzo armato, dando evidenza di come gli strumenti utilizzati abbiano valorizzato i risultati ottenuti riguardo l'attuale situazione strutturale dello stesso e nel contempo abbiano permesso la successiva definizione delle soluzioni progettuali finalizzate alla mitigazione del rischio sismico, in coerenza con tutto quanto previsto dagli attuali strumenti normativi vigenti. In particolare si tratta della mensa aziendale di uno stabilimento industriale in area pugliese.

Oltre agli interventi prettamente strutturali, l'attività di miglioramento sismico è stata l'occasione per estendere l'intervento anche ad una manutenzione straordinaria destinata al rifacimento di opere varie di carattere edile ed impiantistico.

La struttura in esame, mono piano e realizzata in calcestruzzo armato, risale agli inizi degli anni '80 e risulta caratterizzata da pianta rettangolare di dimensioni pari a 48x28 m. Da un punto di vista distributivo il fabbricato è suddiviso in due zone: la zona refezione e la zona preparazione e servizi vari. La prima, disposta a sud, si presenta come una grande sala, mentre nella seconda alcuni paramenti murari in laterizio suddividono lo spazio utile tra le diverse destinazioni d'uso.

La struttura portante del fabbricato è realizzata attraverso telai trasversali a doppia campata, costituiti da pilastri fondati su plinti isolati e collegati a livello della copertura attraverso travi ribassate. Nella direzione longitudinale, i telai sono collegati attraverso travi perimetrali ribassate, con eccezione dell'allineamento centrale, in corrispondenza del quale le travi presentano uno spessore pari al solaio, solaio realizzato in elementi latero cementizi e caratterizzato da un'altezza pari a 22+4 cm. Tutti gli elementi verticali presentano, inoltre, medesima altezza, con eccezione di quelli posti lateralmente e in corrispondenza del fronte sud che si interrompono a quota minore (Figura 1). Le opere strutturali si completano con travi porta muro a sostegno dei pannelli di tamponamento prefabbricati che si estendono per l'intera altezza del fabbricato tranne nel fronte nord dove sono presenti invece serramenti continui (Figura 2).



Figura 1 - Vista del fronte sud



Figura 2 - Vista del fronte nord



Figura 3 - Area pavimentata sul fronte nord



Figura 4 - Irregolarità della pavimentazione esterna

La pavimentazione esterna è in elementi di calcestruzzo (Figura 3) con camminamenti irregolari e sconnessi con significativi avvallamenti (Figura 4) che si ascrivono ad una incompleta raccolta delle acque meteoriche e, sul fronte nord, ad una potenziale perdita della rete acque di piazzale; tutte le situazioni sono state oggetto dell'intervento edilizio.

L'assetto geologico del sottosuolo è stato indagato sino alla profondità di 15m dal piano campagna mediante l'esecuzione di un sondaggio a carotaggio continuo e due prove penetrometriche dinamiche SPT in foro, unitamente al prelievo di tre campioni da analizzare in laboratorio. Dal sondaggio effettuato emerge una litologia costituita da terreno limoso per i primi 5.50 m e da una ghiaia in matrice limoso-sabbiosa sino alla profondità massima indagata. Nel corso della perforazione è stata, inoltre, intercettata la superficie piezometrica della falda idrica alla profondità di 6.3m dal piano campagna.

Gli esiti delle prove penetrometriche SPT e delle analisi in laboratorio, rappresentate da prove di taglio diretto ad espansione laterale libera, e da prove edometriche, hanno portato alla determinazione dei parametri geotecnici caratteristici degli strati litologici identificati. Tali valori sono poi stati corretti secondo quanto indicato dalla Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del 2 febbraio 2009, n. 617.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, inoltre, si è fatto riferimento all'approccio semplificato, basato sull'individuazione delle categorie di sottosuolo previste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, sulla base della velocità delle onde sismiche di taglio ($V_{s,30}$) degli strati di terreno nei primi 30m di sottosuolo al di sotto del piano di posa delle fondazioni. A tal fine è stata effettuata una prova sismica di tipo ReMi (Refraction Microtremor) dalla quale risulta un valore di $V_{s,30}$ compreso tra 430 e 470 m/s, per cui è stato possibile affermare che il profilo stratigrafico di riferimento è quello di Categoria B. In accordo con quanto previsto dalla Normativa Tecnica vigente c'è stata una fase iniziale di ricerca documentale e una campagna di indagini strutturali volta a verificare l'effettiva consistenza del costruito. Le indagini hanno riguardato la geometria delle sezioni, la disposizione delle armature negli elementi e nei nodi e le caratteristiche dei materiali.

In attesa dei risultati della campagna di indagini, la metodologia adottata è stata quella di allestire un modello di calcolo strutturale sulla base della documentazione progettuale messa a disposizione dalla Committenza (Figura 5 e 6) ipotizzando un "progetto simulato" e verificando successivamente che gli esiti della campagna di indagini strutturali non avessero determinato significativi scostamenti dalla situazione descritta in progetto. Il calcolo delle sollecitazioni è stato effettuato con riferimento ad un'analisi dinamica modale con spettro di risposta, adottando un fattore di struttura pari a $q = 1.50$.

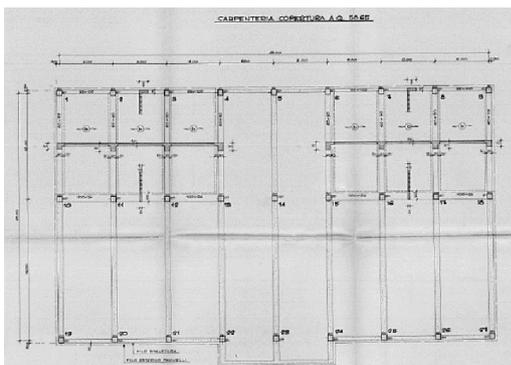


Figura 5 - Progetto originario, vista in pianta

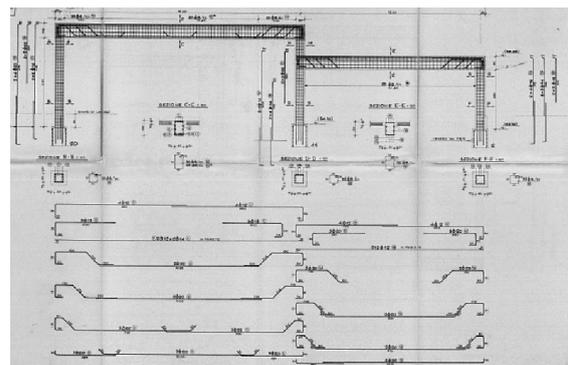


Figura 6 - Progetto originario, vista in sezione

Il calcolo è stato condotto dal Gruppo Ingegneria Torino Srl con l'ausilio del software di calcolo strutturale DOLMEN, sviluppato e distribuito da CDM DOLMEN di Torino. È risultato che in fase statica il fabbricato non

risulta caratterizzato da particolari criticità, mentre la resistenza alle azioni sismiche è totalmente affidata al comportamento a telaio nelle due direzioni, con portali incastrati di elevata rigidezza che fanno emergere una diffusa vulnerabilità in corrispondenza dei nodi basali di tutti i pilastri. Nel dettaglio, le vulnerabilità calcolate riguardavano i meccanismi di pressoflessione e taglio; ulteriori problematiche sono invece dovute ad una carenza di collegamenti espliciti in fondazione, mancanza che espone la struttura a spostamenti relativi tra i nodi di base con conseguente aggravio delle sollecitazioni in elevazione. Per quanto riguarda le travi si sono evidenziati fattori di sicurezza inferiori all'unità; sono quindi state formulate diverse proposte di intervento. In accordo con la committenza è stata esclusa "a priori" la possibilità di interventi interni, a causa dell'esigenza di mantenere il fabbricato in esercizio, inoltre, il progetto degli interventi ha avuto come obiettivo condiviso il raggiungimento di un indice di sicurezza pari all'80%.

Ponendo questa condizione è risultato naturale intervenire con soluzioni strutturali totalmente esterne al fabbricato creando un sistema ad "esoscheletro" rappresentato da coppie di setti sismo-resistenti atti a contrastare le forze orizzontali indotte dall'azione sismica e disposte come mostrano le seguenti Figure 7 e 8, le quali riportano il modello strutturale alla base del progetto dell'intervento.

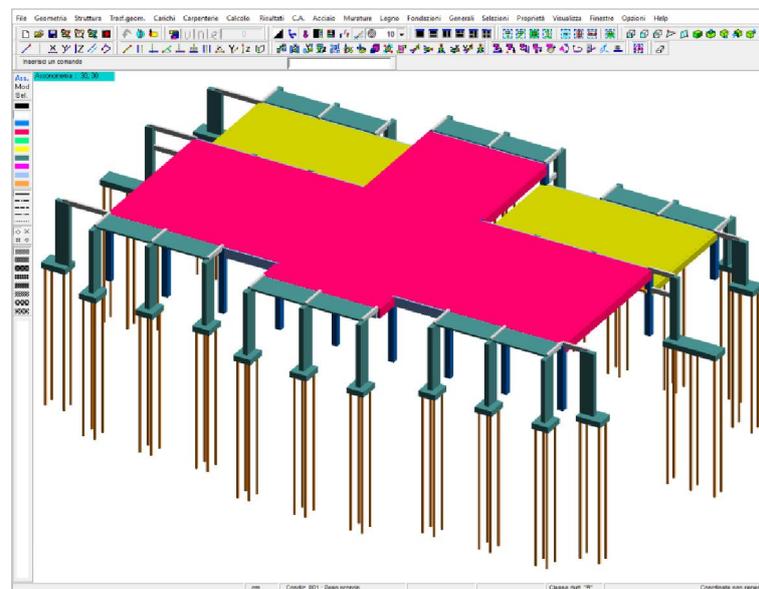


Figura 7 - Assonometria modello post intervento in DOLMEN

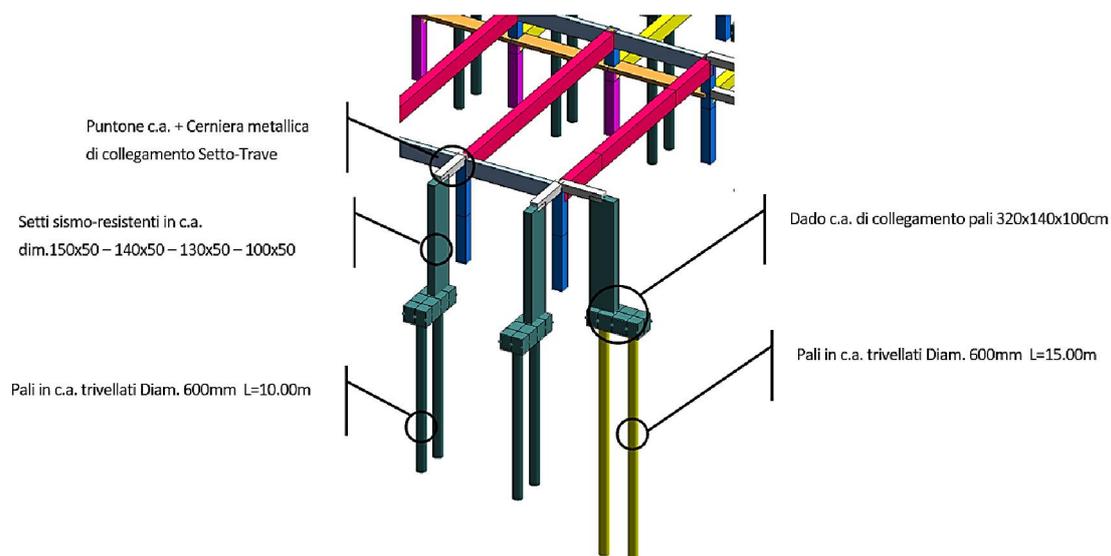


Figura 8 - Dettaglio nuovi elementi

La tipologia di intervento studiata ha richiesto uno studio delle interferenze presenti nelle aree di intervento (reti di smaltimento delle acque bianche e nere, rete antincendio, rete gas e cunicoli ispezzivi) e una loro risoluzione anche in virtù della richiesta di mantenere operative le funzionalità del fabbricato e nell'ottica della successiva e definitiva sistemazione delle aree esterne.

La soluzione progettuale strutturale (Figura 9) ha previsto quindi la realizzazione di setti in calcestruzzo armato disposti nelle due direzioni ortogonali lungo i quattro fronti dell'edificio che, mediante elementi in calcestruzzo armato e connessioni a cerniera metalliche (Figura 10), sono ancorate alle colonne esistenti in corrispondenza delle quote di ciascun orizzontamento al fine di concentrare e dissipare su tali allineamenti le corrispondenti forze d'inerzia in fase sismica.

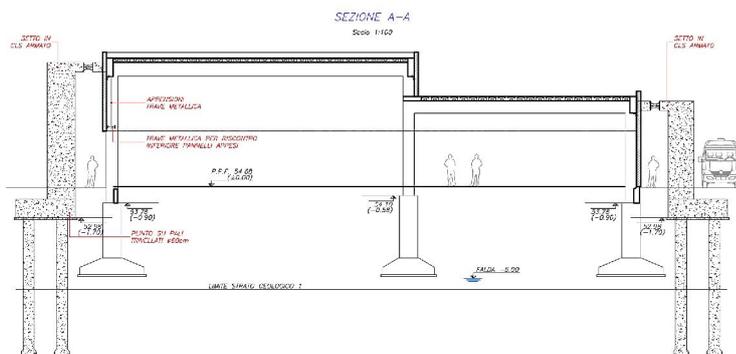


Figura 9 - Progetto intervento, vista in sezione

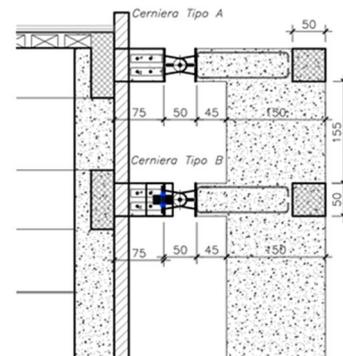


Figura 10 - Dettagli delle cerniere metalliche

Le taglianti generate dal sisma vengono quindi riprese dai setti e riportate al suolo, evitando così al fabbricato alterazioni dello schema statico originario. Il calcolo effettuato ha permesso di ottimizzare le diverse dimensioni dei setti al fine di minimizzare le eccentricità tra il baricentro delle masse e quello delle rigidità; tale soluzione ha permesso di contenere gli effetti torsionali dovuti all'azione sismica a causa di asimmetrie strutturali.

La scelta della tipologia fondazionale è stata dettata da due motivi: l'elevata rigidità del fabbricato nella configurazione pre-intervento e gli esiti della caratterizzazione geotecnica del sottosuolo.

La prima ha comportato un sistema di rinforzo tale da non ammettere cedimenti in corrispondenza dei setti di consolidamento esterni. Ciò, unitamente alle modeste caratteristiche geotecniche del primo strato di sottosuolo, si è tradotto in fondazioni profonde costituite da coppie di pali trivellati di diametro 60cm e lunghezze variabili tra 10m e 15m, collegati in testa mediante dadi in calcestruzzo armato. La presenza di falda inoltre, ha condotto, in fase di perforazione, all'impiego di lamierino provvisorio (tubo forma) al fine di prevenire eventuali cedimenti delle pareti degli scavi.

In conclusione si può affermare che l'approccio metodologico descritto, in aderenza a quanto previsto dalla Normativa tecnica vigente, è stato applicato al fine di migliorare il comportamento di un fabbricato in calcestruzzo armato nei confronti dell'azione sismica. Ai sensi della Normativa vigente si realizzerà un sostanziale miglioramento sismico del fabbricato passando dall'attuale indice di sicurezza sismica globale inferiore al 30% ad uno superiore all'85%.

Gruppo ingegneria Torino s.r.l. ringrazia la software house CDM DOLMEN per l'importante contributo teorico dato durante lo studio delle dinamiche sismiche simulate e la loro successiva applicazione alla realtà strutturale.