

ADEGUAMENTO SISMICO DI EDIFICIO STRATEGICO – HERA S.p.A.

Referente Contratto e Responsabile Lavori HERA S.p.A

Dott. Ing. Roberto Biavati

Ing. Franco Baroni (franco.baroni@ceccoliassociati.it)

Progettista e Direzione dei Lavori

Studio Ceccoli Associati

A2 studio Gasparri e Ricci Bitti Architetti Associati (a2studio@a2studio.it)

Progettisti architettonici

EFFEBI srl – Costruttore strutture metalliche e adeguamento sismico – www.ffebeicostruzioni.it

Geom. Bruno Bianconcini (bianconcini@ffebeicostruzioni.it)

SOMMARIO.

Nel seguito si illustrano i principali criteri seguiti nel progetto degli interventi strutturali per la riabilitazione ed il rafforzamento sismico di un ex fabbricato industriale in c.a. attualmente destinato anche a sede di data center.

1. Premessa.

Il fabbricato di dimensioni in pianta di 60x70m venne costruito ad Imola (BO) nel 1974, secondo le norme tecniche, non antisismiche, vigenti all'epoca; il territorio del comune di Imola infatti venne classificato sismico solo a metà degli anni del '80.

La tipologia costruttiva è molto comune, con struttura in cemento armato quasi interamente prefabbricata. La copertura piana è realizzata con tegole in c.a.p. a π di 10 m di luce appoggiate sulle travi precomprese, di altezza 150 cm e di luce pari a circa 20 m, appoggiate su pilastri isostatici.

La superficie coperta è quindi di circa 4200 m².

Cambiata la destinazione d'uso da produttiva a terziaria, la nuova proprietà ha deciso di effettuare lavori di rafforzamento strutturale per ridurre il rischio sismico.



Figura 1. Fabbricato oggetto d'intervento.

2. Tipologia dell'intervento.

Dopo diverse valutazioni, la soluzione prescelta fu quella di intervenire esclusivamente incrementando la capacità di dissipazione della struttura, inserendo dispositivi di smorzamento di tipo fluido viscoso che frenassero le oscillazioni sismiche della struttura.

I dispositivi sono inseriti all'estremità di 36 aste diagonali metalliche di controvento disposte in entrambe direzioni del fabbricato

La struttura ha richiesto anche altri interventi quali la mutua connessione cinematica di tutti gli elementi prefabbricati inizialmente semplicemente appoggiati quali gli appoggi dei tegoli sulle travi, delle travi ai pilastri ed anche l'inserimento di specifici puntoni metallici in direzione ortogonale alle travi principali al fine di ottenere una struttura a telaio bidirezionale, all'interno della quale in alcune maglie sono stati disposti gli elementi dissipativi, oltre ad alcuni interventi specifici di rafforzamento per eliminare altre vulnerabilità.

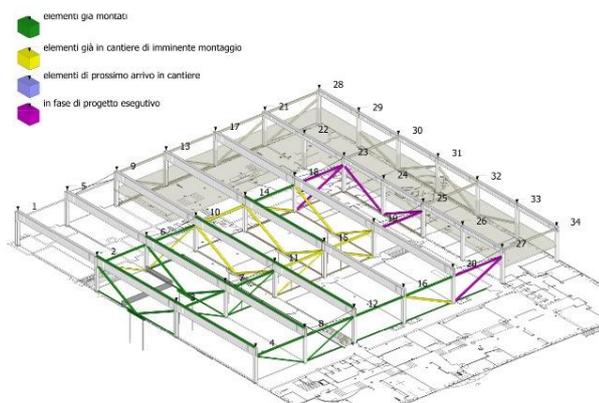


Figura 2. Schema Progressivo d'Intervento.

Gli elementi dissipativi sono stati definitivamente progettati in modo tale che la loro massima forza resistente, che dipende solo dalla velocità dello spostamento applicato, non superasse mai il valore di soglia di 250 kN circa, per evitare azioni eccessivamente elevate e non sostenibili dalle strutture esistenti.

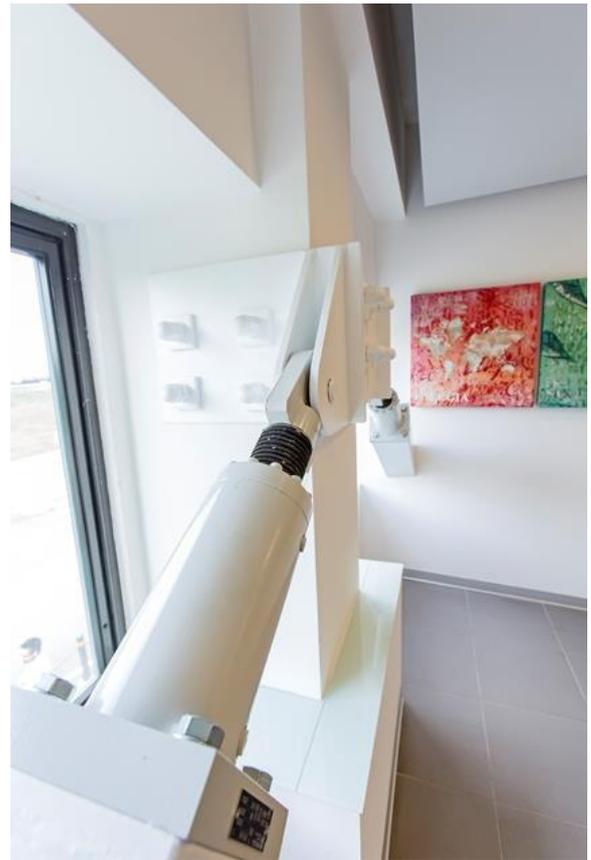


Figura 2 e 4. Elementi dissipativi.

La analisi sismica è stata svolta obbligatoriamente in campo dinamico non lineare (la non linearità è nel comportamento del dissipatore) studiando gli effetti reali indotti da 7 diversi terremoti, adeguatamente selezionati, scalati e compatibili con gli spettri previsti per il sito, applicati a coppie contemporaneamente in entrambe le direzioni orizzontali.

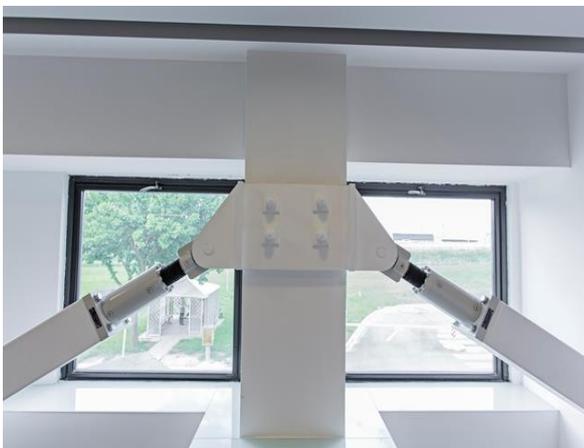


Figura 5. Vista uffici.

3. Sintesi tecnica dell'intervento.

I risultati hanno confermato l'ottimo comportamento dei dissipatori, che assorbono complessivamente oltre l'80% dell'energia cinetica trasmessa alla struttura dal sisma. Gli spostamenti massimi effettivi calcolati in sommità sono stati inferiori a 3.5 cm, valori che determinano deformazioni e sollecitazioni nelle strutture esistenti quali i pilastri e le fondazioni, che non sono state oggetto di intervento di rafforzamento, pienamente accettabili.

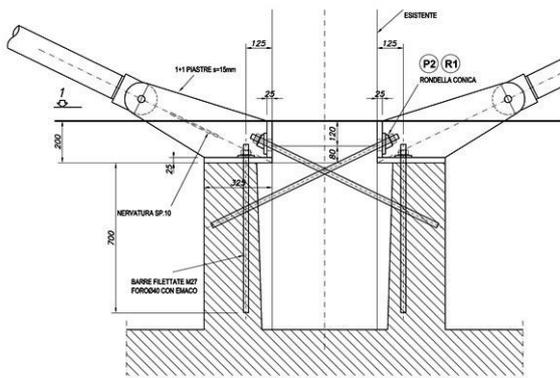
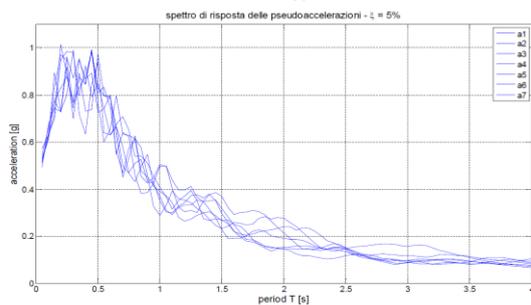
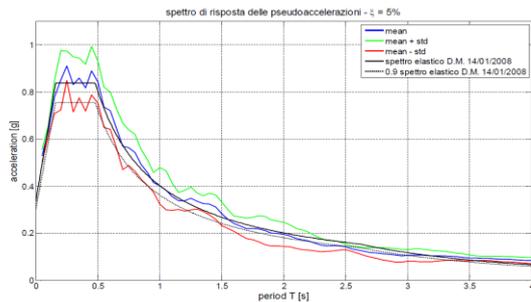


Figura 6. Particolare Fondazione elaborato di progetto.



		Modello A1 Struttura nuda	Modello A2 Struttura con smorzatori lineari	Modello A3 Struttura con smorzatori non-lineari $\alpha = 0.3$	Modello A4 Struttura con smorzatori non-lineari $\alpha = 0.15$
Taglio TX in direzione X [t]	Valore medio sui 34 pilastri	19.0	5.2	5.4	5.3
	Valore max tra i 34 pilastri	29.0	7.1	7.7	8.0
Momento MX in direzione X [tm]	Valore medio sui 34 pilastri	128.9	33.2	33.9	33.0
	Valore max tra i 34 pilastri	159.9	39.5	41.6	40.6
Taglio TY in direzione Y [t]	Valore medio sui 34 pilastri	20.3	6.8	7.0	6.7
	Valore max tra i 34 pilastri	30.5	7.8	8.3	8.1
Momento MY in direzione Y [tm]	Valore medio sui 34 pilastri	115.1	38.2	39.1	37.7
	Valore max tra i 34 pilastri	163.8	41.0	44.2	43.0

Smorzatori lungo X

		Modello A1 Struttura nuda	Modello A2 Struttura con smorzatori lineari	Modello A3 Struttura con smorzatori non-lineari $\alpha = 0.3$	Modello A4 Struttura con smorzatori non-lineari $\alpha = 0.15$
Forza max [t]	Valore medio sui 16 smorzatori	-	27.3	20.3	19.2
	Valore max tra i 16 smorzatori	-	31.0	21.1	19.6
Velocità max [cm/s]	Valore medio sui 16 smorzatori	-	17.0	18.1	17.7
	Valore max tra i 16 smorzatori	-	19.4	20.8	20.3
Corsa max [cm]	Valore medio sui 16 smorzatori	-	1.88	1.93	1.87
	Valore max tra i 16 smorzatori	-	2.17	2.34	2.28

Smorzatori lungo Y

		Modello A1 Struttura nuda	Modello A2 Struttura con smorzatori lineari	Modello A3 Struttura con smorzatori non-lineari $\alpha = 0.3$	Modello A4 Struttura con smorzatori non-lineari $\alpha = 0.15$
Forza max [t]	Valore medio sui 16 smorzatori	-	27.0	19.9	19.0
	Valore max tra i 16 smorzatori	-	29.9	20.7	19.4
Velocità max [cm/s]	Valore medio sui 16 smorzatori	-	16.9	17.1	16.3
	Valore max tra i 16 smorzatori	-	18.7	19.5	18.8
Corsa max [cm]	Valore medio sui 16 smorzatori	-	1.90	1.97	1.90
	Valore max tra i 16 smorzatori	-	2.14	2.31	2.25

Direzione X

		Modello B1 Struttura nuda	Modello B2 Struttura con smorzatori lineari	Modello B3 Struttura con smorzatori non-lineari $\alpha = 0.3$	Modello B4 Struttura con smorzatori non-lineari $\alpha = 0.15$
Spostamenti max di impalcato [cm]	Valore medio sui 7 gruppi di accelerogrammi	11.20	2.80	2.89	2.85
	Valore max tra i 7 gruppi di accelerogrammi	13.35	3.02	3.40	3.38

Direzione Y

		Modello B1 Struttura nuda	Modello B2 Struttura con smorzatori lineari	Modello B3 Struttura con smorzatori non-lineari $\alpha = 0.3$	Modello B4 Struttura con smorzatori non-lineari $\alpha = 0.15$
Spostamenti max di impalcato [cm]	Valore medio sui 7 gruppi di accelerogrammi	11.88	3.11	3.18	3.09
	Valore max tra i 7 gruppi di accelerogrammi	12.60	3.47	3.72	3.72

Figura 7. Tabelle esplicative dell'intervento.

4. Conclusioni.

Gli interventi di consolidamento sono stati realizzati in 6 diverse fasi operando per sotto cantieri in modo da consentire, con un moving interno, la dislocazione e la prosecuzione delle normali attività. In particolare il “data center” non ha mai interrotto la propria attività, in accordo alle condizioni iniziali poste dal committente.

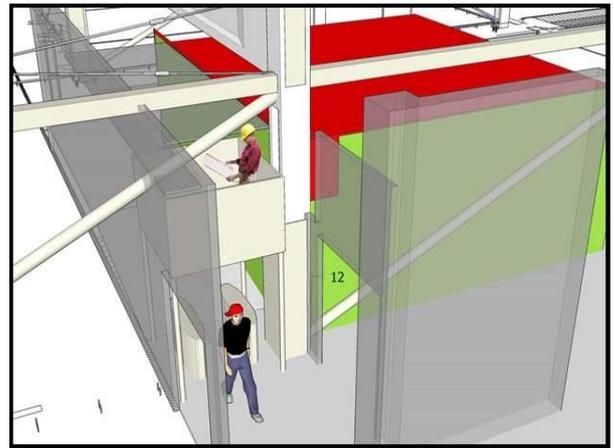


Figura 10. Particolare vista 3D di progetto.



Figura 8 e 9. Particolari.



Figura 11. Particolare vista interna.

5. Realizzazione dell'intervento.

EFFEBI s.r.l. ha realizzato un importante intervento di miglioramento sismico di un edificio industriale prefabbricato in cemento armato costruito nella metà degli anni 70 e per il quale la Committenza richiedeva, in considerazione dell'importanza dell'attività attualmente svolta e delle gravissime conseguenze ipotizzabili in caso di crollo, dissesto o inagibilità dell'immobile, un più elevato grado di sicurezza di fronte ad eventi sismici.



Figura 12. Esecuzioni delle lavorazioni.

L'uso del fabbricato, originariamente concepito prevalentemente come capannone industriale, nel corso degli anni si è modificato fino ad essere attualmente adibito interamente ad uffici ed ospitare all'interno una importante attività di data center.

La valutazione della sicurezza aveva messo in luce gravi lacune dovute alla tipologia costruttiva dell'epoca, evidenziando come nel fabbricato si potessero innescare meccanismi di crollo con azioni sismiche pari solamente al 20% di quelle richieste dall'attuale normativa sismica.

Il progetto dell'intervento prevedeva l'impiego e la messa in opera di puntoni in acciaio di collegamento tra le colonne in c.a., diagonali in acciaio di controventamento muniti di dissipatori sismici fluido-viscosi, collegamenti in CFRP (carbon fiber reinforced polymer) tra le travi e le colonne in c.a. del fabbricato, incollaggio con resine epossidiche di elementi della copertura.

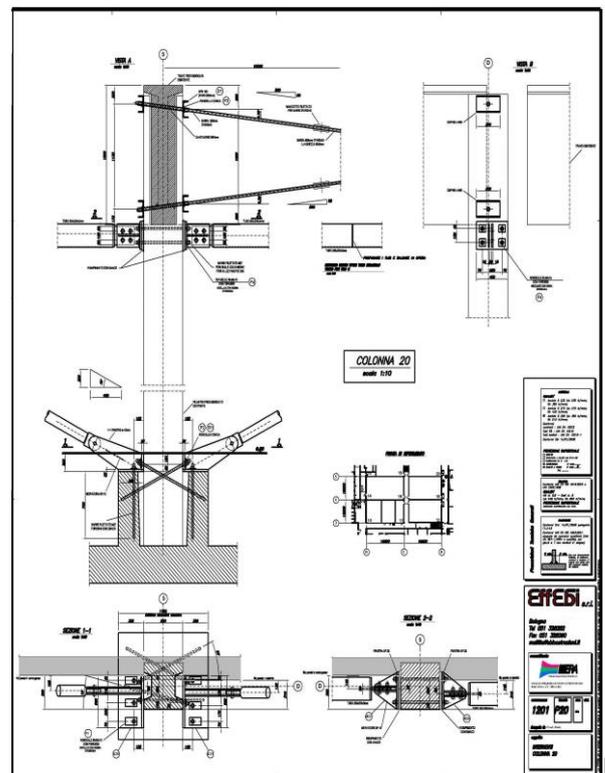


Figura 13. Particolari progetto esecutivo.

Le lavorazioni dovevano essere eseguite salvaguardando al massimo livello le attività presenti all' interno dell' edificio, in un contesto ambientale altamente sensibile all' emissione di polveri, vibrazioni, rumori.

La presenza di attività di data center e relativa impiantistica di trasmissione dati richiedeva la massima attenzione nell' esecuzione dei lavori. Effebi s.r.l. ha realizzato l' opera, suddivisa in diverse fasi operative, rispettando pienamente i tempi di esecuzione richiesti dalla Committenza per la varie fasi.

Il miglioramento del livello di sicurezza del fabbricato agli eventi sismici conseguito rispetto ai livelli precedenti all' intervento ha raggiunto valori altamente soddisfacenti.



Figura 14. Particolare di cantiere.

6. Credits

- **Committente:** HERA S.p.A.

- **Referente Contratto e Responsabile Lavori HERA S.p.A**
Dott. Ing. Roberto Biavati

- **Progettazione Architettonica :** A2 studio Gasparri e Ricci Bitti Architetti Associati.

- **Progettazione Strutturale e Direzione Lavori Strutturale:** Ing. Franco Baroni Studio Ceccoli Associati

- **Realizzazione delle strutture metalliche:** **EFFEBI srl** – www.effebicostruzioni.it - Responsabile di Commessa *Geom. Bruno Bianconcini* e Direzione operativa di cantiere *Geom. Alberto Bonati*.