

# INTERVENTO DI ADEGUAMENTO SISMICO DI UN COMPLESSO INDUSTRIALE CON L'UTILIZZO DI CONTROVENTI DISSIPATIVI MUNITI DI DISPOSITIVI VISCOELASTICI

## G&P Intech - HIRUN Engineering all'avanguardia nella tecnologia antisismica

Ing. Loris De Flaviis: Dir. Tec. CDV Engineering - Ing. G.Giacomin: Dir. Tec. G&P Intech – Div. HIRUN Engineering - Ing. P.Tomassini: Uff. Tec. G&P Intech

Fameccanica.Data SpA, azienda con oltre vent'anni di esperienza a livello internazionale nella progettazione e costruzione di macchine per la produzione e il confezionamento, ha intrapreso un importante piano di adeguamento sismico del suo stabilimento

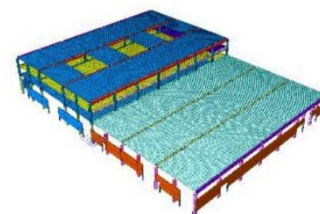


Figura 1. Complesso industriale Fameccanica.Data Spa

produttivo nella zona industriale al confine con i comuni di Pescara e San Giovanni Teatino (CH). Il fabbricato, costituito da un corpo su tre orizzontamenti ed un ampliamento laterale monopiano realizzato in un periodo successivo, (Figura1) , presentava infatti deformate sotto azioni sismiche incompatibili con i pochi centimetri di giunti tecnici che erano stati previsti al tempo fra i due corpi di fabbrica adiacenti causando il rischio di importanti fenomeni di “martellamento”.

### RILIEVO STRUTTURALE

Il corpo industriale in esame, ricadente in zona sismica 3, riprende la tecnica costruttiva tipica dei capannoni industriale degli anni 80'-90', (Figura2): pilastri prefabbricati, travi in c.a.p e solai costituiti da tegoli in TT con soletta integrata in calcestruzzo. Le dimensioni in pianta di entrambi i corpi risultano di circa 70x40 metri. Proprio questo schema statico a mensola, con piedritti verticali alti e flessibili, comportava sotto carico sismico deformate molto elevate le quali, a causa dei differenti modi di vibrare delle due strutture adiacenti, potevano causare fenomeni di “martellamento”. Il collegamento tra i due edifici infatti presentava un appoggio semplice di tipo “a sella” ed i giunti tecnici erano stati progettati secondo la normativa del tempo, ante OPCM 3274, la quale non prevedeva ancora la classificazione sismica del territorio nazionale.

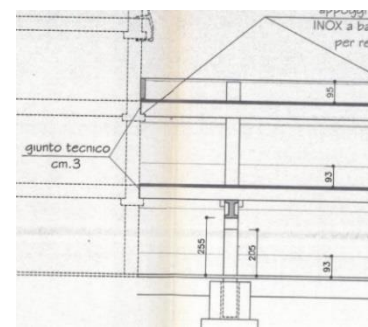


Figura 2. Giunti tecnici allo stato di fatto

### OBIETTIVI E SCOPI DEL PROGETTO

Il problema principale, che il team di progettisti guidati dal direttore tecnico della *CDV Engineering* di Pescara Ing. Loris De Flaviis hanno dovuto affrontare, è stato quello di trovare una soluzione che sapesse conciliare nello stesso tempo sia una riduzione delle accelerazioni e degli spostamenti interpiano sia una riduzione dell'invasività dell'intervento in modo tale da non alterare la funzionalità dei corpi di fabbrica e di non andare ad interferire con la produzione industriale ai piani inferiori come espressamente richiesto dalla committenza.



Figura 3. Modello F.E.M. del fabbricato industriale

## TIPOLOGIA DI INTERVENTO

Dopo una profonda campagna di prove di caratterizzazione dei materiali che hanno permesso di ottenere un livello di conoscenza LC2, dalle analisi lineari del modello F.E.M. si è potuto constatare come la condizione più gravosa del fabbricato fosse in termini di spostamento (dell'ordine dei 40 cm) piuttosto che in termini di sollecitazioni: i pilastri in condizione sismica non presentavano infatti una eccessiva carenza di resistenza a riguardo delle sollecitazioni flessionali e taglianti. L'analisi del complesso ha portato quindi ad optare per un intervento di dissipazione sismica. Tale intervento ha previsto l'utilizzo di controventi dissipativi in acciaio muniti di dissipatori viscoelastici, (Figura4). Questa tecnica ha consentito di adeguare sismicamente la struttura permettendo di raggiungere gli obiettivi prefissati, ovvero:

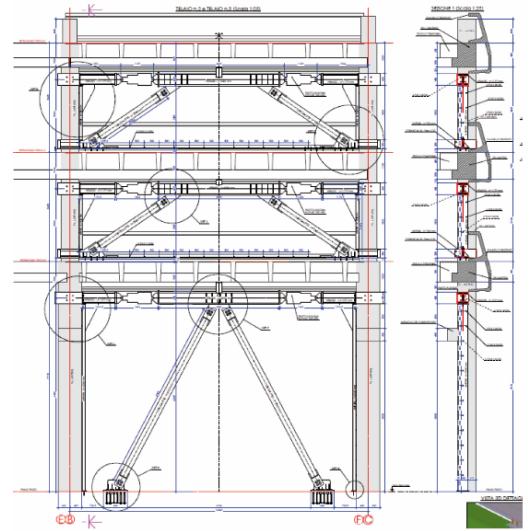
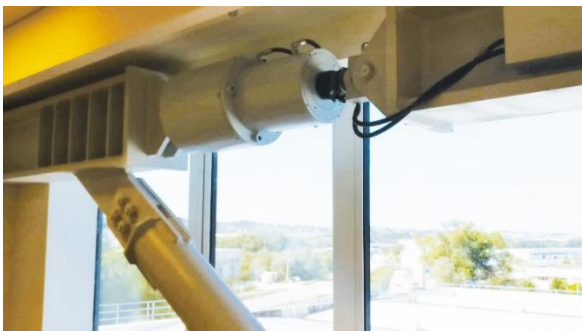


Figura 4. Prospetto degli elaborati progettuali del fabbricato a tre orizzontamenti con l'introduzione dei dissipatori viscoelastici



- Riduzione dei drifts interpiano evitando i fenomeni di martellamento eccessivi fra i due corpi di fabbrica;
- Aumento delle accelerazioni al suolo incassabili dall'edificio senza comportare crisi in termini di sollecitazioni sugli elementi strutturali portanti;
- Riduzione dell'invasività dell'intervento, in quanto operando esternamente sul perimetro degli edifici si è riusciti a non interferire con la produzione dello stabilimento.

Figura 5. Particolare dell'applicazione dei controventi dissipativi e posizionamento dei dissipatori viscoelastici

## CONTROVENTI DISSIPATIVI VISCOELASTICI

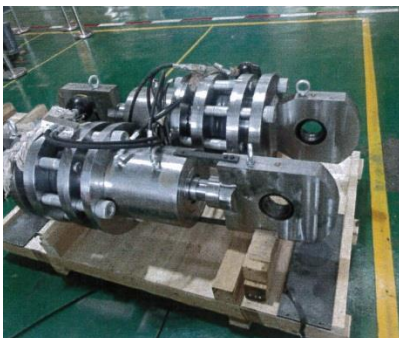


Figura 6. Dissipatore HIFLUID VSD

I dissipatori fluidodinamici HIFLUID VSD della *HIRUN Engineering* (Figura6), distribuiti dalla G&P Intech, rientrano nella categoria di dissipatori "dipendenti dalla velocità" e hanno la principale funzione di dissipare l'energia indotta dal sisma mediante la non linearità del proprio ciclo isteretico, (Figura7), riducendo le vibrazioni e gli effetti delle azioni dinamiche. Tali dispositivi trovano applicazione all'interno della maglia controventata e sono costituiti da un pistone che si muove all'interno di un cilindro riempito di un composto altamente viscoso e dotato di valvole per il controllo del passaggio del fluido. Con questa configurazione la dissipazione d'energia avviene per mezzo del movimento del pistone immerso nel fluido sfruttando il passaggio dello stesso

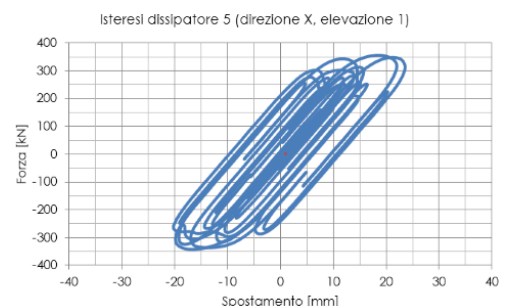


Figura 7. Esempio di un ciclo isteretico di un dissipatore VSD derivante dalle analisi non lineari

attraverso le valvole: alla primaria azione viscosa si accompagna un ritorno elastico. In ottica della ormai nota gerarchia delle resistenze, l'adozione di tali controventi, se da un lato comporterebbe l'irrigidimento della struttura causando un forte richiamo della forza sismica, dall'altro consente di concentrare gran parte della dissipazione in questi speciali dissipatori. I dissipatori viscoelastici seguono la formula  $F = Cv^\alpha$  ed i parametri che caratterizzano questi dispositivi viscoelastici sono:



Figura 8. Particolare attacco telaio-controvento di un HIFLUID VSD

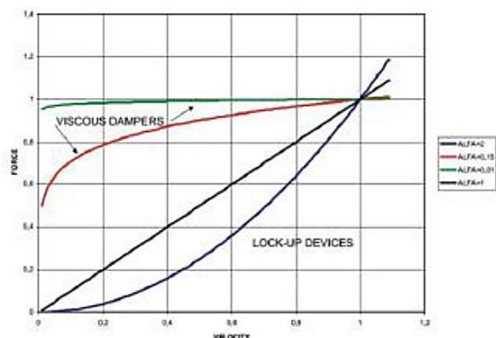


Figura 9. Tipico digramma Forza-velocità di un VSD

- Velocità relativa del pistone  $v$ ;
- Fattore esponenziale  $\alpha$  dipendete dal tipo di circuito idraulico,  $0 \leq \alpha \leq 2$ ;
- Costante dissipativa o coefficiente di smorzamento  $C$ .

Nel progetto in esame, tarando opportunamente tali parametri attraverso un processo iterativo utilizzando analisi dinamiche non lineari è stato possibile ottenere un accettabile livello di smorzamento e una riduzione significativa degli spostamenti interpiano. In totale si sono posizionati 44 dispositivi, 28 in direzione X e 16 in direzione Y, (Figura10), utilizzando due tipologie di dissipatori con caratteristiche meccaniche differenti una per ogni direzione. In tabella [1] vengono riportate le caratteristiche meccaniche delle due tipologie di dissipatori utilizzate. I profili di supporto in acciaio costituenti i controventi sono stati opportunamente sovradimensionati per resistere alle condizioni più sfavorevoli in termini di sollecitazione e d'instabilità.

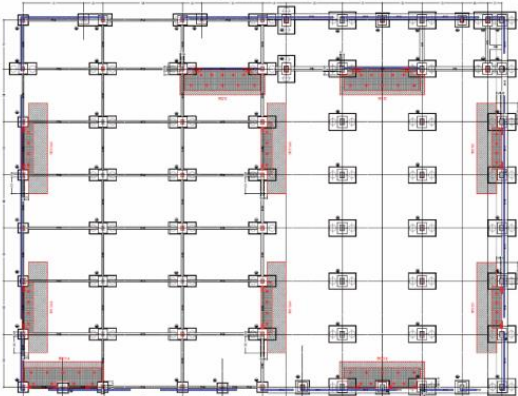


Figura 10. Disposizione in pianta dei dissipatori

I dissipatori VSD della HIRUN Engineering sono omologati CE e conformi alle norme EN 15129. Come previsto dal Capitolo 11. delle Norme Tecniche le prove di qualifica ed accettazione sono state eseguite su almeno il 20% dei dispositivi, effettuate presso una delle più importanti macchine di prova al mondo per dispositivi antisismici di proprietà HIRUN, (Figura11).

DIREZIONE X			DIREZIONE Y		
F	421.14	kN	F	1824.92	kN
V	250	mm/s	V	250	mm/s
LINEARE			LINEARE		
KeI	11	kN/mm	KeI	47	kN/mm
NON LINEARE			NON LINEARE		
C	139.58	kN	C	604.86	kN
V <sub>rif</sub>	1	mm/s	V <sub>rif</sub>	1	mm/s
$\alpha$	0.2		$\alpha$	0.2	
Knl	22	kN/mm	Knl	94	kN/mm

Tabella 1. Caratteristiche meccaniche dei dissipatori utilizzati nel progetto di adeguamento sismico

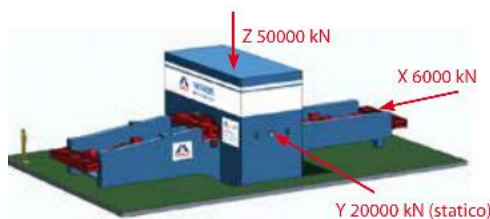


Figura 11. Macchina di test dei dispositivi sismici di proprietà HIRUN, Wuhan (Cina).

## INDICE DI SICUREZZA PRE E POST INTERVENTO

Uno dei parametri principali per stimare la vulnerabilità sismica di un edificio è l'indice di rischio (IS-V), definito nell'allegato A delle "Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni" come il rapporto tra l'effettiva capacità del sistema strutturale di resistere senza danni ad una azione sismica e la reale domanda in termini di accelerazione di picco al suolo (PGA) nel sito dove giace la costruzione. La vulnerabilità sismica quindi è tanto più alta quanto minore risulta essere l'indice di rischio. Per valutare il caso in esame è stata eseguita un'analisi time history sia allo SLC che allo SLV inserendo le distribuzioni d'armatura come rilevata dalle indagini effettuate in sito e desunte dal progetto originario. In termini di sollecitazioni il complesso strutturale pre-intervento presentava un IS-V pari a 0.831. Ragionando invece in termini di spostamento, indagando quindi il problema del "martellamento", l'edificio comportava in termini di indicatori di rischio un IS-V pari a 0.131, estremamente al di sotto della soglia di sicurezza prevista dalla Norma. Le analisi dinamiche del modello, una volta avvenuto l'inserimento dei controventi dissipativi viscoelastici, hanno potuto mostrare un incremento sostanziale dell'indice di sicurezza riuscendo ad ottenere un valore unitario, (Figura 13): il complesso industriale quindi è stato adeguato sismicamente ed è ora in grado di soddisfare i requisiti normativi in termini di accelerazione al suolo attesi per i nuovi fabbricati ubicati nella zona in esame.

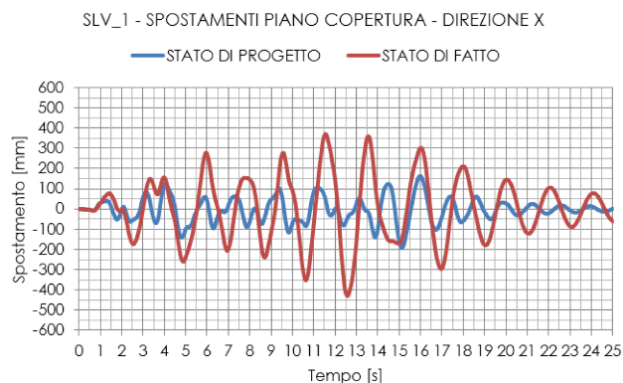


Figura 12. Analisi time-history, andamento degli spostamenti del piano copertura pre e post intervento

$IS - V = \frac{PGA_{capacità}}{PGA_{richiesta}}$	IS-V Pre-intervento	IS-V Post-intervento
In termini di Sollecitazioni	0.831	1
In termini di Spostamenti	0.131	1

Figura 13. Indice di Rischio pre e post intervento

