

COMUNE DI LAIGUEGLIA
Prov. Savona

PALESTRA PLESSO SCOLASTICO LIBERO BADARO'
Via dei CHA

**INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO STATICO
E MIGLIORAMENTO SISMICO**

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE TECNICA-ILLUSTRATIVA
(DPR 5 ottobre 2010 n. 207)

IL PROGETTISTA
Ing. Giacomo Saguato

Laigueglia, 16 febbraio 2017

1- GENERALITA'

Il fabbricato in oggetto venne realizzato sulla scorta del progetto dello Studio Engineering dell'Ing. Enrico Paliotto - L.go Paganini n. 1/52 - Albenga ed approvato dal C.C. di Laigueglia con delibera n. 33 del 3.11.1986; detto edificio era stato previsto in strutture prefabbricate in c.a.p. come completamento ed integrazione dell'esistente plesso scolastico di via dei CHA (palestra).

I relativi lavori vennero affidati, per quanto attiene alla parte in prefabbricazione, alla Codelfa Prefabbricati S.p.A. mentre i calcoli e la D.L. delle opere eseguite a piè d'opera allo stesso Ing. Enrico Paliotto; i calcoli di queste ultime strutture furono depositate in Provincia di Savona all'Ufficio c.a. in data 6.03.87 e la pratica assunse il n. 7708 in data 9.03.87.

Come Direttore dei Lavori e calcolatore delle strutture prefabbricate realizzate in stabilimento la Codelfa indicò l'Ing. Giukio Fabrizi di Tortona.

La prima parte dei lavori eseguiti a piè d'opera (opere fondazionali e manufatti gettati completamente in cantiere) venne conclusa il 30.06.1988 mentre i lavori di montaggio dei prefabbricati vennero terminati in data 31.03.1989 per essere collaudati definitivamente e complessivamente dal Collaudatore, nominato dal Comune di Laigueglia, Ing. Felice Dotti in data 01.10.1998.

Il complesso edilizio in parola, di fatto durante i suoi 20 anni di vita non risultò mai oggetto di segnalazione di qualche avvisaglia particolare che potesse mettere in guardia l'Amministrazione Comunale, proprietari dell'immobile, di possibili eventi pericolosi circa la rispondenza delle membrature del fabbricato ai criteri di stabilità statica; ciò nonostante, alle ore 11.30 di sabato del 27.06.2015, improvvisamente e senza una evidente causa, dalla facciata ovest, si distaccarono n. 3 pannelli appartenenti al tamponamento esterno crollando a terra e creando, potenzialmente, una situazione di grave pericolo sia per la presenza di persone che della linea ferroviaria poco distante dal fabbricato.

Per fortuna l'incidente è avvenuto senza coinvolgere vite umane nè convogli ferroviari in transito limitandosi, quindi, ai soli danni materiali.

In verità il fatto ha allertato e scosso positivamente gli Amministratori Comunali che, senza indugio alcuno, hanno convocato sul posto lo scrivente affidandogli l'incarico di ricercare le cause del dissesto e redigere un progetto di ricostituzione del

tamponamento collassato, la messa in sicurezza della restante parte dei tamponamenti ed, infine, il miglioramento della risposta sismica dell'edificio ai sensi del § 8.4.2 delle NTC 08.

Non appena è stato eseguito il dissequestro da parte dell'Autorità Giudiziaria in quanto, a seguito dell'evento, era stato aperto un fascicolo per accertare le cause del dissesto, sono iniziati i lavori di messa in sicurezza della facciata est, prospiciente le aule scolastiche e incombente su queste essendo state, nel frattempo, evacuate per questione di sicurezza degli alunni nel caso di un possibile ripetersi del fatto.

2- STATO GENERALE DEL CORPO DI FABBRICA

Come è già stato rimarcato in precedenza l'immobile in oggetto appartiene alla tipologia della "prefabbricazione pesante" ovvero, indipendentemente dalle dimensioni del caso, dei capannoni industriali concepiti prima della particolare sensibilizzazione in fatto di eventi sismici e danni conseguenti.

La costruzione in esame, ad esclusione delle fondazioni su plinti e su setti verticali, ha le membrature verticali ed orizzontali fuori terra interamente prefabbricate e presenta una superficie orizzontale occupata di circa m^2 530 a forma rettangolare con il lato corto di m. 19.30 e quello lungo di m. 27.50; il primo piano è supportato da n. 17 pilastri e la copertura da n. 14 pilastri, tutti con sezione trasversale di cm. 50x50.

Il piano terra presenta una altezza utile di m. 2.20 mentre il piano primo, destinato a palestra, ha una altezza sino all'estradosso delle travi a sezione variabile di m. 9.15; la copertura è costituita da n. 5 travi a sezione variabile da m. 0.70 a m. 1.60 lunghe m. 19.20; sovrapposti a queste ultime si hanno i tegoli ad U con una larghezza di m. 2.49 caduno.

A seguito del citato crollo del 27.06.15 gli interventi prioritari, consistenti nella messa in sicurezza della facciata est, nel reintegro della facciata ovest con tre nuovi pannelli forniti dalla LPM di Mondovì e il consolidamento preventivo dei restanti pannelli e relative mensole di appoggio, sono già stati tutti eseguiti raggiungendo un coefficiente di sicurezza di dette strutture soddisfacente verso un primo passo anche nella direzione del miglioramento della risposta sismica dell'intera struttura.

A tal proposito è necessario evidenziare come le connessioni tra le membrature dei prefabbricati, pur avendo capacità di resistenza molto elevate per le

pregiate caratteristiche dei materiali usati e per il fatto che la costruzione industrializzata di taluni manufatti permette uno standard qualitativo superiore, rappresentino le criticità maggiori in termini di prestazioni sismiche in quanto sono assenti unioni meccaniche tra i diversi elementi strutturali in grado di trasferire sforzi in regime dinamico in presenza di forze ed accelerazioni orizzontali.

Queste, infatti, sono prevalentemente atte a trasmettere forze di tipo isostatico e concepite per assorbire quasi esclusivamente carichi verticali od orizzontali limitati al vento o ad altre componenti di forze invero d'intensità molto limitata facendo troppo spesso ricorso al solo attrito e per questo con ridotta affidabilità.

Questa peculiarità, purtroppo, è stata ben evidenziata con l'evento sismico del 20-29 maggio 2012 registrato in Emilia Romagna, Veneto e Lombardia, zone particolarmente industrializzate e, pertanto, densamente affollate nei comparti industriali da capannoni della tipologia appena richiamata.

Queste aree, la cui pericolosità era stimata medio-bassa con accelerazioni al suolo di 0.10-0.15 g e con periodo di ritorno dell'ordine di 475 anni così come si evince dalle mappe di pericolosità sismica in vigore, hanno confermato come le modalità costruttive, sino ad oggi impiegate, siano risultate nella maggioranza dei casi fonte di disastrosi crolli e disconnessioni dovute alla mancanza di giunzioni efficaci tra le diverse membrature ancorchè le soluzioni costruttive risultassero adeguate alle normative vigenti all'epoca della loro costruzione.

Il riconoscimento formale della pericolosità delle zone sismiche, peraltro, è abbastanza recente e ciò ha permesso la presenza di numerose costruzioni inadeguate sul territorio che costituiscono un grave rischio specialmente per l'incolumità delle persone; d'altra parte solo nel 2008 è nata una normativa moderna circa la regolamentazione del modo di calcolare e costruire in ambienti nei quali sono probabili eventi sismici di una certa intensità e frequenza.

Quindi l'elevata vulnerabilità delle strutture prefabbricate in c.a. e/o c.a.p., mono o pluripiano e di grandi luci, spesso prive di continuità e sufficiente robustezza strutturale, è stata fortemente stigmatizzata dai numerosi crolli seguiti all'evento citato: in particolare i danneggiamenti principali osservati su detti edifici sono consistiti nella perdita di appoggio e danni alle connessioni tra elementi strutturali.

Ciò considerato le tipologie di criticità in un fabbricato di questo tipo sono molteplici e tutti abbastanza pericolosi per l'incolumità personale e pubblica

trattandosi di crolli repentini di pezzi di strutture particolarmente pesanti quando non trattasi di elementi portanti interi sganciatisi dai loro appoggi.

Anche il collasso di elementi di tamponatura rappresenta una fonte di particolare pericolo in quanto il sistema di chiusura degli edifici prefabbricati è costituito prevalentemente da pannelli in calcestruzzo armato disposti orizzontalmente e/o verticalmente in alcuni casi posti esternamente agli elementi portanti verticali (mensole, profili tipo Halfen, etc.) ed in altri inseriti all'interno dei pilastri e/o ancorati ad essi o alle travi attraverso varie tipologie di ancoraggi.

Altri elementi particolarmente suscettibili di danno sono rappresentati dai pilastri che in queste strutture rappresentano generalmente elementi verticali vincolati al piede tramite un plinto a bicchiere che può costituire un vincolo d'incastro, mentre in testa sono collegati alle travi tramite vincoli a cerniera o carrello per cui lo schema statico risultante risulta quello di una mensola incastrata all'estradosso del bicchiere e di un pendolo rovescio.

In definitiva lo stato del corpo di fabbrica esaminato risulta certamente bonificato dagli interventi precedenti ma, sotto il profilo della risposta ad eventuali azioni sismiche (il territorio di Laigueglia viene classificato come zona 3S), esso ha necessità, data la rilevanza come sede di una struttura scolastica e ricreativa e, al piano terra, della delegazione comunale della Protezione Civile, di vedere decisamente migliorate le proprie prestazioni antisismiche ai sensi dell'art. 3 p.to 10 del Capo I D.L. n. 74 del 06.06.2012.

3- MIGLIORAMENTO PRESTAZIONI ANTISISMICHE (PROGETTO)

Preso atto delle condizioni dell'edificio così come si trova allo stato attuale e del fatto che sono state individuate inequivocabilmente le circostanze per cui è avvenuto il crollo di parte della parete esterna sul lato ovest, confermato pure dalle risultanze dell'ATP redatta in sede giudiziale dal CTU e dalla maggioranza dei CTP presenti, si confermano in generale, fatti salvi ulteriori possibili problemi di montaggio dei pannelli come quelli appena riscontrati, le buone caratteristiche del manufatto e dei materiali da costruzione usati, così come risultano dalle prove in situ e dai test di laboratorio fatte eseguire dalla 4EMME.

Assicurata la stabilità di ciascun manufatto in condizioni statiche risulta necessario, considerato il delicato ruolo cui è adibito attualmente l'intero fabbricato di

interesse pubblico, tuttavia, prendere atto della classificazione sismica del territorio su cui operiamo classificato 3S ed affrontare senza titubanza il tema della vulnerabilità sismica delle costruzioni prefabbricate in c.a. e/o c.a.p. come quella in esame la cui tipologia costruttiva, così come già indicato sommariamente in precedenza, consiste essenzialmente nella messa in opera di piedritti su plinti a bicchiere (nel caso di specie realizzati in opera su una cortina di micropali), da un solaio di calpestio realizzato con tegoli ad U e travi portanti e/o di chiusura con diversa sezione e copertura a due falde con n. 5 travi trasversali ad altezza variabile con sovrapposti i tegoli ad U che portano, in definitiva, il manto impermeabile.

L'intero edificio risulta chiuso a partire dal 1° solaio con lastre prefabbricate tipo sandwichs, inserite esternamente ai fili dei pilastri, con appoggi su mensole ed ancoraggi tipo Halfen ma, come emerge dalla narrativa precedente, abbiamo potuto constatare che dette connessioni non sempre risultano particolarmente affidabili sia a causa di possibili errori di montaggio che di ammaloramenti precoci del metallo per una esposizione, troppo frequente e per periodi troppo lunghi, ad una atmosfera particolarmente aggressiva, per tale ragione è il caso di eseguire interventi adeguati atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, pur senza dover raggiungere necessariamente i livelli richiesti dalle vigenti Norme '08, § 8.4.2.

La valutazione della sicurezza per un intervento di miglioramento risulta obbligatoria, come specificato nel § 8.3 delle NTC, ed è finalizzata adeterminare l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, cui la struttura può resistere con il grado di sicurezza richiesto.

Nel caso di intervento di miglioramento sismico, come nel caso di specie, la valutazione della sicurezza riguarderà, necessariamente, la struttura nel suo insieme, oltrechè i possibili meccanismi locali.

In generale ricadono in questa categoria tutti gli interventi che, non rientrando nella categoria dell'adeguamento, fanno variare significativamente la rigidezza, la resistenza e/o la duttilità dei singoli elementi o parti strutturali e/o introducono nuovi elementi strutturali, così che il comportamento strutturale locale o globale, particolarmente rispetto alle azioni sismiche, ne sia significativamente modificato.

Ovviamente la variazione dovrà avvenire in senso migliorativo, ad esempio impegnando maggiormente gli elementi più resistenti, riducendo le irregolarità in pianta e in elevazione e, principalmente, trasformando i meccanismi di collasso da fragili a duttili.

Pertanto la procedura di progetto sarà tale da perseguire fundamentalmente i seguenti obiettivi:

Limitare gli spostamenti alla sommità dei pilastri per evitare la perdita di appoggio

- Creare nuovi vincoli efficaci
- Impedire la rotazione fuori piano di travi alte e capriate di copertura
- Inserire sistemi di ritenuta antiribaltamento per i pannelli di facciata

Pertanto le strategie che verranno adottate per l'adeguamento delle azioni di progetto sono rivolte ad incrementare la resistenza e la duttilità degli elementi strutturali e ridurre l'azione sismica sulla struttura.

Ciò verrà ottenuto principalmente attraverso la fasciatura di elementi esistenti con l'uso prevalente di camicie, fascie e manufatti diversi in acciaio intervenendo con materiali innovativi di ultima generazione solo qualora venissero incontrate difficoltà operative particolari.

In sintesi, quindi, si tratta fundamentalmente di eseguire collegamenti orizzontali in sommità dei pilastri, migliorare i collegamenti tra travi e pilastri, collegare efficacemente gli elementi di copertura e consolidare le ritenute dei pannelli di facciata, in parte già eseguite sul fronte est ed ovest a seguito del crollo cui si è accennato precedentemente.

In generale nella scelta degli interventi migliorativi da eseguire sono state seguite le **"Linee di indirizzo per interventi locali e globali su edifici industriali monopiano non progettati con criteri antisismici"** edito dalla Protezione Civile - Reluiss - CNI - ASSOBETON il 19.06.2012 v. 1.0.

4- PIANO DI SICUREZZA E DI COORDINAMENTO (P.S.C.)

L'esecuzione dei lavori di miglioramento della sicurezza del fabbricato comporta, ovviamente, una particolare attenzione circa le modalità con cui è possibile raggiungere i nodi che ci interessano per operare.

Da una analisi abbastanza approfondita è emerso che la maggioranza degli interventi potrà essere eseguita dall'interno della palestra, anche se ad una quota ragguardevole di circa m. 9.50 dal piano del pavimento calpestabile.

In tal senso nell'elaborazione del PSC si è tenuto conto del lavoro in quota con un trabatello mobile su ruote, aventi la possibilità di essere bloccate, in modo da

permettere agli operatori dotati di macchine utensili di lavorare in piena tranquillità con l'ordinaria attenzione che deve essere prestata in questa attività.

In pratica, quindi, dovrà essere smontata completamente la controsoffittatura per raggiungere, in particolare, gli appoggi delle travi ad altezza variabile e le nervature di ciascun tegolo per ancorare i necessari rinforzi