

ACCA
ACCA SOFTWARE

USBIM

Il sistema integrato di piattaforme, plug-in e software per creare e gestire il modello BIM... anche on line!

www.acca.it

FOCUS NTC 2018

Quali sono le novità degli aspetti geotecnici? Intervista al Prof. Giuseppe Scarpelli

PAGINA 4

**CERN**

Tra passato, presente e futuro. Gli esperimenti in corso presso il centro di ricerca fisica più famoso

PAGINA 22



ACCA
ACCA SOFTWARE

USBIM

Il sistema integrato di piattaforme, plug-in e software per creare e gestire il modello BIM... anche on line!

www.acca.it



CONSIGLIO NAZIONALE INGEGNERI

Il Giornale dell'Ingegnere

PERIODICO D'INFORMAZIONE PER GLI ORDINI TERRITORIALI

Fondato nel 1952

N. 4 / 2018 maggio

EDITORIALE |**Ritorno al futuro**

DI GIANNI MASSA,
VICE PRESIDENTE VICARIO CNI

1976.
42 anni fa.
Per intenderci l'anno in cui Fidel Castro diventa Presidente di Cuba e, in California, Steve Jobs e Steve Wozniak fondano Apple Computer.
In Italia, la sovrapposizione artistica dei linguaggi e dei talenti di Lucio Dalla e Roberto Roversi indaga e interpreta l'evoluzione umana rispetto all'evoluzione della tecnologia.
L'automobile, il motore, simboli della modernità del ventesimo secolo che toccano e influenzano molteplici aspetti della vita dell'uomo. La loro poesia in musica, imbracciando il "motore del 2000", si interroga sul futuro della società in relazione alla ricerca del perfezionamento delle componenti meccaniche.

CONTINUA PAG. 6

C3I | INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

La rivoluzione digitale: un'opportunità epocale per gli ingegneri. Velocità e dinamismo, parole chiave dell'Industry 4.0

DI MARIO ASCARI, PRESIDENTE C3I, COMITATO ITALIANO INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE



La quarta rivoluzione industriale, quella digitale, come le precedenti, sta cambiando i contesti socio-economici e il modo di pensare alla produzione. Internet e la digitalizzazione, le nuove tecnologie spingono all'automatizzazione della produzione, in cui l'interconnessione servirà a creare rapporti sempre più vivi con le aziende.

ITC | PROGRESSO E COMPETENZE
Innovazione e Formazione
Cos'è veramente l'innovazione? Perché è così importante?

CONTINUA A PAG. 10

TIPE MILANO | STRUTTURE PREFABBRICATE

I disastri dell'attrito, problematicità di una tipologia costruttiva comune



A CURA DI ING. MAURIZIO COLOMBO E RODOLFO COSTA
Il crollo è avvenuto all'improvviso, in una delle giornate più fredde di questo inverno. Nessun avvenimento, nessun segnale di sofferenza della struttura rilevata da parte degli utilizzatori dell'immobile.

CONTINUA A PAG. 8

DAL TERRITORIO**Network Giovani**

Le esperienze di Palermo e Treviso

Torino

PREVINTO2018, la cultura della prevenzione incendi

Terni

"La Terni che sarà", confronto con i candidati Sindaco

HSH Straus7
Easy OVER

AI SAIE
17-20/10

Nuova rel. 1.2 aggiornata
NTC 2018
per modelli 3D
telaiopareti a fessure spalmate rotanti

www.hsh.info

DPR 380/01**Testo Unico Edilizia**

Gli Ordini e le Federazioni a lavoro per la revisione

PAG. 16

SPECIALE | CeNSU

Water Sensitive Urban Planning



Dal Convegno Internazionale Annuale del CeNSU, esperti e studiosi a confronto per riportare l'attenzione su un tema urbanistico fondamentale: il valore dell'acqua.

PAG. 6

L'IMPORTANZA DELLA RICERCA

Il futuro dell'ingegneria è donna
Intervista ad Amalia Ercolessi Finzi, la "mamma" della sonda spaziale Rosetta

PAG. 21

Siracusa

Gli ingegneri scendono in "campo"

Vibo Valentia

La nuova casa delle professioni tecniche

Svizzera

Sinergie e concrete proposte di collaborazione

600 CORSI TECNICI GRATUITI IN TUTTA ITALIA

- Calcolo dinamico orario con la nuova UNI EN ISO 52016
- Recupero edilizio, aperture di vani e rinforzi strutturali
- Quattro esempi completi di certificazione energetica
- Tre esempi di piani di sicurezza e coordinamento
- Costruire e ristrutturare con le nuove NTC

Logical soft
non solo software

Iscriviti gratis su www.logical.it o chiamaci al numero: 0362.30.17.21



Foto 1. La porzione di copertura crollata

I disastri dell'attrito

Problematicità di una tipologia costruttiva comune

A CURA DI ING. MAURIZIO COLOMBO E RODOLFO COSTA, MEMBRI IPE-MILANO

IL FATTO

Il crollo è avvenuto all'improvviso, in una delle giornate più fredde di questo inverno.

Nessun avvertimento, nessun segnale di sofferenza della struttura rilevata da parte degli utilizzatori dell'immobile. Fortunatamente l'area colpita dall'evento non era al momento utilizzata da nessuno e l'allarme è stato dato dagli impiegati che lavoravano nella palazzina uffici adiacente, spaventati dal frastuono. Una trave a doppia pendenza di 23m si è schiantata al suolo e con lei le due campate di tegoli appoggiate, per un totale di circa 500mq. Il capannone, edificato meno di 20 anni fa, è composto da tre file di pilastri interdistanti 10.5m e coperte con travature doppia pendenza di 23m, per un'impronta totale di 140x46m; l'altezza sottotrave è di 8.5m. I vigili del fuoco, accorsi poco dopo l'evento, hanno dichiarato l'inagibilità del capannone.

L'ANALISI

Nel corso del nostro sopralluogo, compiuto nella giornata successiva, si sono avute due sensazioni contrastanti. La prima, derivante dalla presa visione del capannone dal suo interno, era stata tutto sommato positiva: nessun segnale particolare, nessuna fessurazione delle zone d'appoggio delle travi; tutto sembrava in ordine e si cominciava a pensare a un difetto locale dell'appoggio o della testa della trave. Di conseguenza, stava prendendo consistenza l'ipotesi di poter consentire l'utilizzo parziale dei locali e il successivo avvio dell'intervento di ripristino delle parti crollate. La seconda, a seguito del sopralluogo esterno, ha fatto nascere invece prima il dubbio e poi la certezza di trovarsi di fronte a un evento molto grave. Il capannone presenta infatti una pensilina su entrambi i lati lunghi, consistente in una mensola integrata nei pilastri principali e coperta con tegoli in cap e veletta in ca all'estremo; l'aggetto è di 2.70m rispetto all'asse del pilastro. L'avvisaglia della grande influenza di questa pensilina sul sistema trave-pilastro, si è sviluppata osservando i silicani di chiusura (foto 5), che si presentavano integri in corrispondenza dei pilastri principali e invece fortemente fessurati in campata, in corrispondenza dei pilastri secondari (non interagenti con la struttura primaria), rivelando quindi una flessione del pilastro principale e il conseguente distacco della pensilina rispetto alla sua posizione originaria. Una prima valutazione delle azioni in gioco ha consentito di appurare la non trascurabilità delle stesse e ha permesso di individuare l'aspetto qualitativo del fenomeno, ossia la tendenza ad aprirsi dei pilastri principali laterali, con conseguente riduzione della superficie d'appoggio delle travi a doppia pendenza. Nei giorni successivi si è proceduto a una serie di indagini, attuate con il volo di un drone, con il rilievo topografico delle interdistanze tra i pilastri alle varie altezze e infine con il rilievo geometrico dei componenti prefabbricati. I risultati di questa indagine hanno confermato appieno quanto ipotizzato nonché l'estrema gravità della situazione. Sono stati riscontrati spostamenti molto elevati della testa dei pilastri principali laterali, con un'apertura media di 7cm e un valore massimo di 11.5cm/12.5cm. Considerato che la sede d'appoggio delle travi era prevista in origine di 23cm, si deduce che l'appoggio residuo risulterebbe essere di soli 10/11cm da cui, tuttavia, occorre sottrarre lo

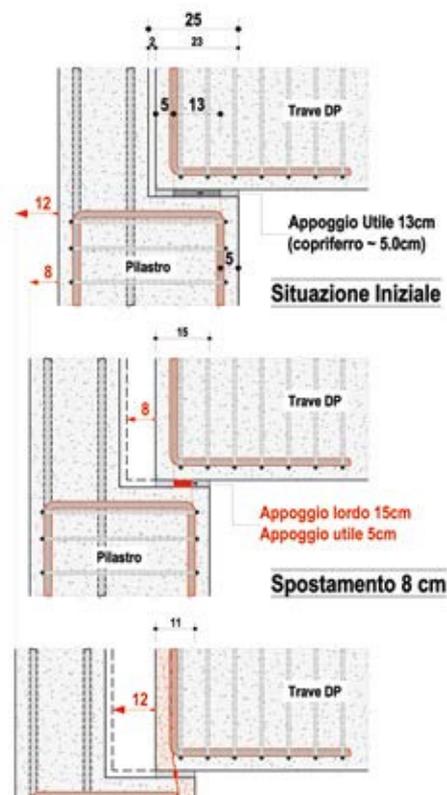
spessore dei copriferrini dei due elementi a contatto. In sostanza, per questi due pilastri principali laterali, l'appoggio residuo utile si è quasi totalmente azzerato, e il sostegno delle travi è affidato quasi unicamente alla crosta in calcestruzzo. Il meccanismo di rottura è stato quindi innescato da una progressiva diminuzione della base d'appoggio della trave, poi crollata quando sono state attivate unicamente le porzioni di crosta del calcestruzzo esterna; questa non hanno potuto resistere ai pesi propri della copertura con le sole resistenze tangenziali causando il crollo repentino e senza preavviso per la rottura delle parti corticali del calcestruzzo. Siamo quindi in presenza di una rottura fragile di estrema pericolosità (Foto 2 e 3). Le elaborazioni effettuate sulla scorta dei rilievi dimensionali degli elementi hanno consentito di ricavare una valutazione numerica dell'accaduto (si considerano solo i carichi permanenti in quanto il fenomeno è di lunga durata):

- Considerando il pilastro come una mensola libera in testa, si ottiene una deformazione elastica di circa 5cm, che si amplifica per gli effetti reologici (Foto 4);
- La trave doppia pendenza tende a opporsi a questo spostamento eser-

Foto 3. Meccanismo di rottura: evoluzione dello spostamento trave-pilastro



Foto 2. Capitello con crosta di cls che ha ceduto



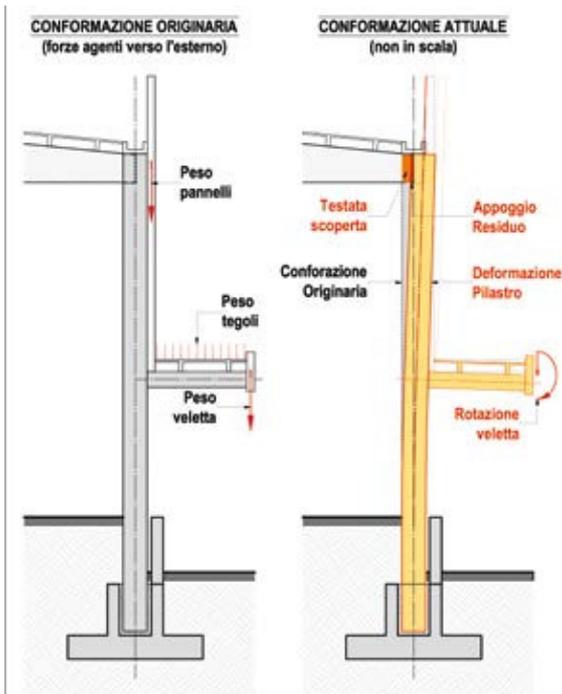


Foto 4. Deformazione pilastro: interpretazione qualitativa del fenomeno di flessione del pilastro, poi confermata numericamente.

citando un vincolo alla testa del pilastro pari a circa 3.0ton;

- Considerando che il carico verticale è di circa 45ton, ne deriva che il coefficiente d'attrito impegnato è pari a 0,07, valore inferiore a quanto indicato nelle CNR10018 per gli appoggi in neoprene (formula $2t: f=0.1+0.2/(ov)$).

MA ALLORA, PERCHÉ LA TRAVE È CROLLATA?

Si ritiene che il fenomeno sia da attribuire all'anelasticità di comportamento del vincolo sopra descritto e alla ciclicità annuale del regime di dilatazione e contrazione delle travi doppia pendenza. In buona sostanza, durante i periodi caldi, le travi si dilatano assecondando la tendenza naturale del pilastro ad assumere la conformazione deformata di mensola libera caricata dalla pensilina esterna; viceversa, nei cicli freddi si accorciano, ma tale movimento è in controfase rispetto alla tendenza di deformata naturale del pilastro, e il vincolo perde gradatamente di efficacia nel tempo con effetti irreversibili e con una diminuzione delle superfici di appoggio delle travi stesse. Assumendo un δt stagionale di 25°, il valore di dilatazione/contrazione delle travi è di 1.39cm/anno. Se si confronta tale valore con gli spostamenti dei telai nel loro complesso, che valgono in media 12.8cm, con un massimo di 20.6, si ricava un valore medio di 0.64cm/anno e un massimo di 1.0cm/anno: tali valori corrispondono rispettivamente al 46% e al 74% della variazione termica annuale, valori a cui può attribuirsi una sorta di inefficacia del vincolo per attrito. Questo spiega sia l'entità media degli spostamenti rilevati, sia la loro variabilità, legate unicamente a situazioni locali.

LA RIPETITIVITÀ

Tuttavia, la vera importanza di quanto accaduto si è percepita solo dopo la segnalazione da parte di un altro cliente di un edificio con caratteristiche analoghe, e la conseguente richiesta di valutazione in merito, per accertare la sicurezza dell'immobile.

Questo secondo capannone è molto simile a quello prima descritto, se non per il fatto di avere 4 file di pilastri (due laterali e due centrali), posti sempre a un interasse di 10.5m, con travi doppia pendenza di luce pari a 19.5m, pensilina esterna e altezza sono analoghe. Si sottolinea che il capannone è stato costruito da un'altra ditta prefabbricatrice. Nel corso del primo sopralluogo speditivo si è avuta ancora la stessa sensazione di solidità della visione dall'interno, ma l'osservazione all'esterno, e in particolare il distacco tra i pilastri secondari e la pensilina, ha confermato le analisi già svolte per il primo capannone. Si è proceduto anche in questo caso a un rilievo topografico degli spostamenti dei pilastri oltre che della misura della sede di appoggio delle travi e dell'appoggio residuo. Rispetto al primo caso, si sono rilevati spostamenti minori delle pilastre laterali, che trascinano nel movimento anche i pilastri centrali, ma al contempo la misurazione diretta dell'appoggio residuo delle travi ha mostrato che molte di queste hanno un appoggio lordo ridotto ormai a soli 10cm (rispetto ai 18cm iniziali). Pertanto, decurtando da tale valore lo spessore dei copriferreri, ne risulta che anche queste travi si trovano già ora a scaricare i propri carichi solo sulle croste superficiali. Da qui l'immediata segnalazione di pericolosità.

IL PERICOLO PER LA COMUNITÀ

Al di là di qualsiasi altra considerazione, la presa visione del secondo capannone pone la questione in tutta la sua gravità e pericolosità per tutti coloro che operano in capannoni con schemi strutturali analoghi. In sostanza, ci si trova di fronte a una tipologia che non denota al suo interno

alcun segno visibile della propria precarietà e che, quindi, non è in grado di sollevare perplessità o dubbi in chi vi agisce all'interno o nei responsabili delle aziende, (non si è in presenza di una crepa o di un dissesto evidente che possano far scattare l'allarme e quindi richiedere la verifica da parte di un tecnico qualificato). Dal momento che questa tipologia strutturale ha molte repliche nel territorio bisogna fare molta attenzione al rischio di crolli improvvisi.

È solo una questione di tempo e le travi a doppia pendenza continueranno a scorrere e diminuire le proprie basi d'appoggio; di fronte a un crollo di questo tipo non c'è scampo, se non si allontana per tempo il personale e non si prendono le dovute misure di sicurezza/ripristino. Inoltre, tutto quello che è successo nonché tutte le analisi successive sono state effettuate in ambito puramente statico, tralasciando qualsiasi considerazione di ordine sismico. È evidente che qualsiasi effetto dinamico può solo peggiorare la sicurezza di una struttura con questo grado di vulnerabilità statica.

COME RIMEDIARE AL FENOMENO

La prima azione consiste in un rilievo visivo e documentale delle caratteristiche strutturali dei capannoni, incentrando l'attenzione su quegli aspetti che evidenziano il fenomeno nei suoi sintomi più semplicemente osservabili (es. i disallineamenti esterni o la comparsa degli appoggi in neoprene al di fuori dell'appoggio, Foto 5-8). I successivi approfondimenti d'indagine potranno o meno confermare la situazione di pericolosità e la necessità d'intervento immediato. Le modalità d'intervento e rimedio risultano piuttosto semplici dal punto di vista concettuale (inserimento di catene e carpenterie metalliche), ma pongono invece notevoli problematiche operative, in quanto, in funzione dello stato degli appoggi, possono essere necessarie importanti puntellazioni provvisorie per evitare di esporre gli operatori ai rischi già eventualmente presenti, o a quelli potenzialmente innescati dalle vibrazioni indotte per effettuare le lavorazioni (inserimento di barre o quant'altro). Importante comunque rilevare che molte di queste operazioni di messa in sicurezza, che consistono in ultima analisi nel reciproco collegamento degli elementi strutturali, sono già previste nell'attuale Normativa Tecnica e che il Sisma Bonus di recente approvazione governativa consente la realizzazione di gran parte di questi interventi con un forte recupero fiscale (70+80%).

CONCLUSIONI

Le strutture prefabbricate di tipo isostatico hanno già evidenziato la propria vulnerabilità di fronte alle azioni sismiche, che si è manifestata in tutta la sua evidenza con il terremoto dell'Emilia del 2012. Il fenomeno descritto e analizzato mostra un'altra causa di vulnerabilità, legata ai cicli annuali di contrazione/dilatazione termica e al comportamento viscoso del calcestruzzo, che si manifesta a causa dell'incapacità dell'attrito di svolgere un compito perfettamente bidirezionale. Nel periodo annuale di dilatazione, vi è la tendenza del pilastro ad assumere la conformazione di mensola libera, mentre nei cicli di contrazione, non è in grado di ritornare alla completa verticalità, perdendo di volta in volta una porzione di spostamento per effetti anelastici. **L'estrema pericolosità di tale fenomeno è insita nel fatto che la situazione creatasi non dà alcun segno premonitore rilevabile dalla semplice osservazione visiva da parte dei responsabili delle aziende, anche in presenza di spostamenti già rilevanti.**

È bene sottolineare che il fenomeno va generalizzato per tutti quei casi in cui si chiede all'attrito di svolgere una funzione di vincolo primario (in questo caso quello di mantenere la verticalità dei pilastri), che se viene sollecitata da azioni cicliche perde di volta in volta una parte della sua efficacia per cause anelastiche. Ciò rende evidente la carenza dell'impianto Normativo dell'epoca (peraltro nemmeno troppo lontana dai nostri giorni), che si è manifestata in primo luogo nell'inadeguatezza concettuale dei collegamenti per attrito, e a nostro parere anche di alcuni valori numerici imposti ai progettisti, come la profondità minima d'appoggio prescritta $b=8+L/300$ dal D.M. 03/12/87: quindi, una trave lunga 10m può avere una base d'appoggio di soli 11.5cm, comprensivi delle due fasce di copriferrero. Occorre pertanto una presa di coscienza immediata di tali problematiche e una diffusione dei possibili effetti tragici conseguenti al fine di consentire l'avvio di una urgente verifica a tappeto delle analoghe tipologie prefabbricate presenti, in modo da consentire sia gli approfondimenti d'indagine necessari, sia gli eventuali interventi rimediali da porre in essere.



Foto 5. La pensilina dall'esterno (capannone 1). Si nota il silicone fessurato in corrispondenza dei pilastri secondari rimasti verticali (ovale rosso), e l'attacco della mensola al pilastro dove il silicone è integrato (ovale blu)

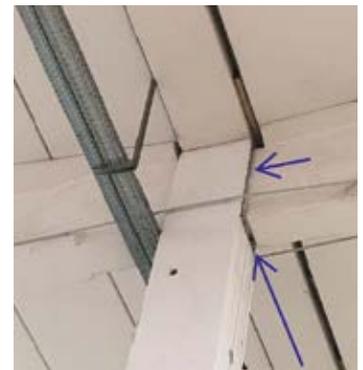


Foto 6. Un appoggio interno (capannone 2). Si nota la porzione di neoprene fuoriuscente e la diversa colorazione della trave

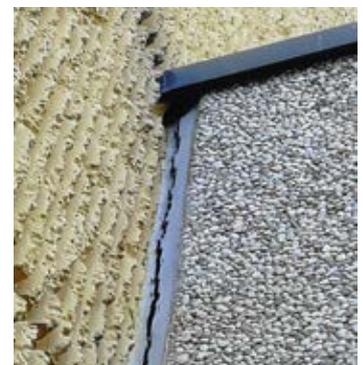


Foto 7. Contatto veletta-palazzina uffici (capannone 1). Il silicone è fessurato e si percepisce anche la rotazione della veletta.



Foto 8. La pensilina dall'esterno (capannone 2). Si nota il distacco dai pilastri secondari (rimasti verticali)



Nota dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano e della sezione operativa di IPE-Milano su prefabbricati di tipo isostatico

Milano, maggio 2018

La Lombardia, regione della forte vocazione industriale, presenta un totale di 5000 capannoni industriali, molti dei quali sono prefabbricati di tipo isostatico con appoggi ad attrito, che hanno già mostrato la loro grande vulnerabilità in occasione del terremoto dell'Emilia del 2012.

Recentemente, a seguito di sopralluoghi condotti da due ingegneri dell'Ordine di Milano e iscritti alla sezione operativa di I.P.E. (Ingegneri per la Prevenzione e le Emergenze), si è riscontrato che una particolare conformazione di strutture prefabbricate di questo tipo possono essere soggette a fenomeni di crollo improvviso.

La tipologia in questione è dotata di pensiline esterne con sbalzo elevato, realizzate utilizzando elementi prefabbricati in cemento armato e quindi molto pesanti, che tendono a far ruotare i pilastri verso l'esterno; in condizioni statiche, il vincolo offerto per attrito dalle travi a doppia pendenza è sufficiente a mantenere i pilastri in posizione, ma tale situazione viene compromessa dai fenomeni annuali di dilatazione-contrazione. Infatti, nei periodi caldi di dilatazione, la trave accompagna la tendenza naturale del pilastro verso l'esterno, mentre nei cicli freddi di contrazione, il pilastro può non ritornare nella sua posizione verticale per via di effetti anelastici nel contatto tra trave, neoprene e calcestruzzo.

In pratica, si è rilevata una tendenza dei pilastri ad inflettersi verso l'esterno a causa della mensola, con una graduale perdita di efficacia del vincolo per attrito tra trave e pilastro.

Quanto sopra descritto appare un difetto di sistema, non locale, perché è dimostrato dal fatto che il fenomeno si è rilevato in due capannoni con caratteristiche simili localizzati nella provincia milanese, uno dei quali oggetto di un recente crollo, che ha coinvolto una superficie di circa 500 mq di copertura (trave a doppia pendenza e tegoli, vedi foto n.1). È importante sottolineare che si tratta di un problema sistemico poiché i due capannoni sono stati prodotti da ditte diverse e progettati da altrettanti diversi professionisti; le azioni di contatto impegnano una quota parte di attrito perfettamente in linea con le prescrizioni legislative del periodo di costruzione.

Il primo capannone - oggetto di cedimento – si presenta costituito da una struttura monopiano, con travi a doppia pendenza di lunghezza 23m, interasse tegoli di 10.5m e presenta sui due lati una pensilina, ottenuta con una mensola integrata al pilastro ed aggetto di 2.7m, a sua volta coperta con tegoli in cap. Il secondo è molto simile, se non per il fatto di avere 4 file di pilastri e travi a doppia pendenza di luce leggermente inferiore, ma con pensilina esterna ed altezze analoghe.

In entrambi i capannoni si sono misurati forti scorrimenti delle travi a doppia pendenza il cui appoggio - nel corso di meno di 20 anni dalla costruzione - si è ridotto di oltre 10cm, riducendo quindi la fascia di contatto trave-pilastro ed impegnando le croste di calcestruzzo oltre il copriferro, con il conseguente rischio di crollo improvviso, per ora avvenuto solo nel primo capannone.

L'estrema pericolosità è insita nel fatto che non vi sono evidenti segnali o segni premonitori che possano far percepire la precarietà della situazione agli utilizzatori ed alla proprietà, anche in presenza di spostamenti già rilevanti come quelli appena descritti (fuori piombo di oltre 10cm).

Occorre pertanto una pronta presa di coscienza di tale problematicità e per questa ragione l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano e IPE - Sezione Operativa di Milano consigliano un immediato intervento di monitoraggio dei capannoni per individuare quelli che presentano tale tipologia costruttiva, al fine di valutare lo stato d'avanzamento dello scorrimento travi-pilastro e intervenire, eventualmente, di conseguenza con interventi contenitivi.

IMMAGINI E SCHEMI RAPPRESENTATIVI



Foto 1:
La porzione crollata fortunatamente senza vittime



Foto 2:
il capitello e la crosta di calcestruzzo che ha ceduto.

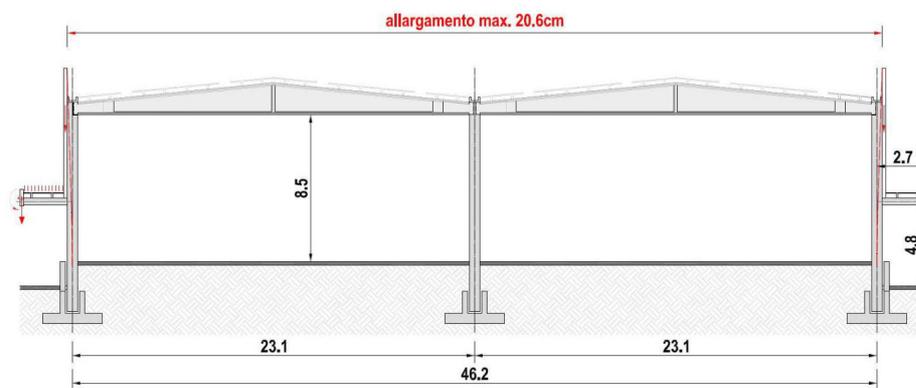


Foto 3:
Sezione tipica capannone crollato con mensole le fuoriuscenti dal pilastro.

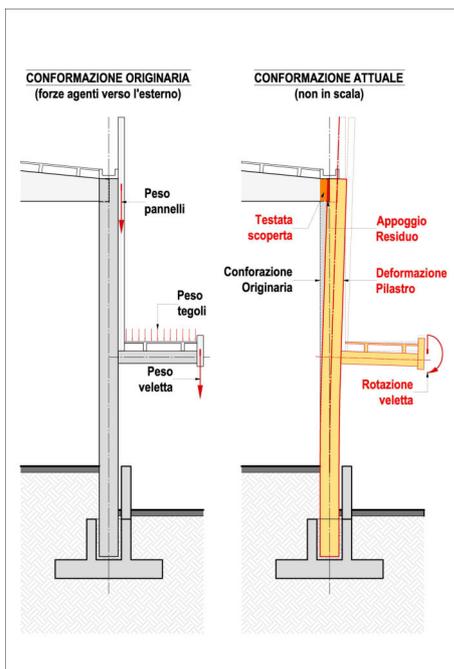


Foto 4:
Deformazione naturale pilastro per effetto della mensola, che nel corso degli anni si amplifica per effetti reologici.

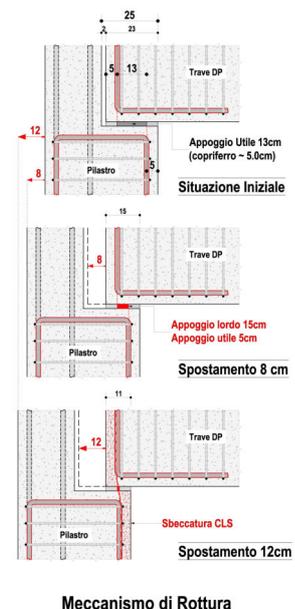


Foto 5:
Situazione appoggio all'aumento dello scorrimento delle travi e interessamento delle fasce di calcestruzzo oltre il copriferro.