

Una nuova soluzione integrata per l'isolamento termico degli edifici e l'anti-ribaltamento alle azioni sismiche dei tamponamenti: KARMA® il cappotto armato di Ecosism®

Alice Polito¹, Andrea Saccarola¹, Lorenzo De Stefani¹, Roberto Scotta¹

¹DICEA – Dipartimento di Ingegneria Civile Edile ed Ambientale – Università degli Studi di Padova

Introduzione

Karma® è una nuova **soluzione integrata** che permette con un'unica lavorazione di ottenere l'**isolamento termico** degli edifici e di **evitare il ribaltamento alle azioni sismiche dei tamponamenti** perimetrali degli edifici intelaiati in cemento armato. Karma® è un innovativo cappotto termico, **prefabbricato a misura**, dotato di una rete metallica di supporto alla finitura esterna ad intonaco civile, per questo viene denominato cappotto **armato**. Il cappotto armato risulta essere una soluzione **veloce**, sicura e solida per ottenere l'isolamento termico continuo delle pareti, oltre che, mediante opportuno fissaggio sui cordoli in cemento armato dell'edificio, impedire il ribaltamento fuori piano dei tamponamenti alle azioni sismiche. La sua applicazione può trovare impiego sia per edifici di nuova costruzione, che in edifici esistenti per il retrofitting delle prestazioni energetiche e di sicurezza antisismica delle tamponature. Il sistema Karma® è un **brevetto di Ecosism**, sviluppato in collaborazione con l'Università degli Studi di Padova.

Progettazione, sviluppo e posa in opera

A seguito di un **rilievo geometrico** svolto con l'ausilio di laser scanner, viene sviluppato il **modello tridimensionale** del sistema Karma®: un insieme di **pannelli** prodotti su misura che **ricalcano** perfettamente le **dimensioni** e tutte le **forometrie del fabbricato** oggetto d'intervento.

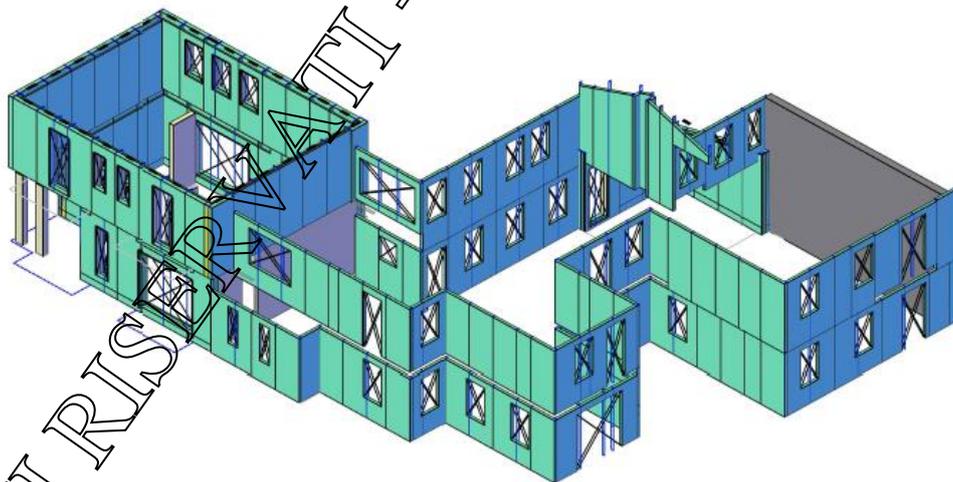


Figura 1 Modello 3D e definizione dei pannelli

Ogni pannello fornito dalla ditta Ecosism, arriva in cantiere dotato di sigla alfanumerica, che identifica la sua posizione, rispettando un determinato schema di posa stabilito in fase di progettazione e fabbricazione in azienda.

I pannelli di cappotto armato **differiscono** da quelli di un **semplice cappotto termico**. Quest'ultimi necessitano di essere modellati-tagliati e sagomati in cantiere prima della loro installazione sulle pareti del fabbricato, poiché presentano dimensioni standard da adattare alla geometria del fabbricato. I pannelli di

Karma® sono dei veri e propri moduli prefabbricati, già sagomati, aventi altezza pari a quella di interpiano, customizzati perfettamente sulla geometria del fabbricato, evitando quindi sfridi e qualsiasi altra lavorazione in cantiere oltre alla posa in opera. Sfruttando l'industrializzazione del processo produttivo, cioè trasferendo la maggior parte delle operazioni per la realizzazione del cappotto termico armato in stabilimento, si ottiene una **posa in opera rapida**, incrementando così la produttività cantieristica e, parallelamente, **riducendo sfridi e rifiuti**, contribuendo così all'economia circolare.

Con Karma® si può **scegliere lo spessore e la tipologia di isolante** in funzione degli obiettivi di isolamento termico che si vogliono raggiungere: è possibile adottare una stratigrafia combinata accoppiando i diversi materiali e può essere modificata lungo l'altezza del modulo in modo da **soddisfare le esigenze tecniche richieste: termiche, acustiche, di resistenza all'acqua e al fuoco**.

Tutti i **materiali** utilizzati per la produzione del cappotto armato sono tutti compatibili con i criteri ambientali minimi **CAM**, definiti nel DM del 11 gennaio 2017 e s.m., indispensabili per accedere agli **appalti pubblici** e per poter ottenere gli **incentivi fiscali vigenti**.



Figura 2 Tipologia di isolanti proposti

I pannelli isolanti sono contenuti all'interno della rete metallica tridimensionale Ecosism®. La maglia 3D viene fabbricata mediante la saldatura di fili in acciaio zincato dello spessore di 2,2 mm, e riempita in stabilimento. Il modulo arriva in cantiere già assemblato, e, una volta posizionato seguendo lo schema di posa fornito, viene **fissato alle strutture in cemento armato** dell'edificio, cordoli di piano e fondazioni, mediante degli angolari in acciaio e ancoraggi metallici con certificazione sismica: grazie a questo vincolo si ottiene un **comportamento a sacco** con funzione analoga a quella di una rete paramassi che permette di **evitare il ribaltamento fuori piano dei tamponamenti**.



Figura 3 Installazione pannelli Karma®

Grazie a questo ancoraggio alla struttura in c.a. mediante viti da calcestruzzo con certificazione sismica, assente nei normali cappotti termici, **Karma® è in grado di migliorare il comportamento delle pareti di tamponamento alle azioni sismiche, contenendo sia il ribaltamento fuori piano che la loro espulsione in caso di evento sismico**.

Realizzato l'ancoraggio, tutti i pannelli vengono **incollati e tassellati alle tamponature** mediante un sistema di fissaggio con tecnologia Fischer resistente alle sollecitazioni dovute al vento.

Il cappotto armato risulta essere **più solido e resistente** rispetto ad un normale cappotto termico: la sua finitura non viene realizzata con pochi millimetri di rasante, ma viene applicato uno **strato di intonaco di 2 cm sulla rete porta intonaco integrata nella maglia metallica**. La rete in acciaio zincato dona all'intonaco un adeguato supporto e la resistenza necessaria per garantire **nel tempo la protezione della finitura e del materiale isolante** da eventi atmosferici e urti accidentali.

I pannelli possono venire rivestiti anche da materiali lapidei, mattoni a faccia vista, ceramiche e pareti ventilate, a seconda delle esigenze architettoniche.



Figura 4 Finitura armata ad esempio di rivestimento

Verifica del sistema antiribaltamento

Karma® è un sistema innovativo che impedisce il ribaltamento dei tamponamenti di strutture intelaiate in cemento armato in caso di terremoto. Il cappotto armato brevettato da Ecosism® è una **tecnica di "miglioramento sismico" degli elementi non strutturali** quali i tamponamenti, e deve essere **sogetta a dimensionamento e verifica** svolta da un tecnico abilitato.

Può trovare **applicazione su edifici con tamponamenti fragili**, ad esempio quelli con stratigrafia "a cassetta" che presentano due paramenti di spessore sottile con camera d'aria tra loro interposta. Può essere applicato anche su **tamponature in laterizio danneggiate** a seguito di sisma come sistema di immediata messa in sicurezza.

Applicazione ad un caso studio

L'edificio analizzato ha struttura portante a **telaio in calcestruzzo armato** con 6 piani fuori terra e dotato di **tamponamenti in laterizio "a cassetta" non strutturali**. Le pareti di tamponamento sono realizzate con due fogli di laterizio indipendenti fra di loro, il cui peso è stimato in **3,3 kN/mq**, a seguito dell'installazione del cappotto armato, il peso complessivo risulta essere **3,8 kN/mq**.

La planimetria è trapezoidale e l'altezza fuori interpiano è di 3,00 metri.

STRATIGRAFIA	Spessore [cm]	Peso specifico [KN/mc]	Peso [KN/mq]
Intonaco	1.5	19.0	0.29
Mattone pieno	12.0	18.0	2.16
Aria			

Mattone forato	8.0	11.0	0.88
Cappotto armato	15.0	0.6	0.09
Intonaco	2.0	19.0	0.38
TOTALE			3.80

Tabella 1: Stratigrafia



Figura 5 Edificio analizzato

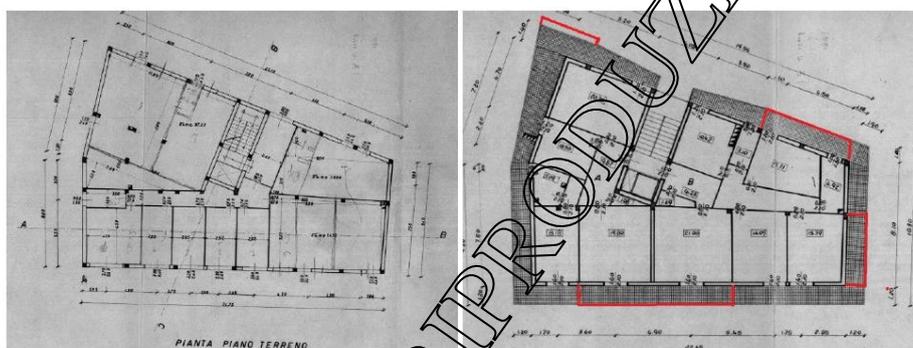


Figura 6 Planimetrie piano terra e quinto piano

Il fabbricato è sito in provincia di Rieti: il suolo su cui sorge il fabbricato è di tipo C, con categoria topografica T1: l'accelerazione sismica al suolo per lo stato limite SLV è pari a 0.262g.

I tamponamenti sono elementi fragili, i quali si deformano e fessurano a causa dei drift di piano del telaio portante, per poi essere espulsi a causa della presenza di forze fuori dal piano.

Lo studio è stato condotto applicando le seguenti **ipotesi cautelative**:

- Il tamponamento si assume danneggiato e quindi incapace di resistere alle azioni fuori piano;
- Le azioni fuori piano vengono interamente assorbite dal cappotto armato;
- Uguaglianza dei periodi di oscillazione fra il telaio ed il sistema composto da tamponamento e cappotto;
- Lo studio è effettuato sul piano più alto dell'edificio.

Karma® perciò risulta avere una **duplice funzione**:

1. **Assorbire l'energia cinetica** del tamponamento senza strapparsi;
2. **Assicurare la stabilità della parete danneggiata** ad evento sismico esaurito, cioè va ad evitare la caduta dei materiali fungendo da rete di trattenuta.

L'accelerazione sismica agente sull'elemento non strutturale, che può essere facilmente calcolata seguendo la circolare esplicativa delle NTC 2018, risulta essere pari a $S_a=1,5g$, che genera una spinta sismica massima pari a 2,85 KN/mq.

Il **funzionamento** del cappotto armato è assimilabile a quello di una **fune che si deforma** per effetto dell'azione sismica: il problema che ne risulta è di tipo ipostatico perciò è stato **studiato nella sua**

configurazione deformata. Solo i fili longitudinali sul lato interno della maglia in acciaio tridimensionale Ecosism risultano essere soggetti a trazione, poiché vincolati mediante l'angolare metallico e le viti da calcestruzzo. Gli ancoraggi di piano sono soggetti invece a forze accoppiate di trazione e taglio.

L'elemento critico delle reti di armatura è rappresentato dalla **resistenza a taglio del filo** di acciaio che contrasta sull'angolare metallico interposto fra la rete del cappotto armato e gli ancoranti.

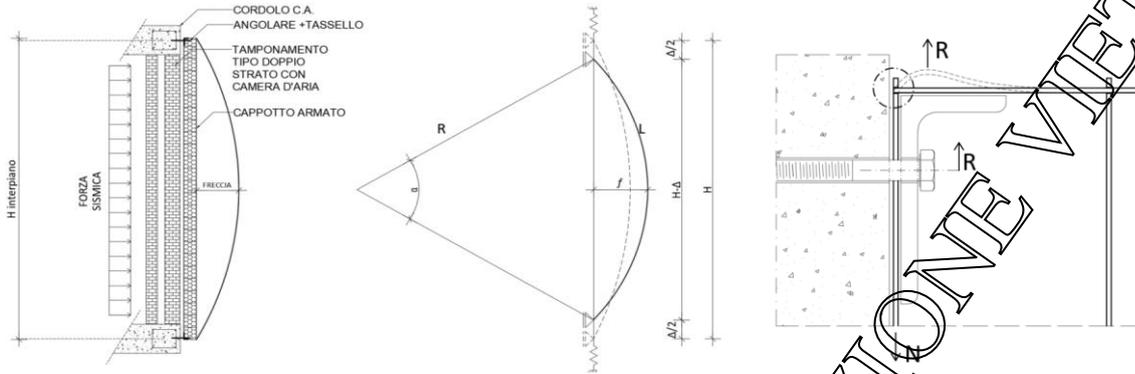


Figura 7 Comportamento del cappotto armato

Nella specifica installazione relativa all'edificio in esame, il cappotto armato è realizzato con:

- Rete elettrosaldata Ecosism® in acciaio zincato: $f_{yk} = 700 \text{ MPa}$;
- Tasselli di fissaggio ai solai dotati di certificazione sismica C2, in numero 5/metro lineare di cappotto armato.

Soluzione analitica e numerica

Il problema è stato risolto analiticamente considerando la **non linearità per geometria e per materiale**: si è determinato l'equilibrio nella configurazione deformata considerando l'evolversi dello snervamento del filo di acciaio utilizzando un diagramma $\sigma-s$ valutato sulla base di prove sperimentali a trazione svolte in laboratorio.

Si è **confrontata la soluzione analitica con quella numerica**, sviluppando un modello tridimensionale ad elementi finiti di un modulo del cappotto armato: l'analisi condotta è del tipo non lineare per materiale e geometria con **incrementi di carico pari a 0.10 KN/m^2** . Dal confronto delle due curve si osserva come la soluzione numerica del modello FEM confermi con **buona approssimazione** il modello analitico sviluppato.

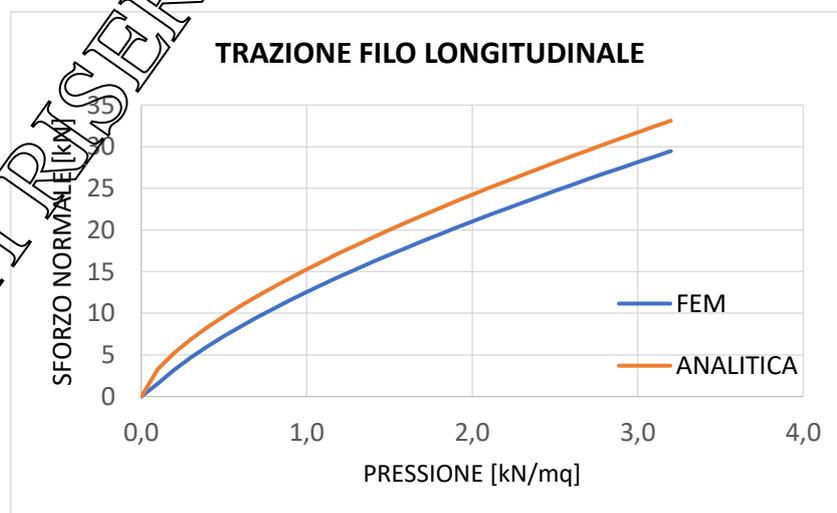


Figura 8 Relazione fra pressione fuori piano e trazione sulla rete

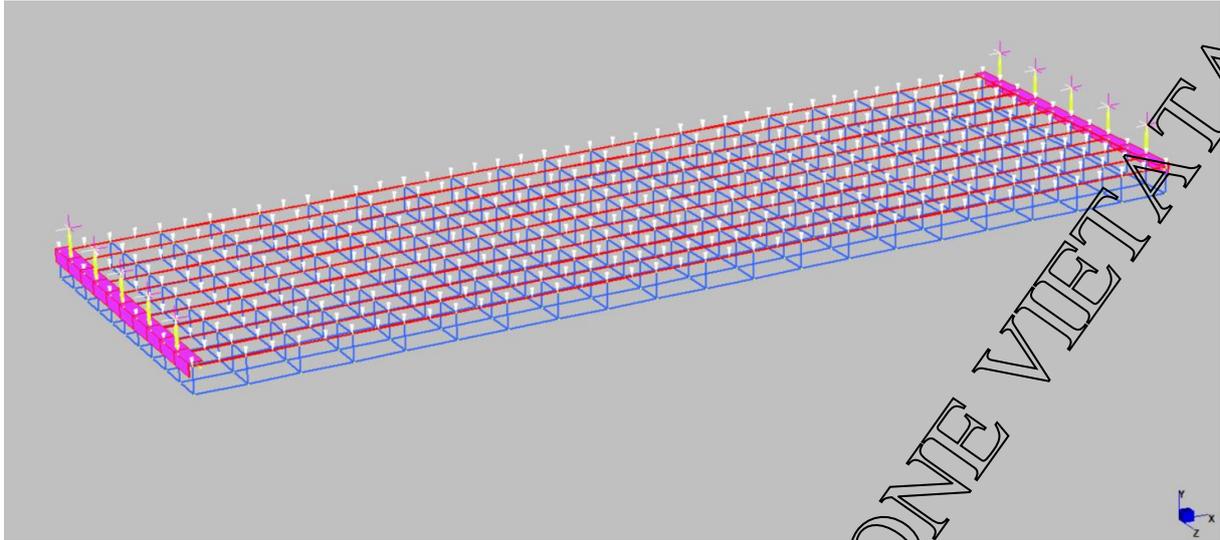


Figura 9 Modello FEM pannello Karma®

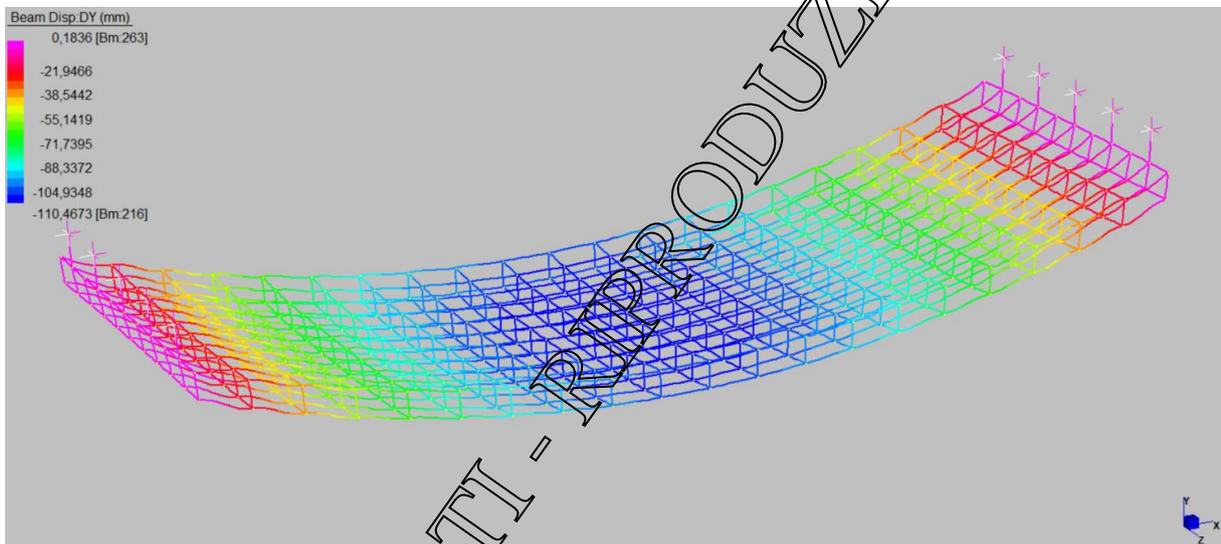


Figura 10 Deformata FEM pannello Karma®

Si riporta inoltre il confronto tra le tensioni sulla rete superiore e la rete inferiore: l'ipotesi assunta inizialmente, nella quale la **sola maglia interna è soggetta a trazione mentre quella esterna è scarica**, è confermata.

DIRITTI RISERVATI - RIPRODUZIONE VIETATA

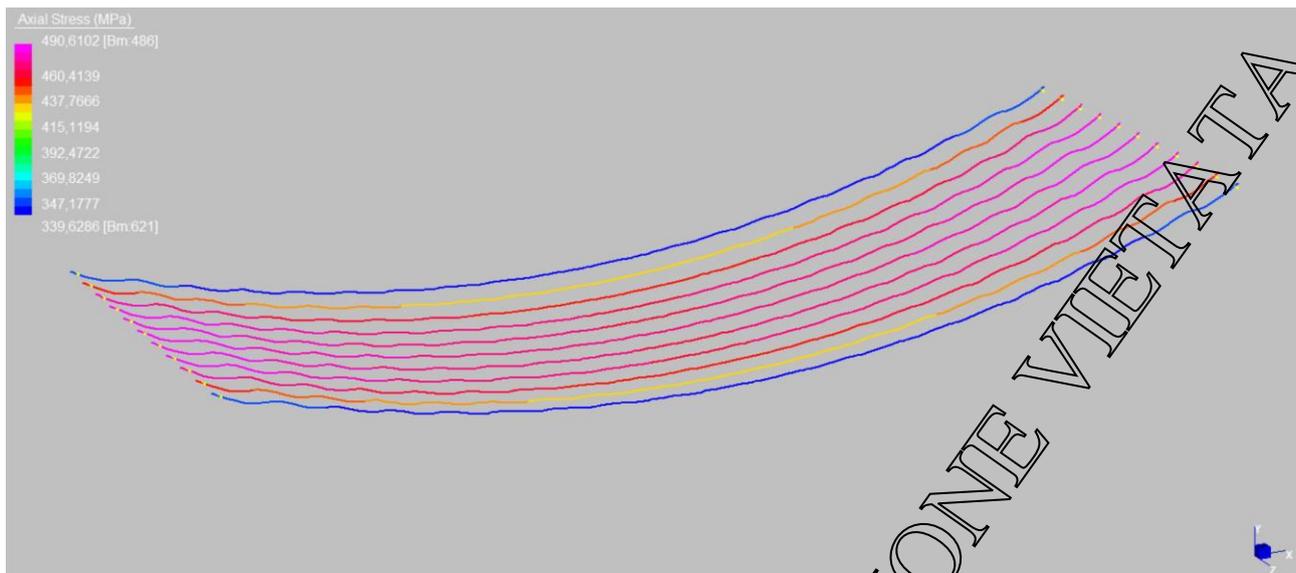


Figura 11 Tensione normale filo superiore - $q=4\text{ kN/m}^2$

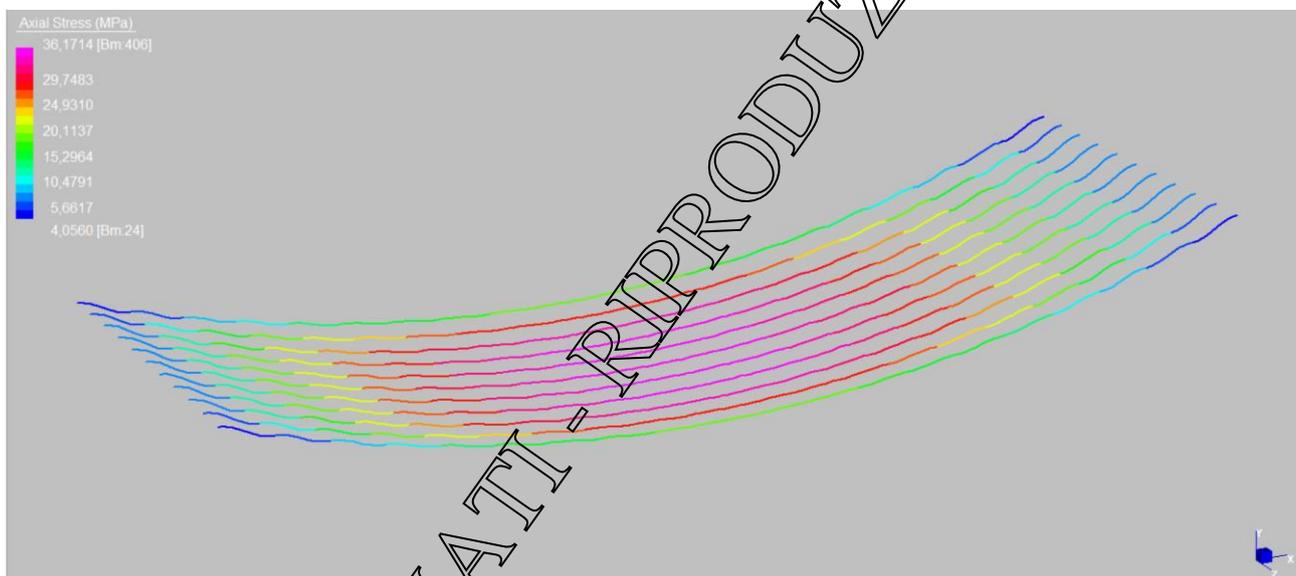


Figura 12 Tensione normale filo inferiore - $q=4\text{ kN/m}^2$

Prova di carico

È stata inoltre eseguita una prova di carico su un pannello di cappotto armato. Il **banco prova** è stato realizzato rispettando la **reale condizione di vincolo** che si andrà a realizzare in cantiere. La **curva** ottenuta dalla prova di carico risulta essere molto **aderente** a quella determinata grazie alla legge **analitica** studiata. Questo risultato conferma la previsione teorica di comportamento del pannello Karma® basata sui metodi di Scienza e Tecnica delle Costruzioni e quella numerica.

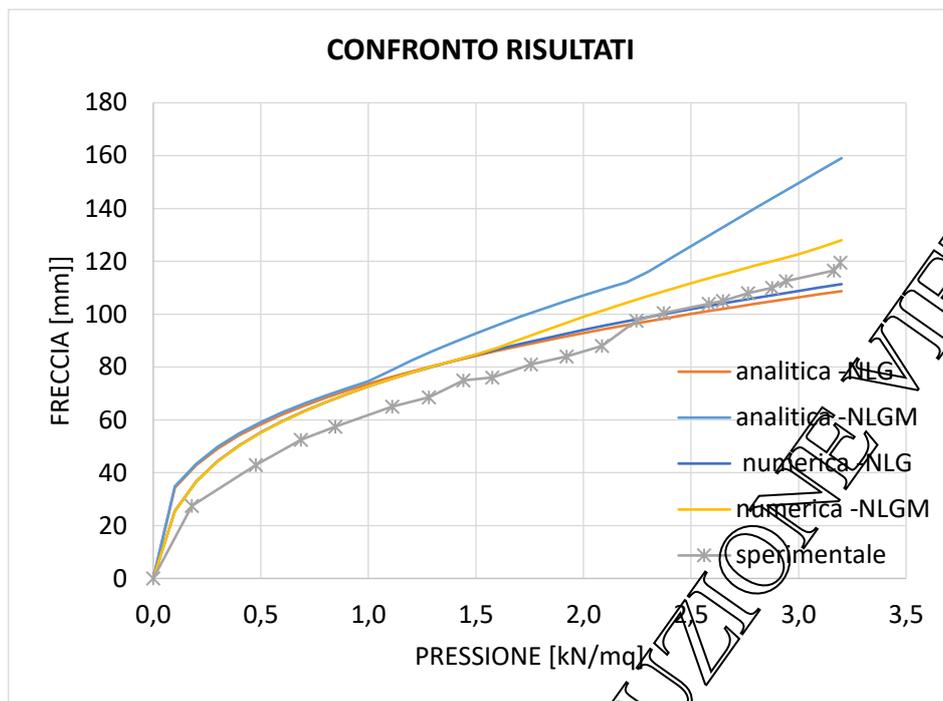


Figura 13 Confronto curva analitica, numerica e sperimentale

La **maggior rigidezza** rilevata nella prova sperimentale rispetto a quella teorica è imputabile a **contributi resistenti secondari** di non si è tenuto conto nel modello analitico e numerico:

- quello dei **fili esterni** del reticolo tridimensionale
- quello degli **strati di isolante** contenuti all'interno della maglia tridimensionale (nel test fatto in EPS) che si oppongono alla deformazione della maglia stessa.

È evidente che ove vi fosse stato applicato anche l'**intonaco di finitura**, la prova sperimentale avrebbe dato **risultati ancora superiori alle attese teoriche**.

Si è dimostrato dunque, **mediante approccio analitico**, che il cappotto armato come sopra descritto è capace di **assicurare l'anti-ribaltamento** delle pareti di tamponamento in laterizio **con un approccio di tipo statico**.

Conclusioni

Karma® è una **soluzione ottimale e brevettata** per la **messa in sicurezza sismica delle tamponature** di un edificio intelaiato in calcestruzzo armato e **riqualificare energeticamente** le sue superfici opache verticali in un **unico intervento**. Esso è pertanto classificabile come intervento di **miglioramento sismico** e può portare all'incremento della sicurezza sismica di un edificio, ovviamente ove non vi siano altre fragilità strutturali che si attivano prima della crisi dei tamponamenti di facciata.

Il cappotto armato **Ecosism®** **utilizza singoli componenti certificati** e viene dimensionato nel **rispetto** dei dettami delle **NTC17**. Agendo solamente sulle tamponature, esso comporta l'incremento di robustezza delle stesse **non alterando il comportamento globale** dell'edificio. Risulta pertanto possibile utilizzarlo sia come **sistema di messa in sicurezza** di pareti danneggiate dal sisma che come **intervento preventivo** per impedire ribaltamenti o espulsioni dei tamponamenti, assicurando allo stesso tempo l'efficientamento energetico dell'edificio.

La messa in opera dei pannelli isolanti prefabbricati e realizzati a misura del sistema Karma® assicura **efficienza e velocità di posa** superiore a quella dei cappotti tradizionali. La **resistenza agli urti** superficiale dell'intonaco di finitura con la rete di armatura contenuta è **decisamente superiore** rispetto a quella dei

cappotti tradizionali anche di quelli con doppia rete di armatura. Tanto da dare la possibilità di applicare anche rivestimenti incollati o facciate ventilate.

Grazie alla **certificazione CAM** dei materiali proposti per scegliere la stratigrafia più adatta alle esigenze della committenza, è possibile accedere agli incentivi fiscali vigenti del **Superbonus 110%, Ecobonus, Bonus Facciate**.

Per informazioni

ECOSISM SRL

Via Rivella, 22 – 35041 BATTAGLIA TERME (PD)

Tel. + 39 049 9101417 Fax + 39 049 9114283

Mail info@ecosism.com

www.ecosism.com

DIRITTI RISERVATI - RIPRODUZIONE VIETATA