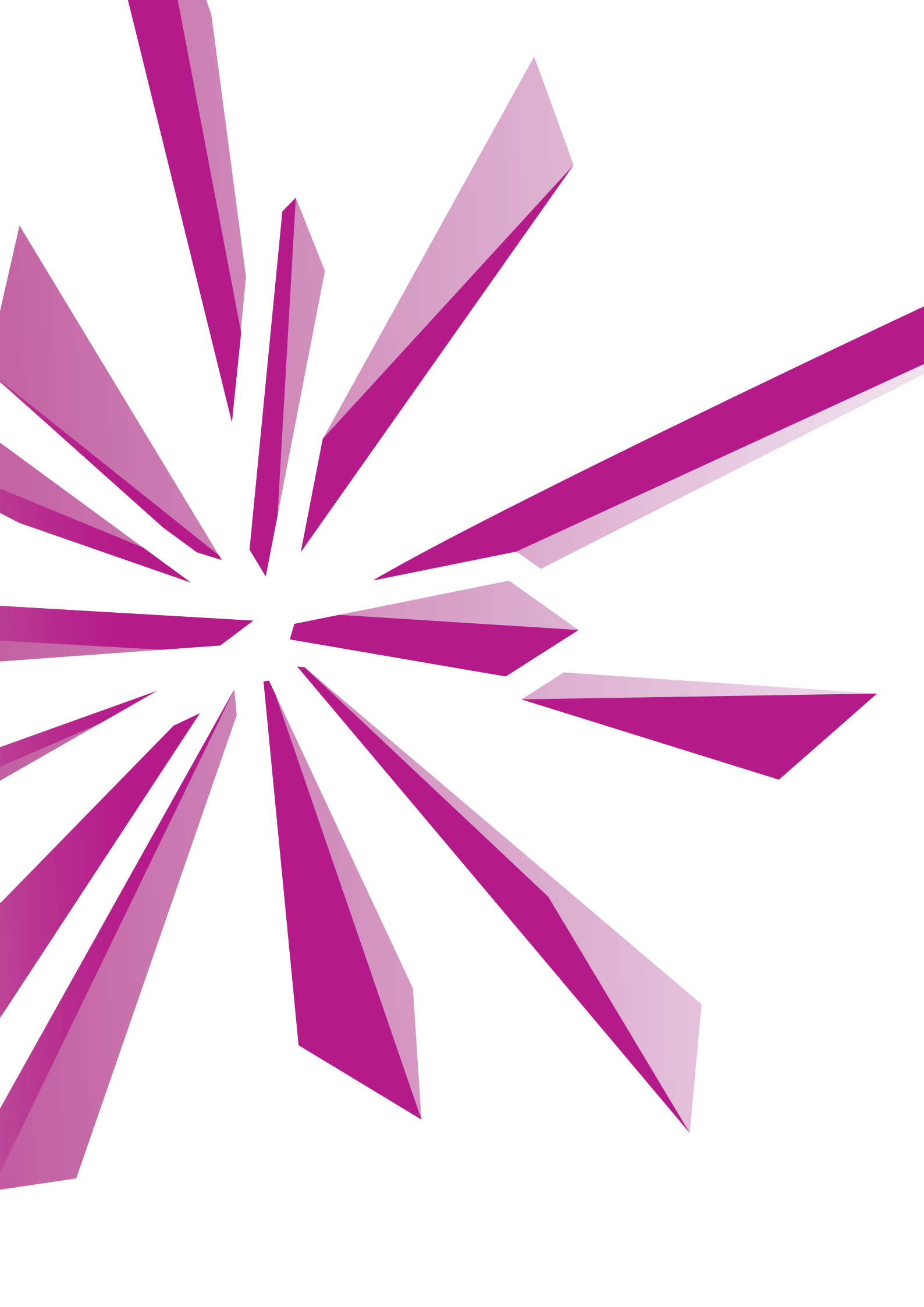


Preturo (AQ)  
Case realizzate nel 2009 con  
il sistema antisismico Siniat



ANTISISMICA

La sicurezza  
sismica  
per gli interni



## INTRODUZIONE

La pericolosità sismica che caratterizza l'intera penisola italiana, coniugata alla vulnerabilità di un tessuto edilizio strutturalmente inadeguato, costituisce oggi il principale rischio per l'incolumità delle persone, per la salvaguardia di beni materiali e per la continuità delle attività produttive.

Sebbene i terremoti siano fenomeni naturali attualmente imprevedibili è possibile stimare, per una data area e per un certo intervallo di tempo, le probabilità che si verifichino azioni sismiche di una data intensità, e di conseguenza progettare e realizzare edifici in grado di resistere a tali azioni. È questo l'unico modo per proteggere vite umane e beni materiali dai terremoti.

Le statistiche relative ai terremoti occorsi negli ultimi decenni evidenziano la necessità di una progettazione antisismica delle costruzioni nella loro globalità, prendendo in considerazione sia elementi strutturali che non strutturali. Infatti il crollo e il danneggiamento, anche parziale, di questi ultimi possono causare vittime, ferimenti, ostruire vie di fuga e contribuiscono in maniera significativa alle perdite economiche conseguenti un terremoto. Siniat è coinvolta in prima linea nell'attività di ricerca e sperimentazione volta ad analizzare e migliorare il comportamento sismico dei sistemi costruttivi a secco. Grazie ad anni

di collaborazione con l'Università di Napoli Federico II e all'attività svolta presso il proprio centro di ricerca TDC di Avignone, Siniat offre innovative soluzioni antisismiche certificate capaci di sopportare gli eventi sismici di più grande entità senza riportare danneggiamenti.

A seguito di un terremoto l'agibilità e la funzionalità degli edifici sono infatti importanti quanto l'incolumità delle persone. Da queste dipende il numero di sfollati, il disagio della popolazione e i costi sociali per l'assistenza, il tempo di ripresa delle attività produttive, oltre che l'operatività degli ospedali e degli edifici strategici dai quali coordinare l'emergenza.

Danni causati da un terremoto





## ELEMENTI NON STRUTTURALI

Gli elementi costruttivi non strutturali sono quei sistemi e componenti non facenti parte della struttura portante ma che sono ugualmente significativi nel definire la prestazione sismica globale dell'edificio: il collasso o il danneggiamento di un elemento non strutturale costituisce un pericolo per la sicurezza e l'incolumità delle persone, può portare all'interruzione dell'attività e rappresenta una perdita economica alla luce delle necessità di ripristino di quanto danneggiato.

Il comportamento sismico degli elementi non strutturali è ancor più importante negli edifici strategici che devono mantenere la loro operatività durante un sisma e nel periodo immediatamente successivo allo stesso. Studi dedicati mostrano infine che il danneggiamento degli elementi non strutturali costituisce il contributo più significativo alle perdite economiche dovute a un terremoto. L'impatto economico è molto più rilevante se si considerano i beni contenuti nell'edificio e i costi legati al tempo di inattività.

Risulta quindi chiara l'importanza di un'attività di ricerca volta ad analizzare e migliorare il comportamento sismico di tali elementi, al fine non solo di assicurare l'incolumità delle persone ma anche di limitare i danni e consentire il mantenimento della funzionalità dell'edificio a seguito dell'evento sismico.

Danneggiamento e crollo di elementi non strutturali a seguito di un terremoto



# NORMATIVA

La normativa stabilisce che, sotto l'effetto delle azioni sismiche di progetto, la costruzione garantisca il rispetto dei livelli di sicurezza e delle prestazioni relativi agli stati limite ultimi e di esercizio. Tali stati limite sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati Limite di Esercizio (SLE) comprendono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati Limite Ultimi (SLU) comprendono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali.

La normativa prescrive di verificare che la capacità degli elementi costruttivi (strutturali o non) sia maggiore della domanda sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite da considerare.

Nei confronti degli elementi non strutturali la normativa prevede che siano effettuate:

- Verifiche della stabilità degli elementi non strutturali per lo stato limite ultimo SLV, al fine di tutelare la sicurezza degli utenti prevenendo il collasso dell'elemento o l'eventuale espulsione di sue parti;
- Verifiche della rigidezza della struttura portante per gli stati limite d'esercizio SLO o SLD, a seconda della Classe d'Uso, al fine di limitare il danneggiamento degli elementi non strutturali.

## VERIFICHE SLV PER GLI ELEMENTI NON STRUTTURALI

Nei confronti dello stato limite SLV la domanda sismica sugli elementi non strutturali può essere determinata applicando loro una forza orizzontale  $F_a$  definita come:

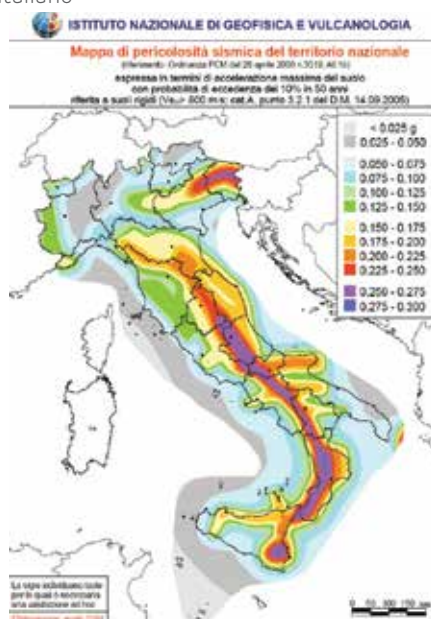
$$F_a = (S_a \cdot W_a) / q_a$$

Dove:

$F_a$  è la forza sismica orizzontale distribuita o agente nel centro di massa dell'elemento non strutturale, nella direzione più sfavorevole;  
 $S_a$  è l'accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento non strutturale subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame;  
 $W_a$  è il peso dell'elemento  
 $q_a$  è il fattore di comportamento dell'elemento

Tuttavia, mentre la domanda sismica sull'elemento non strutturale può essere valutata tramite la formula da normativa sopra riportata, la capacità sismica dell'elemento deve essere definita attraverso test sperimentali, preferibilmente dinamici, e modelli analitici e numerici affidabili e di comprovata validità.

Mapa di pericolosità sismica del territorio italiano



## VERIFICHE SLO E SLD PER GLI ELEMENTI NON STRUTTURALI

Le verifiche degli stati limite SLO e SLD, finalizzate a contenere i danni agli elementi non strutturali per assicurare la funzionalità degli edifici, sono condotte per via indiretta imponendo delle limitazioni alla deformazione della struttura portante. Qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti di interpiano eccessivi, la verifica si ritiene soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto corrispondente allo SLD rispettano i seguenti limiti:

- Per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa:  
 $d_r \leq 0,0050 \cdot h$  – per tamponature fragili  
 $d_r \leq 0,0075 \cdot h$  – per tamponature duttili
- Per tamponature progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano  $d_{rp}$  per effetto della loro deformabilità intrinseca ovvero dei collegamenti alla struttura:  
 $d_r \leq d_{rp} \leq 0,0100 \cdot h$
- Per costruzioni con struttura portante di muratura ordinaria:  
 $d_r \leq 0,0020 \cdot h$
- Per costruzioni con struttura portante di muratura armata:  
 $d_r \leq 0,0030 \cdot h$
- Per costruzioni con struttura portante di muratura confinata:  
 $d_r \leq 0,0025 \cdot h$

Dove:

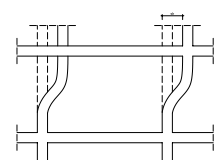
- $d_r$  è lo spostamento di interpiano, ovvero la differenza tra gli spostamenti del solaio superiore e del solaio inferiore
- $h$  è l'altezza del piano.

Per lo SLO gli spostamenti d'interpiano devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti sopra riportati.

In caso di coesistenza di diversi tipi di tamponamento o struttura portante nel medesimo piano della costruzione, deve essere assunto il limite di spostamento più restrittivo.

Qualora gli spostamenti di interpiano siano superiori a  $0,005 h$ , le verifiche della capacità di spostamento degli elementi non strutturali vanno estese a tutti i tamponamenti, alle tramezzature interne ed agli impianti.

Spostamento d'interpiano



## SISTEMI ANTISISMICI SINIAT

La scelta di elementi non strutturali antisismici testati e certificati è una necessità primaria al fine di ridurre i danni a cose e persone e per il contenimento dei costi di ricostruzione e riparazione. Appare evidente l'importanza di una campagna sperimentale volta ad analizzare la capacità sismica degli elementi non strutturali capaci di sopportare i più alti livelli di sollecitazione sismica in accordo con le norme nazionali e internazionali.

Così, dall'inizio del 2010, Siniat ha fortemente voluto ed è riuscita ad ottenere una stretta collaborazione di ricerca con la massima istituzione in questo campo: il Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università di Napoli Federico II, facente parte dell'organizzazione RELUIS (Rete dei Laboratori Universitari d'Ingegneria Sismica).

Oggi Siniat è in grado di proporre soluzioni antisismiche certificate per pareti, contropareti, controsoffitti e tamponamenti esterni a secco che, andando oltre al dettato minimo della normativa attuale, mantengano la loro integrità e non si danneggino neanche in caso di eventi sismici di grande intensità.

Test quasi-statico out-of-plane



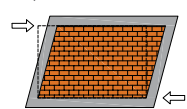
Test quasi-statico in-plane



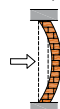
### PARETI

Le pareti sono componenti sensibili alle forze sismiche fuori dal proprio piano causate dalle accelerazioni cui le stesse sono soggette e agli spostamenti nel proprio piano causati dai movimenti relativi tra gli impalcati degli edifici. Per valutare la capacità sismica di una parete occorre quindi analizzare sia il comportamento fuori dal proprio piano (out-of-plane) sia quello all'interno dello stesso (in-plane).

Comportamento in-plane



Comportamento out-of-plane



Le prestazioni sismiche delle pareti sono state determinate in due modi:

1. Test sperimentali su pareti in scala reale mediante prove dinamiche su tavola vibrante e test quasi-statici nel piano e fuori piano.
2. Simulazione del comportamento nel piano di pareti di altezza maggiore di 5,00 m mediante una metodologia di calcolo agli elementi finiti (FEM) unica appositamente sviluppata, validata dall'Università di Napoli Federico II.

Grazie ad un'attività di ricerca indirizzata sia all'analisi del comportamento delle pareti esistenti sia allo sviluppo di soluzioni antisismiche innovative, oggi

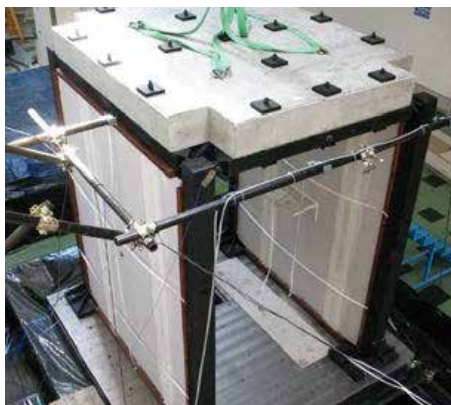
Siniat dispone di due livelli di soluzioni antisismiche che consentono di soddisfare ogni esigenza progettuale:

**Livello 1 – Pareti antisismiche standard:** nessun collasso o espulsione di parti ma la parete può subire danneggiamenti che richiedano la riparazione o l'intera sostituzione della stessa.

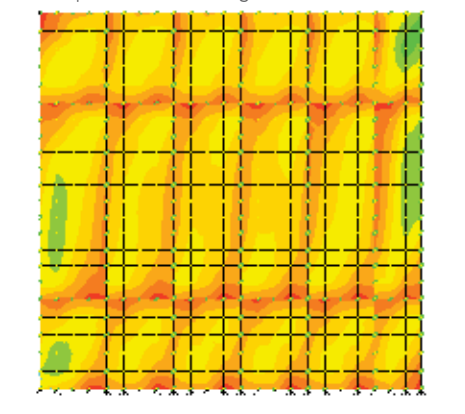
**Livello 2 – Pareti antisismiche innovative:** nessun collasso o espulsione di parti e nessun danno alla parete, oppure lieve danneggiamento facilmente riparabile.

Dall'analisi del comportamento sismico delle pareti a secco esistenti emerge infatti che, se correttamente dimensionate, queste offrono delle ottime garanzie nei confronti della sicurezza delle persone ma possono subire dei danneggiamenti significativi. Siniat ha quindi sviluppato delle pareti antisismiche innovative e brevettate che, grazie ad accorgimenti costruttivi facilmente realizzabili ed economici, assicurano delle eccellenti prestazioni sismiche anche relativamente al contenimento dei danni. Mantenendo la loro integrità senza danneggiarsi o con danni facilmente riparabili, queste soluzioni consentono una riduzione delle perdite economiche e il mantenimento della funzionalità dell'edificio a seguito di un terremoto, requisito fondamentale specialmente per gli edifici strategici (ospedali, caserme...).

Test dinamico su tavola vibrante



Analisi FEM del comportamento in-plane di una parete in cartongesso



## Pareti antisismiche standard

Le pareti antisismiche standard rispondono alla richiesta minima della normativa: la sicurezza delle persone. A seguito del terremoto non si verifica il collasso del sistema o l'espulsione di parti, scongiurando così il ferimento di persone o l'ostruzione delle vie di fuga. Potrebbero tuttavia verificarsi dei danneggiamenti tali da richiedere la riparazione o la sostituzione dell'intero sistema.

Per valutare la capacità sismica delle pareti antisismiche standard in termini di resistenza, rigidità e duttilità sono stati eseguiti dei test quasi-statici out-of-plane e in-plane su differenti tipologie di pareti della gamma Siniat comunemente utilizzate. I test sono stati eseguiti in controllo di spostamento con programma di carico ciclico rappresentativo delle condizioni tipiche dei terremoti registrati in Europa, in accordo con il protocollo FEMA 461:2007 - Interim Testing Protocols for Determining the Seismic Performance 479 Characteristics of Structural and Nonstructural Components. Grazie ad una metodologia di calcolo agli elementi finiti appositamente sviluppata è stato inoltre possibile valutare il comportamento nel piano di pareti di altezza maggiore dei 5,00 m testati.

## Comportamento Out-of-plane

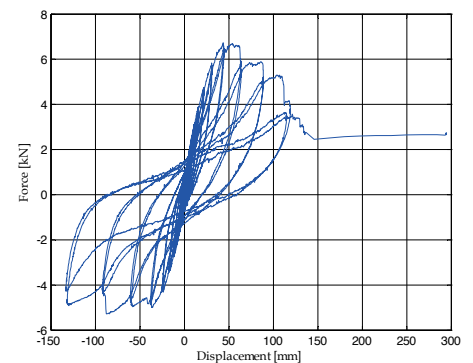
Nel corso dei test sono state osservate progressivamente le seguenti tipologie principali di danno:

- Fessurazione dei giunti orizzontali tra lastre adiacenti;
- Danneggiamento in corrispondenza delle viti di fissaggio delle lastre ai profili metallici;
- Instabilità locale dell'anima e/o delle ali dei montanti;
- Espulsione delle lastre e/o dei montanti dalla guida orizzontale superiore o inferiore a causa dell'eccessiva deformazione dei montanti. Questa tipologia di danno è la causa tipica del collasso dell'intera parete.

### Test out-of-plane - Test report

TEST REPORT	
<p><b>QUASI STATIC TEST FOR THE ASSESSMENT OF THE SEISMIC BEHAVIOUR OF PLASTERBOARD PARTITIONS - OUT OF PLANE TEST NO. 2: 5.00 m high partition, with 600 mm spaced M150-50/6 stud and a double layer of BA13 plasterboards</b></p>	
Client:	<p>Siniat S.A.</p> <p>500 rue Marcel Demouque, Pôle Technologique Agnoparc 84015 Avignon cedex 9- France</p>
Agreement topic:	<p>Seismic qualification of non-structural components in plasterboard</p>
Test activities responsible (prof. eng. G. Magliulo)	<p>Vice-Head of the University (prof. eng. G. Manfredi)</p>

### Test out-of-plane - Cicli di isteresi



### Test out-of-plane - Instabilità locale delle ali dei montanti



### Test out-of-plane - Espulsione delle lastre e dei montanti dalla guida





Nella tabella seguente è riportato il valore di momento resistente,  $M_{b,Rd'}$ , ricavato sperimentalmente e quello calcolato secondo la norma EN 1993-1-3 in funzione del montante

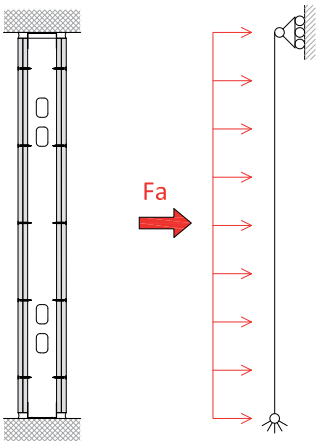
metallico e del numero e tipo di lastre di rivestimento. Osservando i due valori appare evidente che il contributo delle lastre, trascurato dalla normativa, sia in realtà molto importante per la capacità

resistente della parete: la mancanza di evidenze sperimentali certificate costringerebbe ad un significativo sovradimensionamento dell'orditura metallica.

MONTANTI METALLICI		LASTRE		$M_{b,Rd}$ per ogni montante	
Tipo	Dimensioni	Tipo	N° per lato	Test	EN 1993-1-3
M75 std	47-74-50 mm sp. 0,6 mm	PregyPlac BA13	1	0,62 kNm	0,31 kNm
M75 std	47-74-50 mm sp. 0,6 mm	PregyPlac BA13	2	0,75 kNm	0,31 kNm
M100 std	47-99-50 mm sp. 0,6 mm	PregyPlac BA13	2	1,13 kNm	0,43 kNm
M100 std	47-99-50 mm sp. 0,6 mm	PregyPlac BA18	2	1,75 kNm	0,43 kNm
M150 std	47-149-50 mm sp. 0,6 mm	PregyPlac BA13	2	1,91 kNm	0,76 kNm

Per la verifica fuori piano, richiesta dalla normativa per lo SLV, occorre definire il passo dei montanti (30, 40 o 60 cm) e la loro configurazione (singoli o accoppiati dorso-dorso) affinché il momento agente su ciascun montante (domanda sismica) sia inferiore a quello resistente,  $M_{b,Rd'}$ , riportato in tabella (capacità sismica). Il momento agente su ogni montante è calcolato considerando uno schema statico di trave su due appoggi soggetta alla forza sismica orizzontale  $F_a$

Schema statico per la verifica out-of-plane





Comportamento In-plane

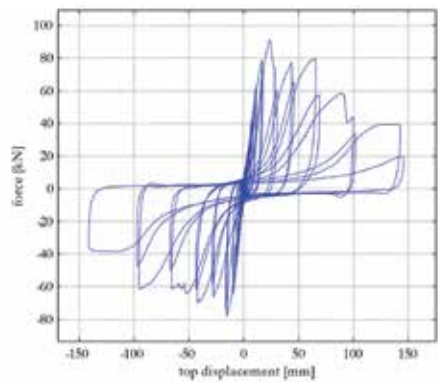
I test nel piano, eseguiti su pareti sia in singola sia in doppia orditura metallica sfalsata, evidenziano un danneggiamento che si sviluppa all'aumentare dello spostamento d'interpiano e che si può schematizzare con le seguenti tre fasi progressive, rappresentative del raggiungimento degli stati limite SLO, SLD e SLV:

STATO LIMITE	EFFETTO DEL DANNO	DANNI OSSERVATI
SLO	Necessari piccoli interventi di riparazione per ripristinare le condizioni originarie	<ul style="list-style-type: none"><li>- Fessurazione lungo il perimetro (a)</li><li>- Lieve fessurazione (&lt; 30 cm) dei giunti tra le lastre (b)</li></ul>
SLD	La parete è danneggiata e richiede la riparazione o sostituzione di alcune parti	<ul style="list-style-type: none"><li>- Aumento della fessurazione (&gt; 30 cm) dei giunti e rotture locali delle lastre (es. rottura degli angoli)</li><li>- Crisi delle connessioni delle lastre alla struttura metallica (c)</li><li>- Deformazione locale di montanti e guide</li></ul>
SLV	Collasso della parete o di una parte di essa con conseguente rischio per la sicurezza. Necessaria la totale sostituzione della parete	<ul style="list-style-type: none"><li>- Collasso fuori dal piano a causa dell'instabilità locale di uno o più montanti (d, e)</li><li>- Instabilità globale della parete</li></ul>

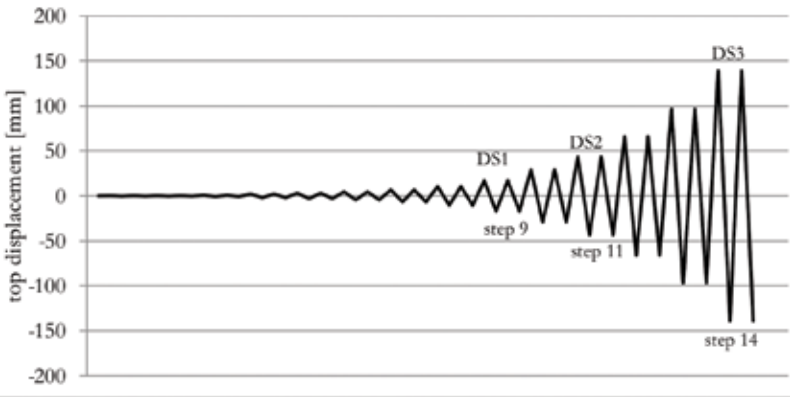
Test in-plane - Progressione del danneggiamento



Test in-plane - Cicli di isteresi



Test in-plane - Correlazione tra stato di danneggiamento e spostamento



Nella tabella seguente sono riportati i valori di drift d'interpiano in corrispondenza dei quali sono raggiunti gli stati di danno corrispondenti agli stati limite SLO, SLD e SLV per alcune delle configurazioni di pareti Siniat testate.

MONTANTI METALLICI			LASTRE		DRIFT		
Tipo	Interasse	Singolo / Dorso dorso	Tipo	N° per lato	SLO	SLD	SLV
M100 std	400 mm	Dorso dorso	PregyPlac BA18	2	3,2 ‰	11,5 ‰	16,1 ‰
M150 std	600 mm	Singoli	PregyPlac BA13	2	1,6 ‰	9,1 ‰	29,2 ‰
M150 std	600 mm	Dorso dorso	PregyPlac BA13	2	3,4 ‰	8,7 ‰	27,8 ‰

Dai test risulta che le pareti antisismiche standard sopportano drift d'interpiano maggiori del limite minimo del 5 ‰ previsto dalla corrente normativa (paragrafo 7.3.7.2 - D.M. 14 Gennaio 2008) senza riportare danneggiamenti significativi. Sono inoltre in grado di resistere a spostamenti

d'interpiano nettamente maggiori senza collassare, preservando così l'incolumità delle persone. Tuttavia, in corrispondenza di tali valori di drift, subiscono dei danneggiamenti tali da richiedere degli interventi di riparazione.

Danneggiamento di pareti in cartongesso standard (prive di dispositivi di scorrimento) a seguito di un terremoto



### Pareti innovative – $h < 5,00$ m

Per pareti di altezza fino a 5,00 m è stato sviluppato e validato dall'Università di Napoli Federico II un giunto di scorrimento specifico da prevedere attorno alla parete per consentire lo scorrimento relativo tra la parete e la struttura dell'edificio. Durante un terremoto la struttura dell'edificio si muove ma il movimento non è trasferito alla parete, prevenendo il danneggiamento della stessa.

Le pareti sono state testate con prove dinamiche su tavola vibrante

bidirezionale per verificare il loro effettivo comportamento quando sottoposte ad accelerazioni e movimenti combinati nel piano e fuori piano, oltre che tramite prove quasi-statiche della stessa tipologia impiegata per le soluzioni del primo livello.

Per l'esecuzione delle prove su tavola vibrante sono stati adottati degli accelerogrammi definiti in accordo con il protocollo americano AC156 ed un telaio di prova appositamente progettato per simulare il comportamento del generico piano dell'edificio su cui è installata la parete. Sono state testate due pareti composte da un'orditura metallica con

montanti da 75 mm rivestita su entrambi i lati da un doppio strato di lastre si spessore 12,5 mm/cad. Lo strato interno è composto da lastre LaDura Plus BA13, ad alte prestazioni e che consentono la sospensione diretta di carichi pesanti, mentre lo strato a vista è realizzato con lastre in cartongesso standard PregyPlac BA13. Su una delle due pareti, direttamente sulle lastre, è stata infine appesa una mensola con carico di 30 kg.

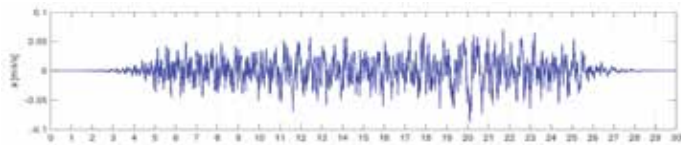
Pareti testate su tavola vibrante



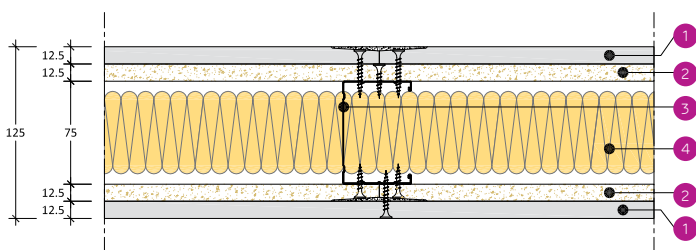
Mensola caricata con 30 kg



Esempio di accelerogramma di input per i test su tavola vibrante



Sezione orizzontale del sistema



- ① Lastre PregyPlac BA13
- ② Lastre LaDura Plus BA13
- ③ Montanti M75
- ④ Lana minerale

Tasselli metallici a espansione per il fissaggio di carichi sospesi



I test ciclici dinamici eseguiti mostrano l'eccellente comportamento sismico delle pareti Siniat con danneggiamenti limitati quando sottoposte ad accelerazioni di circa 2g (rappresentative di accelerazioni al suolo  $a_g = 0,4 \text{ g}$ ) e drift d'interpiano di 1,08 %.

I risultati evidenziano inoltre che le pareti testate non contribuiscono alla rigidità della struttura. Per questo motivo possono essere classificate come elementi non strutturali che non interferiscono con la deformabilità della struttura in accordo con le NTC e con l'Eurocodice 8. Questo consente di progettare strutture molto più flessibili ed economiche, che soddisfino la relazione  $d_r \leq 0,010 \cdot h$ .

Test su tavola vibrante -  
Test report pareti in cartongesso



La guida a soffitto con sezione e ala maggiorata

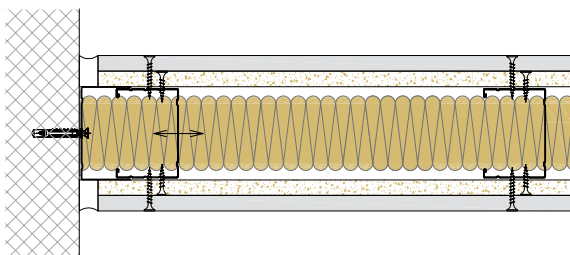


### Dettagli costruttivi

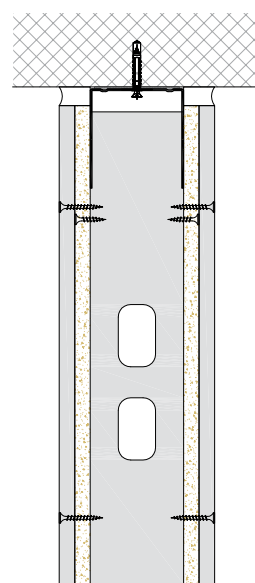
Le pareti antisismiche di altezza inferiore a 5,00 m sono realizzate con componenti usuali ma prevedono delle varianti di posa necessarie ad assicurare il buon comportamento del sistema in caso di sisma:

1. Impiego a soffitto di guide di maggior spessore (10/10) con ali da 80 mm;
2. Realizzazione di giunti telescopici scorrevoli lungo i due estremi verticali della parete composti da guide verticali tagliate a 10 cm dal pavimento e dal soffitto, vincolate alla struttura dell'edificio, e montanti verticali inseriti al loro interno e liberi di scorrere;
3. Avvitatura delle lastre solo ai montanti e non alle guide;
4. Mantenimento di un distacco delle lastre dalla struttura pari ad almeno 0,5 % dell'altezza della parete da riempire con sigillante acrilico.

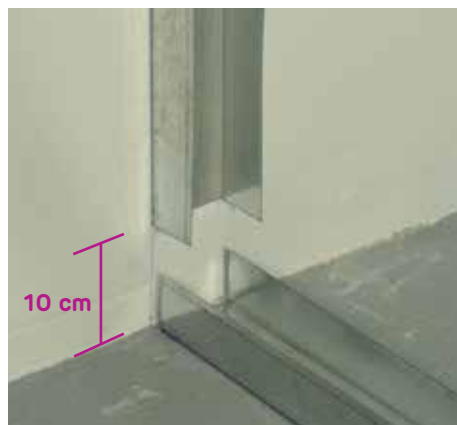
Giunto telescopico laterale



Giunto telescopico a soffitto



Taglio della guida laterale a 10 cm dal pavimento



Giunto telescopico con montante libero di scorrere nella guida laterale

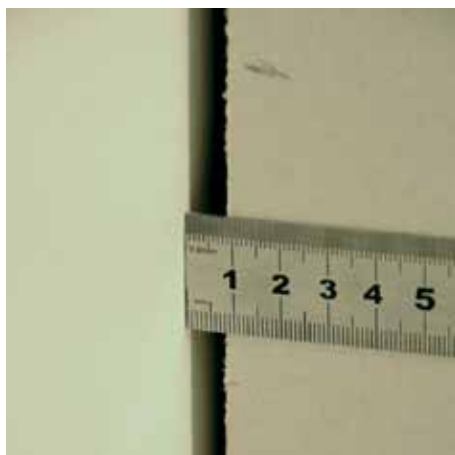


Giunto telescopico a soffitto con guida superiore maggiorata





Distacco delle lastre dalla struttura lungo il perimetro



Avvitatura delle lastre solo sui montanti



Sigillatura dei giunti perimetrali con mastice acrilico verniciabile

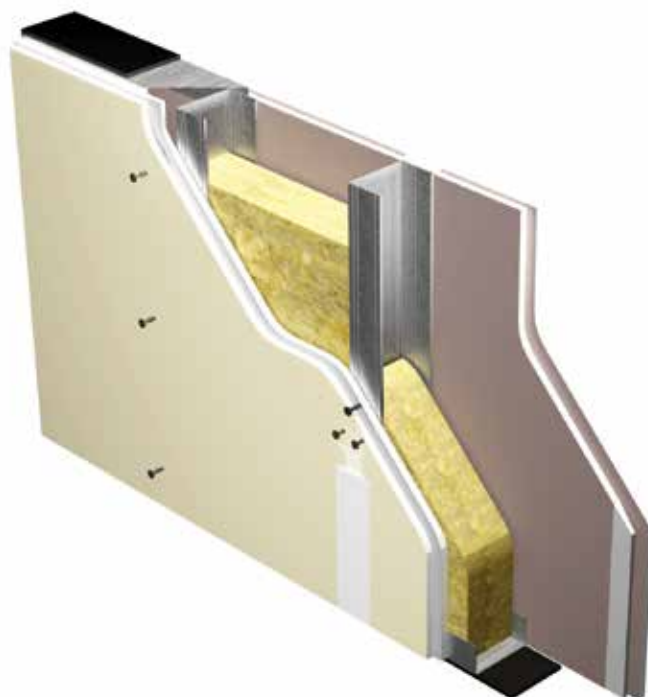


Il sistema antisismico con giunti scorrevoli è compatibile sia con soluzioni ad alte prestazioni acustiche sia con soluzioni antincendio, prevedendo nel secondo caso l'utilizzo di sigillante acrilico antincendio per assicurare la prestazione di resistenza al fuoco.

### Voce di Capitolato

Parete antisismica di spessore 125 mm costituita da:

- Orditura metallica con profili PregyMetal in acciaio zincato, conformi alla norma UNI EN 14195, costituita da:
  - Guide orizzontali a "U", superiori di dimensioni 80-75-80 mm e spessore 10/10 mm, inferiori di dimensioni 40-75-40 mm e spessore 6/10 mm, fissate rispettivamente a soffitto e pavimento a interasse 250 mm;
  - Montanti verticali a "C" di dimensioni 47-74-50 mm e spessore 6/10 mm, singoli, posti ad interasse di 60 cm, tagliati a 20 mm dal soffitto e inseriti alle estremità nelle guide orizzontali sopra descritte;
  - Giunti telescopici scorrevoli lungo i due estremi verticali della parete con l'impiego di guide verticali a "U" di dimensioni 40-75-40 mm e spessore 6/10 mm tagliate a 10 cm dal pavimento e dal soffitto, vincolate alla struttura dell'edificio, e montanti verticali "C" di dimensioni 47-74-50 mm e spessore 6/10 mm inseriti al loro interno e liberi di scorrere;
- Banda in polietilene monoadesivo applicata dietro ogni guida per limitare i ponti acustici;
- Rivestimento costituito su ciascun lato da n° 1 strato di lastre LaDura Plus BA13 di spessore 12,5 mm (1° strato – adiacente all'orditura) + n° 1 strato di lastre PregyPlac BA13 di spessore 12,5 mm (2° strato – a vista), conformi alla norma EN 520, avvitate sull'orditura metallica rispettivamente con viti LaDura/25 e SNT/35, poste ad interasse 300 mm e solo sui montanti;
- I giunti saranno trattati con banda di rinforzo e stucco della gamma Pregy, secondo le indicazioni di posa Siniat. Le teste delle viti saranno trattate con stucco Pregy.
- Nel caso di richiesta di prestazioni di fonoisolamento o isolamento termico prevedere l'inserimento in intercapedine di materassino isolante in lana minerale;



### SPECIFICHE TECNICHE

ALTEZZA LIMITE	5,00 m
PESO DELLA PARETE	45 daN/m <sup>2</sup>
POTERE FONOISOLANTE	Rw = 57 dB – Test interno TDC – Siniat
REAZIONE AL FUOCO	A2-s1,d0
CERTIFICAZIONE ANTISISMICA	DIST n° 2010078 - 02

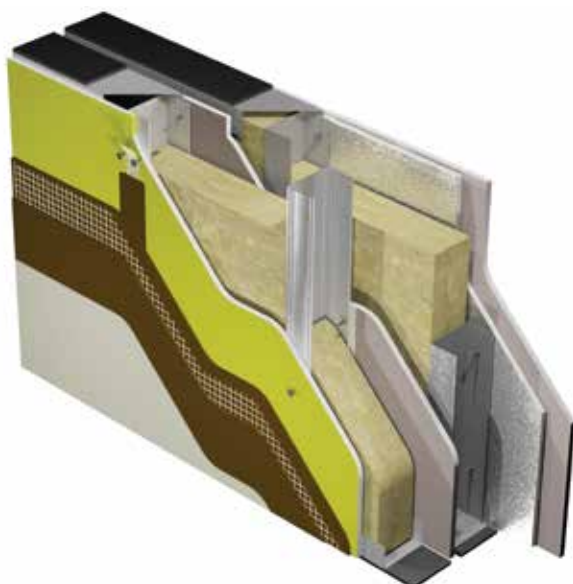
Incidenze medie a m<sup>2</sup> per parete di altezza 3,00 m (sfrido 5%)

PRODOTTI	QUANTITÀ
Lastre PregyPlac BA13	2,1 m <sup>2</sup>
Lastre LaDura Plus BA13	2,1 m <sup>2</sup>
Guida ad "U" 47-75-40 mm acciaio 6/10 di mm	0,35 m
Guida ad "U" 80-75-80 mm acciaio 10/10 di mm	0,35 m
Montanti ad "C" 47-74-50 mm acciaio 6/10 di mm	1,75 m
Viti LaDura/25	6 U
Viti SNT/35	25 U
Stucco per giunti (P25; P35; E6.0)	0,7 Kg
Banda per giunti	3 m
Lana minerale	1,05 m <sup>2</sup>

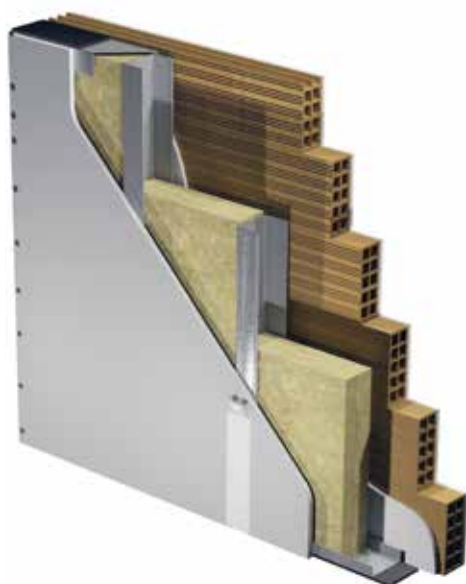
## ESTENSIONI del certificato DIST n° 2010078 - 02

In riferimento alla certificazione antisismica di pareti con giunti telescopici scorrevoli DIST n° 2010078-02 sono state rilasciate le seguenti estensioni:

- 1) Aumento dell'altezza della parete fino a 5,00 m
- 2) Estensione per contropareti autoportanti (non vincolate alla muratura)
- 3) Estensione a tamponature esterne a secco.



Test su tavola vibrante -  
Estensione dei risultati a tamponature  
esterne a secco



Test su tavola vibrante -  
Estensione dei risultati a contropareti



### Pareti innovative – $h > 5,00$ m

Per pareti di altezza maggiore di 5,00 m è stato sviluppato uno specifico accessorio brevettato chiamato "fusibile" da utilizzare in abbinamento al "sistema scorrevole" descritto in precedenza per assicurare le prestazioni sismiche del sistema.

Il concetto alla base del sistema è che in caso di terremoto la parete si danneggi solo in alcune parti limitate (i quattro angoli), prevenendo in questo modo il danneggiamento dell'intera parete e il suo collasso.

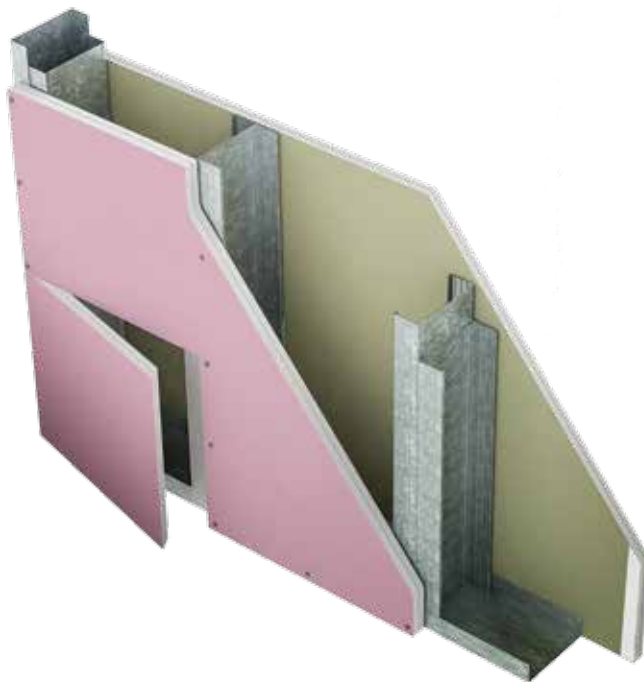
Fusibile e giunto telescopico



Durante l'evento sismico la struttura si muove e l'accessorio, montato nei quattro angoli della parete, favorisce il danneggiamento localizzato e controllato del rivestimento in corrispondenza degli angoli impedendo che la sollecitazione meccanica si trasferisca all'intera parete. A seguito del terremoto, solo gli angoli devono essere riparati, riducendo sensibilmente i tempi e i costi di ripristino e prevenendo l'interruzione delle attività commerciali.

L'eccellente comportamento del sistema è dimostrato mediante test sperimentali eseguiti presso l'Università di Napoli Federico II e presso il TDC di Avignone su pareti con rivestimento sia in singolo sia in doppio strato di lastre per lato.

Il sistema antisismico per pareti a grande altezza è inoltre compatibile con la prestazione di resistenza al fuoco delle pareti.





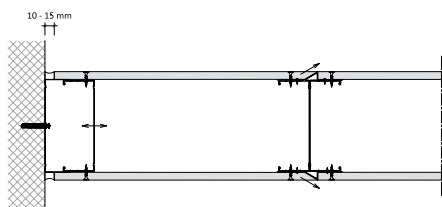
### Dettagli costruttivi

1. Per consentire il corretto funzionamento del sistema è necessario rispettare i dettagli e le indicazioni in seguito riportate:
2. L'altezza del fusibile deve essere pari a 0,2 volte l'altezza della parete;
3. L'accessorio deve essere installato ai quattro angoli della parete, su entrambe le facce e in corrispondenza del primo montante;
4. Degli spezzoni di lastra della stessa tipologia e numero di quelle usate per la parete sono fissate in corrispondenza dei fusibili;
5. Giunti telescopici scorrevoli devono essere realizzati attorno alla parete.

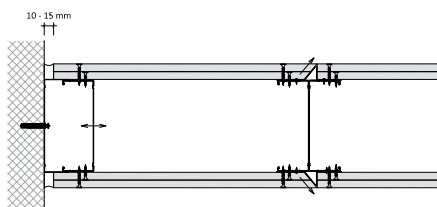
Fusibile



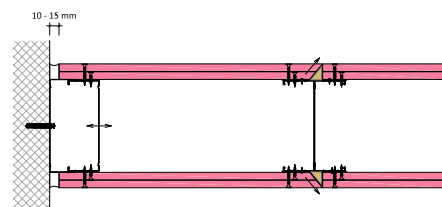
Schema di montaggio fusibile e giunto telescopico - singola lastra



Schema di montaggio fusibile e giunto telescopico - doppia lastra



Parete EI 120 antisismica a grande altezza



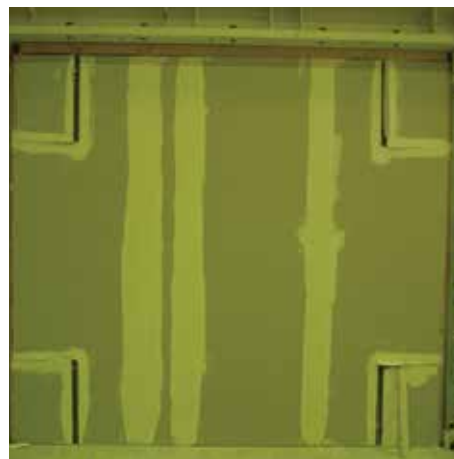
Test in-plane - Parete prima della prova



Inizio del danneggiamento del rivestimento in corrispondenza del fusibile



Test in-plane - Danneggiamento localizzato e controllato degli angoli al termine della prova



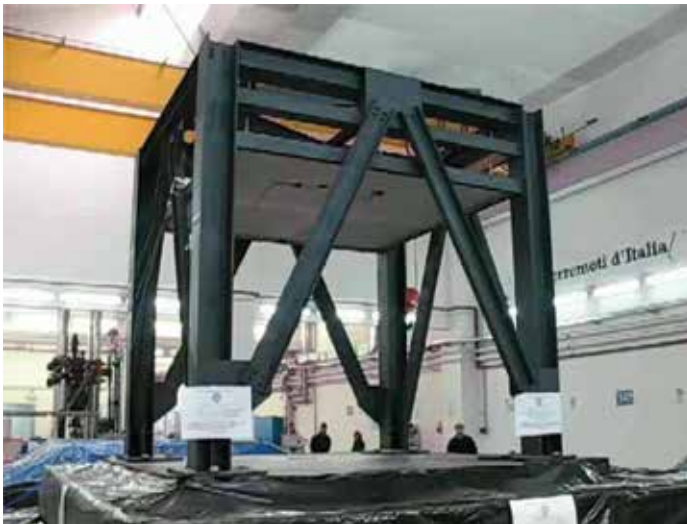
## CONTROSOFFITTI

I controsoffitti sono elementi costruttivi che in condizioni di esercizio sono sottoposti esclusivamente ad azioni fuori dal loro piano, in direzione verticale, dovute al peso proprio e a pressioni o depressioni dell'ambiente in cui sono installati. Sono quindi dimensionati per garantire la stabilità nei confronti delle azioni verticali e sia i pendini sia le eventuali connessioni tra i profili metallici

sono testati e caratterizzati in termini di resistenza solo nei confronti delle azioni agenti nel piano ortogonale al controsoffitto in conformità alla norma armonizzata EN 13964. Risulta evidente la difficoltà, se non addirittura l'impossibilità, di valutare il comportamento dei controsoffitti in presenza di azione sismica agente in direzione orizzontale, senza effettuare delle prove sperimentali. Due tipologie di controsoffitto Siniat, a singola orditura

(CSO) e a doppia orditura (CDO), sono quindi state testate con prove dinamiche su tavola vibrante, eseguite in conformità al protocollo americano AC156 adottando un telaio di prova appositamente progettato per riprodurre le condizioni di un controsoffitto installato ad un piano generico di un edificio.

Test su tavola vibrante - Controsoffitto a doppia orditura (CDO)



Test su tavola vibrante - Controsoffitto a singola orditura (CSO)



Test su tavola vibrante - Test report controsoffitti

I test eseguiti mostrano l'eccellente comportamento sismico di entrambe le tipologie di controsoffitto che non hanno subito alcun danno neanche per il livello d'intensità massima adottato, corrispondente ad un'accelerazione al suolo  $a_g = 0,6$  g e durante il quale è stata registrata un'accelerazione del controsoffitto di 2,40 g. L'ottimo comportamento mostrato e le alte accelerazioni impiegate nel test consentono di estendere i risultati per qualsiasi zona sismica del mondo e anche a varianti più pesanti della stessa tipologia di controsoffitti.



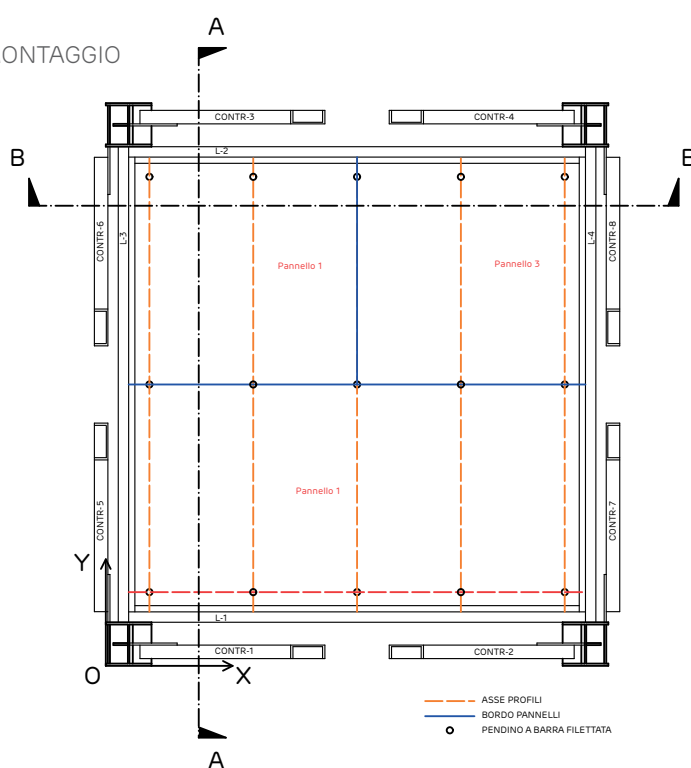
### CSO: Controsoffitti a semplice orditura

I controsoffitti a semplice orditura (CSO) testati sono costituiti da guide perimetrali e profili S4927 posti a interasse di 50 cm, sospesi attraverso attacchi semplici e barre filettate con un abbassamento (plenum) di 20 cm. Ai profili e alle guide perimetrali sono avvitate lastre PregyPlac BA13 di spessore 12,5 mm.

Installazione nel telaio di prova



SCHEMA DI MONTAGGIO

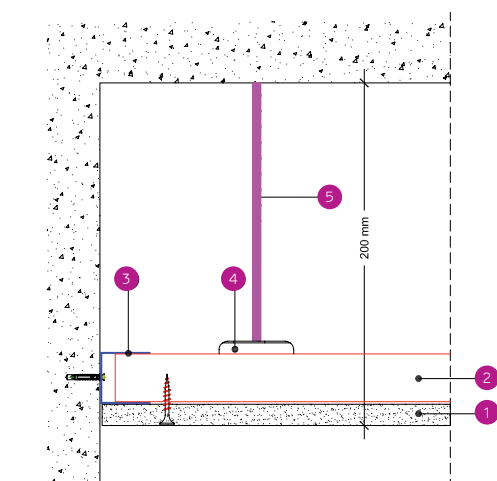


Pendinatura: attacco semplice con barra filettata e tassello metallico

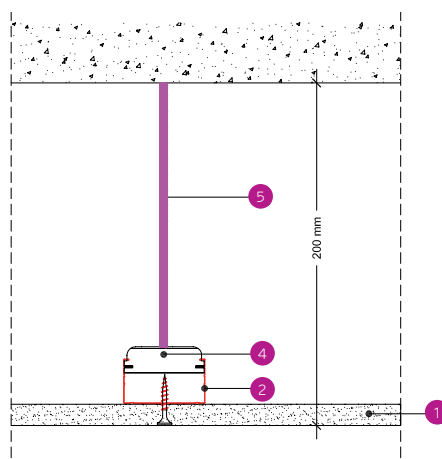


### SEZIONI

Sezione A-A



Sezione B-B



- 1 Lastra PregyPlac BA13
- 2 Profilo S4927
- 3 Profilo perimetrale
- 4 Attacco semplice per S4927
- 5 Barra filettata

### Voce di Capitolato

Controsoffitto continuo antisismico a semplice orditura costituito da:

- Singola orditura metallica con profili PregyMetal in acciaio zincato, conformi alla norma UNI EN 14195, composta da:
  - Guide perimetrali a "U" di dimensioni 28-28-28 mm e spessore 6/10 mm;
  - Profili longitudinali a "C" S4927 di dimensioni 27-48-27 mm e spessore 6/10 mm, posti a interasse di 50 cm, inseriti alle estremità nelle guide sopra descritte e sospesi tramite elementi di fissaggio ad incastro del tipo attacco semplice per S4927 con barra filettata 6, marcati CE e conformi alla norma UNI EN 13964, posti a interasse di 100 cm;
- Rivestimento in cartongesso costituito da n° 1 strato di lastre PregyPlac BA13, di spessore 12,5 mm, conformi alla norma EN 520, a bordi assottigliati (BA), avvitate ai profili longitudinali e alle guide perimetrali con viti fosfatate autofilettanti SNT/25 poste ad interasse 25 cm;
- I giunti saranno trattati con banda di rinforzo e stucco della gamma Pregy, secondo le indicazioni di posa Siniat. Le teste delle viti saranno trattate con stucco Pregy.
- Nel caso di richiesta di prestazioni di fonoisolamento o isolamento termico prevedere l'inserimento in intercapedine di materassino isolante in lana minerale;



### SPECIFICHE TECNICHE

PESO DEL CONTROSOFFITTO	11,60 daN/m <sup>2</sup>
PLENUM	200 mm
REAZIONE AL FUOCO	A2-s1,d0
CERTIFICAZIONE ANTISISMICA	DIST n° 2010078 - 01

Incidenze medie a m<sup>2</sup> (sfido 5%)

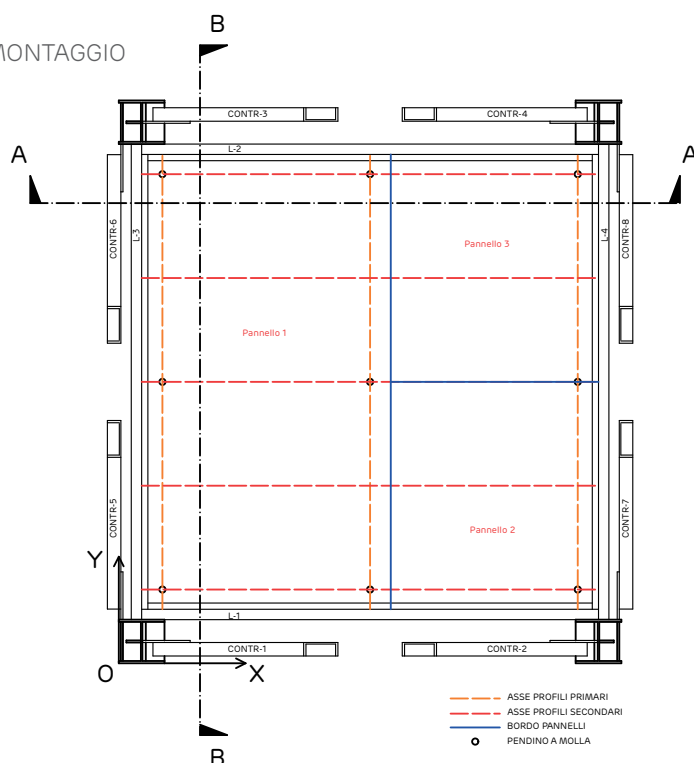
PRODOTTI	QUANTITÀ
Lastre PregyPlac BA13	1,05 m <sup>2</sup>
Profili S4927	2,1 m
Attacchi semplici + barre filettate	2,1 U
Guida perimetrale 28-28-28 mm	Variabile
Viti SNT/25	12 U
Stucco per giunti (P25; P35; E6.0)	0,35 Kg
Banda per giunti	1,6 m



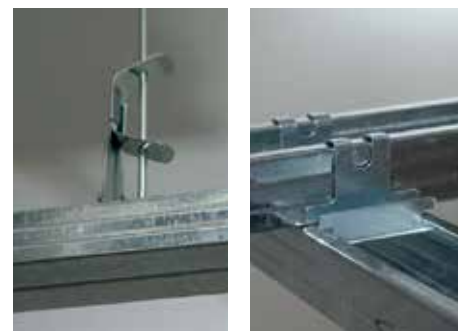
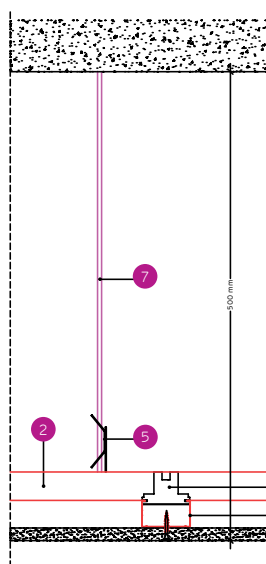
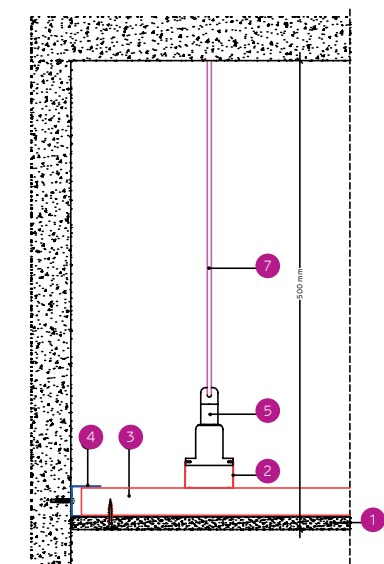
**CDO: Controsoffitti a doppia orditura**

I controsoffitti a doppia orditura (CDO) testati sono costituiti da guide perimetrali e profili S4927, posti a interasse di 100 cm per l'orditura primaria e di 50 cm per la secondaria, con un plenum di 50 cm.

I profili primari sono sospesi attraverso pendini a molla con barra ad occhiello, mentre i secondari sono vincolati ai primari tramite pendini d'unione. Ai profili secondari e alle guide perimetrali sono avvitate lastre PregyPlac BA13 di spessore 12,5 mm.

**SCHEMA DI MONTAGGIO**

Pendinaggio: pendino a molla con barra ad occhiello per il profilo primario e pendini d'unione per il secondario

**SEZIONI****Sezione A-A****Sezione B-B**

- 1 Lastra PregyPlac BA13
- 2 Profilo primario S4927
- 3 Profilo secondario S4927
- 4 Guida perimetrale
- 5 Pendino a molla
- 6 Pendino d'unione
- 7 Barra ad occhiello

### Voce di Capitolato

Controsoffitto continuo antisismico a semplice orditura costituito da:

- Doppia orditura metallica con profili PregyMetal in acciaio zincato, conformi alla norma UNI EN 14195, composta da:
  - Guide perimetrali a "U" di dimensioni 28-28-28 mm e spessore 6/10 mm;
  - Profili primari a "C" S4927 di dimensioni 27-48-27 mm e spessore 6/10 mm, posti a interasse di 100 cm, appoggiati alle estremità sull'ala superiore delle guide perimetrali sopra descritte e sospesi tramite pendini a molla per S4927 con barra ad occhiello 4, marcati CE e conformi alla norma UNI EN 13964, posti a interasse di 100 cm;
  - Profili secondari a "C" S4927 di dimensioni 27-48-27 mm e spessore 6/10 mm, inseriti alle estremità nelle guide perimetrali sopra descritte, posti a interasse di 50 cm perpendicolarmente ai profili primari e ad essi vincolati tramite elementi di aggancio ad incastro del tipo pendino d'unione per S4927 (2 pendini ad ogni intersezione), marcati CE e conformi alla UNI EN 13964;
- Rivestimento in cartongesso costituito da n° 1 strato di lastre PregyPlac BA13, di spessore 12,5 mm, conformi alla norma EN 520, a bordi assottigliati (BA), avvitate ai profili longitudinali e alle guide perimetrali con viti fosfatate autofilettanti SNT/25 poste ad interasse 25 cm;
- I giunti saranno trattati con banda di rinforzo e stucco della gamma Pregy, secondo le indicazioni di posa Siniat. Le teste delle viti saranno trattate con stucco Pregy.
- Nel caso di richiesta di prestazioni di fonoisolamento o isolamento termico prevedere l'inserimento in intercapedine di materassino isolante in lana minerale;



### SPECIFICHE TECNICHE

PESO DEL CONTROSOFFITTO	13,70 daN/m <sup>2</sup>
PLENUM	500 mm
REAZIONE AL FUOCO	A2-s1,d0
CERTIFICAZIONE ANTISISMICA	DIST n° 2010078 - 01

Quantitativi medi per m<sup>2</sup> (+ 5% di sfrido)

PRODOTTI	QUANTITÀ
Lastre PregyPlac BA13	1,05 m <sup>2</sup>
Profili S4927	3,20 m
Pendini a molla + barre ad occhiello	1,05 U
Pendini d'unione	4,20 U
Guida perimetrale 28-28-28 mm	Variabile
Viti SNT/25	12 U
Stucco per giunti (P25; P35; E6.0)	0,35 Kg
Banda per giunti	1,6 m

ESTENSIONI del certificato DIST n° 2010078 - 01

In riferimento alla certificazione antisismica dei controsoffitti DIST n° 2010078-01 sono state rilasciate le seguenti estensioni:

- 1) Possibilità di inclinare il controsoffitto fino a 25°
- 2) Uso di differenti tipologie di lastre della gamma Siniat.

## CONFRONTO CON MURATURA TRADIZIONALE

I recenti terremoti hanno confermato che, anche quando la struttura portante è correttamente progettata per resistere alle azioni sismiche, le tramezze interne e i tamponamenti esterni in muratura possono subire danneggiamenti, crolli o espulsioni di parti tali da compromettere la sicurezza

delle persone e l'agibilità degli edifici. La maggior parte degli edifici evacuati e dichiarati inagibili presenta infatti elementi strutturali non danneggiati a fronte di elementi non strutturali moderatamente e severamente danneggiati.

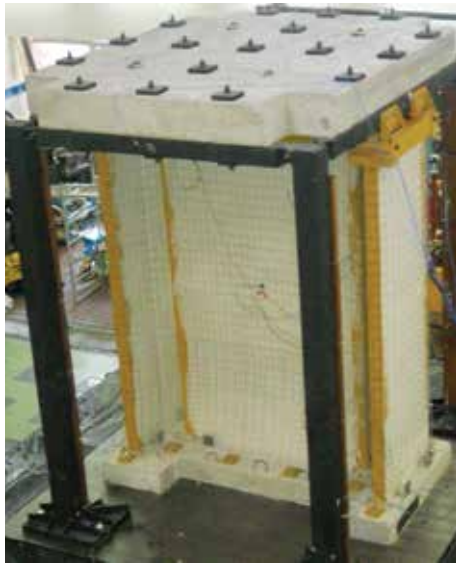
Danni subiti da pareti in muratura a seguito di un terremoto



Nel quadro dello studio condotto da Siniat con il Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università di Napoli Federico II si sono effettuati

anche test di confronto congiunti per esaminare il comportamento di una parete tradizionale in forati rispetto a una parete in cartongesso antisismica.

Pareti in forati testate su tavola vibrante



Test su tavola vibrante - Test report pareti in forati



In tabella seguente è riportato un confronto tra i drift d'interpiano in corrispondenza dei quali è stato osservato il raggiungimento dei tre stati di danneggiamento SLO, SLD e SLV.

	DRIFT		
	SLO	SLD	SLV
Parete antisismica innovativa - h < 5,00 m	10,8 ‰	> 30 ‰	> 30 ‰
Parete antisismica innovativa - h > 5,00 m	3,3 ‰	9,6 ‰	> 30 ‰
Muratura tradizionale	2,1 ‰	3,4 ‰	9,7 ‰

Durante i test su tavola vibrante le pareti in forati hanno esibito fenomeni di fessurazione diffusa già per sollecitazioni rappresentative di accelerazioni al suolo di 0.1 - 0.2 g. Per sollecitazioni maggiori, rappresentative di accelerazioni al suolo di 0.3 - 0.6 g, la partizione in laterizio ha esibito forti danneggiamenti, con

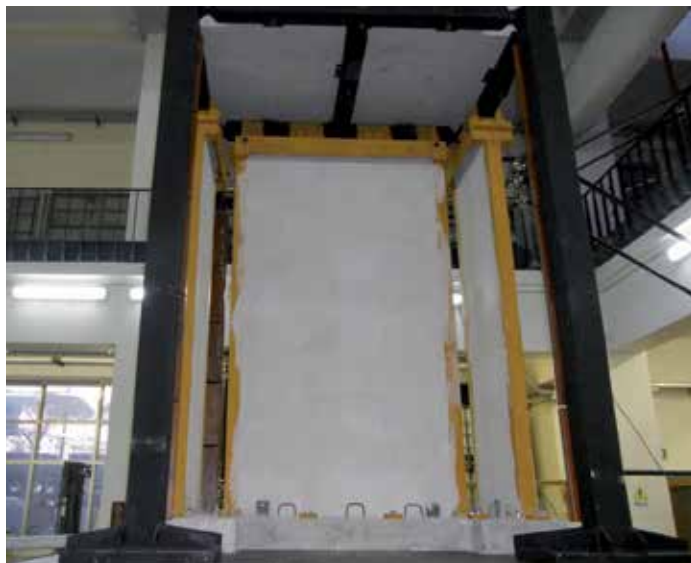
espulsione di laterizi e calcinacci, fino al crollo completo.

I test eseguiti mostrano quindi che le pareti antisismiche innovative sono in grado di sopportare livelli di accelerazioni e di drift d'interpiano nettamente maggiori senza subire danneggiamenti

mentre nelle stesse condizioni le pareti in muratura collassano totalmente: per valori di drift pari a circa 9.7 ‰ si ha il collasso della muratura tradizionale mentre le pareti antisismiche non sono ancora danneggiate.



Pareti in forati testate su tavola vibrante - Prima della prova



Pareti in forati testate su tavola vibrante - Al termine della prova



I sistemi antisismici certificati di Siniat, oltre ad assicurare l'assenza di collassi fragili e prematuri e la possibile espulsione in accordo con il punto 7.3.6.3 del D.M. 14 Gennaio 2008, consentono di mantenere l'agibilità e la funzionalità degli edifici a seguito del terremoto, fondamentali per gli edifici strategici ed essenziali per limitare il numero di sfollati e velocizzare la ripresa delle attività produttive.

Grazie al loro minor peso, pari a circa  $1/3$  di quello delle pareti tradizionali, le pareti in cartongesso e l'edificio nel suo complesso risultano inoltre sottoposti a forze sismiche di minor entità. Questo aspetto, unito alla capacità dei sistemi antisismici Siniat di sopportare elevati valori di drift d'interpiano senza danneggiarsi, permette quindi di progettare strutture portanti più flessibili ed economiche.

## SINIAT A SUPPORTO DEL PROFESSIONISTA



La Divisione Tecnica di Siniat è la referente di Professionisti e Imprese poiché non solo è in grado di poter fornire consulenze nel campo della progettazione antisismica dei propri sistemi in cartongesso, ma è anche in grado di potersi consultare con il Dipartimento Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università di Napoli Federico II, nei casi di progettazioni complesse ed ottenerne soluzioni validate. Siniat è la prima Azienda produttrice di lastre in cartongesso ad essersi impegnata a garantire alti livelli di sicurezza antisismica dei propri sistemi tramite una specifica ricerca, ottenendo validazioni certificate dei propri sistemi per controsoffitti e pareti impiegabili in tutto il mondo.





# SICUREZZA ANTISISMICA E ANTISFONDELLAMENTO

Soluzioni a secco certificate.



#### Contatti

ETEX BUILDING PERFORMANCE S.P.A.  
Via Perlasca 14  
27010 Vellezzo Bellini (PV)  
Tel. +39 0382 457 5.75  
Fax +39 0382 4575.250  
[siniat.italia@siniat.com](mailto:siniat.italia@siniat.com)

[www.siniat.it](http://www.siniat.it)