



**RÖFIX**<sup>®</sup>

Sistemi per costruire

[www.roefix.com](http://www.roefix.com)

## Sistema RÖFIX SismaCalce<sup>®</sup>

Protezione antisismica ed efficienza energetica  
Abitare sicuro e sostenibile nel vecchio e nel nuovo

## Impressum

**Editore:** RÖFIX SpA, Via Venosta 70, 39020 Parcines (BZ)

**Progetto grafico:** Martin Schaffler

Copyright by RÖFIX AG: © 2013

I nostri dati sono stati elaborati con estrema cura sulla base delle ricerche e delle esperienze pratiche effettuate, ma non hanno pretesa di esattezza e completezza e non comportano alcuna responsabilità in merito ad ulteriori decisioni.

## Indice

---

04

Sistema RÖFIX SismaCalce

---

14

Prove sperimentali - Test e prove

---

22

RÖFIX SismaCalce Linee guida per l'impiego

---

# Sistema RÖFIX SismaCalce®

Protezione antisismica ed efficienza energetica. Abitare sicuro e sostenibile nel vecchio e nel nuovo.



### **Riqualficazione energetica e protezione antisismica il futuro dell' edilizia**

RÖFIX possiede da decenni un elevato know-how nei sistemi per costruzioni e ha messo in campo le proprie competenze per sviluppare anche in ambito antisismico una soluzione efficiente, proponendo sistemi razionali ed integrati per edifici sicuri e confortevoli.

È assolutamente noto che l'isolamento termico è fondamentale per l'efficienza energetica degli edifici e per ottenere non solo bassi consumi di energia per riscaldamento e raffrescamento ma anche un elevato comfort abitativo.

Anche la sicurezza antisismica è un argomento di estrema attualità nel nostro Paese non solo per le nuove costruzioni che devono rispettare rigorosi requisiti antisismici ma soprattutto per la considerevole quantità di vecchi immobili che necessitano di un adeguamento. È evidente, infatti, che gran parte dei fabbricati esistenti in Italia presentano elevati consumi energetici ma anche debolezze strutturali tali da determinare un alto livello di vulnerabilità sismica. In risposta all'esigenza di avere un'unica soluzione per queste due problematiche, RÖFIX ha sviluppato l'innovativo sistema RÖFIX SismaCalce LIGHT, cioè l'unione combinata di

un rinforzo armato della muratura insieme al sistema di isolamento a cappotto, consentendo di ottenere con estrema semplicità un rinforzo antisismico insieme alla coibentazione termica integrale, con il vantaggio di migliorare due prestazioni fondamentali per un edificio in un unico intervento.

### **RÖFIX – Sistemi per costruire**

Oggi il settore dell'edilizia deve rispondere a una serie di requisiti molto impegnativi, imposti da esigenze sia ecologiche, economiche e di sicurezza. Noi operiamo da oltre cent'anni nello sviluppo di tecnologie edilizie di alta qualità offrendo prodotti e sistemi innovativi in grado di soddisfare i più severi requisiti tecnici, ecologici ed economici.

Con questo riteniamo di dare un impulso rilevante ad una politica attiva nell'interesse dell'edilizia. Anche per il futuro intendiamo continuare ad essere un partner solido sul quale poter fare sempre affidamento.

### **Qualità prodotto, Innovazione ed esperienza**

Gli edifici vengono costruiti per avere una durata nel tempo. Essi spesso rappresentano per gli uomini l'opera di una vita e il riferimento per intere generazioni. Siamo pertanto consapevoli

di avere una grande responsabilità per quanto riguarda la qualità dei prodotti RÖFIX e la loro corretta applicazione, attraverso i nostri partner sui cantieri. Il nostro obiettivo è sempre stato quello di fornire al settore dell'edilizia prodotti e sistemi qualitativamente ed economicamente validi per una edilizia consapevole.

La capacità di sviluppare prodotti e di fornire servizi nel settore dell'edilizia l'abbiamo appresa nel tempo e il successo della nostra azienda è basato su una combinazione equilibrata di innovazione, qualità e pluriennale esperienza.

Affianchiamo i nostri clienti sia nella scelta che nell'applicazione dei prodotti appropriati della nostra vasta gamma di produzione. Con il marchio di qualità degli istituti di certificazione nazionali e internazionali più rinomati vogliamo essere all'altezza della sempre crescente consapevolezza e della domanda dei consumatori di prodotti per una edilizia sostenibile e di qualità.



I terremoti sono movimenti del terreno causati da processi geologici, con effetti talvolta distruttivi. L'Italia presenta una pericolosità sismica elevata, per la frequenza e l'intensità dei fenomeni che si susseguono e soprattutto ha una alta vulnerabilità, per la notevole fragilità del suo patrimonio edilizio. Un patrimonio storico, artistico e monumentale unico al mondo.

## Sisma e vulnerabilità degli edifici esistenti

L'Italia è uno dei Paesi a maggiore rischio sismico del Mediterraneo, per la frequenza dei terremoti che hanno storicamente interessato il suo territorio e per l'intensità che alcuni di essi hanno raggiunto. La sismicità della Penisola italiana è legata alla sua particolare posizione geografica situata nella zona di convergenza tra la zolla africana e quella eurasiatica caratterizzata da una situazione tettonica complessa che genera forti spinte compressive e tensioni che si scaricano sotto forma di terremoti. La microplacca adriatica viene subdotta da est verso ovest sotto l'Appennino, mentre contemporaneamente ha luogo la collisione della placca africana con quella euroasiatica. Il terremoto si manifesta come un rapido e

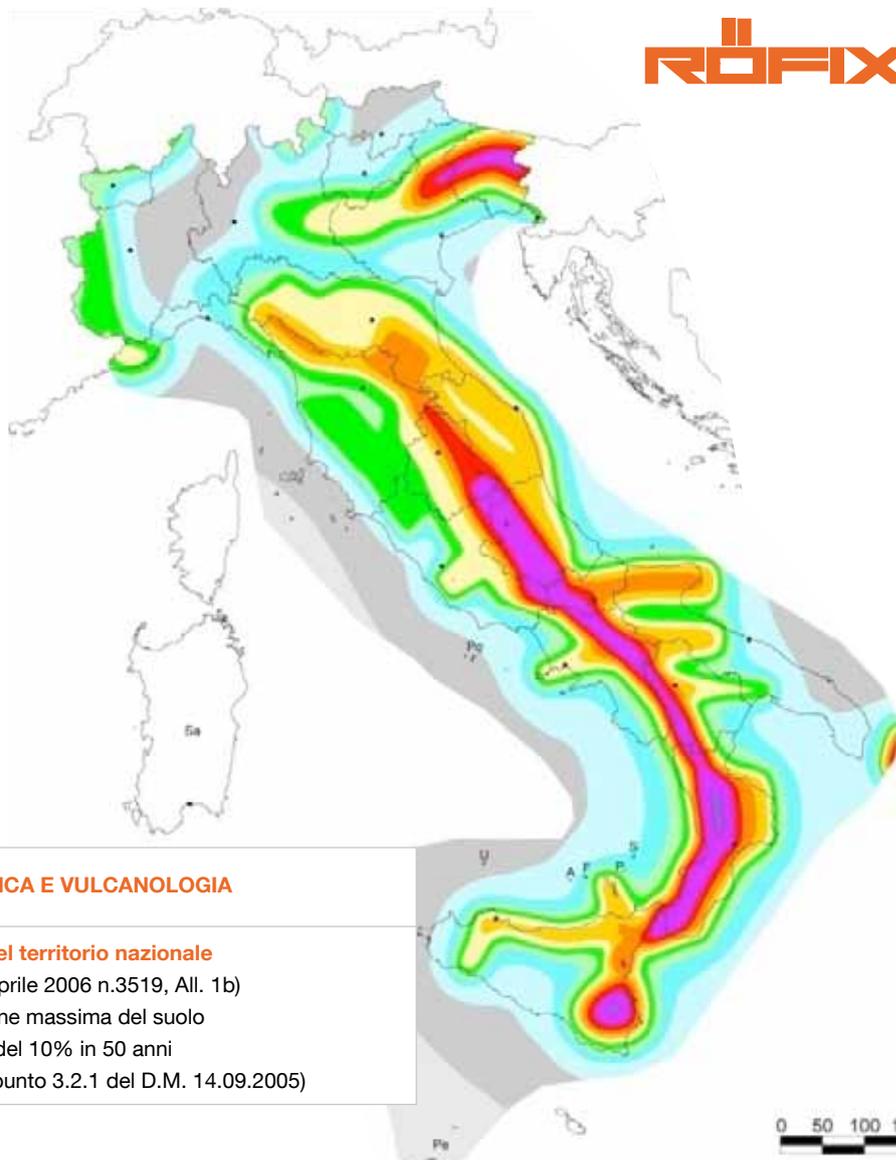
violento scuotimento del terreno e avviene in modo inaspettato, senza preavviso purtroppo con conseguenze spesso drammatiche, in termini di danni materiali, di vittime e popolazione coinvolta.

Le sollecitazioni sismiche determinano delle forti accelerazioni, di breve durata, in direzione sia orizzontale che verticale. E sono proprio le accelerazioni orizzontali nel caso di eventi di forte entità che possono provocare dei cedimenti strutturali degli edifici.

Data l'impossibilità fino ad oggi di prevedere in modo sicuro il momento e l'entità dell'energia liberata dai terremoti, questi hanno continuato a provocare numerose vittime a causa dei danni strutturali delle costruzioni.

Pertanto, per poter garantire un'adeguata tutela contro i terremoti nelle zone sismiche, gli edifici devono essere progettati e costruiti con particolari requisiti antisismici.

Non solo le nuove costruzioni devono essere oggetto di una attenta progettazione ma anche e soprattutto il patrimonio esistente necessita evidentemente di interventi adeguati per il miglioramento dei requisiti minimi di sicurezza.



**ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**

**Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale**  
 (riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All. 1b)  
 espressa in termini di eccelerazione massima del suolo  
 con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni  
 riferita a suoli rigidi (VS30> 800 m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

Classificazione sismica del territorio

## Riqualificazione energetica e antisismica – un investimento conveniente.

Sono oltre 58 milioni gli edifici in Italia, di cui oltre il 70% antecedenti il primo regolamento sull'efficienza energetica nelle nuove costruzioni. Il patrimonio edilizio esistente è particolarmente energivoro ed è indubbio quindi che la vera sfida risiede nella riqualificazione energetica del costruito.

L'intervento primo da eseguire per l'abbattimento dei consumi delle abitazioni esistenti è sicuramente la riduzione delle dispersioni termiche con un adeguato miglioramento della capacità isolante dell'involucro. Il sistema di isolamento a cappotto consente in modo semplice ed efficace di ottenere un ottimale isolamento delle pareti perimetrali con molti vantaggi prestazionali, economici ed

ambientali.

Migliorare il bilancio energetico degli immobili, aumentandone anche il livello di comfort è certamente fondamentale ma alla base deve esserci necessariamente un adeguato livello di sicurezza. L'esigenza di avere edifici sicuri è ancora più importante vista l'evidente vulnerabilità sismica dei vecchi edifici e della maggior attenzione delle normative all'adeguamento sismico degli edifici esistenti.

Il sistema SismaCalce per questo motivo abbina riqualificazione energetica e protezione antisismica: una reale soluzione ai due fondamentali requisiti che devono avere tutti gli edifici.



Associare l'intervento di rinforzo antisismico a quello di efficientamento energetico permetterebbe non solo di ottimizzare i costi ma avrebbe l'effetto di riqualificare il vecchio patrimonio immobiliare esistente.

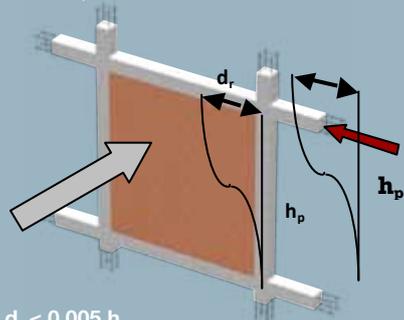
## Adeguamento sismico e normativa tecnica

L'esigenza di adeguamento sismico in zone ad alto rischio richiede interventi mirati innanzitutto a eliminare quelle carenze originarie della progettazione degli anni passati, non solo per quanto riguarda le debolezze strutturali (ad esempio nei telai in c.a.), ma soprattutto per quanto riguarda la fragilità delle tamponature e delle partizioni in laterizio leggero, che facilitano l'innescare di meccanismi di ribaltamento fuori piano.

È ben noto che i meccanismi fuori del piano sono i più pericolosi, in quanto si innescano per forze sensibilmente inferiori a causa dei danneggiamenti conseguenti alle azioni nel piano e danno luogo a rotture fragili e pressoché istantanee. Infatti essi determinano il ribaltamento di intere pareti o di significative porzioni, con possibili crolli parziali o totali dell'edificio. È anche ben noto che tali meccanismi sono favoriti, o meglio determinati, dalla scarsità o inadeguatezza dei collegamenti tra gli elementi di tamponamento e l'ossatura strutturale o tra i differenti strati della tamponatura stessa. Questa è una situazione molto diffusa negli edifici esistenti anzi potremmo dire tipica del nostro patrimonio edilizio realizzato con struttura a

### Verifiche sui tamponamenti (NTC 2008)

- limitazione dello spostamento interpiano (drift) degli elementi strutturali a valori inferiori del 0.5% allo SLD, in modo da contenere il danno agli elementi non strutturali (§ 7.3.7.2)
- verifica di resistenza fuori piano delle tamponature (§ 7.2.3) necessità di adottare soluzioni che consentano di evitare crolli fragili e prematuri e la possibile espulsione fuori piano allo stato limite di vita (§ 7.3.6.3).



$d_r < 0,005 h_p$   
 $d_r$ : spostamento di interpiano  
 $h_p$ : altezza del piano considerato

telaio tamponato con tramezzature leggere e anche per gli edifici nei centri storici spesso oggetti di interventi di ampliamento o ristrutturazione in più momenti.

La sicurezza dei tamponamenti pertanto sta avendo una crescente attenzione anche da parte della normativa tecnica nazionale per costruzioni in zona sismica.

È infatti fondamentale prevenire e quindi poter evitare quanto è emerso in seguito ai recenti terremoti a L'Aquila e in Emilia che hanno purtroppo evidenziato come l'espulsione fuori piano delle tamponature possa essere causa di danni, ferimento di persone ed ostruzione delle vie di fuga, confermando quanto già osservato anche in altri terremoti precedenti.

La Normativa Nazionale - NTC 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008, Ministero delle Infrastrutture, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008, suppl. ordinario n. 30 - prevede infatti l'obbligo di eseguire la verifica di resistenza fuori piano delle tamponature (§ 7.2.3), e impone di adottare soluzioni che consentano di evitare crolli fragili e prematuri e la possibile espulsione fuori piano allo stato limite di vita (§ 7.3.6.3).

Pertanto oltre agli elementi strutturali risulta fondamentale non trascurare quegli interventi sulle parti non strutturali, e quindi le tamponature, che possono determinare un pericolo non secondario per l'incolumità delle persone, anche nel caso in cui la struttura non subisca danni significativi.

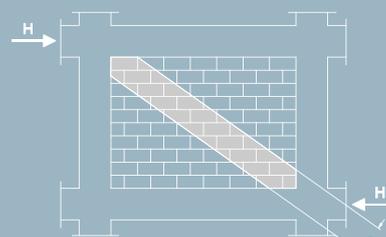
Questo problema è ben noto negli ultimi eventi sismici dove si è potuto constatare che costruzioni prive di danni strutturali, avessero diffusi danneggiamenti agli elementi non strutturali, con crolli parziali o totali tali da non permettere l'agibilità della costruzione e dover intervenire sulle murature con elevati costi di riparazione.

Nella scelta degli interventi di rafforzamento locale non si può, comunque, prescindere da un'analisi qualitativa complessiva delle caratteristiche delle parti strutturali e delle parti non strutturali pericolose, per impostare un progetto di riparazione e rafforzamento locale volto ad eliminare o ridurre drasticamente le debolezze e le carenze che possano compromettere un corretto comportamento d'insieme della struttura.

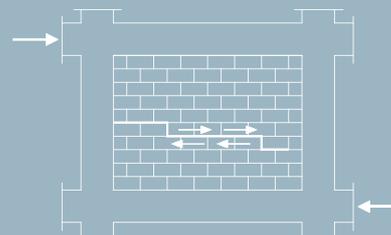
### Meccanismi di danneggiamento

#### Meccanismi di danneggiamento nel piano dei tamponamenti

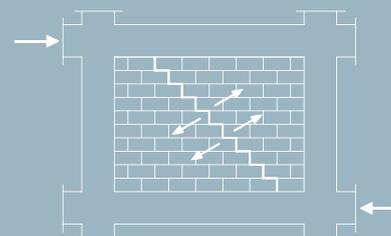
Tamponamento aderente al telaio.



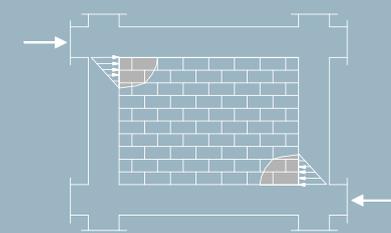
Modello a punzone equivalente



Danno per scorrimento

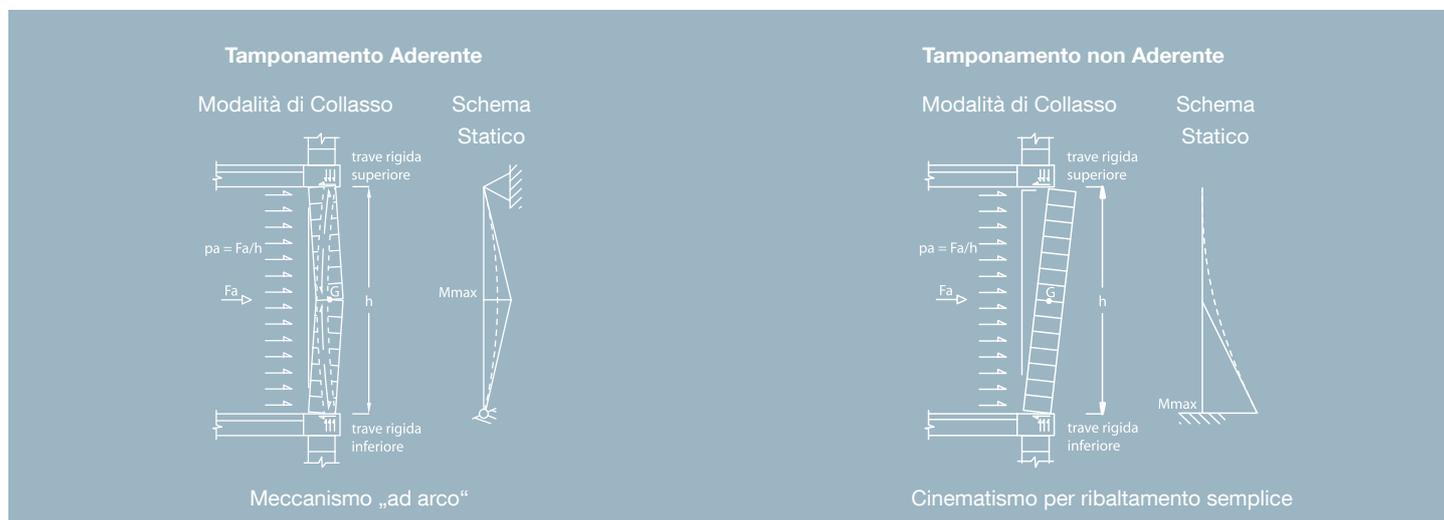


Danno per fess. diagonale



Schiacciamento negli angoli compressi

## Meccanismi di collasso fuori piano



## Effetto “combinato”

Funzionamento dei Tamponamenti, effetto “combinato”:

1) danneggiamento nel piano 2) conseguente riduzione della resistenza nel fuori piano



Le doppie pareti presentano sicuramente maggiori criticità rispetto a soluzioni monostrato: in genere sono costituite da elementi di piccolo spessore, meno resistenti e possono presentare problemi di collegamento con la struttura principale e tra i due paramenti stessi





## RÖFIX SismaCalce®

Lo strato di rinforzo antisismico RÖFIX SismaCalce è costituito da una speciale rete RÖFIX SismaProtect da impiegare in abbinamento ad una malta minerale a base calce idraulica SismaCalce.

La rete antisismica RÖFIX SismaProtect in fibre di vetro e fibre sintetiche speciali, quadriassiale, alcaliresistente è caratterizzata da un'alta resistenza in tutte le direzioni con un'elevata capacità di dissipazione dell'energia sismica, grazie alle diverse composizioni delle fibre che assorbono in modo graduale l'azione del sisma. La rete è assolutamente esente da fenomeni di corrosione, è pratica e maneggevole, perfettamente adattabile al supporto.

L'applicazione della rete avviene utilizzando la malta minerale fibrata RÖFIX SismaCalce a base calce idraulica NHL caratterizzata da elevata duttilità e basso modulo elastico, perfettamente adattabile ad interventi

sul nuovo ma soprattutto ad interventi su edifici esistenti.

Lo strato di rinforzo armato con RÖFIX SismaCalce così composto, presenta un'elevata adesione e buona permeabilità al vapore e risulta perfettamente coerente per la successiva applicazione dell'isolamento RÖFIX.

Con l'applicazione di RÖFIX SismaCalce l'obiettivo primario è quello di realizzare un intervento sulla muratura che permette di salvaguardare la vita umana nel caso di evento sismico. Infatti, con il contributo del rinforzo armato, i tamponamenti dell'edificio, potranno subire deformazioni anche importanti con conseguenti fessurazioni e danni parziali, ma senza collassare fuori piano, salvaguardando l'incolumità degli abitanti, dell'immobile e di eventuali passanti sul lato strada. E, non meno importante, RÖFIX

SismaCalce riduce l'entità dei danni sull'immobile nel caso di terremoti, anche di lieve entità, rispetto alla situazione non rinforzata, con costi minori di intervento di un eventuale ripristino.

Un innovativo sistema combinato di rinforzo strutturale armato e di isolamento termico che, con un piccolo investimento aggiuntivo rispetto al tradizionale cappotto, consente un assoluto miglioramento della sicurezza, del risparmio energetico, della qualità abitativa ed un incremento di valore dell'immobile.



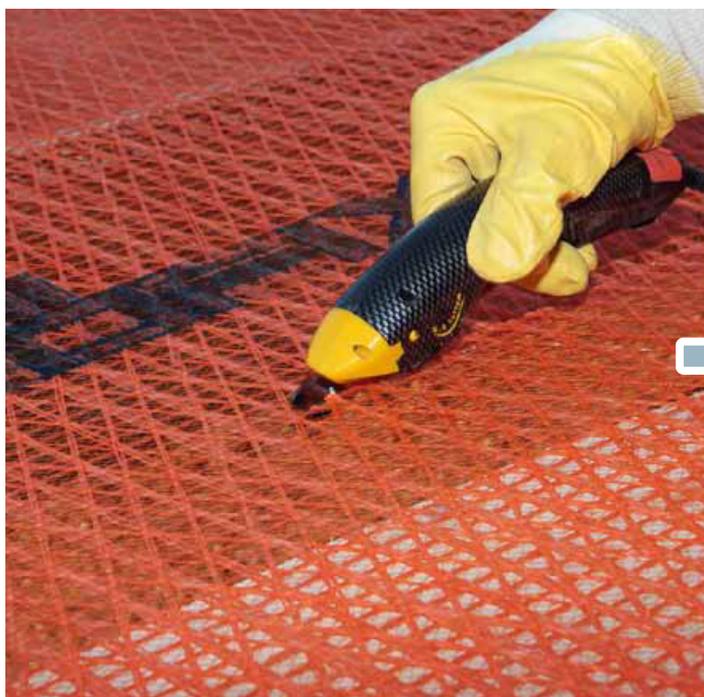
#### Vantaggi RÖFIX SismaCalce®

- Il rinforzo protegge dall'insorgere delle lesioni nei tamponamenti che possono condurre al crollo o al ribaltamento, con il rischio di gravi danni alle persone.
- Il sistema migliora la resistenza a taglio della muratura non portante favorendo la redistribuzione delle tensioni.
- Il sistema assicura elevata duttilità all'elemento strutturale rinforzato, grande capacità di dissipazione dell'energia.
- Il sistema impedisce i meccanismi di ribaltamento fuori piano dei tamponamenti,
- Il rinforzo non altera la normale traspirabilità del supporto e risulta specificamente pensato anche per la successiva applicazione di un sistema di isolamento dall'esterno.
- Il rinforzo presenta una elevata semplicità di applicazione



## RÖFIX SismaCalce®

il sistema integrato per la riqualificazione energetica  
e adeguamento sismico degli edifici



Rinforzo armato



Cappotto

## EDIFICIO ISOLATO, COMFORTEVOLE E SICURO

**Risanare un edificio sia dal punto di vista antisismico che energetico con RÖFIX SismaCalce® LIGHT è utile e vantaggioso:**

- Sicurezza e protezione antisismica
- Miglioramento della resistenza della muratura
- Miglioramento della duttilità della muratura
- Elevata resistenza al crollo fuori piano dei tamponamenti
- Riduzione del fabbisogno energetico dell'edificio
- Eliminazione dei ponti termici
- Sfruttamento dell'inerzia termica delle pareti
- Quieté termica e protezione della facciata
- Salubrità degli ambienti, assenza di condense e di muffe.
- Miglior comfort abitativo
- Economicità dell'intervento e rivalutazione economica dell'immobile
- Semplicità di applicazione

### Sistema RÖFIX SismaCalce® LIGHT

L'isolamento con polistirene (EPS) unisce ottime caratteristiche isolanti con costi convenienti e una grande semplicità di lavorazione. Il polistirene espanso è un isolante leggero, imputrescibile, difficilmente infiammabile, assolutamente resistente agli agenti atmosferici. Rasatura minerale, resistente all'urto (cat. I) con spessore 5 mm. Idoneo per edifici vecchi e nuovi.

### Sistema RÖFIX SismaCalce® FIRESTOP

Isolare con lana di roccia combina doti di sicurezza con ottime caratteristiche ecologiche e di isolamento termico. La lana di roccia è termoisolante, altamente permeabile al vapore, incombustibile e quindi particolarmente idonea anche per edifici alti. Rasatura minerale, resistente all'urto (cat. II / cat. I) con spessore 5 mm. Idoneo per edifici vecchi e nuovi.

### Sistema RÖFIX SismaCalce® CORKTHERM

Isolare con il sughero significa isolare in modo naturale. Infatti il sughero è un materiale vivo e privo di sostanze estranee. Esso rappresenta quindi la soluzione ideale per coloro che vogliono costruire in modo ecologico, risparmiando energia e ottenendo un clima confortevole. Rasatura minerale, resistente all'urto (cat. II) con spessore min. 5 mm. Idoneo per edifici vecchi e nuovi.

#### Componenti del sistema RÖFIX SismaCalce LIGHT:

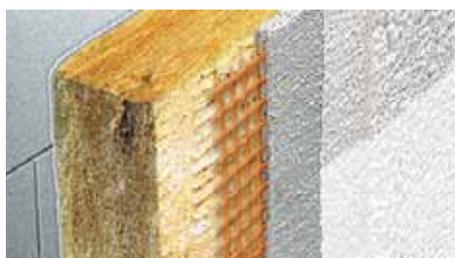
- RÖFIX SismaCalce Intonaco di fondo a base NHL
- RÖFIX SismaProtect Rete antisismica
- RÖFIX Unistar LIGHT Collante e rasante
- RÖFIX EPS-F Pannelli isolanti in EPS
- RÖFIX ROCKET Tasselli per fissaggio meccanico
- RÖFIX Unistar LIGHT Collante e rasante +
- RÖFIX P50 Rete di armatura
- RÖFIX Primer PREMIUM
- RÖFIX Rivestimento SiSi PREMIUM

#### Componenti del sistema RÖFIX SismaCalce FIRESTOP:

- RÖFIX SismaCalce intonaco di fondo a base NHL
- RÖFIX SismaProtect Rete antisismica
- RÖFIX Unistar LIGHT Collante e rasante
- RÖFIX FIRESTOP Pannelli isolanti in lana di roccia
- RÖFIX ROCKET Tasselli per fissaggio meccanico
- RÖFIX Unistar LIGHT Collante e rasante +
- RÖFIX P50 Rete di armatura
- RÖFIX Primer PREMIUM
- RÖFIX Rivestimento SiSi PREMIUM

#### Componenti del sistema RÖFIX SismaCalce CORKTHERM:

- RÖFIX SismaCalce intonaco di fondo a base NHL
- RÖFIX SismaProtect rete antisismica
- RÖFIX Unistar BASIC Collante e rasante
- RÖFIX CORKTHERM Pannelli isolanti in sughero
- RÖFIX ROCKET Tasselli per fissaggio meccanico
- RÖFIX Unistar BASIC Collante e rasante +
- RÖFIX P50 Rete di armatura
- RÖFIX Primer PREMIUM
- RÖFIX Rivestimento SiSi PREMIUM



# Prove sperimentali



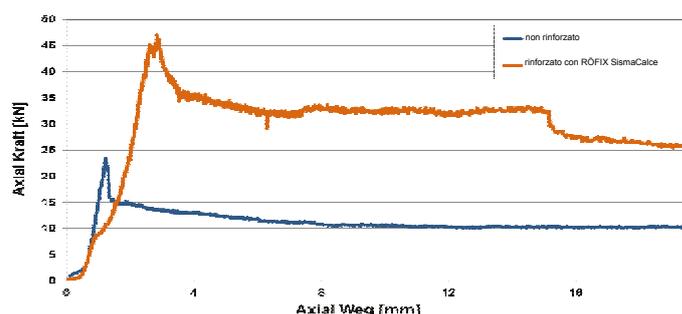
RÖFIX dopo una importante ricerca in collaborazione con il laboratorio tedesco Karlsruher Institut für Technologie (KIT), ha messo a punto un sistema di rinforzo armato basato sull'impiego di una speciale rete quadriassiale, in fibra di vetro ibrida e una malta minerale appositamente studiato allo scopo di migliorare il comportamento sismico della muratura e di garantire un elevato livello di sicurezza.

In collaborazione con questo importante istituto

di ricerca si sono svolti diversi test sperimentali che hanno permesso di sviluppare e convalidare l'efficacia del sistema e attestare la capacità della muratura rinforzata con RÖFIX SismaCalce di dissipare l'energia sismica migliorando la deformabilità e disperdendo le tensioni agenti sul paramento murario ottenendo, quindi, un fenomeno fessurativo diffuso, anziché la formazione di grosse lesioni concentrate, grazie a un elevato incremento di duttilità.



I test di laboratorio eseguiti presso il laboratorio tedesco Karlsruher Institut für Technologie (KIT) realizzati su muretti campione.



Prove effettuate su triplette dal laboratorio KIT hanno potuto confermare un elevato aumento della duttilità e resistenza a taglio della muratura rinforzata.

Per meglio valutare l'efficacia della soluzione specificatamente alle problematiche della tamponatura è stata inoltre condotta una campagna di prove sperimentali presso il Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile, Ambientale dell'Università degli Studi di Padova. In questa campagna sperimentale è stato fonda-

mentale attestare il miglioramento della duttilità, della capacità dissipativa ed in particolare della resistenza alle azioni fuori piano dopo un danneggiamento generato da azioni nel piano (azione combinata) per pareti di tamponatura in laterizio leggero rinforzate con il sistema RÖFIX SismaCalce.

## I test

La ricerca sperimentale, svolta presso il Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile, Ambientale dell'Università degli Studi di Padova, è stata condotta sia su campioni in muratura che su telai tamponati in laterizio in scala reale con l'obiettivo di attestare il contributo del sistema di rinforzo RÖFIX SismaCalce al miglioramento sismico di murature di tamponamento.

I campioni sono stati realizzati con blocchi in laterizio a fori orizzontali di spessore 12 cm, posati con giunti di malta sia verticale che orizzontale. La scelta di una muratura leggera è stata fatta appositamente per testare una tipologia di muratura largamente presente nel tessuto edilizio nazionale.

Sono stati realizzati campioni di muratura, rinforzata e non, al fine di valutare il comportamento sia di porzioni verticali che orizzontali di muratura e di caratterizzare il comportamento flessionale:

- 6 muretti con due file orizzontali di una muratura di tamponamento (3 rinforzati e 3 standard)
- 3 muretti rinforzati che simulano una striscia verticale di muratura
- 6 coppie di blocchi sovrapposti non rinforzati.

Sono stati sottoposti a prove anche due portali in c.a. in scala reale, chiusi da tamponature in muratura leggera di laterizio, intonacate su un lato al fine di simulare una muratura di un edificio esistente. Uno dei due campioni è stato testato tal quale, mentre nell'altro campione, la tamponatura è stata rinforzata con il sistema RÖFIX SismaCalce. I risultati sono inoltre stati rapportati al comportamento del solo telaio in c.a. privo di tamponamento.

Il telaio in c.a. è stato dimensionato e realizzato ipotizzando di progettare un edificio a telaio di tre piani fuori terra, con interpiano di 3,00 m, maglia dei pilastri in pianta 4,50 m x 4,50 m, regolare in pianta e in alzata, in classe di duttilità alta. La progettazione è stata fatta secondo le NTC 2008 e, per alcuni aspetti specifici, con riferimento a normative di comprovata validità (Eurocodice 6).

Le prove sperimentali sono state suddivise in una prima fase di test nel piano e in una seconda fase di test fuori piano. Nella prima

fase, il portale è stato sottoposto ad una storia di spostamento ciclica, con step di spostamento ripetuti tre volte per ogni livello di drift assegnato, e drift crescenti all'aumentare dei cicli. Con il termine drift è inteso lo spostamento percentuale (2) impresso sulla trave superiore del campione rispetto alla quota di applicazione del carico stessa (d/H), al netto dello spessore del cordolo inferiore. In particolare, come obiettivo dei test è stato definito un livello di drift nel piano pari allo 1,2%. Questo livello di drift è stato scelto in conformità ad evidenze sperimentali ottenute da esperienze simili in letteratura e si prefigge di rappresentare il raggiungimento di un danneggiamento severo del tamponamento presente (SLU del tamponamento). Le prove sono state svolte mantenendo un carico verticale costante in corrispondenza dei pilastri, a simulare i carichi gravitazionali al piano terra della costruzione a tre piani progettata.

La prova fuori-piano è stata realizzata solo successivamente alla prova nel piano e quindi con tamponamento danneggiato, in modalità monotona ed in controllo di carico.



Vista frontale del sistema di prova nel piano.



Vista laterale del sistema di prova fuori piano.

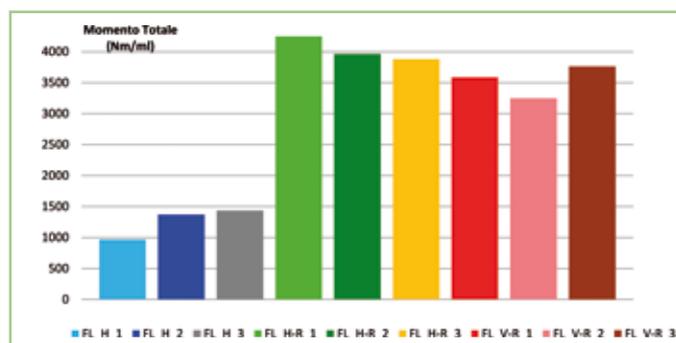
Il programma sperimentale ha permesso di confrontare direttamente il comportamento della tamponatura semplice con quella rinforzata, verificando:

- l'incremento della resistenza a flessione e a taglio
- il miglioramento della duttilità
- la capacità dissipativa
- il miglioramento dello stato di danneggiamento per diversi livelli di spostamento nel piano
- la resistenza fuori piano del tamponamento a seguito di elevati drift nel piano (1,2%)

## Risultati dei test

I campioni di muratura rinforzata con sistema RÖFIX SismaCalce, sottoposti a flessione, hanno evidenziato l'ottimo contributo della rete con un incremento dei momenti resistenti di circa 3 volte superiori rispetto agli analoghi campioni non rinforzati come è facilmente riscontrabile dai grafici dei momenti adimensionalizzati riportati in figura.

### Momento totale max adimensionalizzato per metro di lunghezza



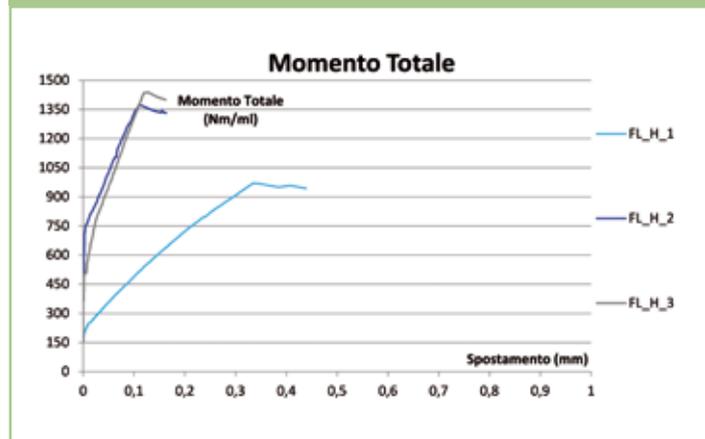
Confronto tra i risultati ottenuti dal test di flessione sui campioni di muratura in termini di momento massimo adimensionalizzato.  
 FL-H = campioni non rinforzati  
 FL-HR e FL-VR = campioni rinforzati con RÖFIX SismaCalce



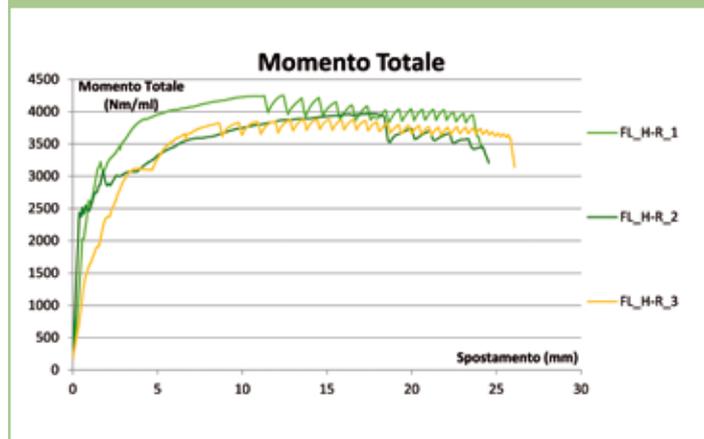
Campione di muratura non rinforzata sottoposta a flessione



Campione di muratura rinforzata sottoposta a flessione



Momento sollecitante totale adimensionalizzato in funzione della freccia sui campioni non rinforzati



Momento sollecitante totale adimensionalizzato in funzione della freccia sui campioni rinforzati

L'analisi sui campioni in scala reale ha permesso di valutare il comportamento globale di due telai tamponati con muratura in laterizio (blocchi da 12 cm di spessore a fori orizzontali) rinforzato e non rinforzato, permettendo di ottenere un reale confronto tra le due soluzioni e attestare il migli-

oramento ottenibile con RÖFIX SismaCalce. I grafici, che riportano i cicli di carico-spostamento delle prove effettuate nel piano (con drift crescenti da 0,1% a 1,2%), evidenziano la differenza di comportamento globale dei due telai e attestano l'incremento della resistenza del

campione rinforzato e il corrispondente incremento di dissipazione di energia.

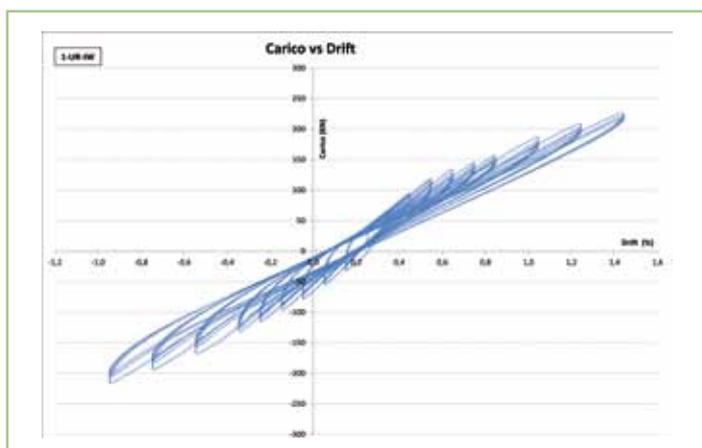


Grafico carico-drift del telaio non rinforzato

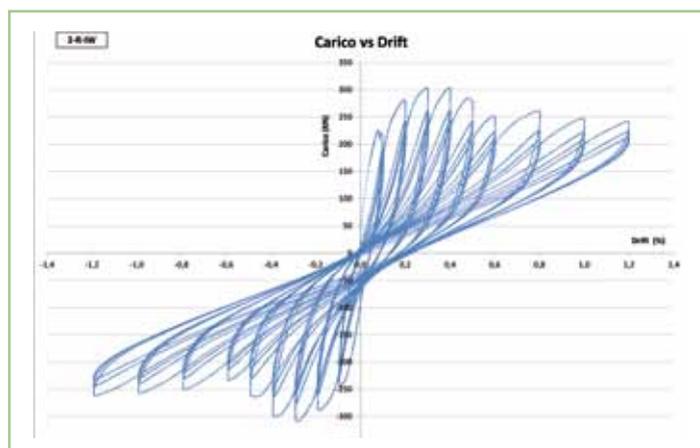


Grafico carico-drift del telaio rinforzato

**I risultati ottenuti hanno messo in evidenza che:**

- Il tamponamento rinforzato ha raggiunto nel piano un valore di carico corrispondente alla fine della fase elastica superiore del 175% (237 kN) rispetto al valore raggiunto dal tamponamento non rinforzato (86 kN) ed un carico massimo superiore del 45% (306 kN) rispetto a quello del tamponamento non rinforzato (211 kN).
- Il quadro di danneggiamento del tamponamento

rinforzato risulta più diffuso e di minore entità grazie ad una migliore ridistribuzione delle sollecitazioni puntuali

- La resistenza fuori piano della tamponatura rinforzata, ha dimostrato un incremento della resistenza dovuta alle azioni sismiche del 54% (20 kN) rispetto a quelli non rinforzati (13 kN) ed anche lo spostamento raggiunto, è superiore nel caso del tamponamento

rinforzato: 99,6 mm contro 73,5 mm(+35%) valutato all' 80% del carico massimo.

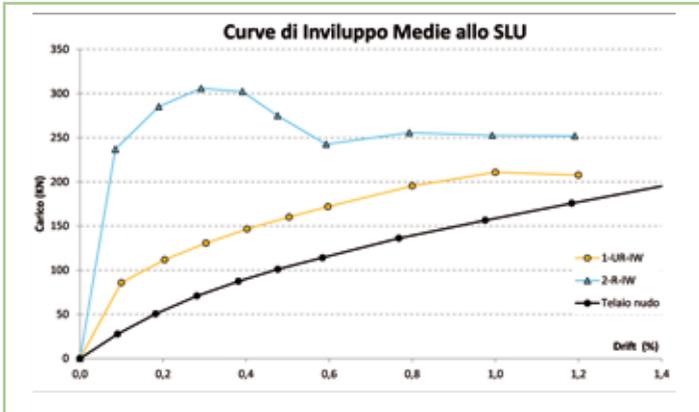
Portato al limite di spostamento fuori piano consentito dalla strumentazione di prova, il sistema rinforzato ha evitato il crollo della tamponatura, situazione invece verificatasi per il tamponamento non rinforzato.

**Quadro riepilogativo delle prove nel piano.**

IN PLANE									
	FASE NON FESSURATA			CARICO MASSIMO			SPOSTAMENTO ULTIMO		
	$\Psi$ [%]	Fy [kN]	dy [mm]	$\Psi$ [%]	Fmax [kN]	dmax [mm]	$\Psi$ [%]	Fu [kN]	du [mm]
Telaio non rinforzato	0,1	86	2,8	1,0	211	27,7	1,2	208	33,1
Telaio rinforzato con SismaCalce	0,1	237	2,4	0,3	306	8,1	1,2	252	33,1

LEGENDA:  $\psi$  = Drift nel piano; F= Forza; d= Spostamento

### Curve di Involuppo Medie allo SLU



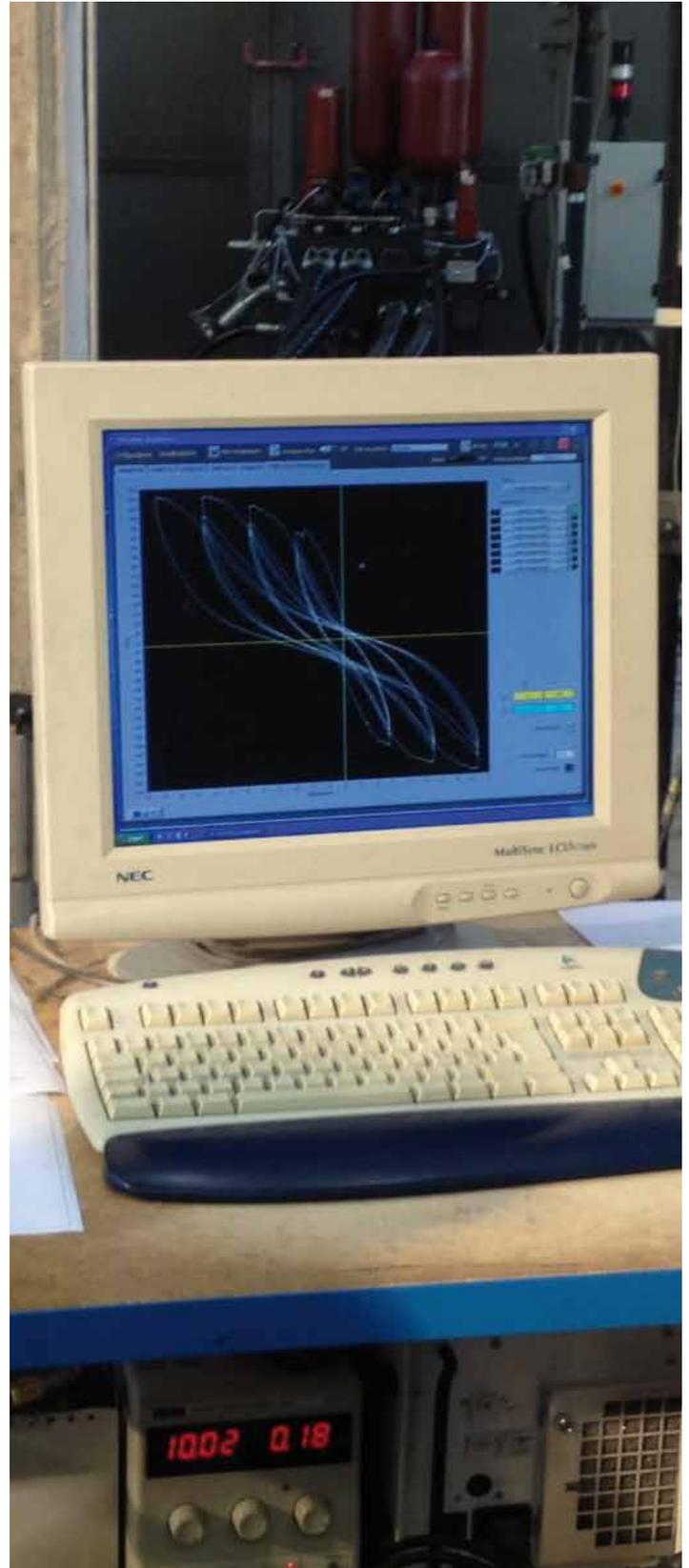
Confronto delle curve di involucro medie (+/-) dei campioni tamponati allo SLU e telaio nudo



Foto del campione non rinforzato al drift del +/- 1.2%



Foto del campione rinforzato al drift +/- 1.2%



## Quadro riepilogativo delle prove fuori piano.

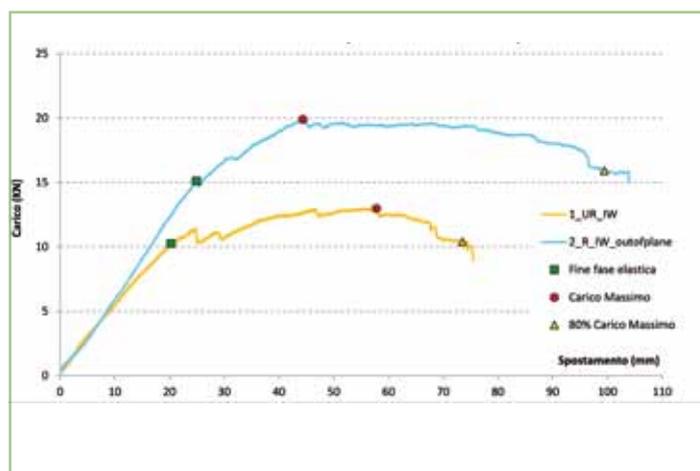
OUT PLANE						
	FINE FASE ELASTICA		CARICO MASSIMO		SPOSTAMENTO ULTIMO	
	Fy [kN]	dy [mm]	Fmax [kN]	dmax [mm]	Fu [kN]	du [mm]
Telaio non rinforzato	10	20,3	13	56,8	10	73,5
Telaio rinforzato con SismaCalce	15	24,9	20	44,3	16	99,6

LEGENDA: F= Forza; d= Spostamento fuori piano



Foto della prova fuori piano del campione rinforzato

## Carico vs Spostamento fuori piano



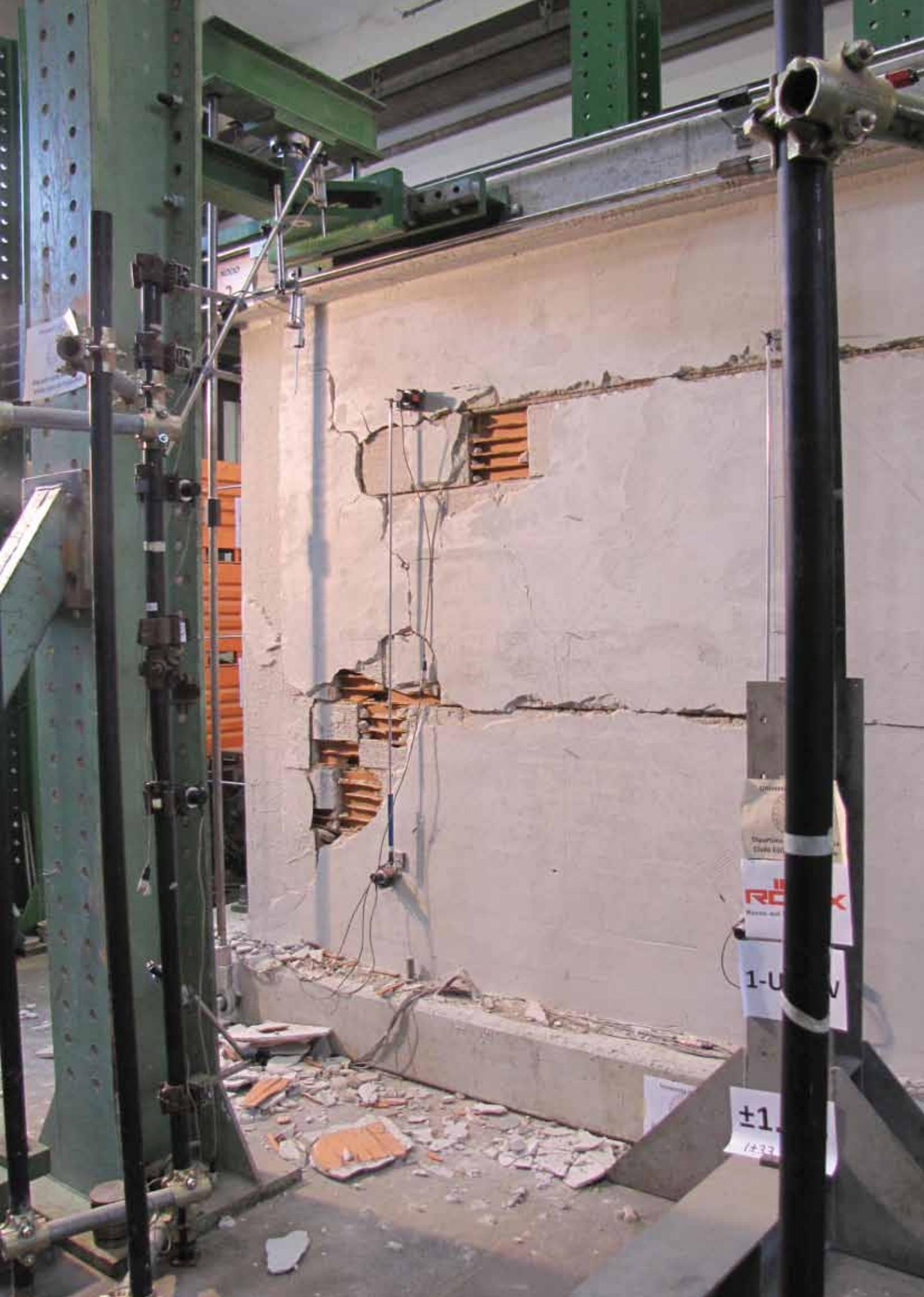
Prova fuori piano. Confronto delle curve carico-spostamento



Foto del campione non rinforzato durante il test fuori piano

In sintesi è stato possibile attestare che la prestazione dei campioni con il sistema di rinforzo armato RÖFIX SismaCalce, hanno avuto significativi miglioramenti a più livelli rispetto alla semplice muratura consentendo di ottenere un elevato livello di sicurezza, sia per terremoti di piccola entità (stato limite di esercizio) che per terremoti di elevata entità (stato limite di vita).

La maggiore resistenza complessiva della muratura rinforzata sia per effetto degli spostamenti nel piano che per le azioni fuori piano confermano pertanto la bontà del sistema studiato per consentire di ottenere comportamenti meno fragili e ridurre il rischio di crolli parziali o totali di elementi di tamponamento salvaguardando l'incolumità e la vita delle persone che, loro malgrado, si dovessero trovare negli edifici o nelle zone sottostanti adiacenti durante un terremoto anche di forte intensità.



0000

REX

1-U

±1  
1432

# RÖFIX SismaCalce®

Linee guida per l'impiego, la lavorazione e la preparazione del supporto.





## Preparazione del supporto

La superficie deve essere asciutta, esente da sporco, efflorescenze e/o parti distaccanti, senza vuoti e sufficientemente planare. Gli intonaci esistenti devono essere accuratamente controllati. Eseguire una verifica dei sottofondi intonacati e tinteggiati (sopralluogo, prova di resistenza allo sfregamento, prova di incisione etc.). Verificare la presenza di vuoti ed eventuali porzioni in fase di distacco, per esempio, tramite battitura o sondando le facciate con un rullo da pittore in plastica senza pelo in modo da poter individuare eventuali distacchi del vecchio intonaco. Le porzioni non ben aderenti devono essere eliminate e ripristinate con adeguato intonaco di fondo e livellamento (RÖFIX 660, 520, Renoplus o simili). L'intonaco esistente deve presentare una resistenza alla compressione di almeno  $2,5 \text{ N/mm}^2$  e una resistenza allo strappo di almeno  $0,25 \text{ N/mm}^2$ .

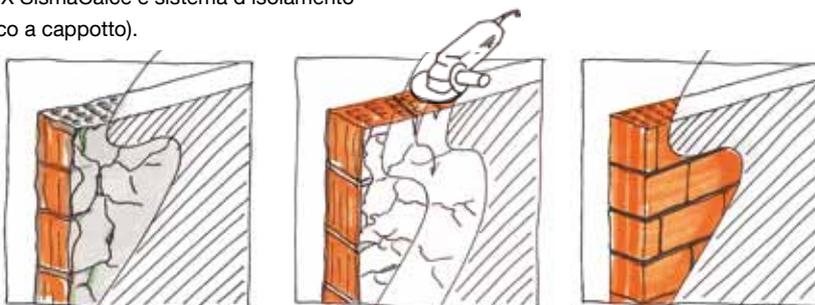
Sottofondi tinteggiati e con rivestimenti murali rappresentano generalmente supporti non sufficientemente portanti. Pitture e finiture devono essere eliminate senza lasciare residui, fino a quando non si raggiunge l'intonaco di fondo portante. Rimuovere sporco e polverosità sulla facciata tramite aria compressa o accurata

spazzolatura. Eseguire quindi un consolidamento superficiale con l'applicazione di fissativo minerale RÖFIX PP 211 opportunamente diluito in base all'assorbimento del fondo.

In presenza d'umidità di risalita nella zona di zoccolatura, sono indispensabili interventi preliminari per eliminare la problematica. Al fine di verificare se l'umidità è presente all'interno della muratura o solo nell'intonaco, è necessario effettuare un carotaggio e una verifica del materiale asportato. Qualora la presenza di umidità interessi tutto il muro, procedere con la realizzazione di idonea barriera orizzontale. Si dovrà attendere pertanto il tempo necessario per consentire una adeguata asciugatura della muratura prima di procedere con ulteriori lavori (RÖFIX SismaCalce e sistema d'isolamento termico a cappotto).

### Applicazione dell'intonaco e lavorazione manuale

Applicare a spruzzo o manualmente uno strato d'intonaco RÖFIX SismaCalce di ca. 3 mm di spessore (es. con spatola dentata RÖFIX R12), quindi annegare nella malta fresca la rete RÖFIX SismaProtect. Dopo l'annegamento dei teli nel primo strato di malta, procedere con l'applicazione di un ulteriore strato, così da ricoprire la rete con almeno 5 mm di RÖFIX SismaCalce. Lo spessore complessivo dovrà essere di almeno 8 mm.



CE  
100-15  
100-15  
100-15

®

**RÖFIX**

**30 lfm/EH**  
**Art.Nr. 141683**



# SISMAPROTECT

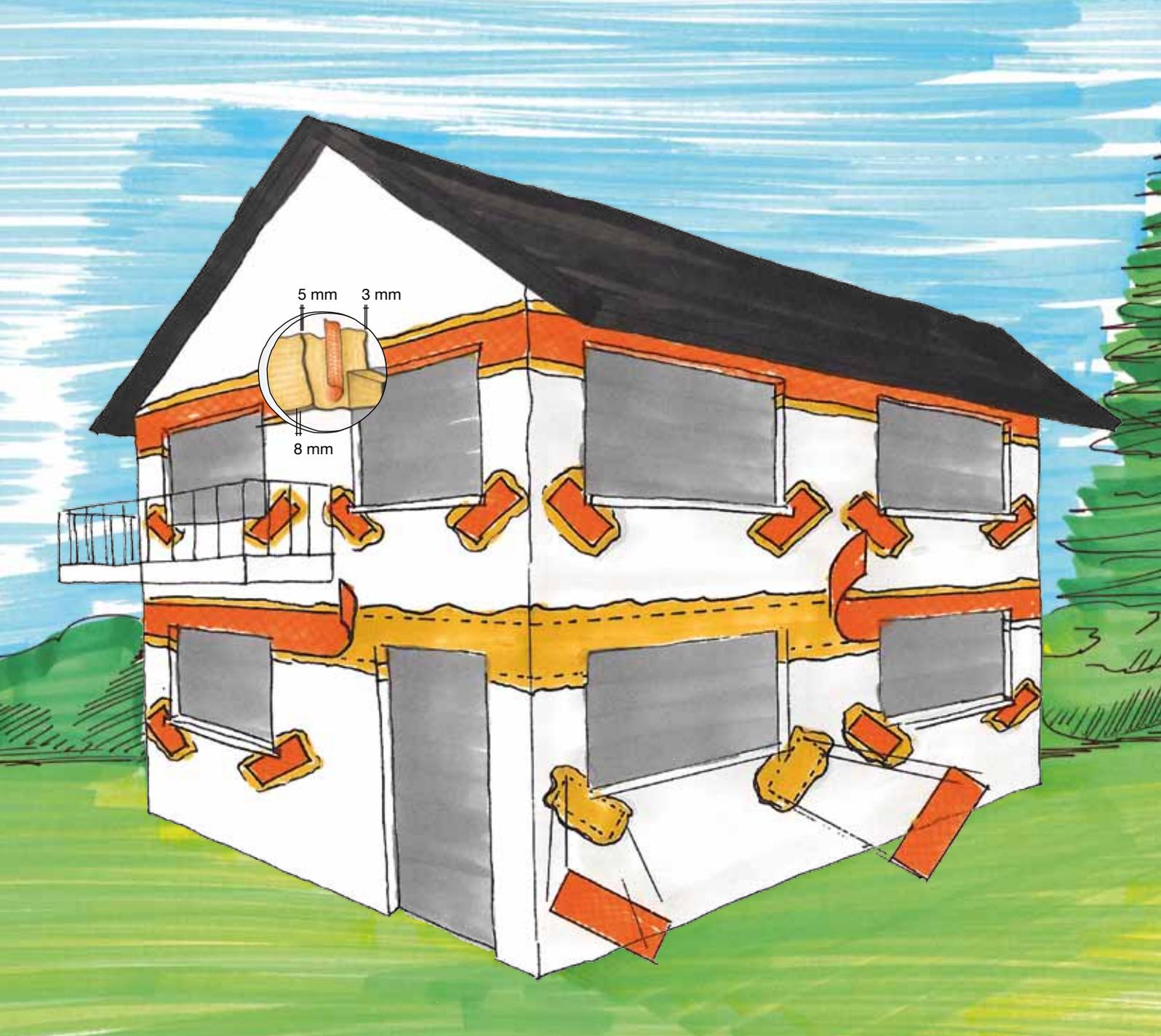
## ERDBEBENGEWEBE

4- Axiales Hybrid-Gewebe aus einem speziellen Faser-  
gemisch für den Einsatz mit dem RÖFIX SISMA-Erdbeben-  
sicherheits-System mit den Unterputzen RÖFIX Sisma-  
Calce

## RETE ANTISISMICA

Rete ibrida quadriassiale costituita da uno speciale mix  
di fibre per impiego nel sistema di sicurezza antisismica  
RÖFIX Sisma con RÖFIX SismaCalce





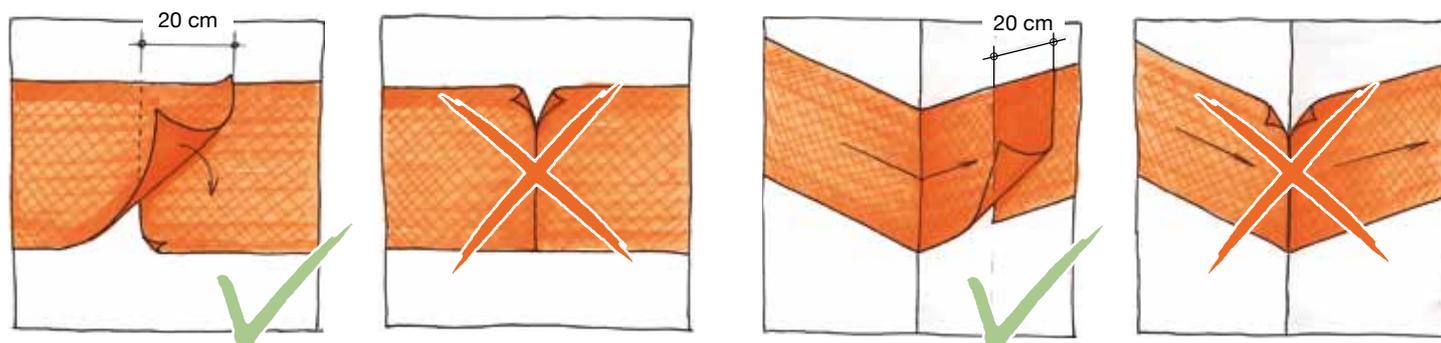
## Rinforzo armato. Fascia architrave

In corrispondenza della zona sopra le architravi, che comprende anche l'area dei cordoli dei solai, realizzare una fascia orizzontale di rinforzo armato che consente di ottenere una "cerchiatura" di tutto l'edificio.

Evitare il più possibile i tagli della fascia di rete. Nei punti di giunzione, la rete deve essere sovrapposta per almeno 20 cm.

Evitare di tagliare la fascia di rete sugli spigoli delle pareti ma girare l'angolo con lo stesso telo di rete.

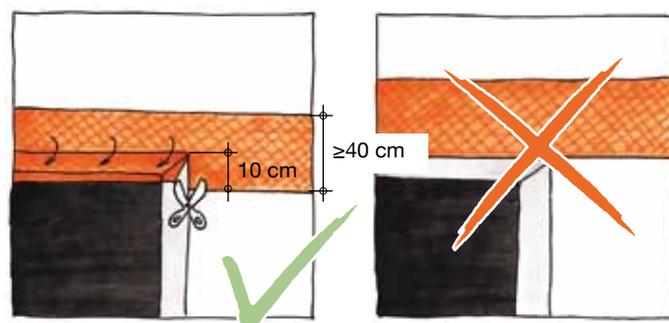
Tutti i rinforzi devono essere eseguiti prima della realizzazione dello strato di intonaco armato.



## Architrave di porte e finestre

**SI:** la fascia di rinforzo deve ricoprire l'architrave delle finestre e porte ed essere tagliata solo in corrispondenza degli angoli in modo da poter risvoltare la rete all'interno, sull'intradosso

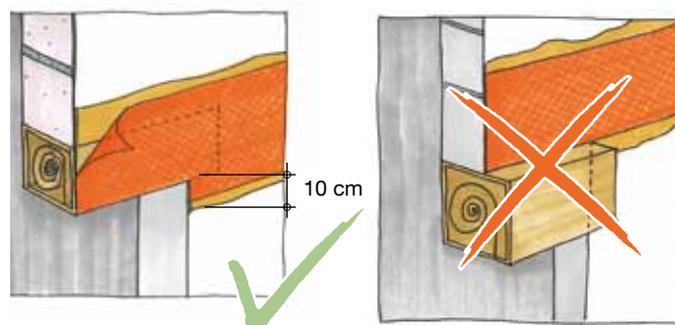
**NO:** la fascia di rete non deve essere applicata in linea con lo spigolo dell'architrave



## Cassonetti degli avvolgibili

**SI:** in presenza di cassonetti di avvolgibili la fascia di rinforzo sull'architrave dovrà essere di larghezza pari a 62,5 cm. La rete dovrà essere intagliata in modo tale da rivestire l'architrave e il cassonetto e proseguire per almeno 10 cm al di sotto del bordo inferiore del cassonetto

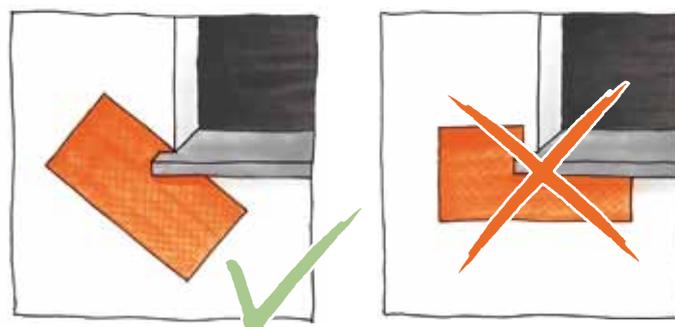
**NO:** non impiegare una fascia di larghezza inferiore e non applicare la rete in modo tale da essere allineata superiormente con il cassonetto dell'avvolgibile

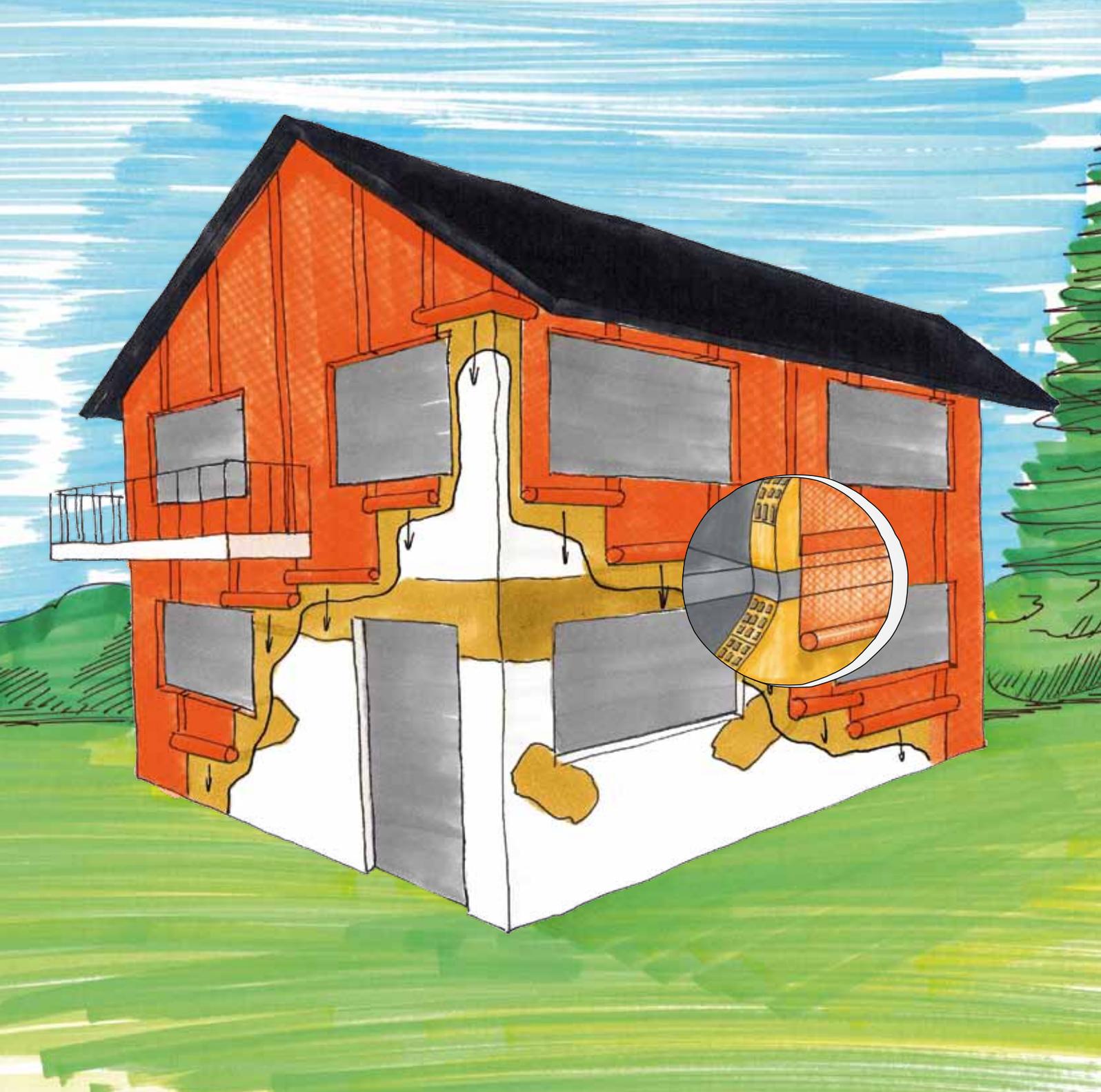


## Armatura diagonale

**SI:** in corrispondenza degli angoli inferiori delle aperture (finestre) realizzare un rinforzo armato diagonale impiegando strisce di rete RÖFIX SismaProtect di almeno 20 x 40 cm, collocate a 45° e direttamente sullo spigolo

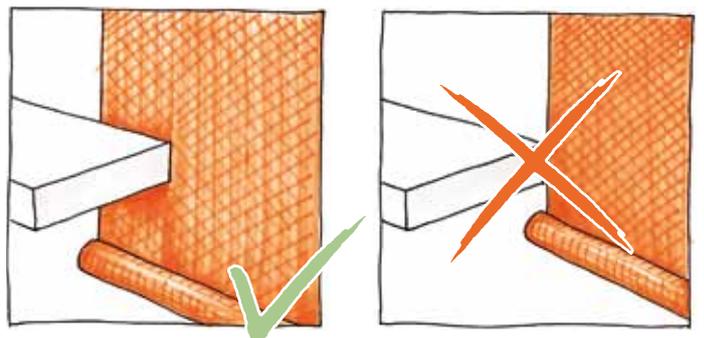
**NO:** l'armatura diagonale non deve essere posizionata né in verticale, né in orizzontale, bensì diagonalmente e non lontana dall'angolo delle aperture





## Balconi

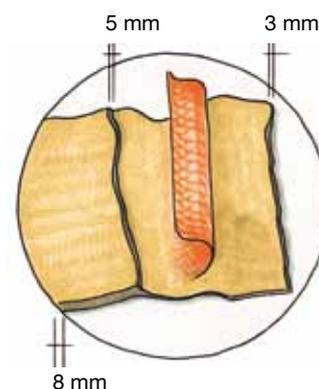
- SI:** la fascia di rete verticale deve essere opportunamente tagliata e posizionata in modo da includere il balcone
- NO:** non posare la fascia di rete allineandola con il bordo del balcone



## Intonaco armato

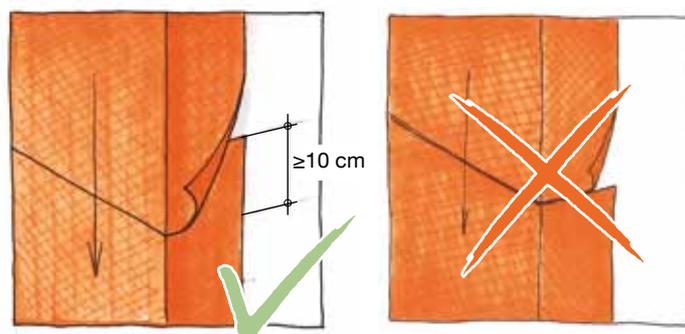
Con una intonacatrice, applicare uno strato di almeno 2-3 mm di RÖFIX SismaCalce sul sottofondo precedentemente preparato e rinforzato con le fasce di armatura orizzontali e di armatura diagonale. Nella malta fresca annegare la rete RÖFIX SismaProtect, disponendo i teli verticalmente sulla facciata e con una sovrapposizione laterale di almeno 10 cm. Evitare il più possibile i tagli della rete. In caso di prolunghe, effettuare delle sovrapposizioni tra i teli di almeno 10 cm.

Fare attenzione che eventuali tagli della rete siano eseguiti almeno 20 cm sopra o sotto il solaio, con una sovrapposizione tra i teli di almeno 10 cm. Una volta posati i teli di rete, ricoprirli con un ulteriore strato d'intonaco RÖFIX SismaCalce di almeno 5 mm di spessore. Così facendo si ottiene uno spessore complessivo dell'intonaco armato di almeno 8 mm. La rete RÖFIX SismaProtect deve pertanto essere integrata nello strato inferiore d'intonaco in uno spessore di almeno 2-3 mm, verso la muratura. Per realizzare un sottofondo con una miglior adesione, l'intera superficie d'intonaco fresco dovrà essere lavorata superficialmente con la spatola RÖFIX S6. In questo modo si ottiene una sottile rigatura orizzontale che garantisce una ottima adesione degli strati successivi del sistema d'isolamento a cappotto o anche d'intonacatura.



## Sovrapposizione della rete

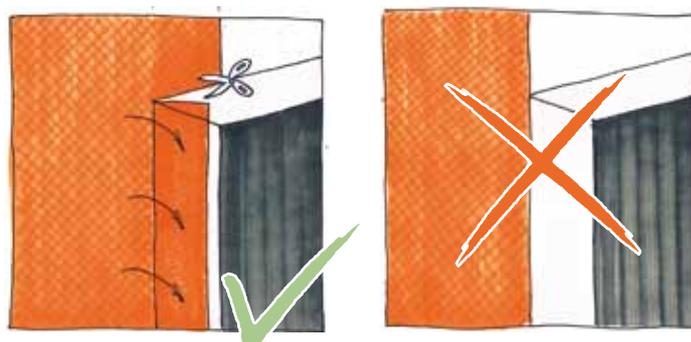
La sovrapposizione tra teli di rete in verticale deve essere di almeno 10 cm.

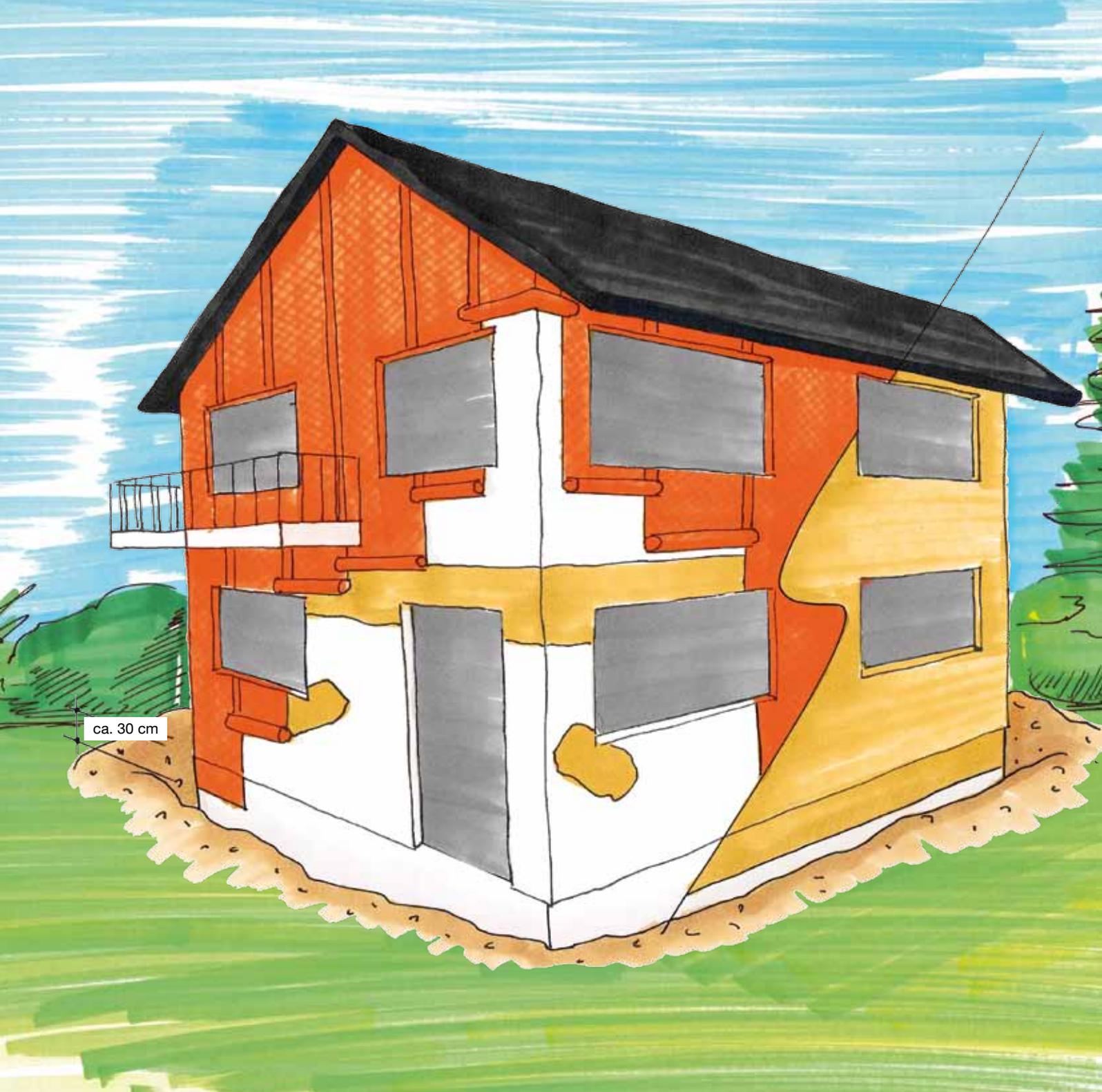


## Spallette di finestre

**SI:** i teli di rete verticali devono essere posizionati in modo tale da consentire di risvoltare la rete sulla spalletta fino alla giunzione con il telaio della finestra

**NO:** la fascia non deve assolutamente terminare sugli spigoli esterni delle aperture di finestre e porte





## Zona di zoccolatura

L'intonaco armato deve estendersi per almeno 10 cm al di sotto del cordolo del primo solaio. Dopo l'asciugatura degli strati di RÖFIX SismaCalce (almeno 1 giorno/mm), eseguire l'impermeabilizzazione della zona a contatto con il terreno con RÖFIX OPTIFLEX, fino ad almeno 30 cm sopra il livello del pavimento. In caso di successiva applicazione di sistemi

d'isolamento termico, il pannello isolante di zoccolatura va posato fino ad almeno 40 cm sopra il livello del terreno, così da poter eseguire il fissaggio meccanico a 5 cm dal bordo superiore del pannello (i tasselli non possono penetrare nell'impermeabilizzazione sotto livello del terreno). Dopo la realizzazione del sistema a cappotto la rasatura impermeabilizzante aggiuntiva sopra i pannelli isolanti di

zoccolatura deve arrivare almeno fino al bordo superiore del pavimento finito.



### Italia

RÖFIX SpA  
I-39020 Parcines - BZ  
Tel. +39 0473 966100  
Fax +39 0473 966150  
office.partschins@roefix.com

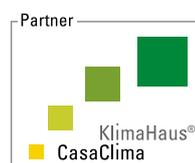
RÖFIX SpA  
I-33074 Fontanafredda - PN  
Tel. +39 0434 599100  
Fax +39 0434 599150  
office.fontanafredda@roefix.com

RÖFIX SpA  
I-25080 Prevalle - BS  
Tel. +39 030 68041  
Fax +39 030 6801052  
office.prevalle@roefix.com

RÖFIX SpA  
I-21020 Comabbio - VA  
Tel. +39 0332 962000  
Fax +39 0332 961056  
office.comabbio@roefix.com

RÖFIX SpA  
I-12089 Villanova Mondovì - CN  
Tel. +39 0174 599200  
Fax +39 0174 698031  
office.villanovamondovi@roefix.com

[www.roefix.com](http://www.roefix.com)



**RÖFIX**®  
Sistemi per costruire