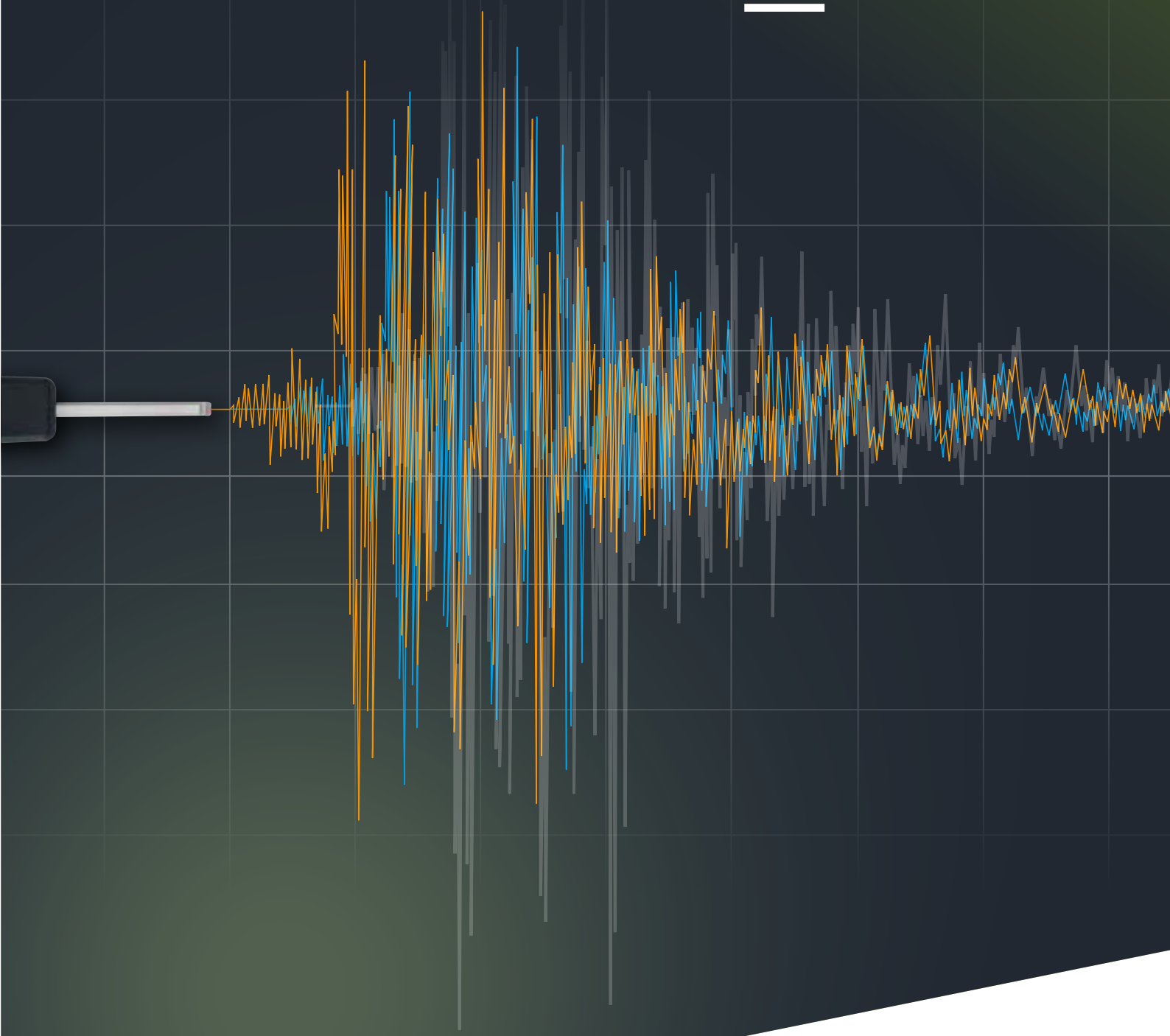
Manuale Sismica:
costruire e consolidare in sicurezza

Guida alle soluzioni
Saint-Gobain Italia



gyproc SAINT-GOBAIN · isover SAINT-GOBAIN · weber SAINT-GOBAIN | SAINT-GOBAIN

METTIAMO IL FUTURO IN **COSTRUZIONE**

INNOVAZIONE

1 su 4

il 25% dei prodotti venduti oggi non esisteva 5 anni fa

- **Comfort termico e acustico**
- **Risparmio energetico**
- **Sicurezza antisismica**
- **Protezione dal fuoco**
- **Estetica e qualità dell'aria**
- **Posa sicura, facile e veloce**

STORIA

350

anni di esperienza e continua evoluzione tecnologica

SOSTENIBILITÀ

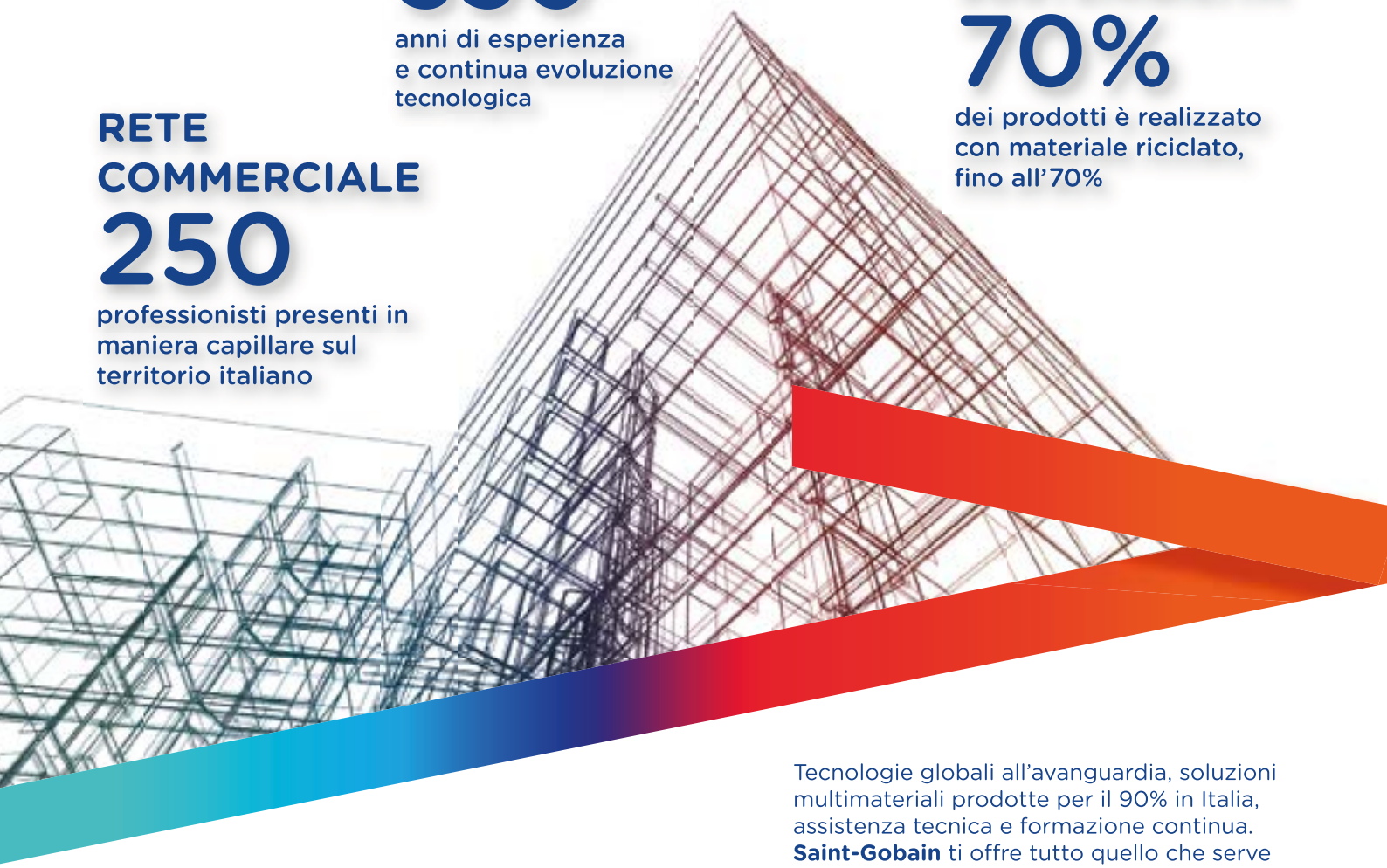
70%

dei prodotti è realizzato con materiale riciclato, fino all'70%

RETE COMMERCIALE

250

professionisti presenti in maniera capillare sul territorio italiano



Tecnologie globali all'avanguardia, soluzioni multimateriali prodotte per il 90% in Italia, assistenza tecnica e formazione continua. **Saint-Gobain** ti offre tutto quello che serve per migliorare il benessere nei tuoi spazi di vita.

SAINT-GOBAIN | gyproc SAINT-GOBAIN | isover SAINT-GOBAIN | weber SAINT-GOBAIN

INDICE

1. INTRODUZIONE 4

1.1. Il rischio sismico in Italia 4

2. GYPROC PER COSTRUIRE E RISTRUTTURARE IN SICUREZZA 7

2.1. Introduzione 8

2.2. Pareti divisorie interne – Pareti di tamponamento esterno 8

2.2.1. Esempi delle principali tipologie costruttive 16

2.3. Controsoffitti modulari ispezionabili – Controsoffitti continui 26

2.3.1. Esempi delle principali tipologie costruttive 30

2.4. Controsoffitti antisfondellamento 33

2.4.1. Esempi delle principali tipologie costruttive 35

2.5. Materiali componenti i sistemi 38

3. WEBER PER CONSOLIDARE E RINFORZARE LE STRUTTURE 41

3.1. Introduzione 43

3.2. Interventi volti a incrementare la sismo resistenza degli elementi strutturali in muratura 44

3.2.1. Iniezioni di miscele leganti 44

3.2.2. Scuci e cuci 46

3.2.3. Ristilatura dei giunti 47

3.2.4. Diatoni Artificiali 48

3.2.5. Cordoli in sommità 50

3.3. Interventi con sistemi di rinforzo compositi 51

3.3.1. Sistemi FRCM – webertec FRCM 52

3.3.1.1. Composizione dei sistemi 53

3.3.2. Tecnica di esecuzione 53

3.3.2.1. Preparazione dei supporti 53

3.3.2.2. Modalità applicative 54

3.3.2.3. Realizzazione connettori 54

3.3.2.4. Finiture su webertec FRCM 55

3.4. Sistemi CRM – webertec CRM 60

3.4.1. Composizione dei sistemi 61

3.4.2. Tecnica di esecuzione 61

3.4.2.1. Preparazione dei supporti – Elementi in muratura 61

3.4.2.2. Modalità applicative 62

3.4.2.3. Finiture su webertec CRM 64

3.5. Sistemi FRP – webertec CFRP 66
3.5.1. Composizione dei sistemi 67
3.5.2. Tecnica di esecuzione 68
3.5.2.1. Preparazione dei supporti – Elementi in cemento armato 68
3.5.2.2. Preparazione dei supporti – Elementi in muratura 69
3.5.2.3. Modalità applicative 71
3.5.2.4. Realizzazione dei connettori 71
3.5.2.5. Finiture su webertec CFRP 72
3.6. Interventi volti a incrementare la sicurezza degli elementi non strutturali 78
3.6.1. Presidio antiribaltamento per murature di tamponamento 78
3.6.2. Presidio antisfondellamento per solai in latero-cemento 82
3.7. Qualifica e sperimentazione 85
3.7.1. Qualificazione per sistemi webertec FRCM 85
3.7.2. Qualificazione per sistemi webertec CRM 86
3.7.3. Qualificazione per sistemi webertec CFRP 86
3.7.4. Sperimentazione sul presidio antiribaltamento 87
3.7.4.1. Sperimentazione presso dipartimento ICEA - Università di Padova 88
3.7.5. Sperimentazione sul presidio antisfondellamento 95
3.7.5.1. Sperimentazione presso Laboratorio Esterno Qualificato - ISTITUTO GIORDANO 96
3.8. Dati tecnici dei sistemi 99

4. RIFERIMENTI NORMATIVI 103

Manuale Sismica:
costruire e consolidare in sicurezza

Guida alle soluzioni
Saint-Gobain Italia

1. INTRODUZIONE

L'Italia è un Paese ad alto rischio sismico. Negli ultimi anni, terremoti di intensità anche severa si sono succeduti ad intervalli di tempo ravvicinati, evidenziando la vulnerabilità del patrimonio edilizio. A seguito dei recenti eventi catastrofici, l'adeguamento antisismico delle costruzioni è ancora una volta tema di notevole attualità e importanza, poiché gran parte degli edifici esistenti, pur essendo situati in aree pericolose dal punto di vista sismico, risultano non idonei a resistere agli effetti. Si rende pertanto sempre più necessaria una risposta concreta ed efficace, sia in termini legislativi, sia in termini di tecnologia costruttiva. Saint-Gobain è in prima linea nel proporre soluzioni e sistemi costruttivi performanti e tecnologicamente all'avanguardia, promuovendo studi di ricerca e prove sperimentali al fine di garantire la sicurezza degli occupanti gli edifici.

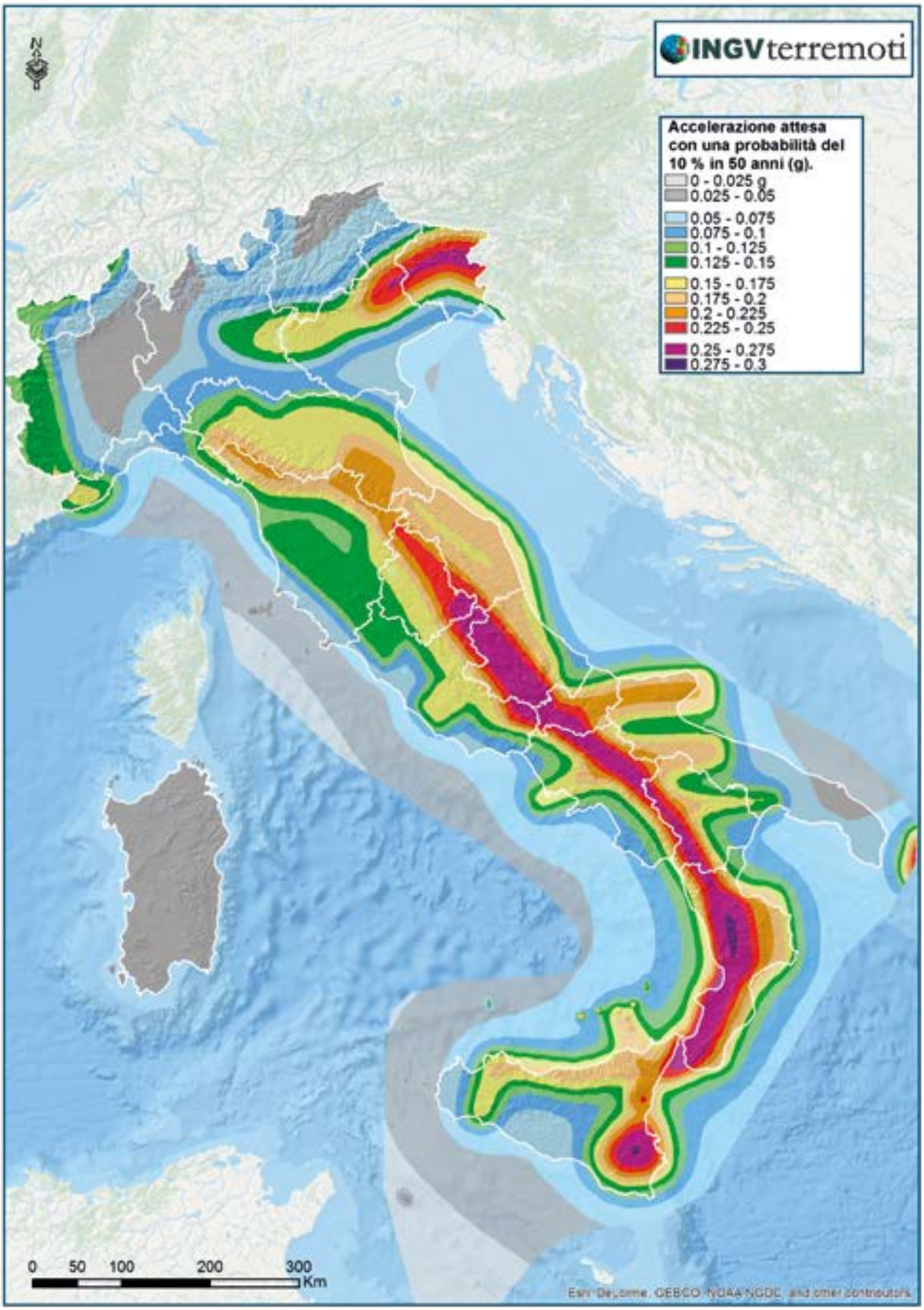
1.1. IL RISCHIO SISMICO IN ITALIA

L'intero territorio nazionale, per vari gradi di rischio, è da considerarsi sismico. Il 45% della superficie nazionale ricade in zone ad alta sismicità, interessando circa il 37% dei Comuni in cui risiedono oltre 22 milioni di persone. Le aree con il rischio più elevato sono l'Italia Nord-Orientale, la Liguria Occidentale, l'Appennino Settentrionale, e soprattutto tutto l'Appennino Centrale e Meridionale, Calabria e Sicilia Orientale.

Oltre alla pericolosità sismica, va poi aggiunta la componente suolo, ovvero le condizioni di degrado a cui il territorio nazionale è sottoposto a causa di disboscamenti, costruzioni inadatte a contenere fenomeni franosi, dissesti idrogeologici, incendi, assenza di manutenzione dei corsi d'acqua, ecc.

La tutela della popolazione, il risanamento del territorio e la messa in sicurezza del patrimonio edilizio sono questioni prioritarie per il Paese.

La pericolosità degli eventi sismici è senza dubbio amplificata dalla elevata vulnerabilità del patrimonio edilizio italiano: oltre il 60% degli edifici (circa 7 milioni) è stato costruito prima dell'entrata in vigore della prima normativa antisismica per nuove costruzioni (1974).
Di questi, oltre 2,5 milioni risultano in pessimo o mediocre stato di conservazione. Anche le costruzioni realizzate dopo il 1974, se non adeguatamente manutenute e monitorate, non rappresentano una maggiore sicurezza in presenza di eventi sismici di una certa rilevanza.
La vetustà del patrimonio edilizio italiano interessa sia gli edifici residenziali sia il settore terziario (principalmente scuole e ospedali) e industriale.



Pericolosità sismica del territorio Italiano

Presidenza del Consiglio dei Ministri

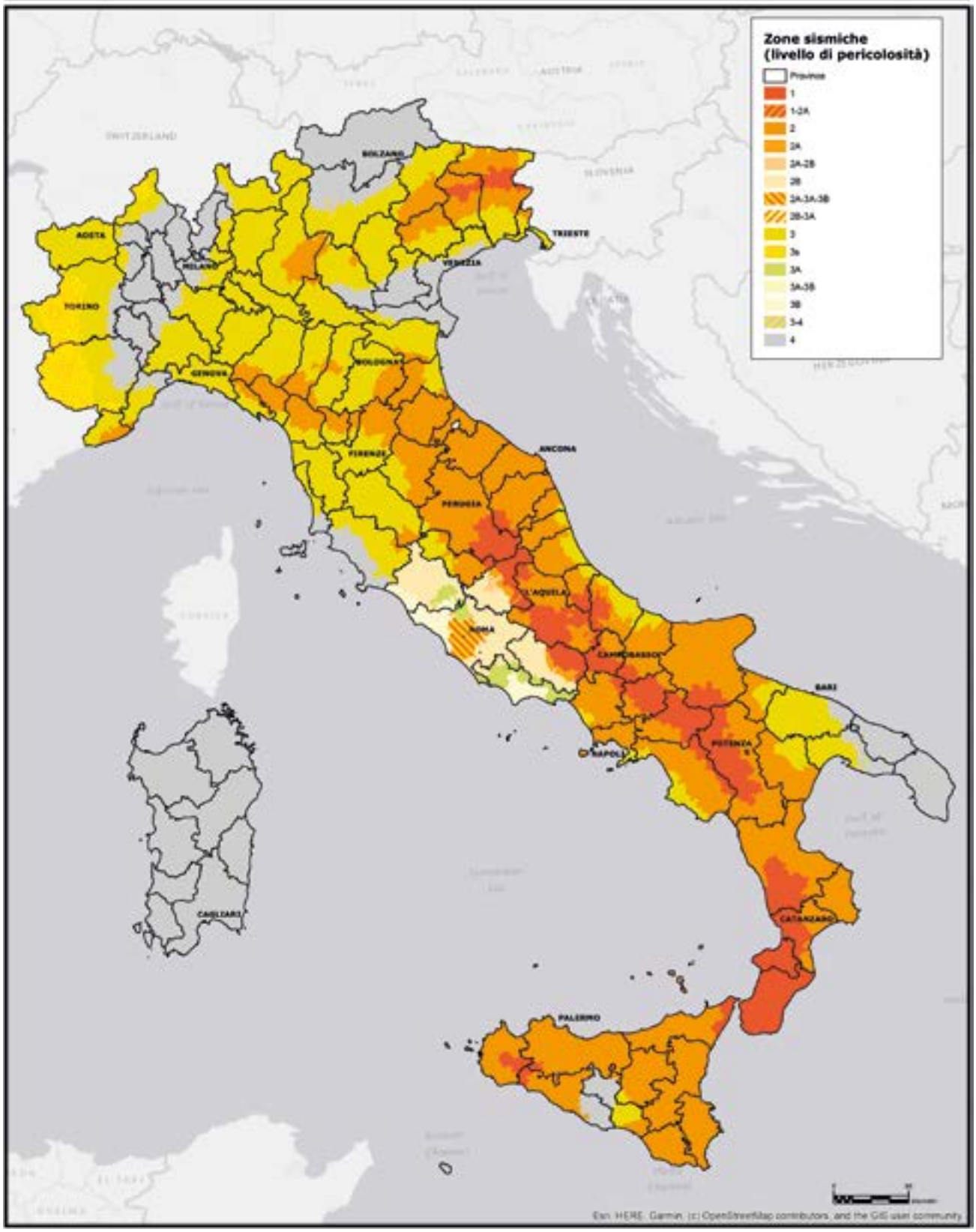
Dipartimento della protezione civile

UFFICIO III – Attività Tecnico-Scientifiche per la previsione e la prevenzione dei Rischi - Servizio Rischio Sismico

Classificazione sismica al 31 gennaio 2020

Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'OPCM 20 marzo 2003, n. 3274 e dell'OPCM 28 aprile 2006, n. 3519

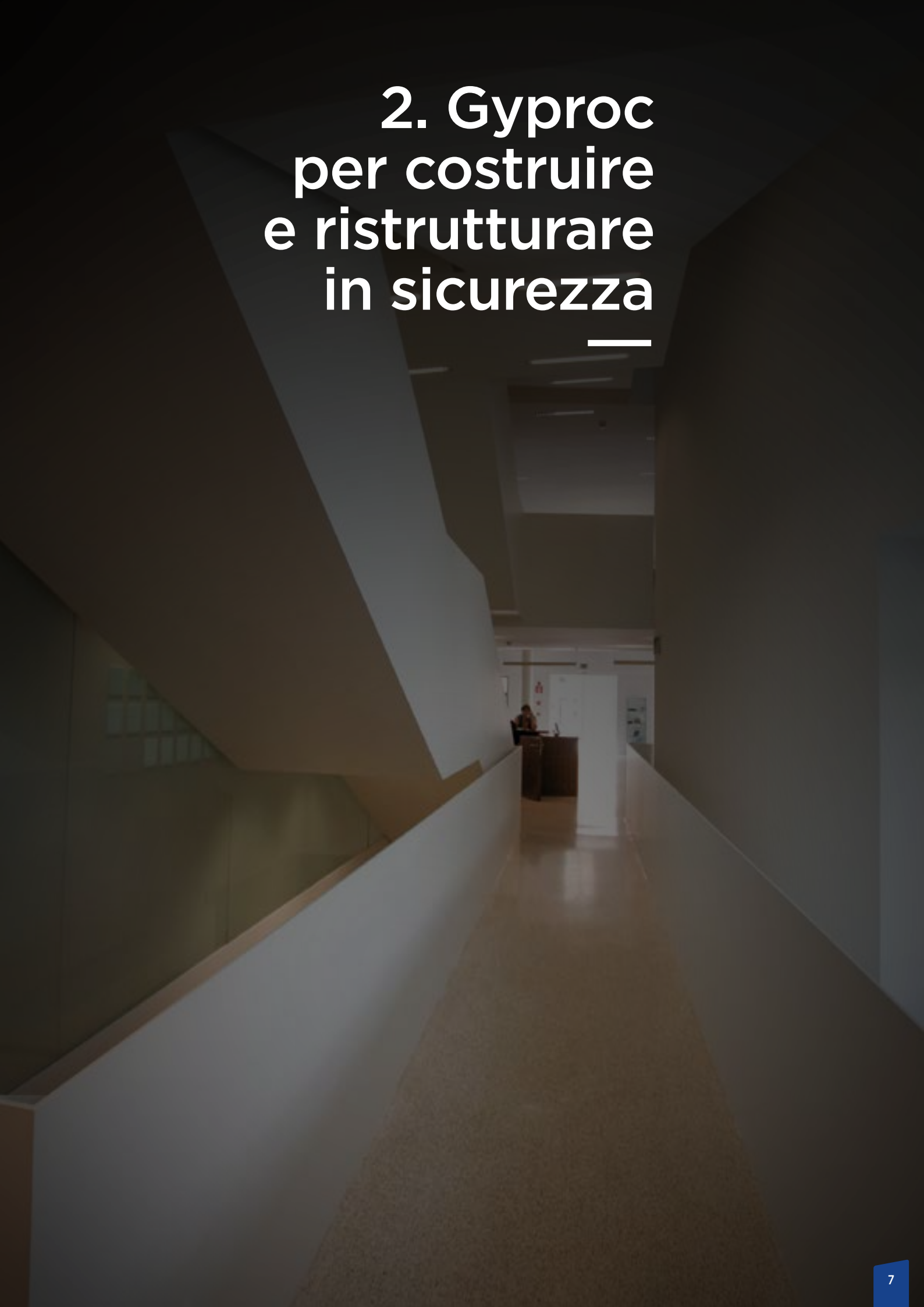
Atti di recepimento al 31 gennaio 2020. Abruzzo: DGR 29/3/03, n. 438. Basilicata: DCR 19/11/03, n. 731. Calabria: DGR 10/2/04, n. 47. Campania: DGR 7/11/02, n. 5447. Emilia Romagna: DGR 23/07/18, n. 1164. Friuli Venezia Giulia: DGR 6/5/10, n. 845. Lazio: DGR 22/5/09, n. 387. Liguria: DGR 17/03/17, n. 216. Lombardia: DGR 11/7/14, n. X/2129 Marche: DGR 29/7/03, n. 1046. Molise: DGR 20/9/06, n. 194. Piemonte: DGR 15 febbraio 2019, n. 17-8404. Puglia: DGR 2/3/04, n. 153. Sardegna: DGR 30/3/04, n. 15/31. Sicilia: DGR 19/12/03, n. 408. Toscana: DGR 26/5/14, n. 421. Trentino Alto Adige-Bolzano, DGP 6/11/06, n. 4047;Trento, DGP 27/12/12, n. 2919. Umbria: DGR 18/9/12, n. 1111. Veneto: DCR 3/12/03, n. 67. Valle d'Aosta: DGR 4/10/13 n. 1603



Classificazione zone sismiche del territorio Italiano

SAINT-GOBAIN

2. Gyproc per costruire e ristrutturare in sicurezza



2.1. INTRODUZIONE

I sistemi a secco presentano nei confronti dell'azione sismica due peculiarità che li rendono più sicuri e idonei rispetto alle soluzioni tradizionali:

- **Peso ridotto:** l'effetto dell'azione sismica dipende dalla massa e dal peso del manufatto su cui agisce. Una parete realizzata con sistemi a secco pesa mediamente un terzo rispetto ad un sistema tradizionale di uguale spessore. Questo consente di ridurre considerevolmente il peso gravante sulle strutture portanti, riducendo quindi l'azione sismica che sollecita l'intero edificio. Il tutto a vantaggio sia della sicurezza delle persone che vivono gli ambienti sia dei costi.
- **Elevata capacità deformativa:** la combinazione di struttura metallica in acciaio e rivestimento con lastre consente di assorbire in maniera ottimale gli sforzi di trazione e taglio generati durante un sisma, aumentando la capacità deformativa del sistema. Ciò consente di evitare anche le rotture di tipo fragile tipiche dei sistemi tradizionali.

Saint-Gobain Italia, ponendo particolare attenzione e sensibilità alla sicurezza delle persone che occupano gli edifici, propone soluzioni performanti, dedicate sia al mercato residenziale sia al settore terziario (ospedali, scuole, alberghi, uffici, ecc.), in grado di rispettare le severe prescrizioni normative.

2.2. PARETI DIVISORIE INTERNE - PARETI DI TAMPONAMENTO ESTERNO

Le soluzioni di pareti divisorie interne e di tamponamento perimetrale esterno sono state sottoposte a numerose prove sperimentali presso il **Politecnico di Milano - Dipartimento di Ingegneria Strutturale e laboratorio di prova**, al fine di verificarne la resistenza all'azione sismica. Le prove hanno interessato sia i singoli componenti/materiali, sia i sistemi costruttivi assemblati.

POLITECNICO DI MILANO
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE
LABORATORIO PROVE MATERIALI
20133 MILANO – P.ZA LEONARDO DA VINCI, 32

Sede di Milano

Sede di Lecco

Committente: GYPROC SAINT-GOBAIN PPC ITALIA S.p.A. via E. Romagnoli, 6 - 20146 Milano (MI)
Commessa: Caratterizzazione del comportamento sismico di sistemi a secco Gyproc

PROVE SPERIMENTALI IN REGIME CICLICO DI PANNELLI MODULARI A SECCO

DEI SISTEMI GYPROC SAINT-GOBAIN:

D4 Pareti divisorie distributive di ambiente a lastra singola e struttura semplice.

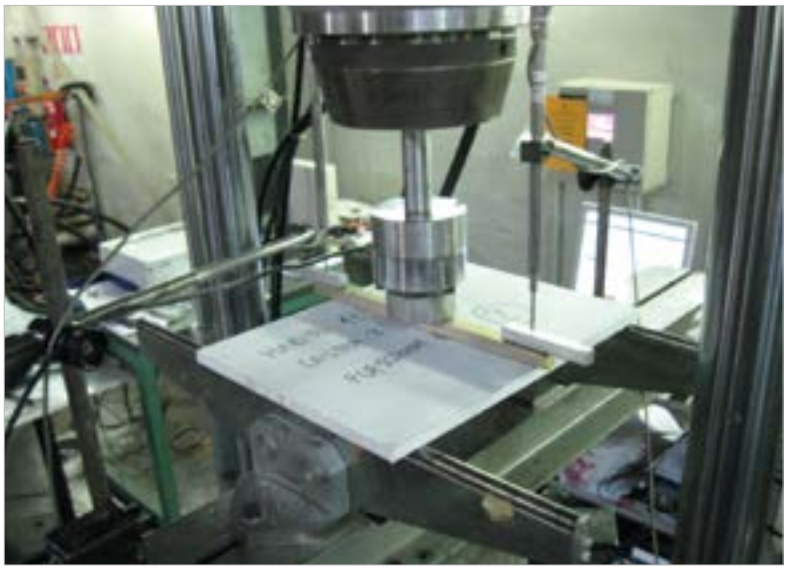
S4 Pareti divisorie separative di ambiente a doppia lastra e struttura semplice.

S4D5 Pareti divisorie separative di ambiente a 5 lastre e doppia struttura.

TEST REPORT

PROVE SPERIMENTALI - Caratterizzazione dei materiali costituenti i sistemi parete

Queste prove, svolte in accordo alle specifiche norme di prodotto, hanno permesso di ricavare tutte le caratteristiche proprie dei materiali (modulo elastico, legame costitutivo, modulo di taglio, ecc.)



Prove di flessione longitudinale e trasversale - UNI EN 520

Prove di taglio - C1469-10

Prove di trazione - EN 1608

PROVE SPERIMENTALI - Caratterizzazione dei sistemi costruttivi assemblati (pareti divisorie interne e di tamponamento esterno)

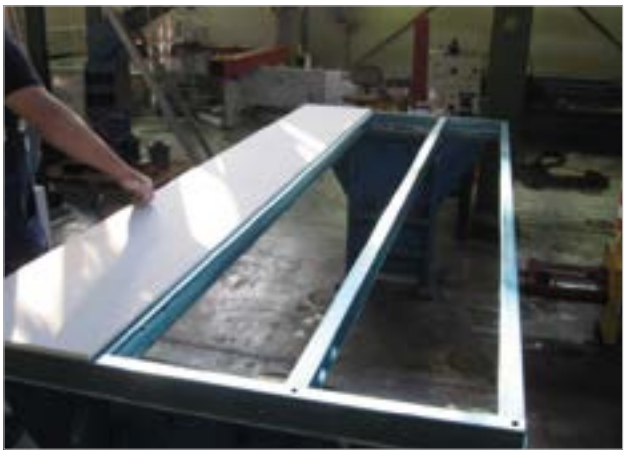
Queste prove hanno riguardato:

a) il comportamento flessionale dei sistemi assemblati nel piano ortogonale al piano delle pareti;

b) il comportamento a taglio dei sistemi assemblati nel piano delle pareti.

Metodologia di installazione

Le modalità applicative corrispondono a quanto usualmente consigliato da Saint-Gobain Italia per una corretta installazione dei sistemi e riportato nella documentazione tecnica. I montanti verticali della struttura metallica sono stati vincolati alla base alla guida orizzontale inferiore mediante viti in acciaio, mentre in sommità sono stati semplicemente inseriti nella guida orizzontale superiore, lasciando un *gap* di circa 10 mm per permettere uno scorrimento per l'assorbimento di eventuali spostamenti verticali dei solai di interpiano.



È stata posta particolare attenzione al vincolo delle lastre alla struttura metallica, prevedendo un interasse delle viti massimo di 250 mm, sfalsate tra il primo e il secondo strato nel caso di tipologia costruttiva con doppia lastra per paramento. Nei campioni di parete sono stati realizzati giunti verticali e orizzontali tra due lastre successive, al fine di simulare il più possibile l'effettivo comportamento del sistema parete nel caso di dimensioni reali.

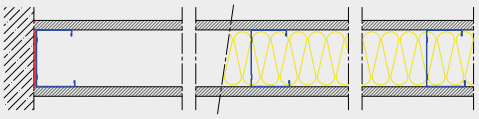
Tipologia di pareti a secco sottoposte a prova

Sono state sottoposte a prove sperimentali le seguenti pareti a secco, che differiscono per tipologia di lastra, numero di lastre per paramento, struttura metallica, in modo da contemplare tutte le possibili casistiche riscontrabili in edilizia sia residenziale che non (scuole, ospedali, uffici, ecc.):

TIPOLOGIA A

Pareti divisorie interne tipo DA (distributive di ambiente)

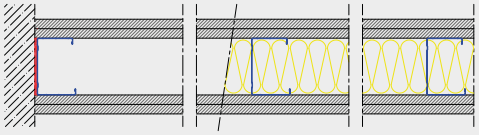
- 1 lastra in gesso rivestito/gesso fibrato
- struttura metallica singola
- eventuale isolante minerale
- 1 lastra in gesso rivestito/gesso fibrato



TIPOLOGIA B

Pareti divisorie interne tipo SA (separative di ambiente)

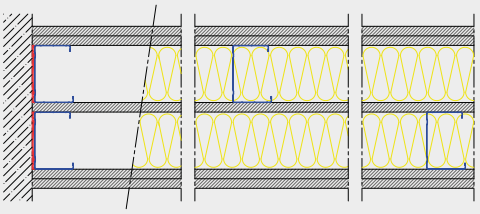
- 2 lastre in gesso rivestito/gesso fibrato
- struttura metallica singola
- eventuale isolante minerale
- 2 lastre in gesso rivestito/gesso fibrato



TIPOLOGIA C

Pareti divisorie interne tipo SAD5 (separative tra diverse unità)

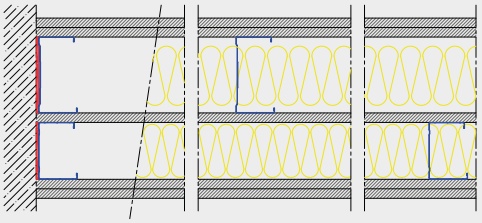
- 2 lastre in gesso rivestito/gesso fibrato
- struttura metallica
- eventuale isolante minerale
- 1 lastra in gesso rivestito/gesso fibrato posta tra le due strutture metalliche
- struttura metallica
- eventuale isolante minerale
- 2 lastre in gesso rivestito/gesso fibrato



TIPOLOGIA D

Pareti di tamponamento perimetrale esterno tipo SAD5 - SAD4

- 2 lastre in gesso rivestito/gesso fibrato
- struttura metallica interna
- eventuale isolante minerale
- 1 lastra in gesso rivestito/gesso fibrato posta tra le due strutture metalliche
- struttura metallica
- eventuale isolante minerale
- 2 lastre in cemento alleggerito/1 lastra in gesso fibrorinforzato
- ciclo di finitura con rasante cementizio



a) COMPORTAMENTO FUORI DAL PIANO:
comportamento flessionale dei sistemi assemblati nel piano trasversale della parete, sottoposti ad azione perpendicolare orizzontale (componente orizzontale del sisma)

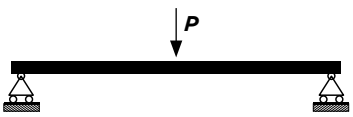
COMPONENTE ORIZZONTALE DEL SISMA
Azione perpendicolare orizzontale nel piano trasversale della parete

$$\frac{\text{Peso proprio parete x accelerazione orizzontale sisma}}{q_a \text{ (fattore di struttura)}}$$

FLESSIONE PERPENDICOLARE

Le prove sperimentali condotte hanno lo scopo di valutare la rigidezza flessionale dei sistemi nel piano trasversale della parete, soggetta alla componente orizzontale del sisma, al fine di rispettare i limiti imposti dalla normativa vigente in termini di assenza di collasso fragile ed espulsione di elementi non strutturali.

Lo schema statico considerato è di trave in semplice appoggio: la struttura metallica verticale costituita dai montanti a forma di C assolve la funzione resistente principale, mentre le lastre di chiusura assicurano l'ottimale vincolo per evitare l'instabilità torsionale dei montanti.

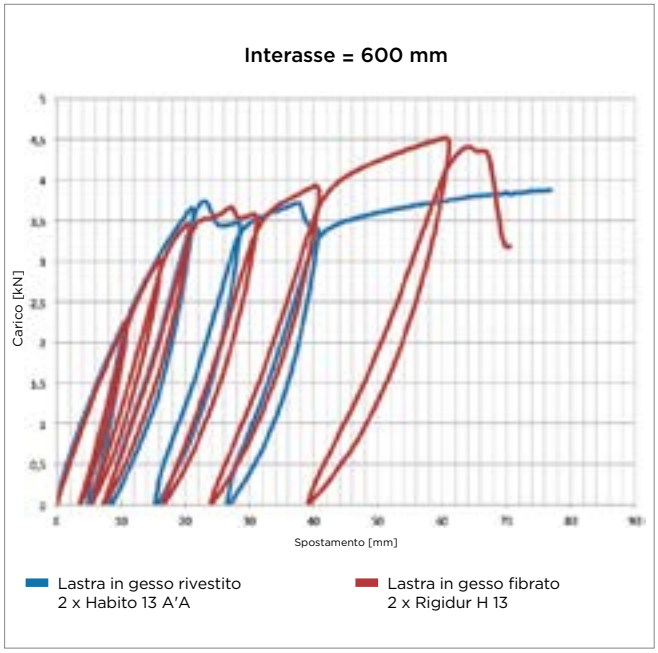


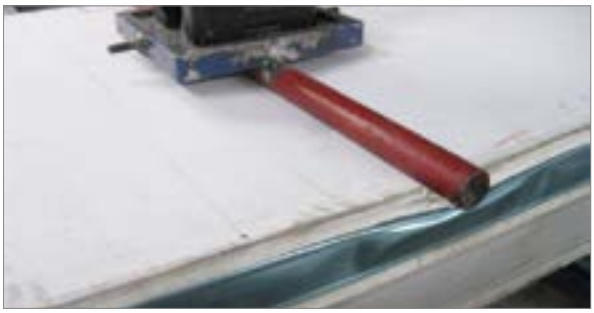
Le prove sono state condotte a controllo di spostamento, imponendo cicli di carico e scarico a deformazione crescente, con carico applicato nella sezione di mezzeria (prova a flessione su 3 punti).

Sono stati sottoposti a prova i seguenti campioni di parete
(per identificare la tipologia di parete vedi le tabelle riepilogative riportate a pag. 10/11):

Numero campioni	Tipologia parete	Tipologia di prova	Interasse montanti verticali	Tipologia di lastra
1	DA	FLESSIONE	600 mm	1 lastra in gesso rivestito per paramento
2	DA	FLESSIONE	600 mm	1 lastra in gesso fibrato per paramento
3	SA	FLESSIONE	600 mm	2 lastre in gesso rivestito per paramento
4	SA	FLESSIONE	400 mm	2 lastre in gesso rivestito per paramento
5	SA	FLESSIONE	600 mm	2 lastre in gesso fibrato per paramento
6	SA	FLESSIONE	400 mm	2 lastre in gesso fibrato per paramento
7	SA	FLESSIONE	600 mm	2 lastra in gesso rivestito + 1 lastra in gesso fibrato per paramento
8	SA	FLESSIONE	400 mm	1 lastra in gesso rivestito + 1 lastra in gesso fibrato per paramento
9	SAD5	FLESSIONE	600 mm	5 lastre (gesso rivestito/gesso fibrato/cemento alleggerito)

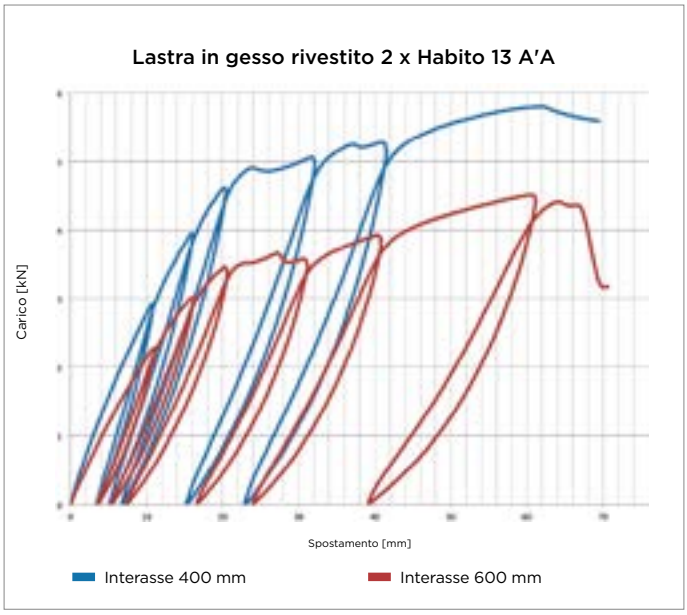
Le prove flessionali hanno evidenziato come la rigidezza del sistema sia dovuta alla collaborazione tra le lastre in gesso rivestito-gesso fibrato e i montanti verticali della struttura metallica; per ogni tipologia di parete può essere valutata una rigidezza equivalente in funzione del numero di lastre per paramento, dell'interasse delle viti di collegamento, dell'interasse e della rigidezza dei montanti verticali. Riportiamo alcuni grafici sforzo-deformazione ricavati dalle prove sperimentali. Il seguente si riferisce a tipologie di pareti con singola struttura metallica (interasse 600 mm) e rivestimento con doppia lastra per entrambi i paramenti (sia lastre in gesso rivestito sia lastre in gesso fibrato).



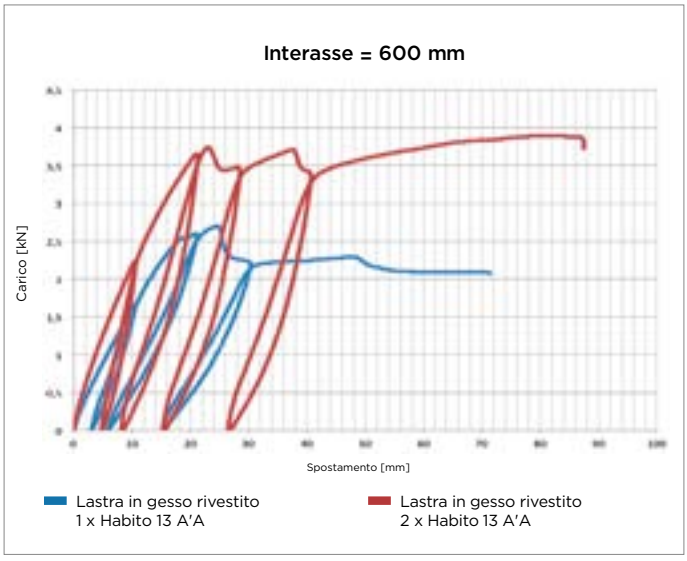


I risultati delle prove hanno evidenziato come i sistemi abbiano una elevata capacità deformativa, con raggiungimento dello stato limite ultimo per instabilità locale dei montanti della struttura metallica, senza alcun danneggiamento delle lastre.
I grafici evidenziano una crescita quasi perfettamente lineare (campo elastico) per carichi elevati, con piccoli assestamenti ad ogni ciclo di carico e scarico. Incrementando ulteriormente la deformazione impressa, si evidenzia come i campioni di parete siano in grado di deformarsi notevolmente in campo anelastico mantenendo la stessa capacità di carico. Le prove sono state interrotte al manifestarsi dell'instabilità del montante compresso: la freccia limite è raggiunta per spostamenti pari a circa 1/150 della luce tra i vincoli di appoggio (considerando un'altezza dei campioni di 3 m). Prima di tale condizione limite il comportamento può essere ritenuto elastico.

Nel grafico seguente si può osservare come in due pareti con lo stesso rivestimento (doppia lastra in gesso rivestito), la riduzione dell'interasse dei montanti verticali della struttura metallica (da 600 mm a 400 mm), produca un notevole incremento di capacità di assorbire il carico, a parità di spostamento imposto.



Nel grafico seguente si può osservare come un rivestimento costituito da due lastre per paramento produca un notevole incremento di capacità di assorbire il carico, a parità di spostamento imposto, rispetto ad un rivestimento costituito da singola lastra per paramento.

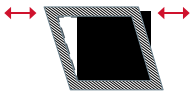


Al raggiungimento dello stato limite ultimo (instabilità del montante compresso) non è da escludersi il manifestarsi di cavillature in corrispondenza dei giunti tra le diverse lastre, opportunamente rinforzati con stucco a base gesso e nastro di armatura, senza alcuna conseguenza per la funzionalità delle pareti. **Non si riscontrano** infatti **rottura o collasso di tipo fragile, né espulsione di materiale o componenti del sistema.** I risultati sopra descritti sono replicabili per tutte le altre configurazioni di pareti sottoposte a prova, come riportato nel report del Politecnico di Milano.

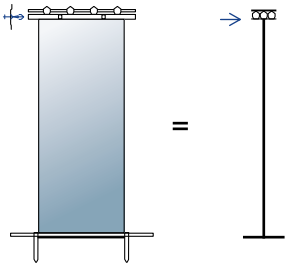
b) COMPORTAMENTO NEL PIANO:
comportamento a taglio dei sistemi assemblati, nel piano della parete, sottoposti ad azione membranale orizzontale nel piano della parete (componente orizzontale del sisma)

COMPONENTE ORIZZONTALE DEL SISMA
Azione membranale orizzontale nel piano della parete

Spostamento di interpiano



TAGLIO



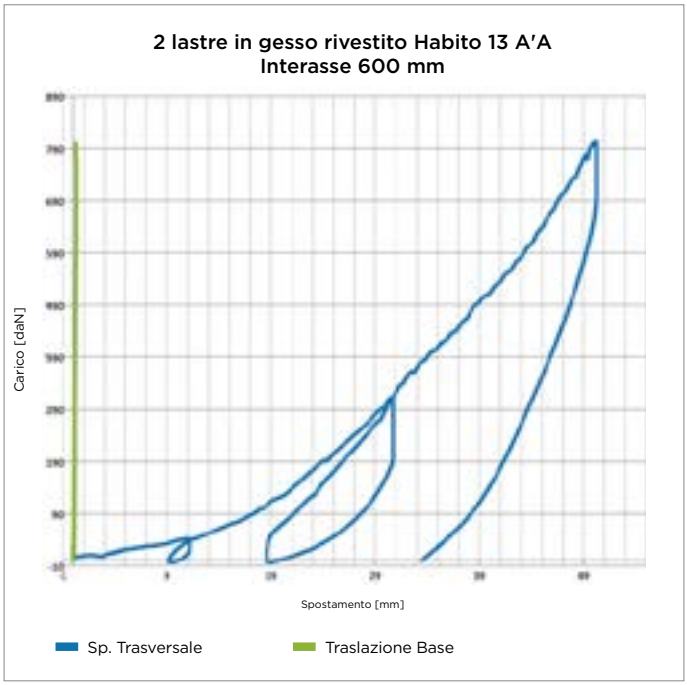
Le prove sperimentali condotte hanno lo scopo di valutare la capacità deformativa dei sistemi nel piano orizzontale della parete, al fine di rispettare i limiti imposti dalla normativa vigente in termini di resistenza del sistema e dei collegamenti dello stesso alla struttura portante nel caso di spostamenti di interpiano. Lo schema statico considerato è di trave incastrata alla base e di pattino in sommità.

Sono stati sottoposti a prova i seguenti campioni di parete
(per identificare la tipologia di parete vedi le tabelle riepilogative riportate a pag. 10/11):

Numero campioni	Tipologia parete	Tipologia di prova	Interasse montanti verticali	Tipologia di lastra
10	SA	TAGLIO	600 mm	2 lastre in gesso rivestito per paramento
11	SA	TAGLIO	400 mm	2 lastre in gesso rivestito per paramento
12	SA	TAGLIO	600 mm	2 lastre in gesso fibrato per paramento
13	SA	TAGLIO	400 mm	2 lastre in gesso fibrato per paramento
14	SA	TAGLIO	600 mm	1 lastra in gesso rivestito + 1 lastra in gesso fibrato per paramento
15	SA	TAGLIO	400 mm	1 lastra in gesso rivestito + 1 lastra in gesso fibrato per paramento
16	SAD5	TAGLIO	600 mm	5 lastre (gesso rivestito/gesso fibrato/cemento alleggerito)

Le prove sono state suddivise in più fasi. Nella prima fase, le pareti sono state sottoposte a cicli di carico e scarico imponendo spostamenti trasversali crescenti; in tal modo è quantificabile la deformazione residua accumulata ad ogni ciclo. Nella seconda fase, dopo avere riportato i campioni nella condizione iniziale imponendo una forza orizzontale di segno contrario fino ad annullare completamente la deformazione residua, sono stati effettuati più cicli di carico fino ad una deformazione limite, corrispondente all'imbozzamento per instabilità del montante verticale compresso. Inoltre, su alcuni campioni sono state effettuate due ulteriori fasi di inversione del ciclo di carico annullando la deformazione residua accumulata. Il ciclo di carico e successivo scarico ha permesso di valutare quale sia l'effettiva rigidezza dei campioni in caso di cicli di deformazione non monotonici. I cicli successivi di carico e scarico fino alla deformazione massima imposta consentono di valutare la rigidezza dei campioni danneggiati.
Le prove sperimentali a taglio hanno evidenziato come la rigidezza dei sistemi assemblati nel piano della parete sia ridotta e pertanto sia considerabile nullo il contributo alla rigidezza strutturale dell'edificio (come richiesto dal D.M. 14/01/2008 e dal D.M. 17/01/2018). In tali condizioni si rientra nel caso di tamponamenti progettati per non subire danni a seguito di spostamenti di interpiano $D_{rp} \leq 0{,}01 \times h$, con h = altezza di interpiano.

Riportiamo di seguito un grafico sforzo-deformazione relativo a tipologie di pareti con singola struttura metallica, doppia lastra per entrambi i paramenti (sia lastre in gesso rivestito sia lastre in gesso fibrato), interasse della struttura metallica verticale 600 mm.



Le prove sperimentali hanno dimostrato che i sistemi sono dotati di grande deformabilità, in particolare risulta che lo stato limite ultimo è correlato al manifestarsi dell'instabilità locale al piede del montante compresso, senza alcun danneggiamento delle lastre. Gli spostamenti trasversali raggiunti nelle prove sperimentali condotte su campioni di parete di altezza pari a 3000 mm, prima del manifestarsi dell'instabilità del montante compresso, sono sempre superiori a 50 mm, maggiori quindi della richiesta normativa di 0,01 x h = 0,01 x 3000 = 30 mm.

L'eventuale danno prevedibile può essere un principio di distacco della guida orizzontale inferiore, che resta rigidamente vincolata in corrispondenza dei tasselli metallici, ma che potrebbe avere deformazioni anelastiche locali. Tali deformazioni non compromettono la funzionalità del sistema, in quanto viene mantenuta la funzione di vincolo a terra, e possono essere associate all'effetto positivo di dissipare energia in cicli di carico alternati. La riduzione dell'interasse dei montanti, con conseguente incremento del numero degli stessi, riduce sensibilmente questo possibile fenomeno.

Al raggiungimento dello stato limite ultimo (instabilità del montante compresso) non è da escludersi il manifestarsi di cavillature in corrispondenza dei giunti tra le diverse lastre, opportunamente rinforzati con stucco a base gesso e nastro di armatura, senza alcuna conseguenza per la funzionalità delle pareti. **Non si riscontrano** infatti **rottura o collasso di tipo fragile, né espulsione di materiale o componenti del sistema.** I risultati sopra descritti sono replicabili a tutte le altre configurazioni di pareti sottoposte a prova, come riportato nel report del Politecnico di Milano.

2.2.1 ESEMPI DELLE PRINCIPALI TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

SISTEMA A SECCO

Pareti divisorie interne tipo **DA**

Gyproc HF 1.2 - DA 100/75 L Forte

Pareti divisorie interne tipo **SA**

Gyproc SA 125/75 L HAB Activ'Air® - Habito PRATICA
Gyproc SA 125/75 L F
Gyproc SA 125/75 L F Duragyp Activ'Air®
Gyproc SA 125/75 L Duragyp Activ'Air®
Gyproc HF 1.4 - SA 125/75 L Forte HAB
Gyproc HF 1.3 - SA 125/75 L Forte

Pareti divisorie interne tipo **SAD5**

Gyproc HF 2.1 - SAD5 215/75 L Forte

Pareti di tamponamento perimetrale esterno tipo **SAD4**

Gyproc GX1 - SAD4 231/100-75 L GX Forte

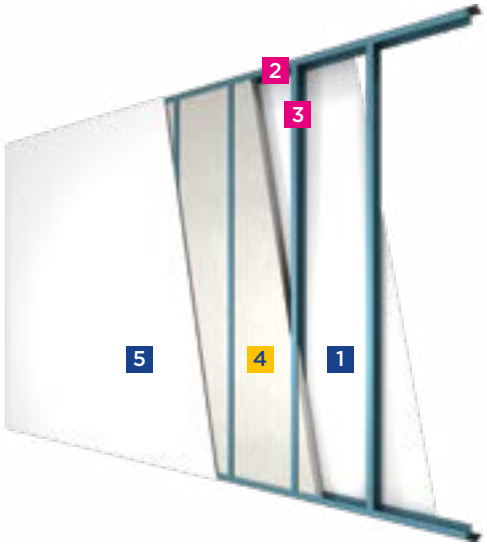
HF 1.2

DA 100/75 L Forte

Spessore: 100 mm | **Peso:** 28,85 kg/m²

Prodotti utilizzati:

1. 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13**
   (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
2. Guide a U Gyproc **Gyprofile**
   da 75 mm, sp. 0,6 mm
3. Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
   da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
4. Isolante in lana di vetro Isover **PAR Gold N 4+**/
   lana minerale Isover **Arena32**
   sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
5. 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13**
   (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Resistenza al fuoco:
EI 60 - Hmax = 4 m
LAPI 177/C/15 - 262 FR

Fonoisolamento:
R_w = 52 dB
I.G. 327558

Trasmittanza termica:
U = 0,378 W/m²K

Portata ai carichi

Resistenza agli urti

Ambienti umidi:
utilizzo di Habito® Forte Hydro

Resistenza all'azione sismica:
Report Politecnico di Milano

Sostenibilità:
VOC: Classe A+ | **Eurofins Gold**

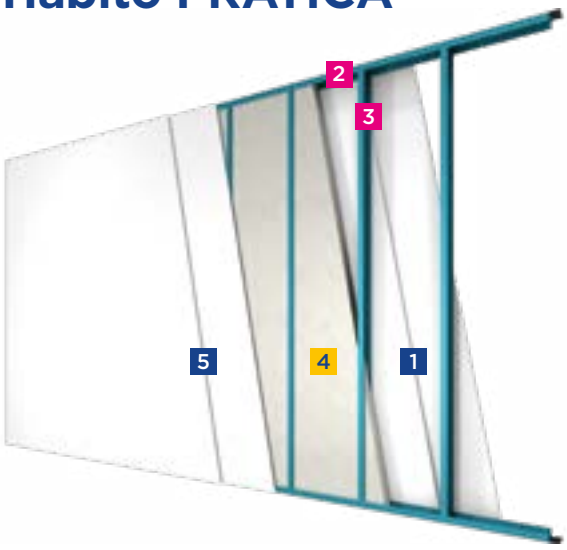
Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura

SA 125/75 L HAB Activ'Air® - Habito PRATICA

Spessore: 125 mm | **Peso:** 43,75 kg/m²

Prodotti utilizzati:

1. 2 lastre Gyproc **Habito 13 Activ'Air®**
   (tipo DI, peso 10,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
2. Guide a U Gyproc **Gyprofile**
   da 75 mm, sp. 0,6 mm
3. Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
   da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
4. Isolante in lana di vetro Isover **AcustiPAR 4+**/
   lana minerale Isover **Arena34**
   sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
5. 2 lastre Gyproc **Habito 13 Activ'Air®**
   (tipo DI, peso 10,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Resistenza al fuoco:
EI 120 - Hmax > 4 m
F.T. intercambiabilità lastre

Fonoisolamento:
AcustiPAR 4+: R_w = 56 dB
I.G. 350948
Arena34: R_w = 57 dB
I.G. 350664

Trasmittanza termica:
AcustiPAR 4+: U = 0,408 W/m²K
Arena34: U = 0,375 W/m²K

Resistenza all'azione sismica:
Report Politecnico di Milano

Sostenibilità:
VOC: Classe A+ | **Eurofins Gold**
Activ'Air®

Ambienti umidi:
utilizzo di Habito Hydro Activ'Air®

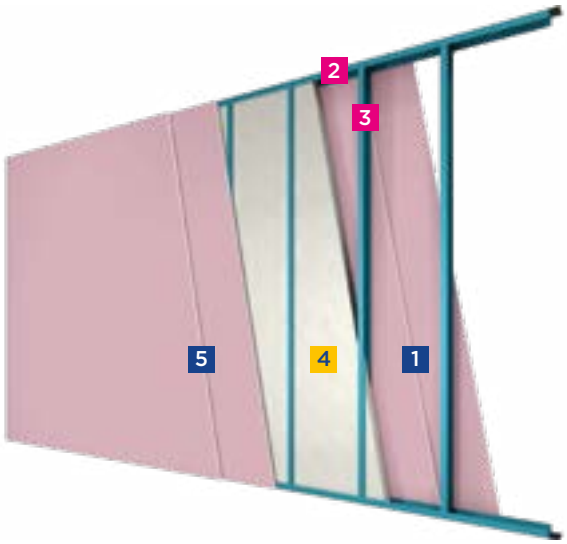
Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura

SA 125/75 L F

Spessore: 125 mm | **Peso:** 43,35 kg/m²

Prodotti utilizzati:

1. 2 lastre Gyproc **Fireline 13**
   (tipo DF, peso 10,1 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
2. Guide a U Gyproc **Gyprofile**
   da 75 mm, sp. 0,6 mm
3. Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
   da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
4. Isolante in lana di vetro Isover **AcustiPAR 4+**/
   lana minerale Isover **Arena34**
   sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
5. 2 lastre Gyproc **Fireline 13**
   (tipo DF, peso 10,1 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Resistenza al fuoco:
EI 120 - Hmax > 4 m
LAPI 54/C/11-102 FR (PAR 4+)
LAPI 238/C/18-334 FR (Arena34)

Fonoisolamento:
AcustiPAR 4+: R_w = 56 dB
I.G. 350948
Arena34: R_w = 57 dB
I.G. 350664

Trasmittanza termica:
AcustiPAR 4+: U = 0,408 W/m²K
Arena34: U = 0,375 W/m²K

Resistenza all'azione sismica:
Report Politecnico di Milano

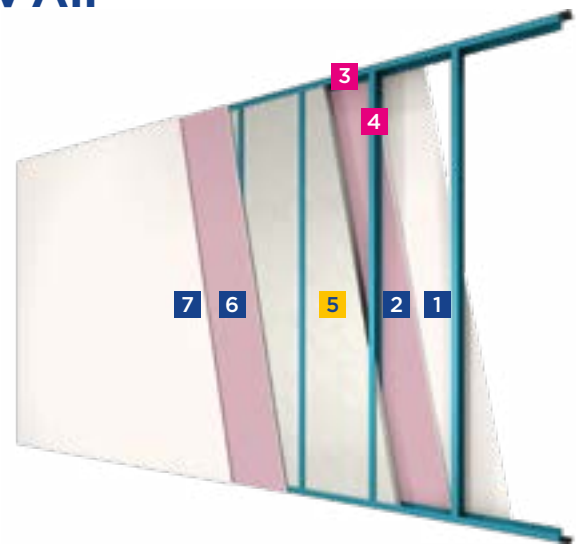
Sostenibilità:
VOC: Classe A+ | **Eurofins Gold**

SA 125/75 L F Duragyp Activ'Air®

Spessore: 125 mm | **Peso:** 47,75 kg/m²

Prodotti utilizzati:

1. 1 lastra Gyproc **Duragyp 13 Activ'Air®**
   (tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
2. 1 lastra Gyproc **Fireline 13**
   (tipo DF, peso 10,1 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
3. Guide a U Gyproc **Gyprofile**
   da 75 mm, sp. 0,6 mm
4. Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
   da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
5. Isolante in lana di vetro Isover **AcustiPAR 4+**/
   lana minerale Isover **Arena34**
   sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
6. 1 lastra Gyproc **Fireline 13**
   (tipo DF, peso 10,1 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
7. 1 lastra Gyproc **Duragyp 13 Activ'Air®**
   (tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Resistenza al fuoco:
EI 120 - Hmax > 4 m
LAPI 96/C/12-155 FR
F.T. Intercambiabilità lastre

Fonoisolamento:
AcustiPAR 4+: R_w = 58 dB
Val. an. rif. I.G. 350948
Arena34: R_w = 59 dB
Val. an. rif. I.G. 350664

Trasmittanza termica:
AcustiPAR 4+: U = 0,412 W/m²K
Arena34: U = 0,378 W/m²K

Resistenza all'azione sismica:
Report Politecnico di Milano

Sostenibilità:
VOC: Classe A+ | **Eurofins Gold**
Activ'Air®

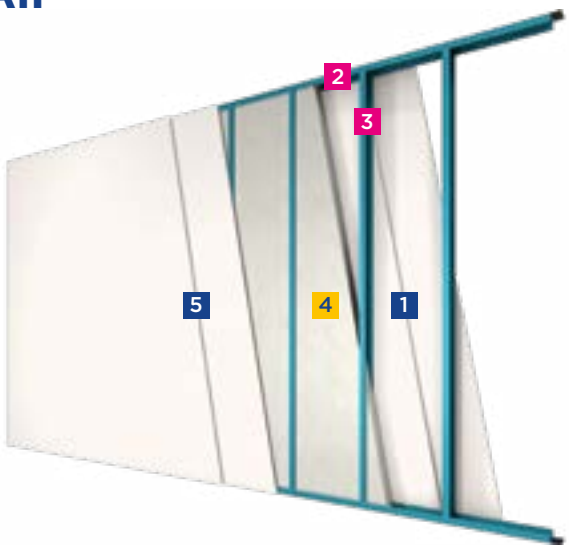
Ambienti umidi:
idonea

SA 125/75 L Duragyp Activ'Air®

Spessore: 125 mm | **Peso:** 52,15 kg/m²

Prodotti utilizzati:

1. 2 lastre Gyproc **Duragyp 13 Activ'Air®**
   (tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
2. Guide a U Gyproc **Gyprofile**
   da 75 mm, sp. 0,6 mm
3. Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
   da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
4. Isolante in lana di vetro Isover **AcustiPAR 4+**/
   lana minerale Isover **Arena34**
   sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
5. 2 lastre Gyproc **Duragyp 13 Activ'Air®**
   (tipo DEFH1IR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Resistenza al fuoco:
EI 120 - Hmax > 4 m
F.T. intercambiabilità lastre

Fonoisolamento:
AcustiPAR 4+: R_w = 59 dB
I.G. 350948
Arena34: R_w = 60 dB
I.G. 350664

Trasmittanza termica:
AcustiPAR 4+: U = 0,415 W/m²K
Arena34: U = 0,381 W/m²K

Resistenza all'azione sismica:
Report Politecnico di Milano

Sostenibilità:
VOC: Classe A+ | **Eurofins Gold Activ'Air®**

Ambienti umidi:
idonea

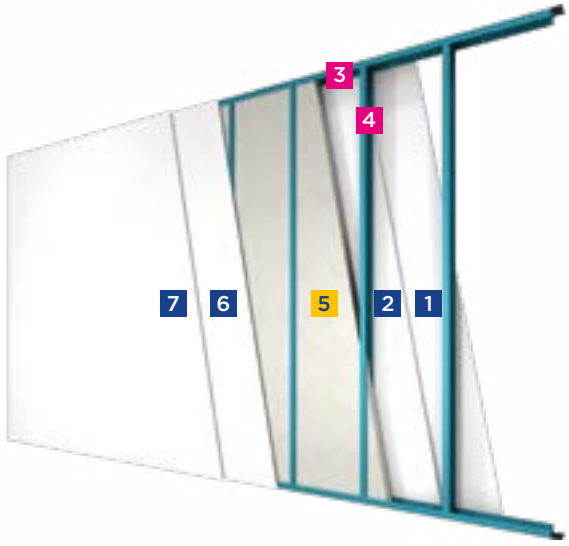
HF 1.4

SA 125/75 L Forte HAB

Spessore: 125 mm | **Peso:** 47,95 kg/m²

Prodotti utilizzati:

1. 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13**
   (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
2. 1 lastra Gyproc **Habito 13 Activ'Air®**
   (tipo DI, peso 10,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
3. Guide a U Gyproc **Gyprofile**
   da 75 mm, sp. 0,6 mm
4. Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
   da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
5. Isolante in lana di vetro Isover **AcustiPAR 4+**/
   lana minerale Isover **Arena34**
   sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
6. 1 lastra Gyproc **Habito 13 Activ'Air®**
   (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
7. 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13**
   (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Resistenza al fuoco:
EI 120 - Hmax = 4 m
F.T. intercambiabilità lastre

Fonoisolamento:
AcustiPAR 4+: R_w = 60 dB
Val. an. rif. I.G. 327557
Arena34: R_w = 61 dB
Val. an. rif. I.G. 327557

Trasmittanza termica:
AcustiPAR 4+: U = 0,412 W/m²K
Arena34: U = 0,378 W/m²K

Portata ai carichi

Resistenza agli urti

Ambienti umidi:
utilizzo di Habito® Forte Hydro

Resistenza all'azione sismica:
Report Politecnico di Milano

Sostenibilità:
VOC: Classe A+ | **Eurofins Gold Activ'Air®**

Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura

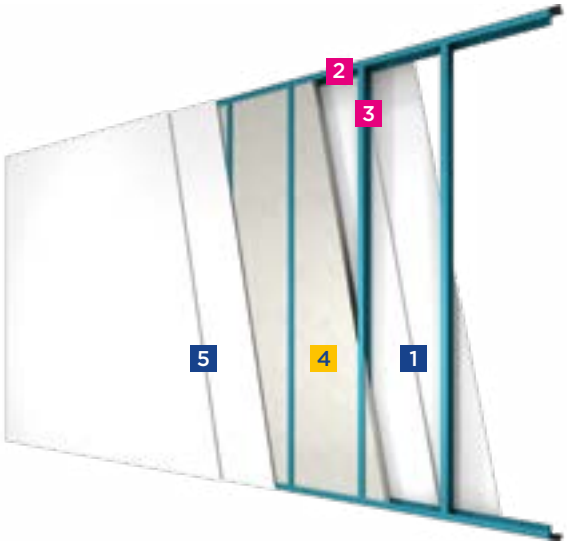
HF 1.3

SA 125/75 L Forte

Spessore: 125 mm | **Peso:** 52,15 kg/m²

Prodotti utilizzati:

1. 2 lastre Gyproc **Habito® Forte 13**
   (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
2. Guide a U Gyproc **Gyprofile**
   da 75 mm, sp. 0,6 mm
3. Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
   da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
4. Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**/
   lana minerale Isover **Arena34**
   sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
5. 2 lastre Gyproc **Habito® Forte 13**
   (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Resistenza al fuoco:
EI 120 - Hmax > 4 m
I.G. 327545/3738 FR

Fonoisolamento:
R_w = 63 dB
Val. an. rif. I.G. 327557

Trasmittanza termica:
AcustiPAR 4+: U = 0,415 W/m²K
Arena34: U = 0,381 W/m²K

Portata ai carichi

Resistenza agli urti

Ambienti umidi:
utilizzo di Habito® Forte Hydro

Resistenza all'azione sismica:
Report Politecnico di Milano

Sostenibilità:
VOC: Classe A+ | **Eurofins Gold**

Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura

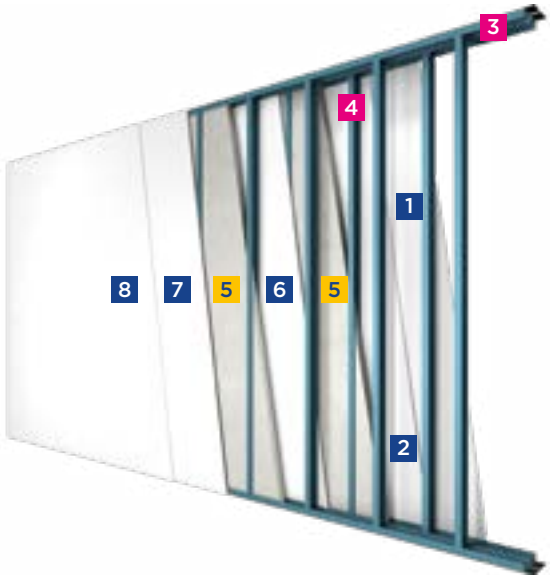
HF 2.1

SAD5 215/75 L Forte

Spessore: 212,5 mm | **Peso:** 63,20 kg/m²

Prodotti utilizzati:

1. 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13**
   (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
2. 1 lastra Gyproc **Habito 13 Activ'Air®**
   (tipo DI, peso 10,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
3. 2 x Guide a U Gyproc **Gyprofile** (parallele affiancate)
   da 75 mm, sp. 0,6 mm
4. 2 x Montanti a C Gyproc **Gyprofile** (paralleli affiancati)
   da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm, sfalsati
5. 2 x Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**
   sp. 70+70 mm, reaz. al fuoco A1
6. 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13** (centrale)
   (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
7. 1 lastra Gyproc **Habito 13 Activ'Air®**
   (tipo DI, peso 10,2 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
8. 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13**
   (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0



Resistenza al fuoco:
EI 120 - Hmax = 4 m
I.G. 327546/3739 FR

Fonoisolamento:
R_w = 70 dB
Val. an. rif. I.G. 335944

Trasmittanza termica:
U = 0,236 W/m²K

Portata ai carichi

Resistenza agli urti

Ambienti umidi:
utilizzo di Habito® Forte Hydro

Resistenza all'azione sismica:
Report Politecnico di Milano

Sostenibilità:
VOC: Classe A+ | **Eurofins Gold**
Activ'Air®

Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura

Resistenza all'effrazione:
Classe 2 (int. mont. 600 mm)
I.G. 356942

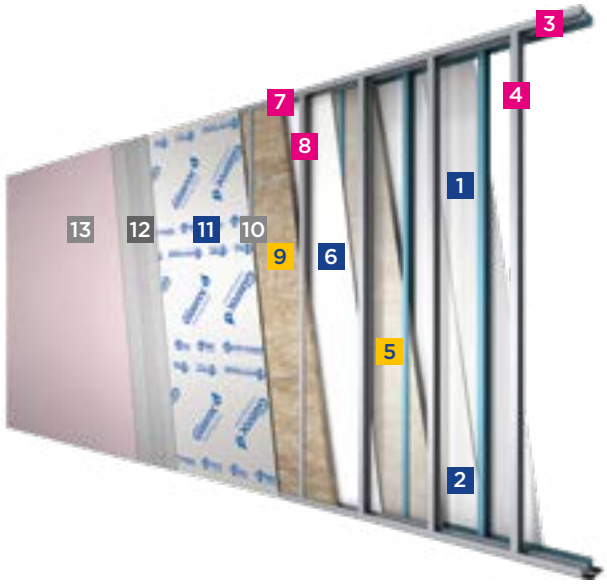
GX1

SAD4 231/100-75 L GX Forte

Spessore: 231 mm | **Peso:** 60,85 kg/m²

Prodotti utilizzati:

1. 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13**
   (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
2. 1 lastra Gyproc **Vapor 13**
   (tipo A, peso 9,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
3. Guide a U Gyproc **Gyprofile**
   da 75 mm, sp. 0,6 mm
4. Montanti a C Gyproc **Gyprofile**
   da 75 mm, sp. 0,6 mm, int. max 600 mm
5. Isolante in lana di vetro Isover **PAR 4+**
   sp. 70 mm, reaz. al fuoco A1
6. 1 lastra Gyproc **Habito® Forte 13**
   (tipo DFIR, peso 12,3 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A2-s1,d0
7. Guide a U Gyproc **External Profile Zn-Mg** da 100 mm
   sp. 0,8 mm
8. Montanti a C Gyproc **External Profile Zn-Mg** da 100 mm
   sp. 0,8 mm, int. max 600 mm
9. Isolante in lana minerale Isover **Arena34**
   sp. 95 mm, reaz. al fuoco A1
10. Tessuto idrorepellente traspirante tipo **Tyvek**
11. 1 lastra Gyproc **Glasroc® X**
    (tipo GM-FH1IR, peso 12 kg/m²), sp. 12,5 mm, reaz. al fuoco A1
12. Adesivo rasante Gyproc **Glasroc® X Skim/ webertherm AP60 TOP F grigio**
    sp. 6 mm, reaz. al fuoco A1
13. Rivestimento a spessore della gamma **webercote** con relativo primer **weberprim**



Resistenza al fuoco:
EI 120 - Hmax = 4 m
I.G. 327546/3739 FR

Fonoisolamento:
R_w = 68 dB
I.G. 355572 + Rel. tecnica

Trasmittanza termica:
U = 0,194 W/m²K

Portata ai carichi

Resistenza agli urti

Tenuta all'acqua:
Classe RE1500
I.G. 355981

Resistenza all'azione sismica:
Report Politecnico di Milano

Sostenibilità:
VOC: Classe A+ | **Eurofins Gold**

Resa estetica: il cartone bianco agevola le operazioni di finitura

Resistenza all'effrazione:
Classe 2 (int. mont. 600 mm)
I.G. 355248 + Rel. tecnica

Permeabilità all'aria parti fisse:
Classe AE1500
I.G. 355981

Tenuta al carico di vento:
Positivo
I.G. 355981

Approfondimento sezione pareti

Le prove sperimentali sopra descritte hanno dimostrato la grande capacità deformativa dei sistemi a secco nei confronti dell'azione sismica. Ciò non toglie la necessità di una valutazione puntuale e rigorosa per ogni singola situazione progettuale di cantiere. Il servizio tecnico Saint-Gobain Italia svolge verifiche statiche di pareti per tutte le categorie di edifici (residenziale, scolastico, ospedaliero, direzionale, industriale, commerciale, ecc.), sottoposte all'azione sismica ma anche alla combinazione di carico da vento e spinta lineare (spinta della folla), come previsto dal D.M. 17/01/2018, in modo da consigliare l'adeguata soluzione in termini di struttura metallica e metodologia di installazione.

Procedura di calcolo

L'azione sismica sugli elementi costruttivi senza funzione strutturale dipende dalla categoria di sottosuolo e dalla categoria topografica. Gli effetti di tale azione possono essere determinati applicando ai suddetti elementi una forza orizzontale F_0 definita come:

$$F_0 = \frac{(S_a \times W_a)}{q_a}$$

Dove:

- F_0 è la forza sismica orizzontale agente al centro di massa dell'elemento non strutturale nella direzione più sfavorevole, risultante delle forze distribuite proporzionali alla massa;
- S_a è l'accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento strutturale subisce durante il sisma e corrisponde allo stato limite in esame;
- W_a è peso dell'elemento;
- q_a è il fattore di comportamento dell'elemento.

Il fattore di comportamento per le pareti è ricavato dalla tabella C7.2.I della circolare n° 7 del 21-01-2019 ed è fissato pari a 2.

L'accelerazione massima, adimensionalizzata rispetto a quella di gravità, che l'elemento subisce durante l'evento sismico può essere calcolata secondo la relazione:

$$S_\alpha = \alpha \cdot S \cdot \left[\frac{3 \cdot \left(1 + \frac{Z}{H}\right)}{1 + \left(1 - \frac{T_\alpha}{T_1}\right)^2} - 0{,}5 \right]$$

Dove:

- α è il rapporto tra l'accelerazione massima del terreno a_g su sottosuolo tipo A da considerare nello stato limite in esame e l'accelerazione di gravità g;
- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche;
- T_a è il periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale;
- T_1 è il periodo fondamentale di vibrazione della costruzione nella direzione considerata;
- Z è la quota del baricentro dell'elemento non strutturale misurata a partire dal piano di fondazione;
- H è l'altezza della costruzione misurata a partire dal piano di fondazione.

Il valore del coefficiente sismico S_α non può essere assunto minore di $\alpha \cdot S$.

VERIFICHE DI RIGIDEZZA (RIG)

La condizione in termini di rigidezza sulla struttura si ritiene soddisfatta qualora la conseguente deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti di interpiano eccessivi, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto corrispondente allo *SL* e alla CU considerati siano inferiori ai limiti indicati nel seguito.

Per le CU **I** e **II** ci si riferisce allo *SLD* (v. Tab. 7.3.**III**) e deve essere:

a) per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa:

$$qd_r \leq 0{,}0050 \cdot h \text{ per tamponature fragili} \qquad [7.3.11a]$$

$$qd_r \leq 0{,}0075 \cdot h \text{ per tamponature duttili} \qquad [7.3.11b]$$

b) per tamponature progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano d_{rp}, per effetto della loro deformabilità intrinseca oppure dei collegamenti alla struttura:

$$qd_r \leq d_{rp} \leq 0{,}0100 \cdot h \qquad [7.3.12]$$

c) per costruzioni con struttura portante di muratura ordinaria

$$qd_r \leq 0{,}0020 \cdot h \qquad [7.3.13]$$

d) per costruzioni con struttura portante di muratura armata

$$qd_r \leq 0{,}0030 \cdot h \qquad [7.3.14]$$

e) per costruzioni con struttura portante di muratura confinata

$$qd_r \leq 0{,}0025 \cdot h \qquad [7.3.15]$$

Dove:

d_r è lo spostamento di interpiano, cioè la differenza tra gli spostamenti del solaio superiore e del solaio inferiore, calcolati, nel caso di analisi lineare, secondo il § 7.3.3.3 o, nel caso di analisi non lineare, secondo il § 7.3.4, sul modello di calcolo non comprensivo delle tamponature;

h è l'altezza del piano.

Per le CU **III** e **IV** ci si riferisce allo *SLO* (v. Tab. 7.3.**III**) e gli spostamenti d'interpiano devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti in precedenza indicati.

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 (caso b), le verifiche della capacità di spostamento degli elementi non strutturali vanno estese a tutte le tamponature, alle tramezzature interne ed agli impianti.

Ai sensi del paragrafo 7.3.6.1 delle NTC del 17/01/2018, le tamponature in oggetto siano classificate come:

$$qd_r \leq d_{rp} \leq 0{,}0100 \cdot h \qquad [7.3.12]$$

e sono progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamento di interpiano e quindi di poter sopportare uno spostamento di interpiano massimo del 1%h.

Riportiamo a titolo esemplificativo (tab. sotto) la verifica statica per il calcolo della struttura metallica interna di pareti divisorie inserite all'interno di un edificio ospedaliero (Classe IV: edifici con funzioni pubbliche - vita nominale 100 anni).

DATI E CARATTERISTICHE COMPONENTI PARETI			
CARATTERISTICHE LASTRE PARAMENTO DESTRO			
Strato esterno	Gyproc Habito 13 Activ'Air®	Spessore: 12,5 mm	Peso: 10,2 kg/m^2
Strato interno	Gyproc Habito 13 Activ'Air®	Spessore: 12,5 mm	Peso: 10,2 kg/m^2
CARATTERISTICHE LASTRE PARAMENTO SINISTRO			
Strato interno	Gyproc Habito 13 Activ'Air®	Spessore: 12,5 mm	Peso: 10,2 kg/m^2
Strato esterno	Gyproc Habito 13 Activ'Air®	Spessore: 12,5 mm	Peso: 10,2 kg/m^2
CARATTERISTICHE ISOLANTE MINERALE			
Isover AcustiPAR 4+		Spessore: 70 mm	Densità: 14 kg/m^3
CARATTERISTICHE MONTANTI VERTICALI			
Tipologia montante		DIN: sezione 47 x 75 x 51 mm, spessore 0,6 mm	
Numero profili		1 (semplice)	
Interasse montanti verticali		600 mm	
CARATTERISTICHE GUIDE ORIZZONTALI			
Tipologia guida		DIN: sezione 40 x 75 x 40 mm, spessore 0,6 mm	
CARATTERISTICHE VITI PER IL VINCOLO DELLE LASTRE ALLA STRUTTURA METALLICA			
Diametro vite		d = 3,6 mm	
Interasse viti		250 mm	
CARATTERISTICHE TASSELLI METALLICI AD ESPANSIONE PER IL VINCOLO DELLE GUIDE ALLE STRUTTURE			
Diametro tasselli		Ø = 6 mm	
Interasse tasselli		500 mm	
Altezza totale della parete		h = 4,5 m	
Altezza totale dell'edificio		H = 20 m	
Posizione della parete		Piano terra ÷ ultimo piano	
Categoria edificio		Classe IV: edifici con funzioni pubbliche	
AZIONI AGENTI			
Carichi orizzontali lineari a 1,2 m dal piano di calpestio (destinazione d'uso)			H_k = 100 kg/m
AZIONE SISMICA			
Comune di appartenenza dell'edificio			Monselice
Zona sismica			IV
Categoria del terreno			D
Vita nominale			V_N = 100 anni
Coefficiente d'uso			C_U = 2,0
Periodo di riferimento (Vita nominale x Coefficiente d'uso)			V_R = 200 anni
S			1,5
q_a			2,0
SLV	α = 0,097	T_a = 0,45	F_a = 85,6 kg
SLD	α = 0,052	T_a = 0,45	F_a = 45,42 kg

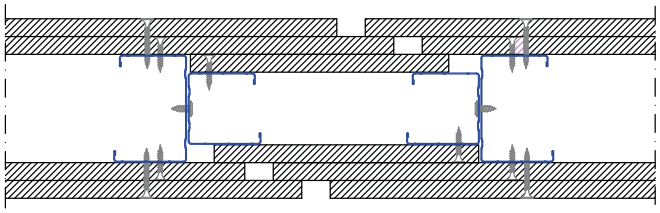
RISULTATI ANALISI		
VERIFICHE DI RESISTENZA SLU NON SISMICA		
Momento ultimo	73,66 kNcm	VERIFICATO
Momento resistente	119,22 kNcm	
Taglio ultimo	0,66 kN	VERIFICATO
Taglio resistente	3,28 kN	
VERIFICHE DI RESISTENZA SLU SISMICA		
Momento ultimo	90,77 kNcm	VERIFICATO
Momento resistente	119,22 kNcm	
Taglio ultimo	0,43 kN	VERIFICATO
Taglio resistente	3,28 kN	

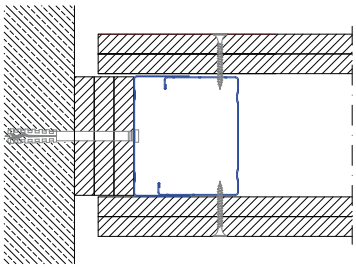
Altro aspetto fondamentale è la valutazione della necessità o meno di prevedere giunti di dilatazione:

- orizzontali, posti in sommità della parete per contenere eventuali inflessioni dei solai di interpiano;
- verticali, in corrispondenza dei giunti di dilatazione strutturale dell'edificio e per lunghezze continue notevoli delle pareti;
- in corrispondenza di nodi tra due diverse pareti.

GIUNTO DI DILATAZIONE VERTICALE (valido per qualsiasi tipologia di lastra)

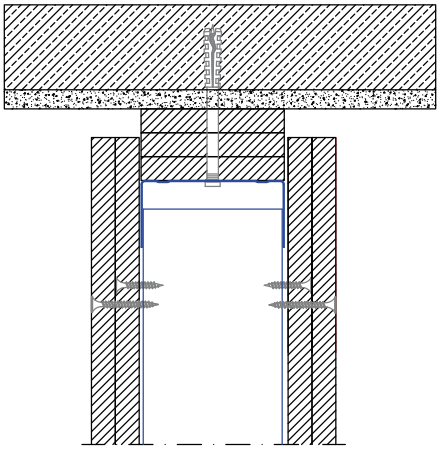
Per pareti di lunghezza superiore a 15 m, è consigliabile prevedere un giunto di dilatazione verticale ogni 10 m.





GIUNTO DI DILATAZIONE ORIZZONTALE IN SOMMITÀ (valido per qualsiasi tipologia di lastra)

Nel caso di inflessioni del solaio > 20 mm, o per esigenze di calcolo, è opportuno prevedere una guida orizzontale superiore di sezione maggiorata, 90 mm x larghezza della struttura metallica x 90 mm, dello spessore di 0,8 - 1 mm.



2.3 CONTROSOFFITTI MODULARI ISPEZIONABILI – CONTROSOFFITTI CONTINUI

Altro elemento secondario presente all'interno degli edifici sono i controsoffitti che, oltre a svolgere una funzione di contenimento degli impianti, di finitura estetica, di miglioramento dell'isolamento termico e acustico dei solai, rivestono un importante ruolo per la sicurezza delle persone che occupano gli ambienti. In caso di evento sismico, devono essere in grado di assorbire l'azione sismica e assecondare gli eventuali spostamenti della struttura portante dell'edificio a cui sono vincolati, garantire tenuta e resistenza in caso di crolli o cedimenti di porzioni di solai, senza subire danni di tipo fragile ed evitando espulsione di materiale (vedi riferimento pareti). **Il servizio tecnico Saint-Gobain Italia, sulla base di valutazioni analitiche in accordo al D.M. 17/01/2018, è in grado di progettare e dimensionare la struttura metallica per il sostegno dei controsoffitti (modulari e continui) idonea per resistere ad azioni sismiche sia verticali sia orizzontali.**

IL SISTEMA Gyproc GySeismic Top

Saint-Gobain Italia ha ideato il sistema **GySeismic Top** con l'obiettivo specifico di realizzare controsoffitti resistenti alle sollecitazioni sismiche sia orizzontali che verticali. Il sistema è composto dai seguenti elementi:

- **Kit di sospensione antisismica**;
- **Profili perimetrali** (differenti secondo il tipo di bordo, nel caso del sistema per controsoffitti modulari ispezionabili);
- Speciali **accessori di bloccaggio perimetrale**.

Kit di sospensione antisismica

Il kit di sospensione è un componente universale, adatto cioè a qualsiasi tipo di controsoffitto, e deve essere installato ad integrazione dei normali pendini di sospensione. Il kit è costituito da:

● Un **elemento centrale**, idoneo all'innesto sia di profili a T per controsoffitti modulari che di profili C 27/48 (controsoffitti continui);
● **Quattro controventi diagonali** Ø 4 mm, installati con un'inclinazione di 45°, i quali offrono resistenza alle sollecitazioni sismiche orizzontali;
● Un **puntone centrale** (**barra filettata Ø 6 mm e tubolare elios** di rinforzo), in grado di contenere gli effetti delle azioni sismiche verticali.

Gli accessori facenti parte del kit (dadi zigrinati e molle di regolazione) consentono una facile posa in opera ed una regolazione millimetrica del sistema.

Installare l'elemento di sospensione antisismica **solo sul profilo vincolato direttamente al solaio**, cioè:

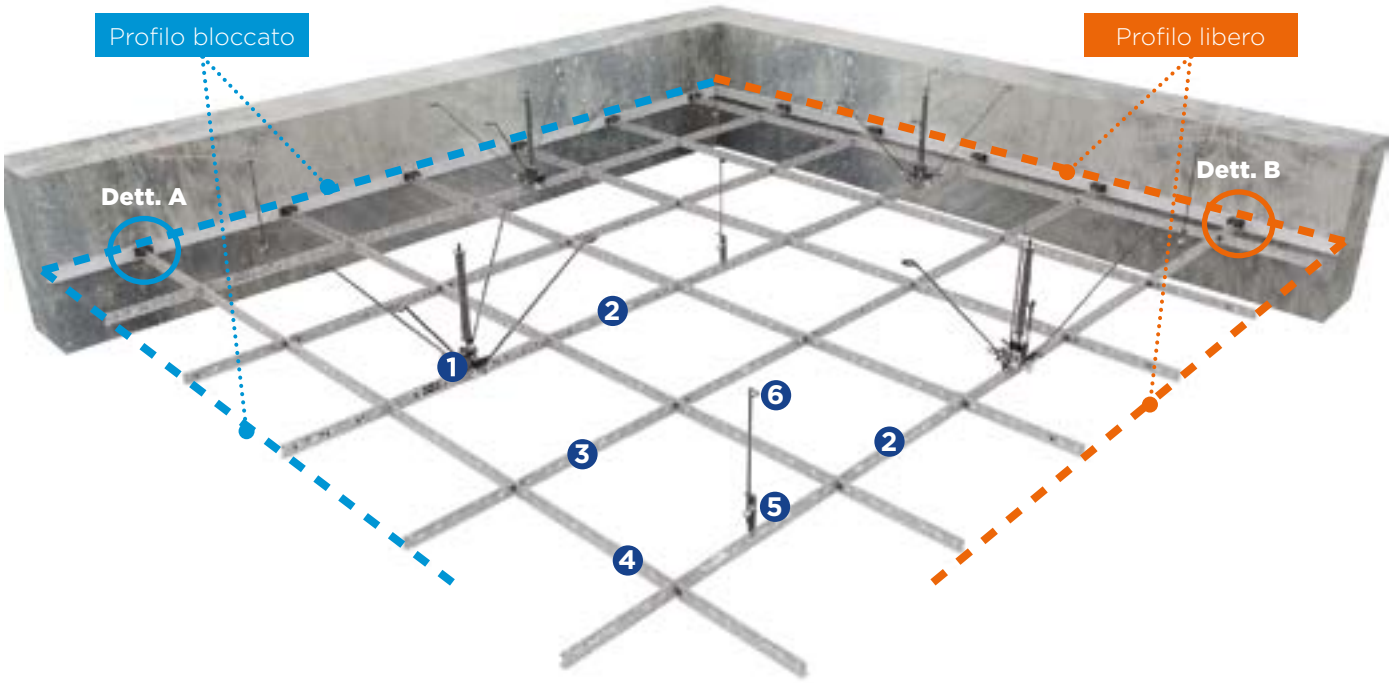
- Profilo portante, nel caso di controsoffitti modulari ispezionabili con struttura a T
- Profilo primario, nel caso di controsoffitti continui a doppia orditura

Fissare la barra filettata del puntone solo su supporti con adeguata resistenza strutturale, ad es. sui travetti e non sulle pignatte, nel caso dei comuni solai in latero-cemento.

Gyproc GySeismic Top: SISTEMA PER CONTROSOFFITTI MODULARI

Un controsoffitto modulare ispezionabile con prestazioni antisismiche è costituito dai seguenti elementi:

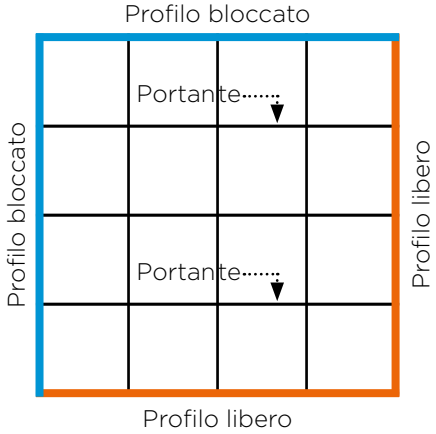
- Profilo perimetrale speciale, scelto in base al tipo di bordo del pannello utilizzato;
- Struttura metallica a T **Linetec Plus**;
- Kit di sospensione antisismica, installati in sostituzione di alcuni dei normali pendini (vedi pag. 29 per l'incidenza a m^2 di soffitto);
- Pannelli modulari per controsoffitto: in gesso rivestito, lana minerale, metallici, ecc. (**GySeismic Top** è compatibile con pannelli con qualsiasi tipo di bordo);
- Accessorio di bloccaggio perimetrale, scelto in base al tipo di bordo del pannello.



1. Kit sospensione antisismica
2. Portante T Linetec Plus 3700
3. Trasversale T Linetec Plus 600
4. Trasversale T Linetec Plus 1200
5. Gancio rapido con molla
6. Pendino Ø 4

Dett. **A**

Dett. **B**

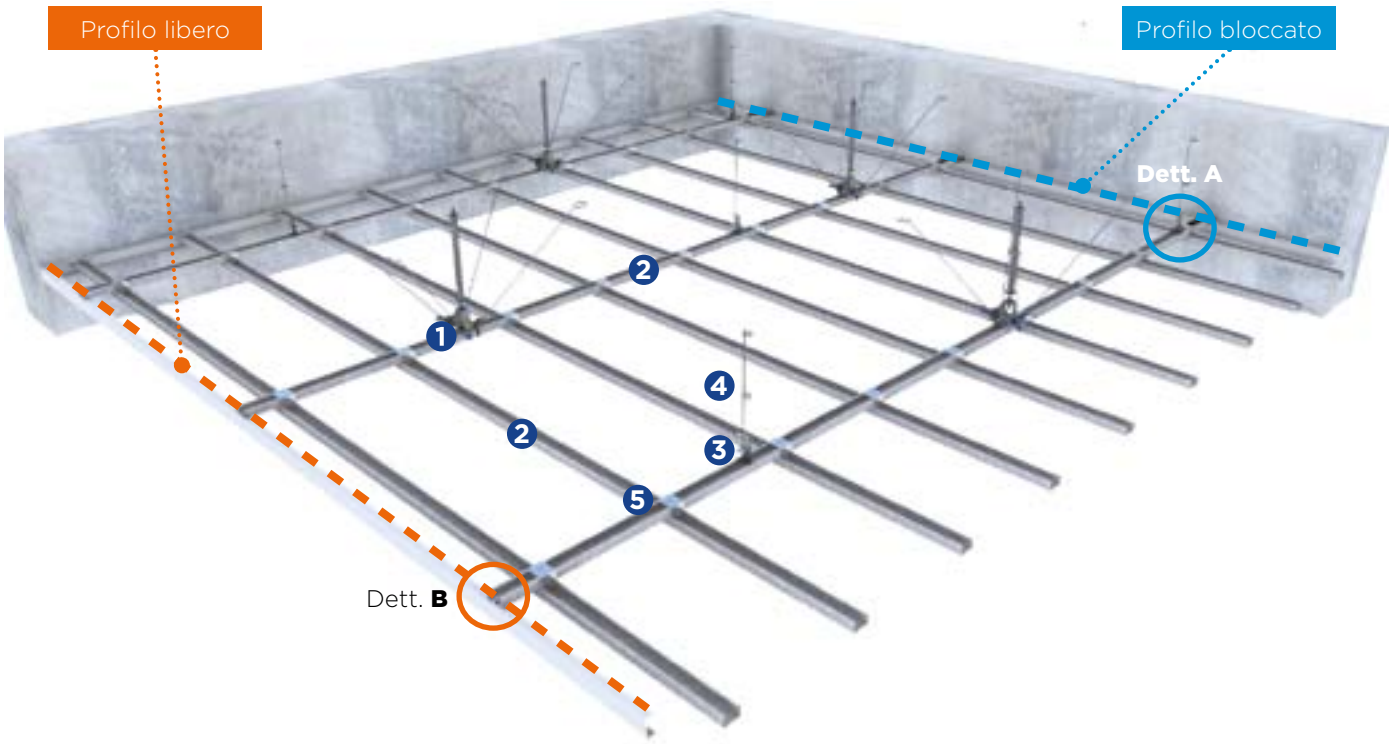


Nel sistema antisismico **GySeismic Top** è previsto l'uso di profili perimetrali e di accessori per il bloccaggio dei profili a T sul perimetrale, differenti secondo il tipo di bordo del pannello.

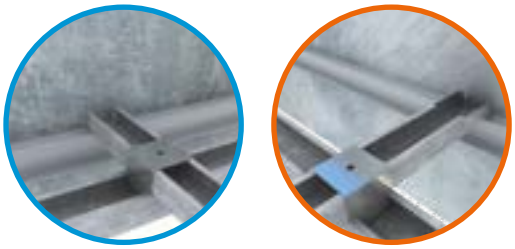
Gyproc GySeismic Top: SISTEMA PER CONTROSOFFITTI CONTINUI

Un controsoffitto continuo (a titolo di esempio in figura è mostrato quello a doppia orditura) con prestazioni antisismiche è costituito dai seguenti elementi:

- Guida perimetrale **Gyprofile** 30/28/30;
- Profili metallici **Gyprofile** C 27/48 e relativi cavalieri di raccordo;
- Kit di sospensione antisismica, installati in sostituzione di alcuni dei normali pendini (vedi pag. 29 per l'incidenza a m^2 di soffitto);
- Lastre in gesso rivestito (lisce o forate, tipo **Gyptone Big Activ'Air®** o **Rigitone Activ'Air®**) per controsoffitto;
- Accessorio di bloccaggio perimetrale.



1. Kit sospensione antisismica GySeismic Top
2. Profilo Gyprofile C 27/48
3. Molla regolazione
4. Pendino
5. Cavaliere di raccordo

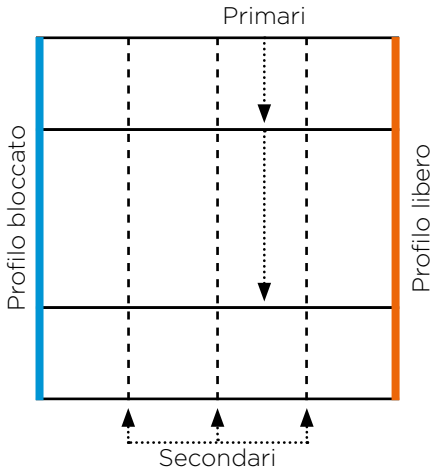


Dett. **A** Dett. **B**

Bloccaggio perimetrale dei profili

Nel caso di controsoffitti continui il sistema antisismico **GySeismic Top** prevede un vincolo di tipo fisso e condizionato.

- Il vincolo condizionato è realizzato tramite un accessorio di bloccaggio (il normale giunto longitudinale per profili C 27/48), in cui il profilo primario **Gyprofile** è libero di scorrere. L'accessorio va fissato sulla guida perimetrale con una vite autoperforante.
- Il vincolo fisso è realizzato semplicemente fissando il profilo primario con una vite direttamente sulla guida perimetrale.



CERTIFICAZIONI

Il kit antisismico impiegato nel sistema **GySeismic Top** è stato testato presso l'Università degli Studi di Napoli Federico II – Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, allo scopo di valutare la resistenza del sistema necessaria per le verifiche di cui al paragrafo 7.2.3 del D.M. 17/01/2018 - Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC).

Per quanto riguarda il controsoffitto sono state considerate due soluzioni:

- pesante (peso ca. 15 kg/m²), esemplificativa di un controsoffitto continuo in lastre di gesso rivestito a doppia orditura;
- leggera (peso ca. 5 kg/m²), esemplificativa di un controsoffitto modulare ispezionabile in pannelli di lana o fibra minerale.

Partendo da queste ipotesi è stata eseguita la procedura disciplinata dalle NTC per la verifica degli elementi non strutturali, con l'obiettivo di individuare la **massima superficie coperta da un singolo kit**. I risultati ottenuti (supponendo di installare il kit al terzo e all'ultimo piano dell'edificio) sono i seguenti:

Localizzazione geografica	Peso del controsoffitto	Piano edificio	Superficie coperta da un singolo kit [m²]	Azione sismica di progetto F_a [kN]	F_a / F_{Rd}*
NAPOLI	ca. 5 kg/m² (0,05 kN/m²)	3°	24,5	0,31	1,00
		ULTIMO	18,5	0,30	0,97
L'AQUILA		3°	17,5	0,31	1,00
		ULTIMO	13,0	0,31	1,00
NAPOLI	ca. 15 kg/m² (0,15 kN/m²)	3°	8,0	0,30	0,97
		ULTIMO	6,0	0,29	0,94
L'AQUILA		3°	5,5	0,30	0,97
		ULTIMO	4,0	0,29	0,94

** F_{Rd} è la resistenza dell'elemento non strutturale, che può valutabile sulla base di dati sperimentali, assunta pari a 0,31 kN. Per la verifica il rapporto F_a / F_{Rd} deve risultare ≤ 1.*

DIMENSIONAMENTO DI MASSIMA

Per una valutazione teorica iniziale dell'incidenza al m² dei kit di sospensione antisismica, in funzione della zona sismica e del peso del controsoffitto, si può far riferimento alla tabella seguente. **I valori sono indicativi e riportati a titolo indicativo, valgono per ambienti di grandi dimensioni o collegati tra loro.** Ipotesi di calcolo:

- Categoria del sottosuolo C
- Valore massimo dell'incidenza, valutata su un edificio di 4 piani
- Estradosso del controsoffitto (su ogni piano) pari 0,3 m

	Peso del controsoffitto		
Zona sismica	5 kg/m²	10 kg/m²	15 kg/m²
	1 kit ogni		
Zona 1 (0,35 g) - Zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti	6 m²	3 m²	2 m²
Zona 2 (0,25 g) - Dove possono verificarsi forti terremoti	8 m²	4 m²	3 m²
Zona 3 (0,15 g) - Soggetta a forti terremoti, ma rari	12 m²	6 m²	4 m²
Zona 4 (0,05 g) - Zona meno pericolosa, soggetta a terremoti rari; è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione	30 m²	15 m²	10 m²

Nel caso di ambienti piccoli è necessario installare un minimo di 3 kit per potere creare un piano.

2.3.1 ESEMPI DELLE PRINCIPALI TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

TIPOLOGIA E

Controsoffitti modulari in pannelli di lastre in gesso rivestito

E.1 Gyproc GyQuadro Activ'Air® - Gyptone Activ'Air®

TIPOLOGIA F

Controsoffitti modulari in pannelli di lana di roccia

F.1 Eurocoustic Minerval® / Tonga®

TIPOLOGIA G

Controsoffitti continui in lastre di gesso rivestito

G.1 Gyproc Habito Activ'Air®
G.2 Gyproc Habito Acitv'Air® + Wallboard

E.1

CONTROSOFFITTO MODULARE
Gyproc GyQuadro Activ'Air® - Gyptone Activ'Air®

Struttura metallica di sostegno:
Gyproc Linetec Plus T24, da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:

- Profilo portante da 3700 mm, posto ad interasse di 1200 mm
- Profilo trasversale da 1200 mm, perpendicolare al profilo portante e posto ad interasse di 600 mm
- Profilo trasversale da 600 mm, parallelo al profilo portante e posto ad interasse di 1200 mm
- Sistema Gyproc GySeismic Top

Pannello in lastre di gesso rivestito Gyproc GyQuadro Activ'Air® o con decoro forato Gyproc Gyptone Activ'Air®

Qualità dell'aria:
Activ'Air® | Miglioramento della qualità dell'aria negli ambienti interni, fino al -70% di formaldeide

Resistenza al fuoco - GyQuadro A'A:
REI 120 - I.G. 290877/3382 FR
Solaio in latero cemento (sp. 200 + 40 mm con strato di intonaco tradizionale sp. 10 mm)
Reazione al fuoco strato a vista: A2-s1,d0 (entrambi)

Riflessione della luce:
GyQuadro A'A 80,5%
Gyptone Quattro 20 A'A 70%

Resistenza all'umidità:
GyQuadro A'A RH 90
Gyptone Quattro 20 A'A RH 70

Assorbimento acustico medio α_w:
GyQuadro A'A
0,10 plenum 200 mm senza lana minerale
0,15 plenum 200 mm con lana minerale sp. 50 mm
Gyptone Quattro 20 A'A
0,75 plenum 200 mm senza lana minerale
0,80 plenum 200 mm con lana minerale sp. 50 mm

F.1

CONTROSOFFITTO MODULARE
Eurocoustic Minerval® / Tonga®

Struttura metallica di sostegno:
Gyproc Linetec Plus T24, da 24 mm, sezione a T rovescio in lamiera d'acciaio zincato da 0,4 mm di spessore, verniciato in colore bianco; tali profili realizzano una maglia modulare da 600 x 600 mm costituita da:

- profilo portante int. max 1200 mm
- profilo trasversale da 1200 mm perpendicolare al profilo primario, int. max 600 mm
- profilo trasversale da 600 mm parallelo al profilo primario e perpendicolare al profilo trasversale da 1200
- Sistema Gyproc GySeismic Top

Pannello in lana di roccia Eurocoustic Minerval® / Tonga®

Disponibilità di varie tipologie di colori e bordi:
bordo dritto (A) e bordo seminascosto (E15-E24)

Minerval®

Resistenza al fuoco:
REI 120 - I.G. 308295/3567 FR
Solaio in latero cemento (sp. 160 + 40 mm con strato di intonaco tradizionale sp. 10 mm)
Reazione al fuoco strato a vista: A1

Resistenza all'umidità: RH 100

Assorbimento acustico medio α_w:
sp. 12 mm - α_w = **0,90**
sp. 15 mm - α_w = **0,95**

Tonga®

Resistenza al fuoco:
REI 180 - I.G. 307590/3552 FR - sp. 20 mm bordo E
REI 180 - I.G. 307589/3551 FR - sp. 22 mm bordo A
Solaio in lastre in c.a. tipo predalle (sp. tot. 200 mm)
Reazione al fuoco strato a vista: A1 per colore bianco

Resistenza all'umidità: RH 100

Assorbimento acustico medio α_w:
sp. 20 mm bordo E - α_w = **0,95**
sp. 22 mm bordo A - α_w = **1**

G.1

CONTROSOFFITTO CONTINUO
Gyproc Habito Activ'Air®

Struttura metallica di sostegno:

- struttura primaria: profili a C Gyproc Gyprofile 27/48, sp. 0,6 mm, int. max 1000 mm
- struttura secondaria: profili a C Gyproc Gyprofile 27/48, sp. 0,6 mm, int. max 500 mm
- Sistema Gyproc GySeismic Top

Lastra in gesso rivestito Gyproc Habito 13 Activ'Air®
Isolante in lana minerale Isover Arena34, sp. 45+45 mm, posto nell'intercapedine

Qualità dell'aria:
Activ'Air® | Miglioramento della qualità dell'aria negli ambienti interni, fino al -70% di formaldeide

Reazione al fuoco strato a vista: A2-s1,d0

Fonoisolamento:
R_w = 67 dB - I.G. 372244
Livello sonoro da calpestio:
$L_{n,w}$ = 47 dB - I.G. 372244

G.2

CONTROSOFFITTO CONTINUO
Gyproc Habito Activ'Air® + Wallboard

Struttura metallica di sostegno:

- struttura primaria: profili a C Gyproc Gyprofile 27/48, sp. 0,6 mm, int. max 1000 mm
- struttura secondaria: profili a C Gyproc Gyprofile 27/48, sp. 0,6 mm, int. max 500 mm
- Sistema Gyproc GySeismic Top

Lastra in gesso rivestito Gyproc Habito 13 Activ'Air® + lastra in gesso rivestito Wallboard 13
Isolante in lana minerale Isover Arena34, sp. 45+45 mm, posto nell'intercapedine

Qualità dell'aria:
Activ'Air® | Miglioramento della qualità dell'aria negli ambienti interni, fino al -70% di formaldeide

Reazione al fuoco strato a vista: A2-s1,d0

Fonoisolamento:
R_w = 69 dB - Valut. analitica con rif. I.G. 372244
Livello sonoro da calpestio:
$L_{n,w}$ = 44 dB - I.G. 372245

2.4 CONTROSOFFITTI ANTISFONDELLAMENTO

Lo sfondellamento dei solai indica il possibile distacco delle cartelle di intradosso (fondelli) delle pignatte utilizzate nei solai in latero-cemento, con la conseguente caduta di blocchi in laterizio e intonaco. Tali elementi di alleggerimento, se cedono, possono costituire un grave pericolo per le persone che vivono gli ambienti, e provocare inoltre danno alle cose. Se pensiamo che un metro quadro di calcinacci può arrivare a pesare mediamente 32 kg, ci rendiamo subito conto della pericolosità dello sfondellamento dei solai. Numerosi episodi di cronaca, in scuole, ospedali, abitazioni, ci insegnano che spesso si interviene sul problema solo quando ormai il danno è già stato arrecato a cose, ma soprattutto a persone. Saint-Gobain Italia ha svolto severe prove sperimentali per la verifica della resistenza e della tenuta dei controsoffitti continui alla possibile caduta di fondelli delle pignatte in laterizio e porzioni di intonaco dal solaio.

Le caratteristiche principali di questi controsoffitti sono:

- soluzioni certificate in laboratori accreditati e autorizzati;
- elevata tenuta ai carichi di caduta – carichi complessivi (contributo statico e dinamico) maggiori di 140 kg;
- possibilità di realizzare soluzioni sia in aderenza all'intradosso dei solai (minimo ingombro) che con intercapedine d'aria tra l'intradosso del solaio e l'estradosso del controsoffitto (plenum) fino a 310 mm;
- semplicità della soluzione (impiega sistemi "standard");
- velocità di esecuzione;
- integrazione impiantistica;
- economicità della soluzione;
- ridotto disagio per gli occupanti gli ambienti;
- soluzione interamente a secco;
- protezione dal fuoco e assorbimento acustico a seconda della tipologia di lastra utilizzata;
- isolamento acustico e termico nel caso di lana di vetro nell'intercapedine d'aria;
- ottima finitura estetica.

Prove di laboratorio

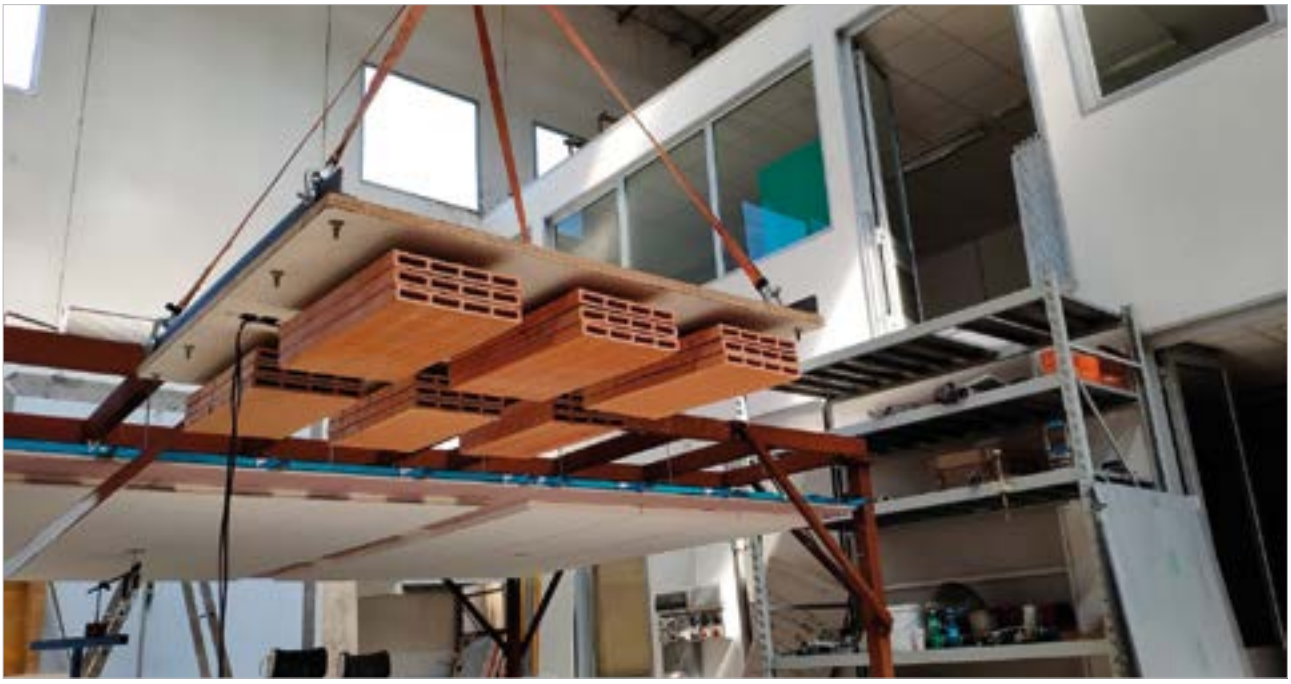
Lo scopo della prova di resistenza al carico dinamico, proveniente dallo sfondellamento di solai in laterocemento, su controsoffitti in lastre di gesso rivestito è verificare il comportamento del campione in seguito all'urto determinato dalla caduta di laterizi da una altezza "h". L'altezza "h" è definita come la distanza tra la faccia inferiore della tavella in laterizio e la faccia superiore delle lastre di gesso rivestito. Nei rapporti di prova n. 289615 e n. 289790, rilasciati dall'Istituto Giordano, l'altezza di caduta è pari a 250 mm, mentre nei rapporti di prova n. 363726 e n. 363727, eseguiti nel medesimo laboratorio, essa è pari a 310 mm. Per mantenere costante l'altezza di caduta degli elementi è stata incrementata per ogni fase la quota dalla quale gli elementi vengono sganciati. La struttura di sostegno simula un solaio in laterocemento con travetti a interasse 600 mm intervallati da alleggerimenti in laterizio. Il materiale usato per gli urti è composto dai seguenti elementi:

- n. 24 tavelle, divise in 4 gruppi da 6 elementi. Ciascun gruppo costituisce un set di carico di 20 kg/m^2 circa utilizzato per le fasi 1, 2, 3 e 4;
- n. 6 tavelle in doppio strato a costituire un set di carico di 40 kg/m^2 circa utilizzato per la fase 5;
- n. 6 tavelle in triplo strato a costituire un set di carico di 60 kg/m^2 circa utilizzato per la fase 6;
- n. 6 tavelle in triplo strato a costituire un set di carico di 60 kg/m^2 circa utilizzato per la fase 7 (altezza di caduta aumentata a 1000 mm).

Per ciascuna fase è stata registrata, tramite comparatore, la freccia progressiva sotto carico al centro dell'area soggetta all'impatto.

Impatto [n.]	Carico statico presente* [kg/m^2]	Carico dinamico [kg/m^2]	Altezza di caduta del carico [mm]
1	0	20	310
2	20	20	340
3	40	20	370
4	60	20	400
5	80	20	430
Scarico dell'accumulo degli elementi di caduta precedenti			
6	0	60	310
Scarico dell'accumulo degli elementi di caduta precedenti			
7	0	60	1000

(*) carico presente sulla porzione di controsoffitto dovuto agli elementi di caduta precedenti.



Controsoffitto e sistema di carico prima della prova

Particolare ancoraggio controsoffitto a struttura di supporto

Estradosso del controsoffitto durante la prova

Disposizione della struttura del supporto in acciaio e del controsoffitto

Particolare estradosso controsoffitto successivo alla prova

2.4.1 ESEMPI DELLE PRINCIPALI TIPOLOGIE COSTRUTTIVE

TIPOLOGIA H

Controsoffitti antisfondellamento

H.1 Gyproc CS.ASF 27-48 Fireline
H.2 Gyproc CS.ASF 27-48 Fireline + Ecophon Master F
H.3 Gyproc CS.ASF 27-48 Fireline + Ecophon Master SQ
H.4 Gyproc CS.ASF 27-48 Rigitone Acitv'Air®

H.1

CONTROSOFFITTO ANTISFONDELLAMENTO
Gyproc CS.ASF Fireline

Struttura metallica di sostegno:

- struttura primaria: profili a C Gyproc Gyprofile 27/48, sp. 0,6 mm, int. max 800 mm
- struttura secondaria: profili a C Gyproc Gyprofile 27/48, sp. 0,6 mm, int. max 500 mm
- sospensione mediante barre filettate in acciaio diametro Ø 6 mm, int. max 600 mm

Lastra in gesso rivestito Gyproc Fireline 15

Antisfondellamento:
I.G. 289615 - Carico dinamico + carico statico > 140 kg con altezza di caduta max 250 mm

Resistenza al fuoco:
REI 120 - I.G. 276593/3248 FR
Solaio in latero cemento sp. 160 + 40 mm
Reazione al fuoco strato a vista: A2-s1,d0

H.2

CONTROSOFFITTO ANTISFONDELLAMENTO
Gyproc CS.ASF Fireline + Ecophon Master™ F

Struttura metallica di sostegno:

- struttura primaria: profili a C Gyproc Gyprofile 27/48, sp. 0,6 mm, int. max 800 mm
- struttura secondaria: profili a C Gyproc Gyprofile 27/48, sp. 0,6 mm, int. max 500 mm
- sospensione mediante barre filettate in acciaio diametro Ø 6 mm, int. max 600 mm

Lastra in gesso rivestito Gyproc Fireline 15 + pannello in lana di vetro Ecophon Master™ F

Antisfondellamento:
I.G. 363726 - Carico dinamico + carico statico > 140 kg con altezza di caduta max 310 mm

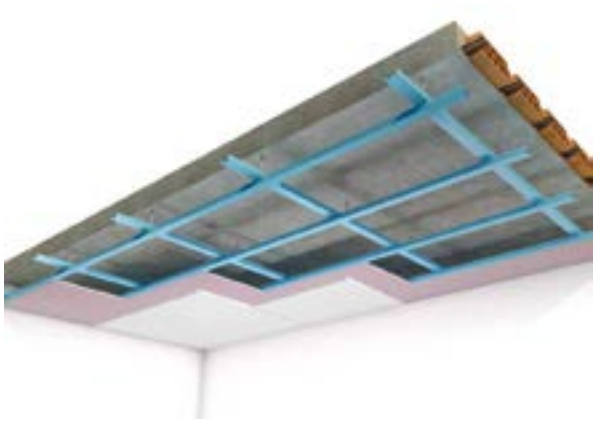
Resistenza al fuoco:
REI 120 - I.G. 276593/3248 FR
Solaio in latero cemento sp. 160 + 40 mm
Reazione al fuoco strato a vista: A2-s1,d0

H.3

CONTROSOFFITTO ANTISFONDELLAMENTO
Gyproc CS.ASF Fireline + Ecophon Master™ SQ

Struttura metallica di sostegno:

- struttura primaria: profili a C Gyproc Gyprofile 27/48, sp. 0,6 mm, int. max 800 mm
- struttura secondaria: profili a C Gyproc Gyprofile 27/48, sp. 0,6 mm, int. max 500 mm
- sospensione mediante barre filettate in acciaio diametro Ø 6 mm, int. max 600 mm



Lastra in gesso rivestito Gyproc Fireline 15 + pannello in lana di vetro Ecophon Master™ SQ

Antisfondellamento:
I.G. 363727 - Carico dinamico + carico statico > 140 kg con altezza di caduta max 310 mm

Resistenza al fuoco:
REI 120 - I.G. 276593/3248 FR
Solaio in latero cemento sp. 160 + 40 mm
Reazione al fuoco strato a vista: A2-s1,d0

H.4

CONTROSOFFITTO ANTISFONDELLAMENTO
Gyproc CS.ASF Rigitone Activ'Air®

Struttura metallica di sostegno:

- struttura primaria: profili a C Gyproc Gyprofile 27/48, sp. 0,6 mm, int. max 800 mm
- struttura secondaria: profili a C Gyproc Gyprofile 27/48, sp. 0,6 mm, int. max 300 mm
- sospensione mediante barre filettate in acciaio diametro Ø 6 mm, int. max 600 mm

Lastra in gesso rivestito Gyproc Rigitone 8/18 Activ'Air®

Nota: possibilità di utilizzare altri decori delle lastre Rigitone Activ'Air® o le lastre Gyptone Big Activ'Air®, con percentuale di foratura simile.

Antisfondellamento:
I.G. 289790 - Carico dinamico + carico statico > 125 kg con altezza di caduta max 250 mm

Assorbimento acustico medio α_w:
0,65 (L) plenum 200 mm senza lana minerale
0,75 (L) plenum 200 mm con lana minerale sp. 60 mm
0,55 (L) plenum 50 mm senza lana minerale

2.5 MATERIALI COMPONENTI I SISTEMI

LASTRE DI GESSO RIVESTITO - GESSO FIBRATO	
	Gyproc Habito® Forte - Lastra di tipo speciale (D F I R secondo norma EN 520 – reazione al fuoco A2-s1,d0) con incrementata densità del nucleo, il cui gesso è inoltre additivato con un elevato contenuto fibre di vetro. Tali caratteristiche conferiscono al prodotto un elevato grado di durezza superficiale e di resistenza meccanica. La lastra può essere impiegata per la realizzazione di sistemi in cui siano richieste un'elevata resistenza meccanica agli urti e portata ai carichi (anche con semplici viti da legno truciolare). La speciale carta dalla colorazione particolarmente bianca agevola le operazioni di finitura. Spessore 12,5 mm. Nel caso di ambienti con un elevato grado di umidità (ad esempio bagni e cucine), sostituire nello strato a vista esposto la lastra in gesso rivestito Gyproc Habito® Forte 13 con la lastra in gesso rivestito **Gyproc Habito® Forte Hydro** (tipo D E F H1 I R secondo norma EN 520 - reazione al fuoco A2-s1,d0 - spessori 12,5-15 mm).
	Gyproc Habito Activ'Air® - Lastra di tipo speciale (D I secondo norma EN 520 - reazione al fuoco A2-s1,d0) con incrementata densità del nucleo, il cui gesso è inoltre additivato con fibre di vetro; tali caratteristiche conferiscono al prodotto un elevato grado di durezza superficiale e di resistenza meccanica. Lastra indicata per il settore residenziale, può essere impiegata per la realizzazione di pareti divisorie, controsoffitti e contropareti e ovunque sia richiesta un'elevata resistenza meccanica agli urti. La speciale carta dalla colorazione particolarmente bianca agevola le operazioni di finitura. La tecnologia Activ'Air® permette inoltre alla lastra di assorbire e neutralizzare fino al 70% della formaldeide presente nell'aria. Spessori 12,5 mm - 15 mm.
	Gyproc Duragyp Activ'Air® - Lastra di tipo speciale (D E F H1 I R secondo norma EN 520 - reazione al fuoco A2-s1,d0) con incrementata densità del nucleo, il cui gesso è inoltre additivato con fibre di vetro e fibre di legno; tali caratteristiche conferiscono al prodotto un elevato grado di durezza superficiale e di resistenza meccanica. Lastra di tipo H1 con assorbimento d'acqua ridotto e un'eccellente tenuta in presenza di elevati livelli di umidità, e di tipo F con elevate prestazioni di resistenza al fuoco. La lastra può essere impiegata per la realizzazione di tramezzi, controsoffitti e contropareti e ovunque sia richiesta un'elevata resistenza meccanica agli urti. La tecnologia Activ'Air® permette inoltre alla lastra di assorbire e neutralizzare fino al 70% della formaldeide presente nell'aria. Spessori 12,5 - 15 mm. Nel caso di necessità di utilizzo in ambienti in cui è richiesta reazione al fuoco in euroclasse A1 (ad esempio in vie di fuga), prevedere la sostituzione nello strato a vista esposto della lastra in gesso rivestito Gyproc Duragyp Activ'Air® con la lastra in gesso rivestito **Gyproc Duragyp A1 Activ'Air®** .
	Gyproc Fireline - Lastra di tipo speciale (D F secondo norma EN 520 - reazione al fuoco A2-s1,d0) con incrementata coesione del nucleo ad alta temperatura, il cui gesso è additivato con fibre di vetro e vermiculite al fine di aumentarne la capacità di resistenza al fuoco. Si identifica per la colorazione rosa del rivestimento sulla faccia a vista. Spessori 12,5 - 15 - 20 mm. Nel caso di necessità di utilizzo in ambienti in cui è richiesta reazione al fuoco in euroclasse A1 (ad esempio in vie di fuga), prevedere la sostituzione nello strato a vista esposto della lastra in gesso rivestito Gyproc Fireline con la lastra in gesso rivestito **Gyproc Lisaflam**.
	Gyproc Rigidur H - Lastra di tipo speciale (GF-C1-I-W2 secondo norma EN 15283-2 - reazione al fuoco A2-s1,d0) in gesso fibrato, a base di gesso, fibre cellulosiche, additivi minerali e speciali additivi per la pulizia dell'aria che convertono gli inquinanti nell'aria in componenti inerti. Ideale per la realizzazione di pareti divisorie con elevata resistenza agli urti, intonaci a secco, contropareti su struttura e controsoffitti di coperture a falda. Prodotto ecologico secondo certificato IBR - Institut fur Baubiologie Rosenheim. Presente anche nella versione Activ'Air®. Spessori 12,5 - 15 - 18 mm.

LASTRE DI GESSO RIVESTITO - GESSO FIBRATO

Gyproc Glasroc® X - Lastra in gesso fibrorinforzato ad elevate prestazioni di tipo GM - F H 1 I secondo norma EN 15283-1, con un nucleo in gesso contenente additivi speciali, che la rendono resistente all'umidità e alla formazione di muffa. Queste caratteristiche la rendono adatta alla realizzazione di pareti, contropareti e controsoffitti con elevata resistenza meccanica, all'acqua ed all'umidità, anche in ambienti esterni. Grazie alla sua particolare finitura superficiale Gyproc Glasroc® X può essere lasciata esposta all'esterno senza protezione per un periodo fino a 6 mesi. Reazione al fuoco A1 secondo la norma EN 13501-1.

Rigitone Activ'Air® - Lastre in gesso rivestito, con decoro costituito da foratura continua regolare rotonda, che permettono di realizzare controsoffitti di tipo continuo con elevate prestazioni acustiche. Sul retro delle lastre è applicato un tessuto fonoassorbente con funzione antipolvere.
La tecnologia Activ'Air® permette inoltre alla lastra di assorbire e neutralizzare fino al 70% della formaldeide presente nell'aria.

Gyptone Big Activ'Air® - Lastre in gesso rivestito, con decoro costituito da foratura, che permettono di realizzare controsoffitti di tipo continuo con elevate prestazioni acustiche. Sul retro delle lastre è applicato un tessuto fonoassorbente con funzione antipolvere. La tecnologia Activ'Air® permette inoltre alla lastra di assorbire e neutralizzare fino al 70% della formaldeide presente nell'aria.

PANNELLI MODULARI IN LASTRE DI GESSO RIVESTITO-LANA DI ROCCIA

GyQuadro Activ'Air® - Pannello in lastre di gesso rivestito, modulo 600 x 600 mm, spessore 9,5 mm, bordo dritto A, con una finitura di colore bianco semi-lucido.
Dall'aspetto totalmente liscio ed uniforme, rendono luminosi gli ambienti in cui vengono applicati. La tecnologia Activ'Air® permette inoltre di assorbire e neutralizzare fino al 70% della formaldeide presente nell'aria. Reazione al fuoco A2-s1,d0.
Nel caso di necessità di utilizzo in ambienti in cui è richiesta reazione al fuoco in euroclasse A1 (ad esempio in vie di fuga), prevedere la sostituzione del pannello GyQuadro Activ'Air® con il pannello GyQuadro A1.

Gyptone Activ'Air® - Pannelli in gesso rivestito preverniciati in colore bianco con finitura opaca satinata, con varie tipologie di decoro (perforata e non), che permettono di realizzare controsoffitti di tipo ispezionabile con elevate prestazioni acustiche. La tecnologia Activ'Air® permette inoltre di assorbire e neutralizzare fino al 70% della formaldeide presente nell'aria.

Eurocoustic Minerval® - Pannello rigido autoportante in lana di roccia con un velo di vetro decorativo bianco. Il prodotto è rinforzato da un velo di vetro naturale sulla faccia opposta. Progettato per essere installato su struttura T15 o T24 mm. Reazione al fuoco A1.

Eurocoustic Tonga® - Pannello rigido autoportante in lana di roccia con un velo di vetro decorativo bianco. Il prodotto è rinforzato da un velo di vetro naturale sulla faccia opposta. Progettato per essere installato su struttura T15 o T24 mm. Reazione al fuoco A1.

ISOLANTI IN LANA DI VETRO

Isover AcustiPAR 4+ - Pannello arrotolato in lana di vetro 4+, idrorepellente, senza rivestimento, prodotto in Italia con almeno l'80% di vetro riciclato e con un esclusivo legante brevettato di origine naturale, che garantisce la massima qualità dell'aria.
Spessori 45 mm - 70 mm - 95 mm
Reazione al fuoco A1 | Conducibilità termica λ = 0,038 W/mK

ISOLANTI IN LANA DI VETRO

	Isover PAR 4+ - Pannello arrotolato in lana di vetro 4+, idrorepellente, rivestito su una faccia con un velo di vetro, prodotto in Italia con almeno l'80% di vetro riciclato e con un esclusivo legante brevettato di origine naturale, che garantisce la massima qualità dell'aria. Spessori 45 mm - 70 mm - 95 mm Reazione al fuoco A1 | Conducibilità termica λ = 0,038-0,040 W/mK
	Isover PAR Gold N 4+ - Pannello arrotolato in lana di vetro 4+, idrorepellente, senza rivestimento, prodotto in Italia con almeno l'80% di vetro riciclato e con un esclusivo legante brevettato di origine naturale, che garantisce la massima qualità dell'aria. Spessori 45 mm - 70 mm - 95 mm Reazione al fuoco A1 | Conducibilità termica λ = 0,032 W/mK

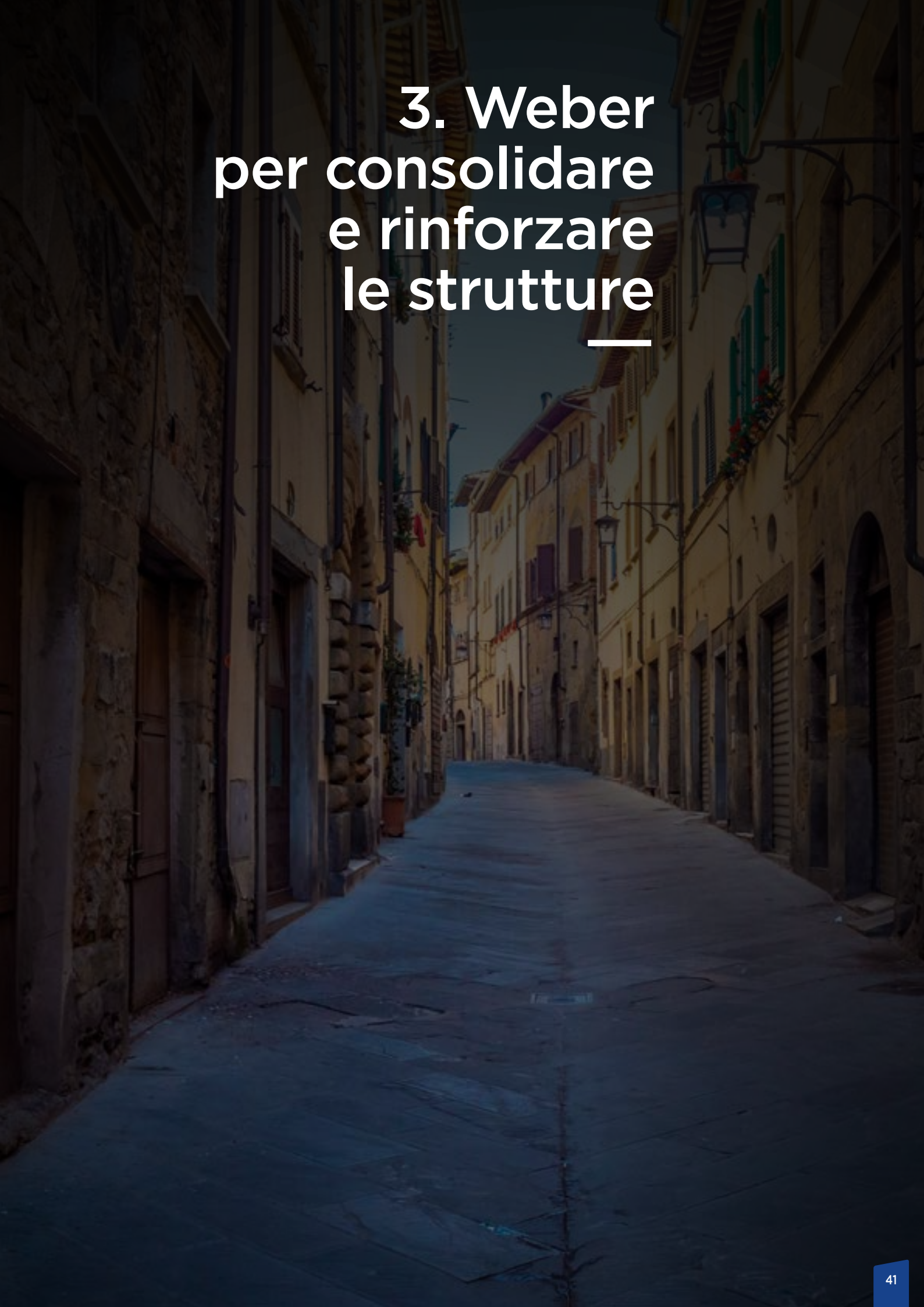
ISOLANTI IN LANA MINERALE

	Isover Arena34 - Pannello in lana minerale italiana, idrorepellente, realizzata con un legante a base di componenti organici e vegetali, senza rivestimenti. Spessori 45 mm - 70 mm - 95 mm Reazione al fuoco A1 | Conducibilità termica λ = 0,034 W/mK
	Isover Arena32 - Pannello in lana minerale italiana, idrorepellente, realizzata con un legante a base di componenti organici e vegetali, senza rivestimenti. Spessori 45 mm - 70 mm - 95 mm - 120 mm - 140 mm Reazione al fuoco A1 | Conducibilità termica λ = 0,032 W/mK Disponibile anche nella versione K (rivestimento con carta kraft) e Alu (rivestimento con carta kraft alluminio retinata).
	Isover Arena31 - Pannello in lana minerale italiana, idrorepellente, realizzata con un legante a base di componenti organici e vegetali, senza rivestimenti. Spessori 40 mm - 50 mm - 60 mm - 80 mm - 90 mm - 100 mm Reazione al fuoco A1 | Conducibilità termica λ = 0,031 W/mK Disponibile anche nella versione K (rivestimento con carta kraft) e Alu (rivestimento con carta kraft alluminio retinata).

STRUTTURE METALLICHE DI SOSTEGNO

	Gyproc Gyprofile (pareti, contropareti, controsoffitti, protezione delle strutture)- Struttura metallica in lamiera d'acciaio zincato Z100, dello spessore minimo di 0,6 mm, con rivestimento organico privo di cromo, ECOLOGICO, ANTICORROSIVO, DIELETTRICO, ANTIFINGERPRINT, composta da guide a forma di U e da montanti a forma di C, di varie tipologie e dimensioni a seconda dell'utilizzo. Reazione al fuoco A1.
	Gyproc Linetec Plus (controsoffitti modulari ispezionabili) - Struttura portante a T rovescio, dotata di un aggancio con elevate doti di stabilità, capace di un'elevata tenuta alla trazione e che facilita l'inserimento o il distacco dei profili trasversali tramite semplice pressione delle dita. Il profilo ha una particolare lavorazione nella parte superiore per garantire una migliore resistenza alla torsione. Reazione al fuoco A1.
	Gyproc GySeismic Top - Accessori e componenti per i sistemi di controsoffitti modulari e continui antisismici.
	Gyproc External Profile Zn-Mg (pareti, contropareti, controsoffitti) - Struttura metallica in lamiera d'acciaio, dello spessore di 0,8 mm, con speciale rivestimento costituito principalmente da Zinco e Magnesio, composta da guide a forma di U e da montanti a forma di C, di varie tipologie e dimensioni a seconda dell'utilizzo. Ideali per ambienti esterni o particolarmente umidi. Reazione al fuoco A1.

3. Weber per consolidare e rinforzare le strutture



3.1. INTRODUZIONE

Gli edifici in muratura esistenti costituiscono una percentuale molto elevata sul patrimonio del costruito dell'intero territorio italiano (sono 8.000.000 gli edifici in muratura portante ed in cemento armato pre 1971 - fonte Censimento ISTAT 2011). La maggioranza degli stessi però è stata progettata e talvolta costruita senza indicazioni progettuali precise, ma secondo gli usi della zona e le conoscenze statiche dell'epoca.
Le strutture murarie così come quelle in c.a. erano realizzate per resistere prevalentemente ai soli carichi verticali, quindi le azioni orizzontali dovute, per esempio, all'azione sismica, risultavano eventi eccezionali che nel tempo sono risultati essere anche disastrosi per gli edifici stessi.
Le strutture in muratura che nel tempo hanno resistito in modo positivo all'azione dei terremoti, sono quelle che hanno dimostrato di possedere una capacità di resistenza fornita dal cosiddetto "comportamento scatolare".
Infatti, l'insieme degli elementi strutturali degli edifici in muratura (pareti e solai) se adeguatamente collegati tra di loro riesce a conferire una resistenza globale rilevante all'edificio.

In generale per edifici in muratura, affinché si possa instaurare un comportamento scatolare e quindi un funzionamento corretto dell'intero edificio, devono essere valutate ed eliminate le carenze strutturali gravi quali:

- carenza di resistenza della muratura dovuta alla cattiva qualità dei materiali che la costituiscono (elementi arrotondati, malta di qualità scadente o degradata, ecc.) e alla cattiva qualità della tessitura muraria (murature a sacco con scarsi collegamenti tra i paramenti, muratura disorganizzata);
- carenza di collegamenti dovuta alla mancanza completa o inefficacia degli stessi fra pareti e pareti e fra pareti e orizzontamenti che spesso presentano una eccessiva deformabilità nel proprio piano;
- presenza di spinte non contrastate od eliminate (volte ed archi);
- gravi carenze nelle fondazioni.

Le carenze più riscontrabili negli edifici in c.a. sono invece quelle inerenti a:

- la qualità dei materiali utilizzati;
- la carenza o la deformabilità dei collegamenti tra i vari elementi;
- la presenza di irregolarità geometriche;
- carenze a livello fondale.

Per le finalità su esposte, le normative vigenti in materia di costruzioni (NTC 2018 e Circolare 7/2019) forniscono criteri generali di guida agli interventi di consolidamento.
Di seguito alcuni interventi (Circolare 7/2019 p.to C8.5.3.1), con riferimenti a tecniche di utilizzo corrente, che possono essere eseguiti con i sistemi e le soluzioni **Weber**.

3.2. INTERVENTI VOLTI A INCREMENTARE LA SISMO RESISTENZA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI IN MURATURA

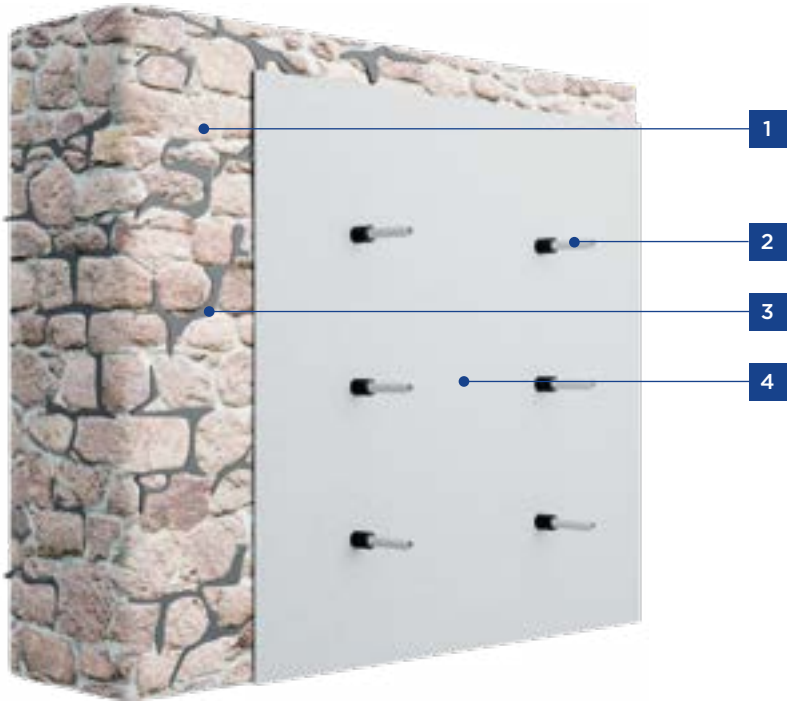
3.2.1. INIEZIONI DI MISCELE LEGANTI

Riferimento normativo

Circolare 7/2019 – p.to C8.5.3.1 (altri riferimenti: L.G.MIBAC 2011; L.G.ReLUIS 2009; D.n.10/2006 Post Sisma Molise).

Nota

Le iniezioni di malta fluida mirano ad eleminare il più pericoloso dei fenomeni localizzati che è la disgregazione caotica della muratura andando a ridurre i vuoti e rafforzando il legame tra le parti esistenti della muratura, rendendo in tal modo la muratura più coesa ed in grado di mantenersi monolitica durante il sisma. L'intervento di consolidamento mediante iniezione di miscele, inoltre, è da utilizzarsi nei casi in cui il degrado della muratura sia imputabile al legante ed anche in presenza di lesioni diffuse.
Tale intervento risulta inefficace se impiegato su tipologie murarie che per loro natura siano scarsamente iniettabili (scarsa presenza di vuoti e/o vuoti non collegati tra loro). Particolare attenzione va posta nella scelta della pressione di immissione della miscela, per evitare l'insorgere di dilatazioni trasversali prodotte dalla miscela in pressione. Nel caso si reputi opportuno intervenire con iniezioni su murature incoerenti e caotiche, è necessario prendere provvedimenti atti a ridurre il rischio o dell'intervento.



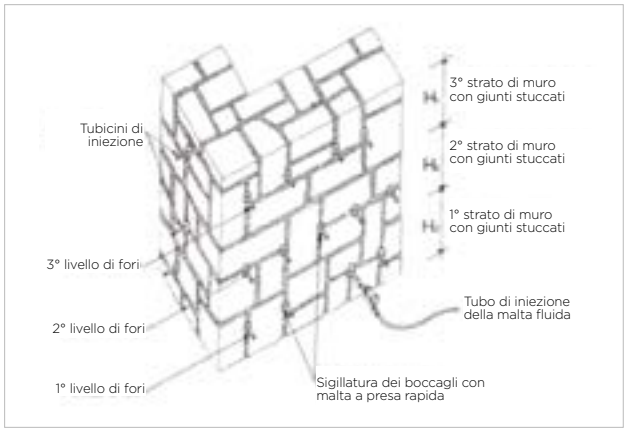
LEGENDA

1. Muratura mista
2. Tubicini in plastica per iniezione **(webertec presarapida)**
3. **webertec iniezione15**
4. Intonaco

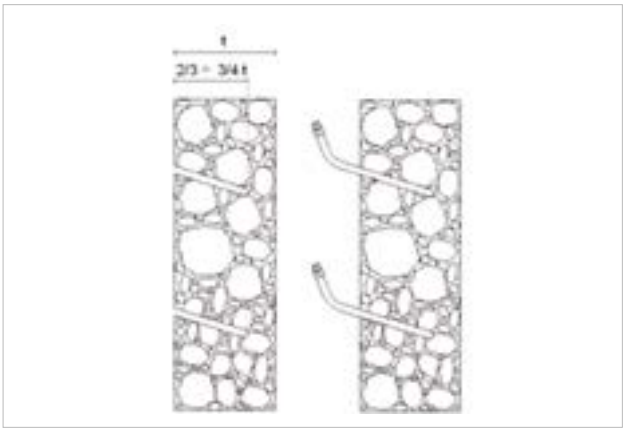
PRODOTTI UTILIZZATI	**webertec iniezione15**	Malta superfluida con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale NHL5
	webertec presarapida	Legante rapido pronto all'uso

Tecnica di esecuzione

1. Per evitare la fuoriuscita del **webertec iniezione15** procedere all'eventuale ristilatura nelle zone dei giunti inconsistenti o prevedere la sigillatura di eventuali fessure.
2. Realizzare un reticolo di fori avente maglia di dimensione variabile in funzione della permeabilità e compattezza della muratura da un minimo di 20-25 cm (tipo mattoni pieni) fino ad un massimo di 40 cm (tipo muratura mista). Le perforazioni per le iniezioni dovranno essere di diametro variabile fra 15 e 25 mm.
   La profondità delle perforazioni dovrà essere di circa due terzi dello spessore della parete. Per spessori fino a 60 cm sarà sufficiente operare da un solo lato della parete, per spessori più consistenti risulterà opportuno operare da tutte e due le superfici. L'inclinazione delle perforazioni dovrà essere di circa 45° o comunque in grado di favorire il processo di iniezione.
3. Saturare con acqua tutta la muratura, utilizzando gli stessi fori creati per l'iniezione. Attendere un giorno per permettere l'eliminazione di acqua stagnante nella muratura.
4. Miscelare con trapano a basso regime di giri o con apposite macchine impastatrici dotate di manometro per regolazione della pressione di uscita.
5. Iniettare la boiacca dopo aver posizionato dei tubicini in plastica preventivamente fissati alla muratura con **webertec presarapida**.
6. Per murature debolmente degradate si può procedere con iniezioni a pressione. Le iniezioni partiranno sempre dal basso verso l'alto e dai lati verso il centro con una pressione di iniezione compresa fra 1 e un massimo di 4 atm. Previa verifica diretta. Per murature molto degradate tali da non poter sopportare sovra-pressioni si può procedere con iniezioni per gravità. L'applicazione del prodotto dal basso verso l'alto permette la fuoriuscita dell'aria favorendo un maggior riempimento dei vuoti presenti.
7. A conclusione del lavoro sia i tubicini che i fissaggi andranno rimossi prima di procedere con l'intonacatura finale.



Schema per iniezioni a pressione



Schema per profondità delle iniezioni

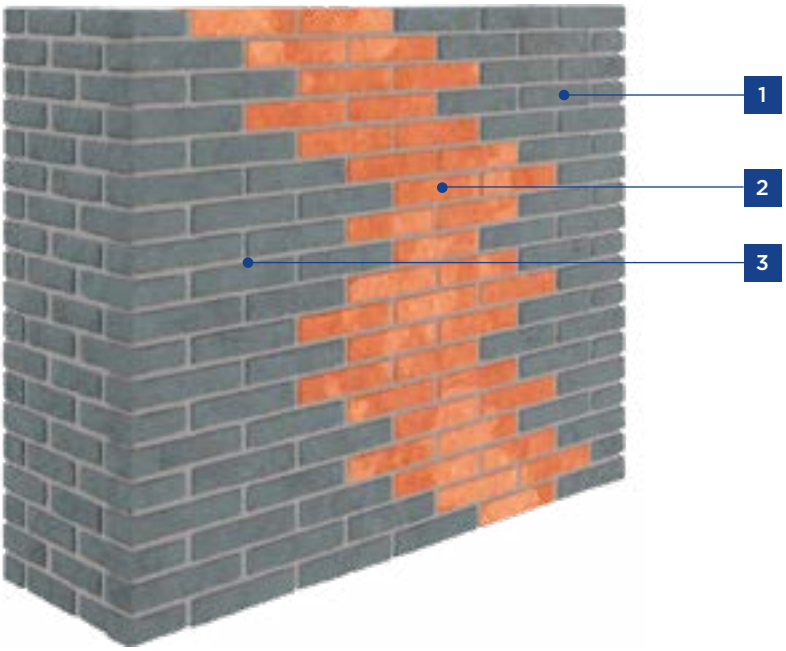
3.2.2. SCUCI E CUCI

Riferimento normativo

Circolare 7/2019 – p.to C8.7.4.1 (altri riferimenti: L.G.MIBAC 2011; L.G.ReLUIS 2009; D.n.10/2006 Post Sisma Molise).

Nota

L'intervento di scuci e cuci è finalizzato al ripristino della continuità muraria lungo le linee di fessurazione ed al risanamento di porzioni di muratura gravemente deteriorate. Si consiglia di utilizzare materiali simili a quelli originari per forma, dimensioni, rigidezza e resistenza, collegando i nuovi elementi alla muratura esistente con adeguate ammorsature nel piano del paramento murario e se possibile anche trasversalmente al paramento stesso, in modo da conseguire la massima omogeneità e monoliticità della parete riparata. Tale intervento può essere utilizzato anche per la chiusura di nicchie, canne fumarie e per la riduzione dei vuoti, in particolare nel caso in cui la nicchia/apertura/cavità sia posizionata a ridosso di angolate o martelli murari. Il vantaggio di questa tecnica è quello di ripristinare il comportamento originario della struttura, senza condizionare il suo comportamento globale.



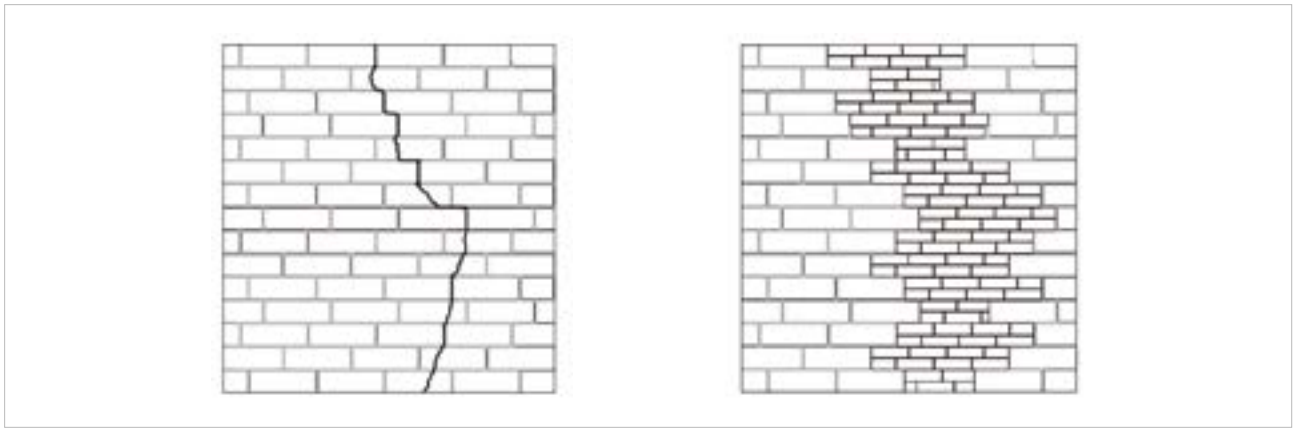
LEGENDA

1. Conci in pietra e/o mattoni
2. Nuovi elementi da murare: mattoni pieni o altri elementi compatibili
3. **webertec BTcalceF** o **webertec BTcalceG**

PRODOTTI UTILIZZATI	**webertec BTcalceF**	Malta strutturale con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale a granulometria fine
	webertec BTcalceG	Malta strutturale con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale a granulometria grossa

Tecnica di esecuzione

1. Operare la rimozione della parte di muratura (pietrame e/o laterizi) localmente degradata e/o lesionata, ivi compresa la malta di allettamento originaria e tutto quanto possa compromettere le successive lavorazioni, utilizzando mezzi esclusivamente manuali senza l'utilizzo di utensili meccanici.
2. Procedere al lavaggio del paramento murario con utilizzo di acqua spruzzata a bassa pressione.
3. Ricostruzione dei conci murari precedentemente rimossi e sostituzione degli stessi utilizzando mattoni pieni allettati con i prodotti **webertec BTcalceF** o **webertec BTcalceG**. I mattoni pieni saranno ammorsati (da entrambi i lati) alla vecchia muratura, avendo cura di lasciare tra la muratura nuova e la vecchia, lo spazio per l'inserimento forzato di appositi cunei (mattoni duri).
4. L'operazione viene eseguita partendo dal basso e procedendo verso l'alto.



Schema "scuci e cuci" tratta da Linee Guida ReLUIS 2009

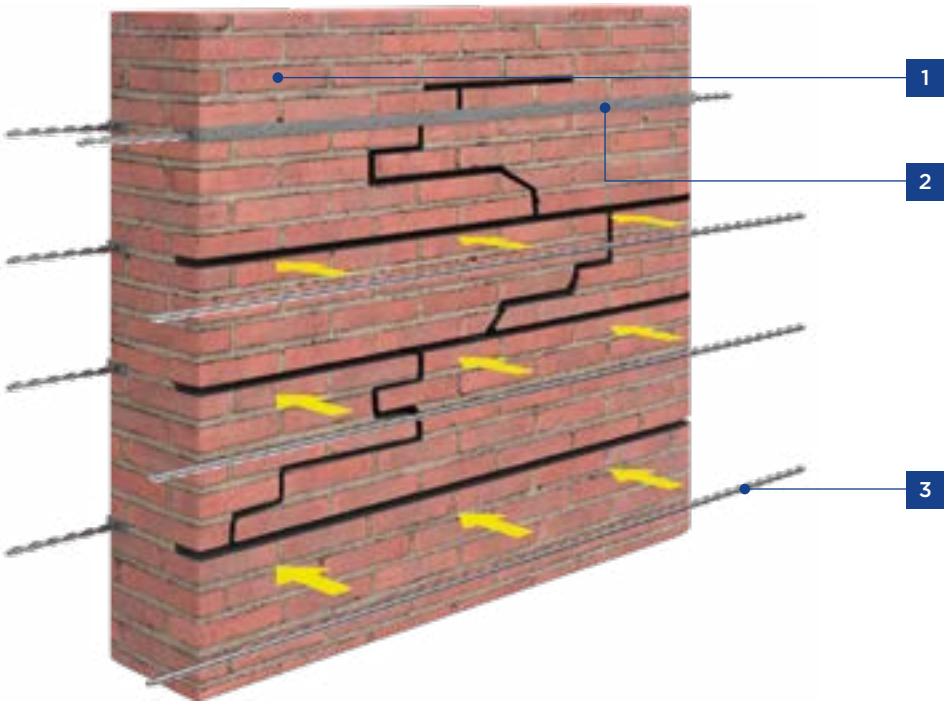
3.2.3. RISTILATURA DEI GIUNTI

Riferimento normativo

Circolare 7/2019 – p.to C8.7.4.1.4 (altri riferimenti: L.G.MIBAC 2011; L.G.ReLUIS 2009; D.n.10/2006 Post Sisma Molise).

Nota

L'intervento di ristilatura dei giunti, se effettuato in profondità su entrambi i lati, può migliorare le caratteristiche meccaniche della muratura, in particolare nel caso di murature di spessore non molto elevato. L'eventuale inserimento nei giunti "ristilati" di piccole barre, trefoli o altri materili resistenti a trazione, può migliorare ulteriormente l'efficacia dell'intervento.



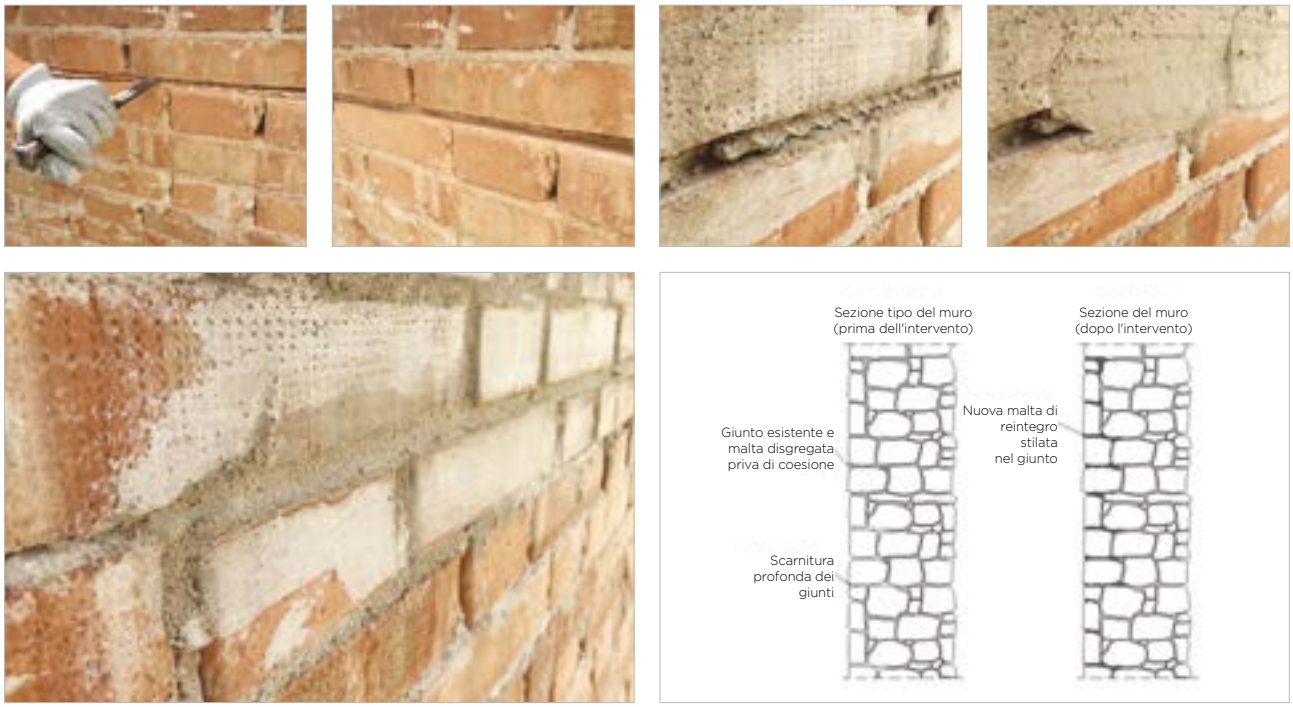
LEGENDA

1. Muratura mista o in mattoni pieni
2. **webertec BTcalceF** o **webertec BTcalceG**
3. **webertec elicafixA6**

PRODOTTI UTILIZZATI	**webertec BTcalceF**	Malta strutturale con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale a granulometria fine
	webertec BTcalceG	Malta strutturale con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale a granulometria grossa
	webertec elicafixA6	Barra a forma elicoidale in acciaio AISI 316 da 6 mm

Tecnica di esecuzione

1. Operare una profonda scarnitura del giunto esistente, possibilmente utilizzando mezzi esclusivamente manuali senza l'utilizzo di utensili meccanici.
2. Procedere al lavaggio del paramento murario con utilizzo di acqua spruzzata a bassa pressione.
3. Ristilatura dei giunti di malta con i prodotti **webertec BTcalceF** o **webertec BTcalceG**. Nel caso si operi una ristilatura armata, provvedere a riempire parzialmente il giunto (circa 2/3 dello spessore) con i prodotti **webertec BTcalceF** o **webertec BTcalceG**, successivamente inserire la barra in acciaio inox **webertec elicafixA6** e premerla all'interno fino a far rifluire il prodotto fresco già applicato.
4. Procedere poi al completo ricoprimento della stessa e alla rifinitura del giunto con i prodotti **webertec BTcalceF** o **webertec BTcalceG**.



Fasi ristilatura armata per ricucitura lesioni

Tratta da Linee Guida ReLUIS 2009

3.2.4. DIATONI ARTIFICIALI

Riferimento normativo

Circolare 7/2019 – p.to C8.7.4.1.3 (altri riferimenti: L.G.MIBAC 2011; D.n.10/2006 Post Sisma Molise).

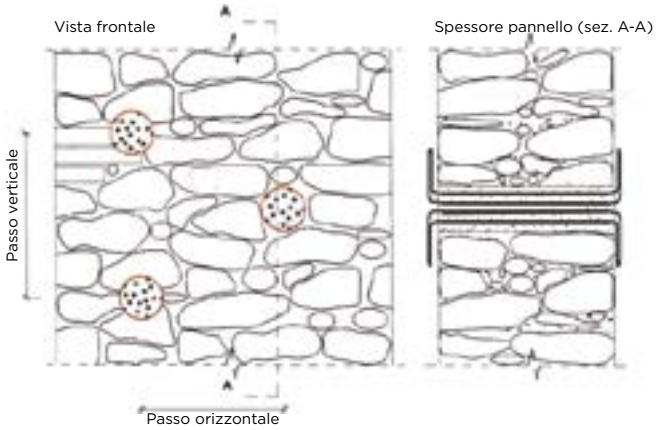
Nota

L'inserimento di diatoni artificiali, realizzati in materiali resistenti a trazione dentro fori di carotaggio, può realizzare un efficace collegamento tra i paramenti murari, evitando il distacco di uno di essi o l'innesco di fenomeni di instabilità per compressione. Inoltre intervento conferisce alla parete un comportamento monolitico per azioni ortogonali al proprio piano.
È molto importante utilizzare tale intervento, in presenza di murature con paramenti non collegati fra loro che sotto l'azione dei carichi, tendono a spanciare con la conseguente riduzione della loro capacità portante. Il compito dei diatoni è quello di tenere uniti i paramenti del muro, evitando distacchi e impedirne il progressivo aumento.

PRODOTTI UTILIZZATI	**webertec connettoreA12**	Tubolare di fibre in acciaio galvanizzato unidirezionali.
	webertec BTcalceF	Malta strutturale con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale a granulometria fine
	webertec BTcalceG	Malta strutturale con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale a granulometria grossa
	webertec iniezione15	Malta superfluida con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale NHL5

Tecnica di esecuzione

1. Rimozione dell'intonaco esistente e successiva pulizia del supporto murario;
2. Realizzazione dei fori, meglio se in corrispondenza dei giunti di malta, aventi diametro di circa 25 mm mediante utilizzo di trapano a rotazione. I fori dovranno essere realizzati sfalsati con un passo di circa 70 cm (n.4/mq) e comunque secondo le indicazioni del progettista;
3. Pulitura del foro mediante tecnica dell'aria compressa e successivo lavaggio dello stesso;
4. Inserimento del connettore in acciaio **webertec connettoreA12** avendo cura di assicurare una lunghezza per la successiva "sfioccatura" pari a circa 15/20 cm per lato;
5. Procedere allo sfiocco del connettore sulla superficie muraria e procedere al bloccaggio provvisorio dello stesso tramite idonea placchetta (es. tavoletta in legno dimensioni 80x80 mm circa) da fissare al supporto mediante chiodatura. Provvedere all'annegamento ed al bloccaggio della parte terminale del fiocco sulla muratura con i prodotti **webertec BTcalceF** o **webertec BTCalceG**. Questo procedimento deve essere ripetuto anche sull'altra faccia della muratura;
6. Ad avvenuto indurimento del prodotto utilizzato di cui al p.to precedente, rimuovere la placchetta e procedere all'inghisaggio del connettore tramite la malta fluida **webertec iniezione15** avendo cura di verificare la completa saturazione del foro. Successivamente provvedere al completo ricoprimento del fiocco con i prodotti di cui al p.to precedente;
7. Rimuovere la placchetta anche dalla parte opposta della muratura e procedere al completo ricoprimento del fiocco. In caso di muratura di spessore elevato potrebbe essere necessario provvedere all'inghisaggio con la malta fluida anche dal lato opposto.



3.2.5. CORDOLI IN SOMMITÀ

Riferimento normativo

Circolare 7/2019 – p.to C8.7.4.1 (altri riferimenti: D.n.10/2006 Post Sisma Molise p.to B9).

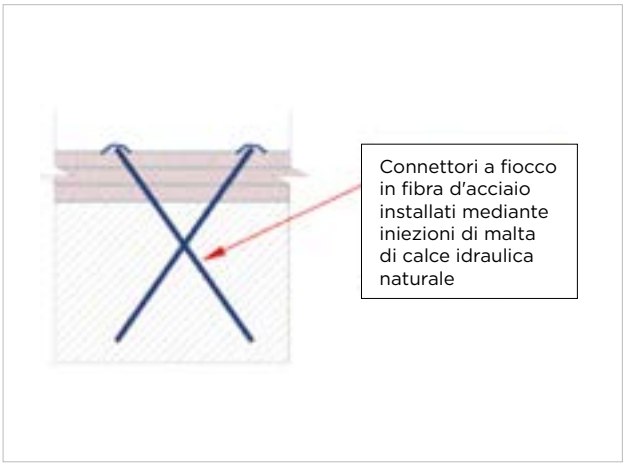
Nota

Cordoli in sommità alla muratura possono costituire una soluzione efficace per collegare le pareti, in una zona dove la muratura è meno coesa a causa del limitato livello di compressione, e per migliorare l'interazione con la copertura. Devono essere realizzati con una muratura a tutto spessore e di buone caratteristiche; in genere la soluzione più naturale è l'uso di una muratura in mattoni pieni. All'interno deve essere alloggiata un'armatura metallica o in altro materiale resistente a trazione, resa aderente alla muratura del cordolo tramite conglomerato, ad esempio malta cementizia. La realizzazione di collegamenti tra cordolo e muratura, eseguita tramite perfori armati disposti con andamento inclinato, se necessaria risulta efficace solo in presenza di muratura di buona qualità.
Negli altri casi è opportuno eseguire un consolidamento della muratura nella parte sommitale della parete e affidarsi all'aderenza e al contributo dell'attrito, da incrementare mediante sagomature (ad es. indentature diagonali) della superficie di appoggio del cordolo.

Tecnica di esecuzione

La metodologia operativa consiste nel realizzare la sovrapposizione di strati di mattoni comuni alternati a strati di elementi di rinforzo costituiti da reti in fibra di vetro A.R. immerse in matrici a base di calce idraulica naturale, costiutendo di fatto una muratura armata mediante sistemi FRCM (**webertec FRCM**). Si procederà prima alla livellatura del supporto, con eventuali fasi di ripristino e riparazione di lesioni presenti. Nelle fasi di realizzazione del cordolo particolare cura sarà posta alla corretta impregnazione della **webertec rete AR50/AR115** nella malta **webertec BTcalceF**. Il sistema verrà reso solidale con la muratura sottostante mediante l'inserimento di connettori a fiocco in fibra d'acciaio **webertec connettoreA** installati mediante iniezioni di malta di calce idraulica naturale **webertec iniezione15** per la profondità di 1 m, inclinati e con passo minimo 50-70 cm. L'altezza del cordolo e quindi il numero dei ricorsi dei mattoni dovrà essere stabilita dal progettista, così come il passo degli inghisaggi e la profondità degli stessi.

Tipologia cordolo
(rif. D.n.10/2006 Post Sisma Molise p.to B9)



Particolare ancoraggio
(rif.D.n.10/2006 Post Sisma Molise p.to B9)

PRODOTTI UTILIZZATI	**webertec connettoreA**	Tubolare di fibre in acciaio galvanizzato unidirezionali.
	webertec BTcalceF	Malta strutturale con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale a granulometria fine
	webertec iniezione15	Malta superfluida con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale NHL5
	webertec rete AR115/AR50	Rete in fibra di vetro A.R. apprettata bidirezionale

3.3. INTERVENTI CON SISTEMI DI RINFORZO COMPOSITI

Alle tradizionali tecniche di rinforzo impiegate usualmente sia sulle strutture in c.a., sia su quelle in muratura, si aggiungono come valida alternativa le tecniche di rinforzo che prevedono l'utilizzo di materiali compositi. Questi materiali rappresentano una significativa evoluzione tecnologica, poiché coniugano le migliori caratteristiche dei singoli componenti. Un sistema composito è quindi costituito da più materiali, chiamati "fasi" e presenta proprietà superiori rispetto a quelle dei singoli costituenti se gli stessi venissero sollecitati indipendentemente. Le fasi di un materiale composito sono tipicamente due:

- fase "rinforzo": normalmente costituita da fibre di diversa natura da cui dipendono rigidezza e resistenza del composito nella direzione delle fibre stesse;
- fase "matrice": può essere di origine organica o inorganica. A essa è demandato il compito di proteggere le fibre, ripartire il carico sulle stesse, garantire l'adesione ai vari supporti e trasferire gli sforzi dal supporto al rinforzo.

I nuovi sistemi compositi della gamma **webertec** appartengono alle seguenti tipologie:

- Sistemi **FRCM** (Fiber Reinforced Cementitious Matrix), compositi costituiti da fibre di vario genere tra cui fibre di vetro A.R. lunghe, a elevata resistenza a trazione, annegate in una matrice inorganica.
  In generale, gli **FRCM** sono sistemi di rinforzo a basso spessore e rispondono a precise limitazioni geometriche:
  - il rinforzo deve essere realizzato impiegando una rete costituita da maglie della dimensione massima di 30x30 mm;
  - la rete deve essere annegata in uno spessore di malta compreso tra 5 mm e 15 mm.

- Sistemi **CRM** (Composite Reinforced Mortar), composti da un'armatura di rinforzo costituita da reti e angolari in **FRP** e connettori per l'ancoraggio ai supporti il tutto inglobato in una malta strutturale per la realizzazione di intonaci armati.
  In generale, la rete in **FRP** è in grado di assorbire gli sforzi di trazione, mentre la malta strutturale (betoncino) contribuisce ad assorbire gli sforzi di compressione. Il trasferimento degli sforzi fra il supporto e la rete di rinforzo è garantito anche dalla presenza dei connettori, che assicurano la collaborazione strutturale fra la muratura e l'intonaco armato.
  Tali sistemi rispondono a precise limitazioni geometriche:
  - spessore compreso tra i 30 e i 50 mm, al netto del livellamento del supporto;
  - distanza netta tra i trefoli della rete non superiore a 4 volte lo spessore della malta e comunque non minore di 30 mm.

- Sistemi **FRP** (Fiber Reinforced Polymer), compositi strutturali realizzati mediante l'utilizzo di varie fibre resistenti tra cui fibre di carbonio immerse in una matrice di resina epossidica.

I sistemi compositi sopra citati sono tutti identificabili e in possesso di specifica qualificazione all'uso previsto secondo quanto riportato nelle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni al Cap. 11.1.
A tal fine, le norme predette, prevedono che i materiali e i prodotti da costruzione per uso strutturale, quando non marcati CE ai sensi del Regolamento UE n.305/2011, sulla scorta di una norma armonizzata o di una **Valutazione Tecnica Europea** (ETA, articolo 26 del Regolamento UE n.305/2011), debbano essere in possesso di un **Certificato di Valutazione Tecnica** (nel seguito CVT) rilasciato dal Sevizio Tecnico Centrale (nel seguito STC), anche sulla base di Linee Guida approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ove disponibili.

3.3.1. SISTEMI FRCM - webertec FRCM

I sistemi **webertec FRCM** sono **marcati CE** e i riferimenti per la progettazione dei rinforzi in **FRCM** sono le istruzioni CNR-DT 215/2018 *"Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica"* e le *"Linea Guida per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione di interventi di consolidamento strutturale mediante l'utilizzo di sistemi di rinforzo FRCM"*.

I sistemi **webertec FRCM** sono composti da una matrice inorganica a base di calce idraulica naturale e da un elemento di rinforzo costituito da una rete in fibra di vetro A.R.

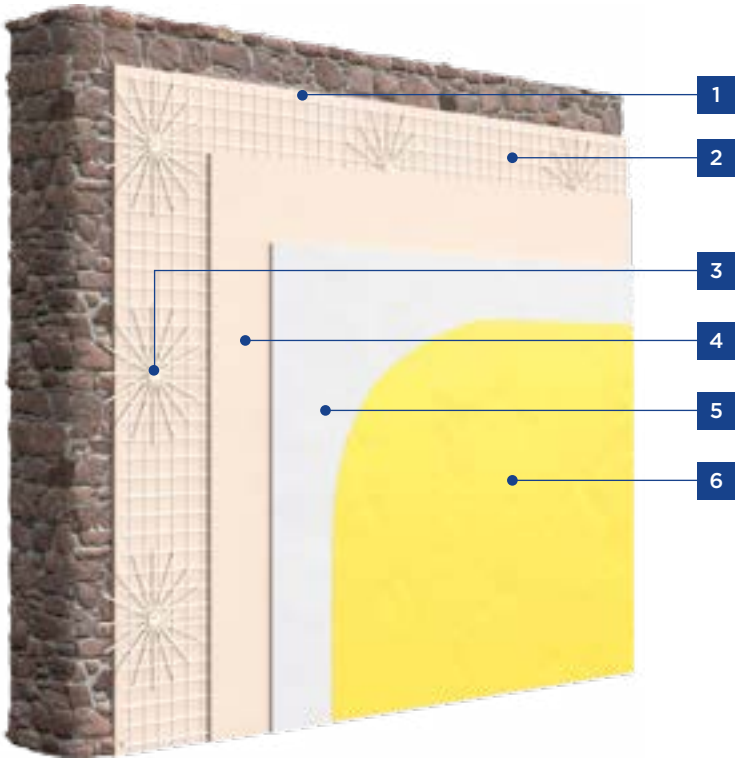
Le caratteristiche principali dei rinforzi **webertec FRCM** sono le seguenti:

- ottima resistenza a trazione delle fibre utilizzate;
- basso spessore di applicazione, quindi leggerezza, in modo da non alterare la massa e la rigidezza dell'elemento rinforzato;
- ottima compatibilità meccanica della matrice a base di calce idraulica con le murature esistenti in termini di modulo elastico;
- ottima compatibilità chimico-fisica e termo-igrometrica con le pareti in muratura, poiché la matrice inorganica non ne altera l'equilibrio esistente;
- facilità e velocità di posa poiché la malta deve essere solo miscelata con acqua e le reti si tagliano con comuni strumenti da cantiere;

I sistemi **webertec FRCM** sono indicati principalmente per il rinforzo strutturale di elementi in muratura; in particolare possono essere utilizzati per:

- rinforzo di pareti sollecitate nel loro piano;
- rinforzo di pareti sollecitate fuori dal piano;
- realizzazione di cordoli sommitali;
- rinforzo di strutture a semplice o doppia curvatura;
- confinamento di colonne;

3.3.1.1. COMPOSIZIONE DEI SISTEMI



LEGENDA

1. **webertec BTcalceF**
2. **webertec rete AR50/115**
3. **webertec connettoreV10/12** (eventuale)
4. **webertec BTcalceF**
5. Rasante gamma **webercem**
6. Decorazione gamma **webercote**

Sistema di rinforzo	Fibre resistenti	Malta
webertec FRCM/50	**webertec rete AR50** Rete in fibra di vetro A.R. apprettata bidirezionale con grammatura 243 g/m²	**webertec BTcalceF**
webertec FRCM/115	**webertec rete AR115** Rete in fibra di vetro A.R. apprettata bidirezionale con grammatura 550 g/m²	**webertec BTcalceF**

3.3.2. TECNICA DI ESECUZIONE

3.3.2.1. PREPARAZIONE DEI SUPPORTI

1. Procedere alla rimozione dell'intonaco esistente (ove presente) e alla successiva pulizia del supporto murario. Su murature vecchie è indispensabile eseguire un idrolavaggio a pressione o idrosabbiatura fino alla totale eliminazione di ogni traccia di sporcizia, di parti deboli o inconsistenti, di eventuali efflorescenze saline e di ogni altro elemento che possa pregiudicare l'adesione del nuovo strato di malta;
2. Eventuali rotture o cavità dei supporti in muratura devono essere riparati con tecnica adeguata (a esempio, scuci e cuci, rincoccio, ristilatura, ecc.). Prima dell'applicazione del sistema di rinforzo i supporti devono presentarsi stabili, resistenti e puliti;
3. In tutti i casi in cui il sistema di rinforzo **FRCM** debba essere applicato intorno a spigoli, questi ultimi devono essere opportunamente arrotondati con raggio di curvatura non inferiore a 20 mm.

3.3.2.2. MODALITÀ APPLICATIVE

1. I supporti irregolari dovranno essere regolarizzati con **webertec BTcalceF** e a indurimento avvenuto (dopo qualche giorno) si potrà procedere con l'applicazione del sistema scelto. Prima dell'applicazione della malta, il supporto dovrà essere bagnato a rifiuto e alla scomparsa del velo d'acqua si potrà procedere con l'applicazione del primo strato del prodotto **webertec BTcalceF**, per uno spessore di 5 mm;
2. Sul prodotto ancora fresco, posizionare e stendere la rete di rinforzo scelta **webertec rete AR50** o **webertec rete AR115**, assicurandosi che sia completamente planare, impregnata e tesa, evitando la formazione di vuoti. I lembi della rete dovranno essere sovrapposti per una lunghezza di 30 cm;
3. Deve essere assicurata un'adeguata lunghezza di ancoraggio, al di là dell'estrema sezione in cui il rinforzo **FRCM** è necessario, essa deve essere di almeno 30 cm;
4. Sulla prima mano ancora umida, terminare l'intervento con l'applicazione di un secondo strato del prodotto **webertec BTcalceF** per ulteriori 5 mm, raggiungendo così lo spessore complessivo di 10 mm;
5. Alla fine dell'intervento la rete dovrà risultare nella metà dello spessore totale del rinforzo;
6. In previsione di ricopertura con intonaco occorre lasciare scabra la superfice del **webertec BTcalceF** (vedi p.to 3.3.2.4).

3.3.2.3. REALIZZAZIONE CONNETTORI

L'uso di connettori può risultare utile o addirittura indispensabile. A tal proposito si riportano alcune indicazioni:

- Sono indispensabili quando il sistema di rinforzo è applicato su una sola faccia del pannello. A tal fine devono essere predisposti connettori di lunghezza tale da penetrare nello strato più esterno del paramento non rinforzato;
- Nel caso di rinforzo su due facce di murature a sacco o con paramenti scollegati è obbligatorio posizionare connettori passanti;
- Disporre gli interassi dei connettori a quinconce, facendo riferimento a quanto riportato nel DT215/2018 e alle indicazioni del Progettista:
  - murature con spessore t ≤ 40 cm: interasse ≥ 3 t e comunque non superiore a 160 cm;
  - murature con spessore t >40 cm: interasse ≥ 2 t e comunque non superiore a 200 cm.

Per i connettori passanti è possibile procedere in questo modo:

1. I fori passanti devono essere realizzati nella fase iniziale dell'intervento. Dovranno avere un diametro di circa 22 mm ed essere eseguiti mediante trapano a rotazione, leggermente inclinati e meglio se in corrispondenza dei giunti di malta. Dovranno essere puliti con aria compressa e successivamente lavati con acqua. Si suggerisce l'utilizzo di spie per la successiva individuazione dei fori;
2. Inserimento del connettore in fibra di vetro **webertec connettoreV** avendo cura di assicurare una lunghezza maggiore per la successiva "sfioccatura" pari a circa 20 cm per lato;
3. Su uno dei due lati, procedere allo sfiocco dei connettori sulla superficie muraria inglobando il fiocco con **webertec BTcalceF**;
4. Dal lato opposto procedere all'inghisaggio dei connettori tramite la malta fluida **webertec iniezione15** avendo cura di verificare la completa saturazione del foro;
5. Completare la "sfioccatura" sull'altro lato della muratura procedendo analogamente a quanto fatto al precedente punto 3;

È possibile realizzare il connettore utilizzando anche il **webertec connettoreA** oppure il nastro **webertec nastro650**. In quest'ultimo caso tagliare il nastro della lunghezza necessaria (spessore e sfioccatura). Dividerlo in due parti lungo la direzione dei trefoli e arrotolarlo per formare un tubolare.

Per i connettori non-passanti è possibile procedere in questo modo:

1. I fori devono essere realizzati nella fase iniziale dell'intervento. Dovranno avere un diametro di circa 16÷18 mm ed essere eseguiti mediante trapano a rotazione, meglio se in corrispondenza dei giunti di malta. Dovranno essere puliti con aria compressa. Si suggerisce l'utilizzo di spie per la successiva individuazione dei fori;
2. I connettori **webertec connettoreV** devono essere preparati in precedenza, tagliandoli a misura considerando una lunghezza pari alla profondità di inghisaggio più 20 cm per lo sfiocco;
3. Successivamente si potrà procedere all'impregnazione del connettore con **webertec EP100**, facendo attenzione a non sporcare di resina la parte destinata allo sfiocco. L'impregnazione potrà avvenire per immersione nella resina. È necessario spolverare con sabbia al quarzo e lasciare indurire per un giorno, al fine di aumentarne l'adesione;
4. Rimuovere le spie e procedere all'iniezione nei fori dell'ancorante **webertec ancoranteV** partendo dal fondo del foro. Inserire il connettore avendo cura di ruotarlo sul proprio asse durante l'inserimento per garantire la sua completa impregnazione;
5. Procedere poi allo sfiocco del connettore aprendolo a raggiera e inglobandone le fibre con **webertec BTcalceF**.

3.3.2.4. FINITURE SU webertec FRCM

Terminato il ciclo di rinforzo della muratura, è possibile effettuare la posa dei seguenti strati di finitura:

i. **Intonaco a base calce.** È possibile realizzare la posa in sovrapposizione di uno strato aggiuntivo di intonaco di regolarizzazione mediante applicazione di **webercalce into F/G**, avendo cura di eseguire un rinzaffo preventivo con il **webertec BTcalceF** sulla superficie del rinforzo **webertec FRCM** ancora fresca;

ii. **Rasatura a base calce.** È possibile procedere alla rasatura diretta con il prodotto **webercalce rasatura** a completa stagionatura del sistema di rinforzo. È sempre raccomandabile inglobare nello spessore della rasatura la rete **webertherm RE195**;

iii. **Rasatura cementizia.** È possibile procedere alla rasatura diretta con i prodotti della gamma **webercem** a completa stagionatura del sistema di rinforzo. È sempre raccomandabile inglobare nello spessore della rasatura una rete in fibra di vetro AR tipo **webertherm RE160**;

iv. **Intonaco da risanamento.** In previsione della ricopertura con intonaco da risanamento (**webersan thermo evoluzione**/**webersan evoluzione top**/**webersan evoluzione start**/**webersan evocalce**), sul supporto fresco e appena staggiato - realizzato con **webertec BTcalceF** - applicare un sottile strato spruzzato a "rosa ampia" dello stesso prodotto per favorire l'aggrappo meccanico dei successivi strati di intonaco da risanamento, completando infine il ciclo in ossequio alle istruzioni contenute nella scheda tecnica di quest'ultimo prodotto;

v. **Decorazione**. Da applicare previa realizzazione dello strato di rasatura. Valutare di concerto con il personale tecnico Saint-Gobain la soluzione decorativa più idonea, da individuarsi tra le linee **weberdeko** (per interni), **webercote** (per interni ed esterni);

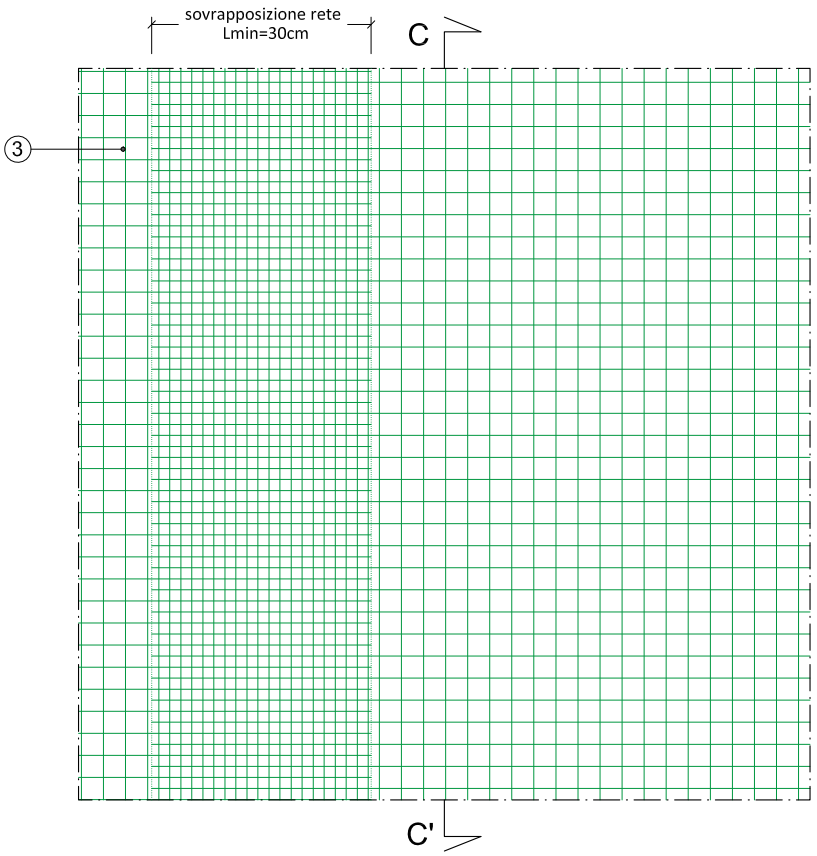
vi. **Ceramica.** È possibile applicare direttamente l'adesivo sulla superficie rinforzata. Valutare di concerto con il personale tecnico Saint-Gobain la soluzione di posa più idonea, in base alle caratteristiche della ceramica (o elemento lapideo) e del collante della gamma **webercol**;

vii. **Cappotto termico.** È possibile applicare qualunque sistema **webertherm** rispettando le relative indicazioni di preparazione dei supporti, avendo cura di non effettuare la tassellatura in corrispondenza dei connettori (se presenti) del rinforzo;

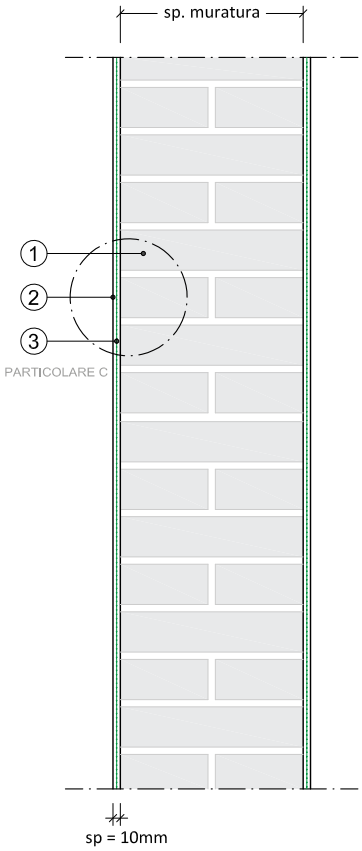
viii. **Rivestimento con controparete interna.** Controparete interna costituita da lastre in gesso rivestito **Gyproc Habito™ Forte** e isolanti in lana minerale **Isover Arena**, permette di ottenere un ottimo isolamento termico, acustico, elevata finitura estetica, resistenza meccanica (attrezzabilità dei sistemi) e perfetta integrazione impiantistica;

ix. **Rivestimento con controparete esterna.** Controparete esterna costituita da lastre in gesso fibro-rinforzato **Gyproc Glasroc® X**, con opportuno ciclo di finitura della gamma **webertherm** e **webercote**, e isolanti in lana minerale **Isover Arena**, permette di ottenere un ottimo isolamento termico, acustico ed elevata resistenza meccanica.

SISTEMI FRCM PER IL CONSOLIDAMENTO MURARIO: RINFORZO SU ENTRAMBI I LATI DELLA MURATURA

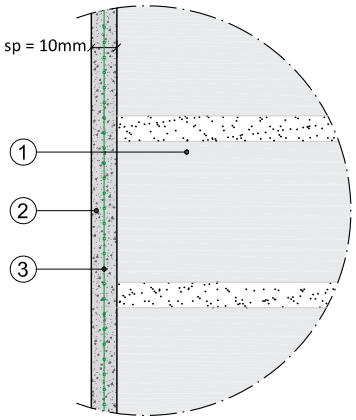


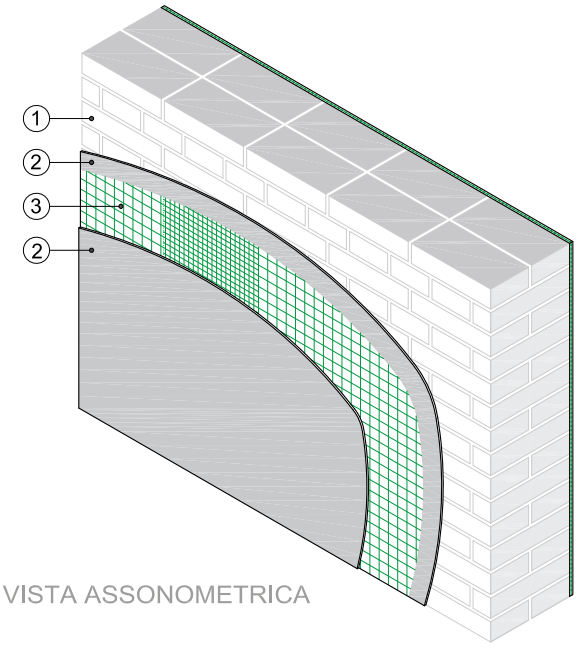
PROSPETTO DELLA MURATURA RINFORZATA



SEZIONE C-C'

PARTICOLARE C



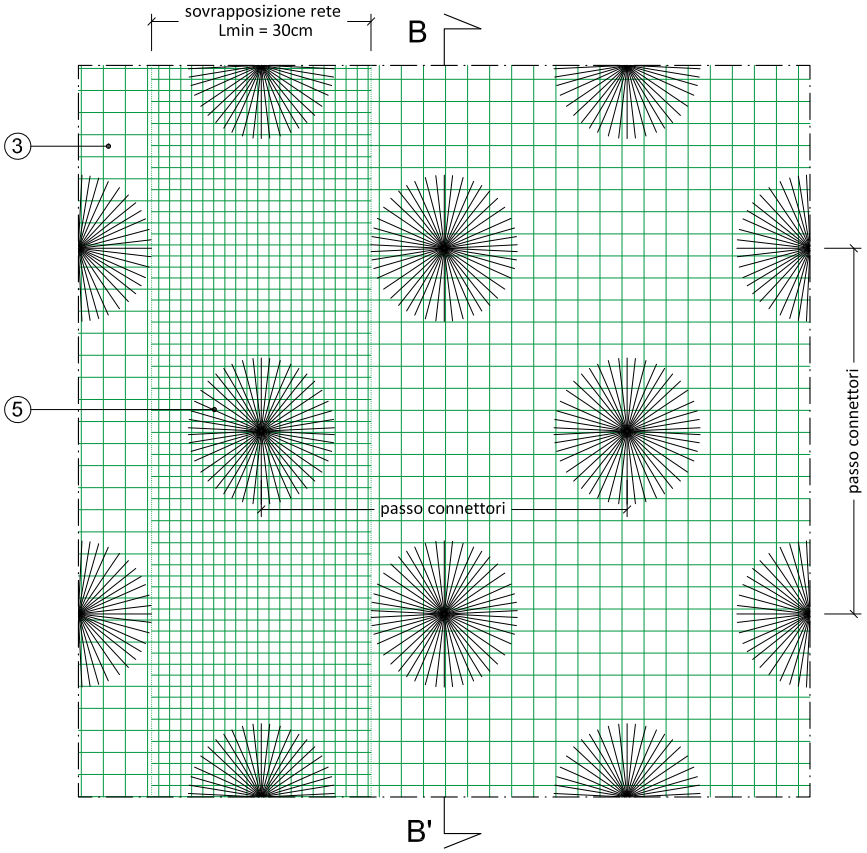


VISTA ASSONOMETRICA

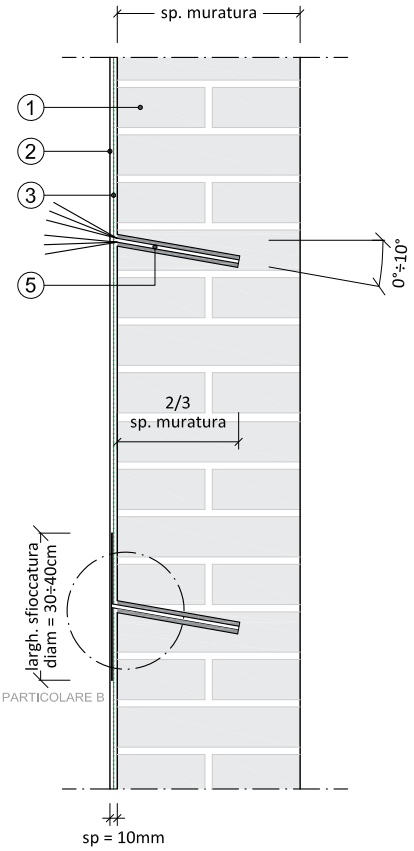
LEGENDA

1. supporto in muratura
2. **webertec BTcalce F**
3. **webertec rete AR50/AR115**

SISTEMI FRCM PER IL CONSOLIDAMENTO MURARIO: RINFORZO SU UN LATO DELLA MURATURA

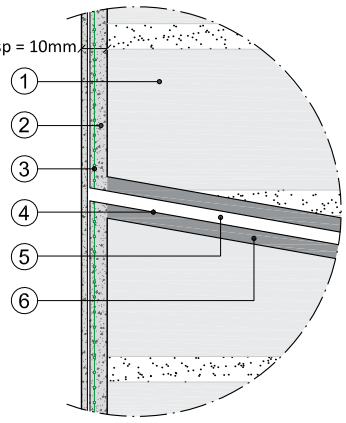


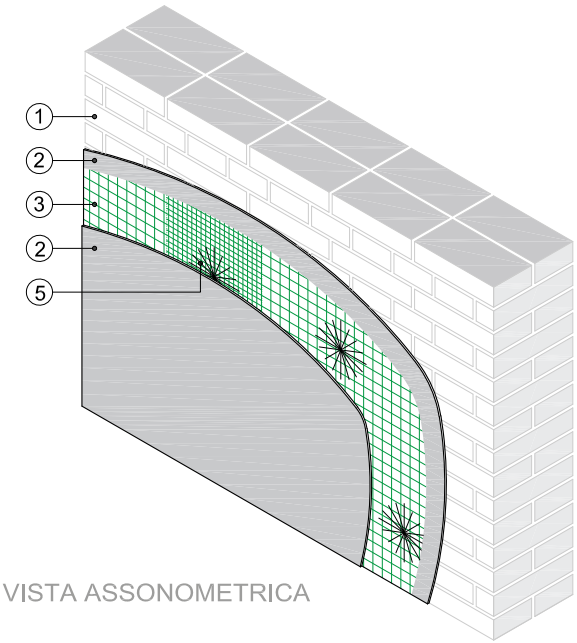
PROSPETTO DELLA MURATURA RINFORZATA



SEZIONE B-B'

PARTICOLARE B





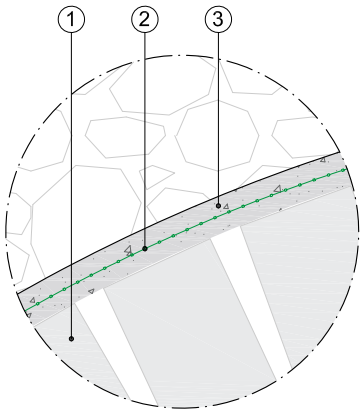
VISTA ASSONOMETRICA

LEGENDA

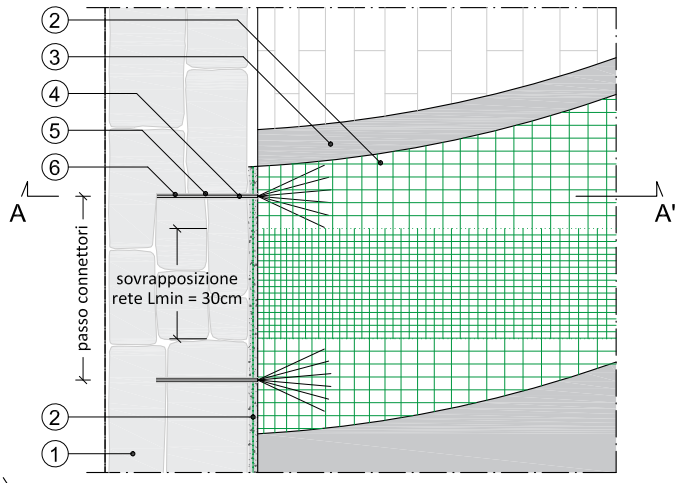
1. supporto in muratura
2. **webertec BTcalce F**
3. **webertec rete AR50/AR115**
4. foro diametro Ø16
5. **webertec connettoreV**
6. **webertec ancoranteV**

SISTEMI FRCM PER IL CONSOLIDAMENTO MURARIO: RINFORZO DI VOLTE

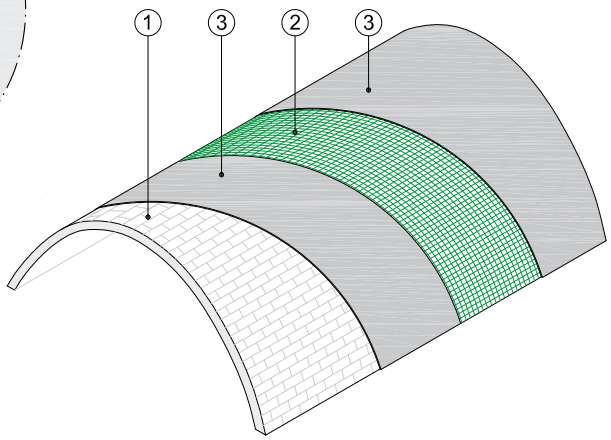
SEZIONE A-A'
CONNESSIONE
SISTEMA



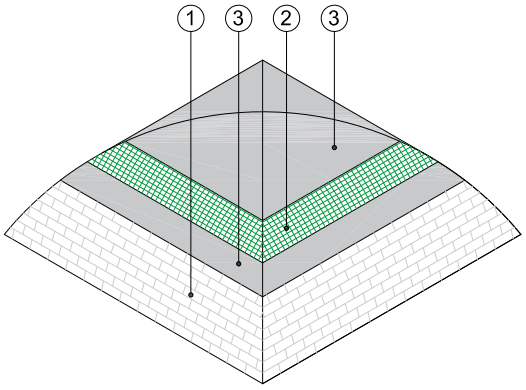
PARTICOLARE D



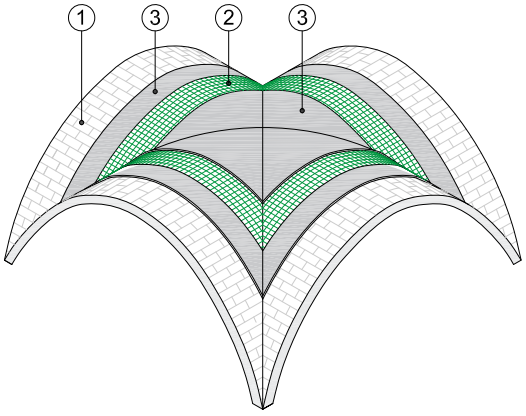
PLANIMETRIA CONNESSIONE SISTEMA



ASSONOMETRIA VOLTA A BOTTE



ASSONOMETRIA VOLTA A PADIGLIONE



ASSONOMETRIA VOLTA A CROCIERA

LEGENDA

1. supporto in muratura
2. **webertec rete AR50/AR115**
3. **webertec BTcalce F**
4. **webertec connettoreV**
5. foro Ø16
6. **inghisaggio con webertec ancoranteV**

NOTE

3.4. SISTEMI CRM – webertec CRM

I sistemi **webertec CRM** sono qualificati con **CVT** (Certificato di Valutazione Tecnica rilasciato dalla II° Div. del S.T.C. del C.S.L.P.) in riferimento alle *"Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione dei sistemi a rete preformata in materiali compositi fibrorinforzati a matrice polimerica da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti con la tecnica dell'intonaco armato CRM (Composite Reinforced Mortar)"* emanate con DPCS LL.PP. n. 292 del 29.5.2019 secondo quanto riportato dalle N.T.C. 2018.

Nelle more della Linea Guida per la progettazione dei **CRM**, è possibile dimensionare questo tipo di rinforzo come intonaco armato, utilizzando le tabelle della Circolare Esplicativa 2019 delle NTC 2018.

I sistemi **webertec CRM** sono intonaci armati composti da malta, una rete preformata in fibra di vetro impregnata con una resina termo-indurente, angolari preformati della stessa tipologia della rete, connettori preformati in fibra di vetro e ancorante chimico per la loro solidarizzazione al supporto.

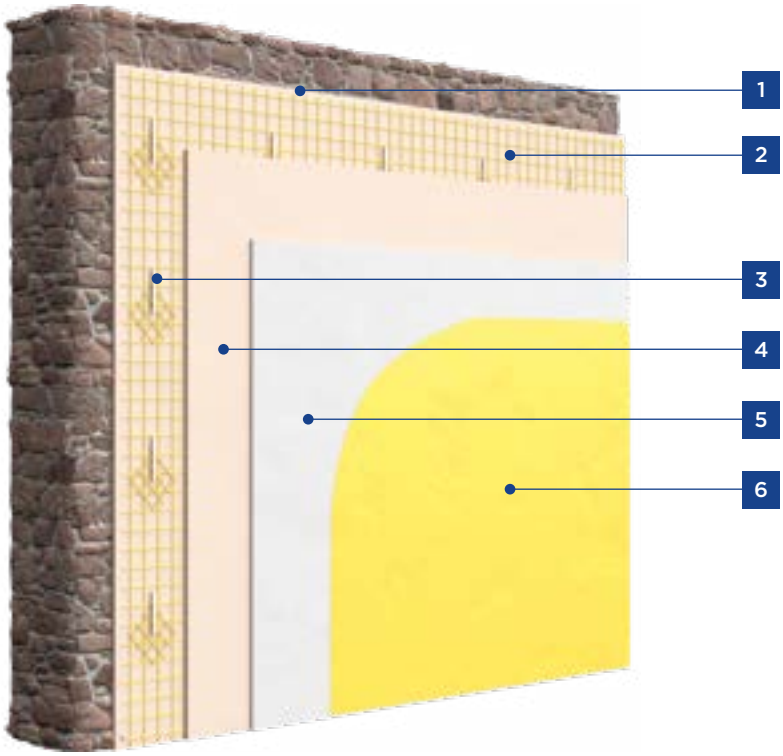
Le principali caratteristiche dei rinforzi **CRM** sono le seguenti:

- buoni miglioramenti dei parametri meccanici delle murature mediante realizzazione di un rinforzo omogeneo e diffuso;
- maggior efficacia in caso di murature a più paramenti per la presenza di connettori trasversali;
- compatibilità con le murature storiche grazie all'impiego di betoncini a base di calce idraulica aventi basso modulo elastico;
- ottima compatibilità termo-igrometrica con le pareti in murature, poiché la matrice inorganica non ne altera l'equilibrio esistente, mentre il betoncino a base di calce idraulica naturale favorisce la normale permeabilità al vapore della muratura;
- facilità di applicazione, poiché pur essendo una tecnica innovativa, rappresenta l'evoluzione di tecniche di rinforzo tradizionali (esempio: intonaci armati con reti in acciaio e.s.).

I sistemi **webertec CRM** sono indicati principalmente per il rinforzo strutturale di elementi in muratura, in particolare possono essere utilizzati per:

- rinforzo a flessione e taglio di paramenti murari e colonne in muratura;
- confinamento di colonne in muratura;
- rinforzo di archi e volte in muratura;
- rinforzo di elementi secondari, quali scale, tamponamenti, ecc...;

3.4.1. COMPOSIZIONE DEI SISTEMI



LEGENDA

1. **webertec BTcalceG**
2. **webertec rete AR75**
3. **webertec connettore VR**
4. **webertec BTcalceG**
5. Rasatura gamma **webercem**
6. Decorazione gamma **webercote**

Sistema di rinforzo	Tipologia della rete	Connettore	Intonaco	Tipo di Certificazione
webertec CRM/75	**webertec rete AR75**, rete in fibra di vetro AR impregnata con resina termoindurente. Peso rete apprettata 305g/mq	**webertec connettore VR**, in GFRP ad aderenza migliorata; Ancorante **webertec ancorante V**	**webertec BTcalceG**	**CVT**

3.4.2. TECNICA DI ESECUZIONE

3.4.2.1. PREPARAZIONE DEI SUPPORTI – ELEMENTI IN MURATURA

1. Procedere alla rimozione dell'intonaco esistente (ove presente) e alla successiva pulizia del supporto murario. Su murature vecchie è indispensabile eseguire un idrolavaggio a pressione o idrosabbiatura fino alla totale eliminazione di ogni traccia di sporcizia, di parti deboli o inconsistenti, di eventuali efflorescenze saline e di ogni altro elemento che possa pregiudicare l'adesione del nuovo strato di malta;
2. Eventuali rotture o cavità dei supporti in muratura devono essere riparati con tecnica adeguata (a esempio, scuci e cuci, rincoccio, ristilatura, ecc.). Prima dell'applicazione del sistema di rinforzo i supporti devono presentarsi stabili, resistenti e puliti. In caso di murature caotiche è consigliabile un intervento propedeutico con iniezioni di miscele leganti adoperando **webertec iniezione15**.

3.4.2.2. MODALITÀ APPLICATIVE

Posa su ambo i lati della muratura con tecnica "a secco"

- Tracciare la posizione dei fori su un lato della muratura (min. N°4/mq e comunque in accordo alle indicazioni del progetto strutturale) e procedere alla realizzazione di fori orizzontali passanti ø 8-10 mm. Sull'altro lato, in corrispondenza dei fori già realizzati eseguire fori orizzontali ø 22 mm per una profondità tale da garantire una lunghezza di sovrapposizione tra i connettori minima di 10 cm;
- Effettuare un'accurata pulizia dei fori, mediante soffiatura, depolverazione e lavaggio con acqua;
- Su entrambi i lati della muratura, posizionare e stendere la rete **webertec rete AR75** assicurandosi che sia completamente planare e procedere al suo fissaggio provvisorio mediante l'applicazione di chiodatura da disporre nella parte alta della specchiatura di lavorazione. Sovrapporre i lembi della rete di almeno 15 cm;
- Sul lato dove sono stati realizzati i fori ø 8-10 mm, inserire a secco il connettore **webertec connettore VR** di lunghezza pari allo spessore della muratura. Il connettore dovrà eventualmente essere adattato alla profondità del muro. Il lato corto del connettore a "L" dovrà risultare parallelo al piano della muratura e distante dalla stessa di almeno 15 mm;
- Procedere al posizionamento, su ogni connettore, degli appositi fazzoletti quadrati ricavati dalla rete utilizzata per l'intervento (dimensioni circa 10x10 cm), quindi legare la rete ai connettori (a esempio mediante filo di ferro zincato o fascette di plastica) in modo che la stessa risulti distanziata dal supporto. Si consiglia di sovrapporre i lembi della rete di almeno 15 cm;
- Sull'altro lato del muro procedere all'iniezione dell'ancorante **webertec ancorante V**, avendo cura, prima dell'iniezione, di verificare l'omogeneità del colore della mescola. Procedere all'iniezione dal fondo del foro, finché la resina non fuoriesce sulla superficie. Utilizzare un connettore con lunghezza idonea a garantire la sovrapposizione minima tra i connettori di 10 cm avendo cura di ruotarlo sul proprio asse durante l'inserimento per garantire la sua completa impregnazione. Verificare che la distanza tra il lato corto del connettore e la superficie della muratura sia pari ad almeno 15 mm. Procedere al posizionamento, su ogni connettore, degli appositi fazzoletti quadrati ricavati dalla rete utilizzata per l'intervento (dimensioni circa 10x10cm), quindi legare la rete ai connettori (a esempio mediante filo di ferro zincato o fascette di plastica);
- Ad avvenuta applicazione a secco del sistema costituito dalla rete e dai connettori e dopo aver bagnato a rifiuto il supporto, si potrà procedere con l'applicazione del prodotto **webertec BTcalceG** per uno spessore minimo di circa 30 mm su entrambi i lati. Alla fine dell'intervento la rete dovrà risultare completamente inglobata nello spessore totale dell'intonaco il cui spessore complessivo dovrà essere compreso tra minimo 30 mm e massimo 50 mm;

In corrispondenza di tutti gli incroci murari dovrà essere previsto l'inserimento dell'elemento **webertec paraspigolo**. Le reti adiacenti all'elemento angolare dovranno sormontare di almeno 15 cm l'elemento stesso in modo da garantire la continuità del sistema di rinforzo. I connettori a "L" **webertec connettore VR** posti in prossimità degli incroci murari dovranno connettere sia la rete **webertec rete AR75** sia l'elemento angolare **webertec paraspigolo**.

Nel caso in cui il rinforzo sia applicato su una sola faccia del pannello murario, i connettori dovranno avere una lunghezza pari a 2/3 dello spessore della muratura e comunque non inferiore a 15 cm salvo differenti indicazioni progettuali. I fori per l'inserimento dei connettori dovranno avere un diametro di circa 16 mm.

Posa su ambo i lati della muratura con tecnica standard

1. Tracciare la posizione dei connettori su un lato della muratura (min. N°4/mq e comunque in accordo alle indicazioni del progetto strutturale) e procedere alla realizzazione di fori orizzontali passanti ø 8-10 mm. Sull'altro lato, in corrispondenza dei fori già realizzati eseguire fori orizzontali ø 22 mm per una profondità tale da garantire una lunghezza di sovrapposizione tra i connettori minima di 10 cm;
2. Effettuare un'accurata pulizia dei fori, mediante soffiatura, depolverazione e lavaggio con acqua e successivamente procedere all'inserimento di elementi "spia" a protezione dei fori stessi (su entrambi i lati);
3. Sul lato della muratura dove sono stati realizzati i fori ø 8-10 mm, bagnare a rifiuto i supporti e procedere all'applicazione del primo strato di intonaco **webertec BTcalceG** per uno spessore minimo di circa 15 mm;
4. Sul prodotto ancora fresco, posizionare e stendere la rete di rinforzo **webertec rete AR75**, assicurandosi che sia completamente planare, tesa e impregnata, evitando la formazione di eventuali vuoti. Si consiglia di sovrapporre i lembi della rete di almeno 15 cm;
5. Inserire a secco il connettore **webertec connettore VR** di lunghezza pari a circa lo spessore della muratura finché il lato corto dello stesso arrivi a contatto con la superficie ancora "fresca" del primo strato di intonaco. Il connettore dovrà eventualmente essere adattato alla profondità del muro. Procedere al posizionamento, su ogni connettore, degli appositi fazzoletti quadrati ricavati dalla rete utilizzata per l'intervento (dimensioni circa 10x10 cm);
6. Sulla prima mano ancora umida di intonaco, terminare l'intervento su questo lato della muratura con l'applicazione del secondo strato del prodotto **webertec BTcalceG** di spessore minimo 15 mm. Alla fine dell'intervento la rete dovrà risultare completamente inglobata nello spessore totale dell'intonaco il cui spessore complessivo dovrà essere compreso tra minimo 30 mm e massimo 50 mm;
7. Sull'altro lato della muratura (lato con fori ø 22 mm) bagnare a rifiuto i supporti e procedere all'applicazione del primo strato di intonaco **webertec BTcalceG** per uno spessore minimo di circa 15 mm e procedere al posizionamento della webertec rete AR75 come al p.to 4.
8. Rimuovere le spie e procedere all'iniezione nei fori dell'ancorante **webertec ancorante V** avendo cura, prima dell'iniezione, di verificare l'omogeneità del colore della mescola. Procedere all'iniezione dal fondo del foro, finché la resina non fuoriesce sulla superficie. Utilizzare un connettore con lunghezza idonea a garantire la sovrapposizione minima tra i connettori di 10 cm;
9. Inserire il secondo connettore nel foro avendo cura di ruotarlo sul proprio asse per garantire la sua completa impregnazione. Il lato corto della "L" del connettore dovrà arrivare a contatto con la superficie ancora "fresca" del primo strato di intonaco;
10. Procedere al posizionamento, su ogni connettore, degli appositi fazzoletti quadrati ricavati dalla rete utilizzata per l'intervento (dimensioni circa 10x10 cm);
11. Sulla prima mano ancora umida di intonaco, terminare l'intervento della muratura con l'applicazione del secondo strato del prodotto **webertec BTcalceG** di spessore minimo 15 mm. Alla fine dell'intervento la rete dovrà risultare completamente inglobata nello spessore totale dell'intonaco il cui spessore complessivo dovrà essere compreso tra minimo 30 mm e massimo 50 mm;

In corrispondenza di tutti gli incroci murari dovrà essere previsto l'inserimento dell'elemento **webertec paraspigolo**. Le reti adiacenti all'elemento angolare dovranno sormontare di almeno 15 cm l'elemento stesso in modo da garantire la continuità del sistema di rinforzo. I connettori a "L" **webertec connettore VR** posti in prossimità degli incroci murari dovranno connettere sia la rete **webertec rete AR75** sia l'elemento angolare **webertec paraspigolo**.

Nel caso in cui il rinforzo sia applicato su una sola faccia del pannello murario, i connettori dovranno avere una lunghezza pari a 2/3 dello spessore della muratura e comunque non inferiore a 15 cm salvo differenti indicazioni progettuali. I fori per l'inserimento dei connettori dovranno avere un diametro di circa 16 mm.

3.4.2.3. FINITURE SU webertec CRM

Terminato il ciclo di rinforzo della muratura, è possibile effettuare la posa dei seguenti strati di finitura:

i. **Intonaco a base calce.** È possibile realizzare la posa in sovrapposizione di uno strato aggiuntivo di intonaco di regolarizzazione mediante applicazione di **webercalce into F/G** avendo cura di non lasciare liscia la superficie del **webertec BTcalceG**;

ii. **Rasatura a base calce.** È possibile rasare direttamente il **webertec BTcalceG** dopo la completa stagionatura con il prodotto **webercalce finitura**. È sempre raccomandabile inglobare nello spessore della rasatura la rete **webertherm RE195**;

iii. **Rasatura cementizia.** È possibile rasare direttamente il **webertec BTcalceG** dopo la completa stagionatura con i prodotti della gamma **webercem**. È sempre raccomandabile inglobare nello spessore della rasatura una rete in fibra di vetro AR tipo **webertherm RE160**;

iv. **Intonaco da risanamento.** In previsione della ricopertura con intonaco da risanamento (**webersan thermo evoluzione** / **webersan evoluzione top** / **webersan evoluzione start** / **webersan evocalce**), sul supporto fresco e appena staggiato - realizzato con **webertec BTcalceG** - applicare un sottile strato spruzzato a "rosa ampia" dello stesso prodotto per favorire l'aggrappo meccanico dei successivi strati di intonaco da risanamento, completando infine il ciclo in ossequio alle istruzioni contenute nella scheda tecnica di quest'ultimo prodotto;

v. **Decorazione**. Da applicare previa realizzazione dello strato di rasatura. Valutare di concerto con il personale tecnico Saint-Gobain la soluzione decorativa più idonea, da individuarsi tra le linee **weberdeko** (per interni), **webercote** (per interni ed esterni);

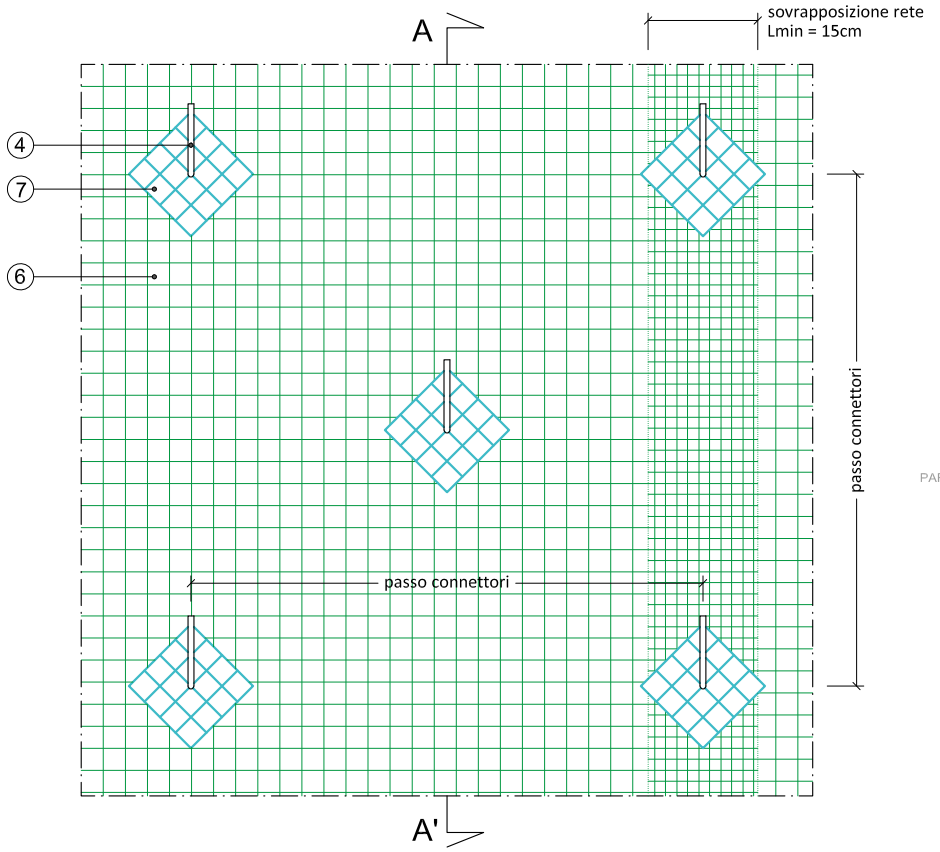
vi. **Ceramica.** È possibile applicare direttamente l'adesivo sulla superficie rinforzata. Valutare di concerto con il personale tecnico Saint-Gobain la soluzione di posa più idonea, in base alle caratteristiche della ceramica (o elemento lapideo) e del collante della gamma **webercol**;

vii. **Cappotto termico.** È possibile applicare qualunque sistema **webertherm** rispettando le relative indicazioni di preparazione dei supporti, avendo cura di non effettuare la tassellatura in corrispondenza dei connettori del rinforzo;

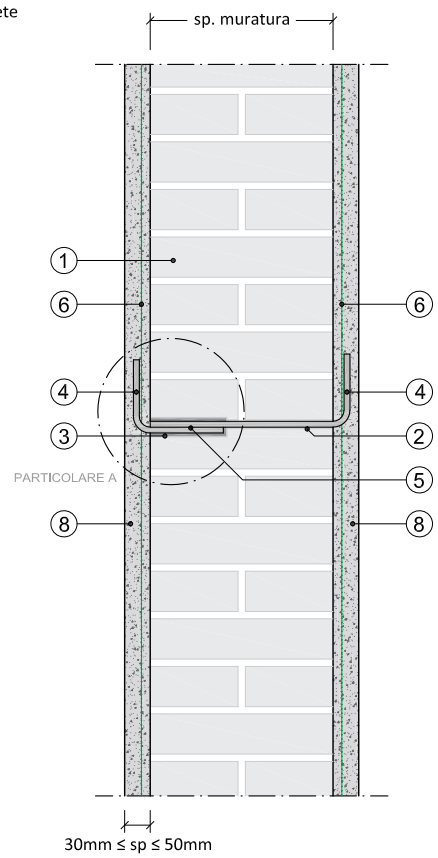
viii. **Rivestimento con controparete interna.** Controparete interna costituita da lastre in gesso rivestito **Gyproc Habito™ Forte** e isolanti in lana minerale **Isover Arena**, permette di ottenere un ottimo isolamento termico, acustico, elevata finitura estetica, resistenza meccanica (attrezzabilità dei sistemi) e perfetta integrazione impiantistica;

ix. **Rivestimento con controparete esterna.** Controparete esterna costituita da lastre in gesso fibro-rinforzato **Gyproc Glasroc® X**, con opportuno ciclo di finitura della gamma **webertherm** e **webercote**, e isolanti in lana minerale **Isover Arena**, permette di ottenere un ottimo isolamento termico, acustico ed elevata resistenza meccanica.

SISTEMI CRM PER IL CONSOLIDAMENTO MURARIO: RINFORZO SU ENTRAMBI I LATI DELLA MURATURA

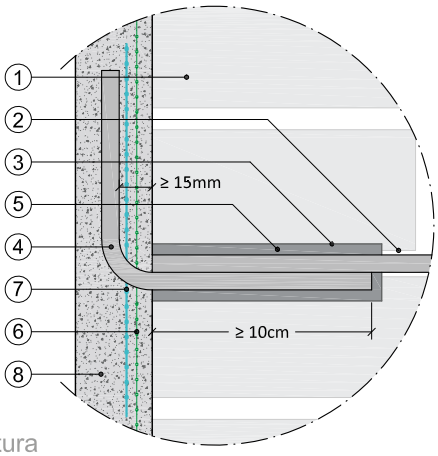


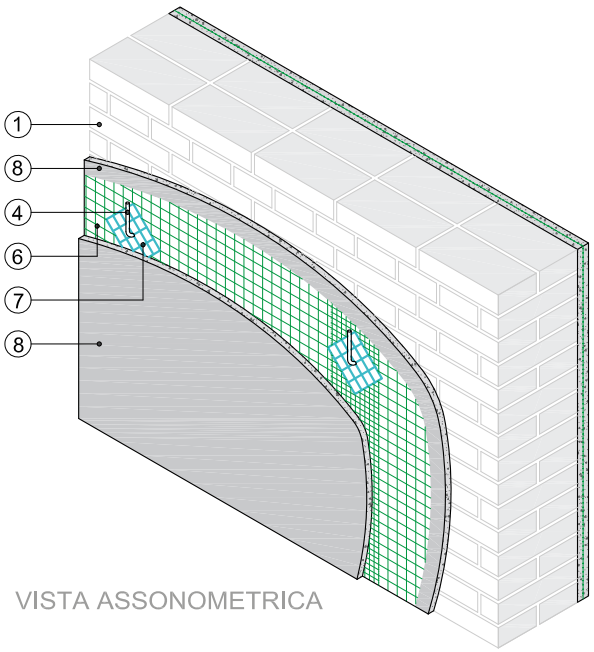
PROSPETTO DELLA MURATURA RINFORZATA



SEZIONE A-A'

PARTICOLARE A





VISTA ASSONOMETRICA

LEGENDA

1. supporto in muratura
2. foro diametro Ø10
3. foro diametro Ø22
4. **webertec connettore VR**
5. inghisaggio con **webertec ancorante V**
6. **webertec rete AR75**
7. fazzoletto ripartitore 10x10cm con **webertec AR75**
8. **webertec BTcalce F/G**

3.5. SISTEMI FRP – webertec CFRP

I sistemi **webertec CFRP** sono dotati di CVT rilasciato dalla II° Div. del S.T.C. del C.S.L.P. in riferimento alle *"Linee Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti"* emanate con DPCS LL.PP. n. 293 del 29.5.2019.
Il riferimento per la progettazione dei rinforzi in **FRP** sono le istruzioni CNR-DT 200 R1/2013 *"Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati - Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p."*.

I sistemi di rinforzo **webertec CFRP** si compongono di due fasi:

- La fase "resina" è costituita da resine di tipo epossidico bicomponente: componente "A" resina e componente "B" indurente, con un intervallo utile di temperatura di reticolazione compreso tra 5°C e 40°C. Mediante l'utilizzo delle resine si esegue l'applicazione per impregnazione e la diretta laminazione dei tessuti sulla superficie da rinforzare;
- La fase "rinforzo" è costituita da tessuti in fibre di carbonio unidirezionali e quadriassiali, caratterizzati da elevate resistenze meccaniche, elevate resistenze agli agenti chimici ed elevate resistenze alle alte temperature.

Le caratteristiche principali dei rinforzi in fibra di carbonio dei sistemi **webertec CFRP** sono le seguenti:

- elevate proprietà meccaniche delle fibre utilizzate;
- bassa massa volumica;
- bassissimo coefficiente di dilatazione termica;
- buona stabilità dimensionale al variare della temperatura;
- in applicazione, stabilità di forma dovuta alla termosaldatura della trama, in grado di mantenere sempre le fibre di carbonio perfettamente allineate, durante l'impregnazione;
- in applicazione, facilità di taglio con comuni strumenti da cantiere.

I sistemi **webertec CFRP** sono indicati per il rinforzo di strutture: in muratura e in cemento armato.

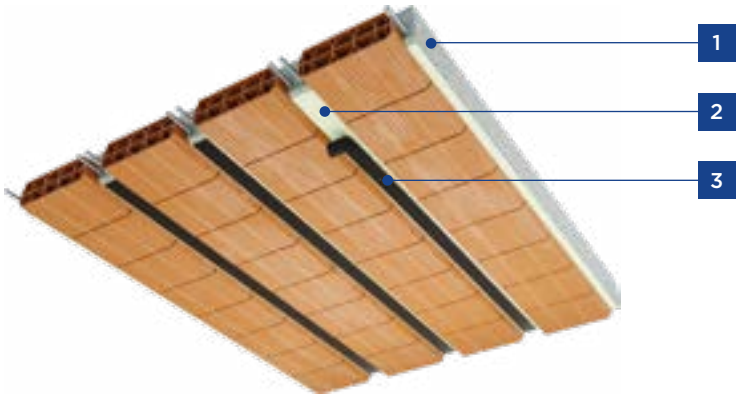
Gli interventi di rinforzo di strutture in muratura si distinguono in:

- rinforzo a flessione e taglio di paramenti murari;
- rinforzo a flessione e taglio di colonne in muratura;
- confinamento di colonne in muratura;
- rinforzo di archi e volte in muratura;
- cerchiature di piano;
- rinforzo di architravi in muratura.

Interventi di rinforzo di strutture in c.a. si distinguono in:

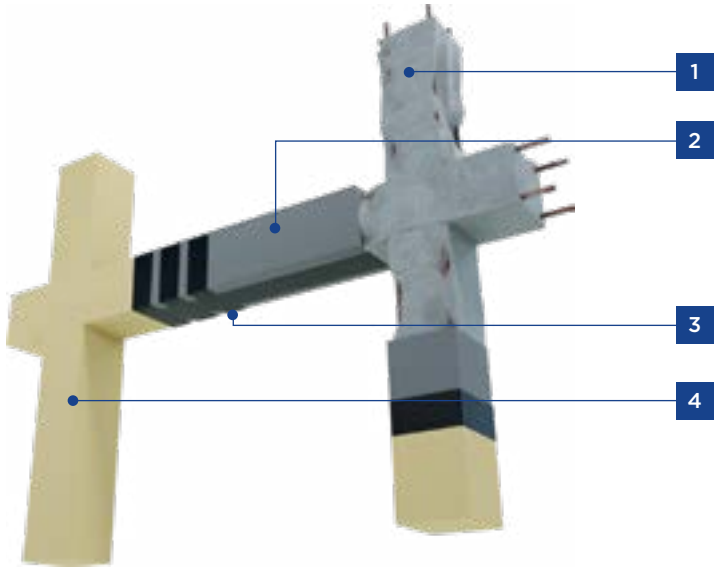
- rinforzo a flessione e taglio di setti in c.a.;
- rinforzo a flessione e taglio di pilastri e travi in c.a.;
- confinamento di pilastri in c.a.;
- rinforzo e confinamento di nodi trave-pilastro;
- rinforzo di solai in latero-cemento;
- rinforzo di solai in c.a.;
- rinforzo di archi e volte in c.a.;
- rinforzo di elementi secondari, quali scale, tamponamenti, ecc...;

3.5.1. COMPOSIZIONE DEI SISTEMI



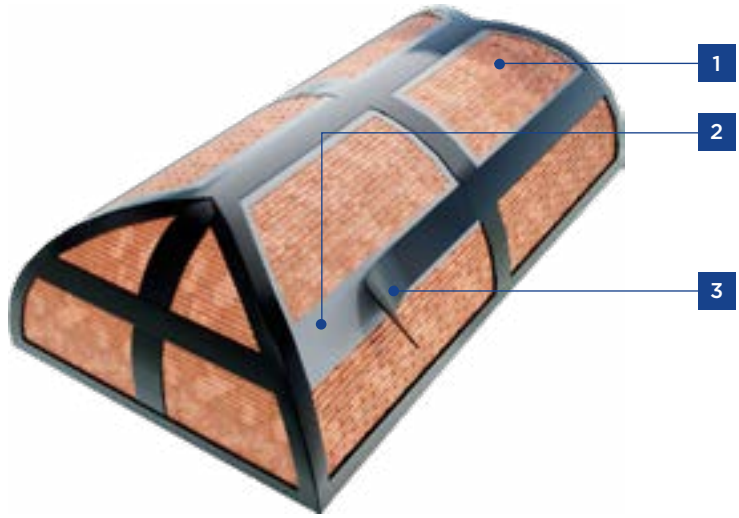
LEGENDA

1. Solaio in latero-cemento
2. Travetto in c.a.
3. Sistema di rinforzo unidirezionale **webertec CFRP**



LEGENDA

1. Struttura in c.a.
2. Eventuale ripristino con malte **webertec**
3. Sistema di rinforzo **webertec CFRP**
4. Strato di finitura



LEGENDA

1. Volta in muratura
2. Strato di alloggiamento **webertec ripara20/webertec BTcalceF**
3. Sistema di rinforzo **webertec CFRP**

Sistema di rinforzo	Fibre resistenti	Resina	Primer	Numero massimo di strati
webertec CFRP/320	**webertec U320HT** tessuto in carbonio ad alta tenacità unidirezionale grammatura totale 320 g/m²	**webertec EP200** epossidica bicomponente	**webertec EP100** epossidica bicomponente	6
webertec CFRP/420	**webertec U420HT** tessuto in carbonio ad alta tenacità unidirezionale grammatura totale 420 g/m²	**webertec EP200** epossidica bicomponente	**webertec EP100** epossidica bicomponente	6
webertec CFRP/620	**webertec U620HT** tessuto in carbonio ad alta tenacità unidirezionale grammatura totale 620 g/m²	**webertec EP100** epossidica bicomponente	**webertec EP100** epossidica bicomponente	6
webertec CFRP/380	**webertec Q380HT** tessuto in carbonio ad alta tenacità quadriassiale grammatura 380 g/m²	**webertec EP200** epossidica bicomponente	**webertec EP100** epossidica bicomponente	6

3.5.2. TECNICA DI ESECUZIONE

3.5.2.1. PREPARAZIONE DEI SUPPORTI – ELEMENTI IN CEMENTO ARMATO

Rimozione e ricostruzione del sub-strato

- Rimuovere il calcestruzzo ammalorato da tutta la zona danneggiata mediante martellinatura manuale o pneumatica. È necessario rimuovere dalle armature metalliche ossidate lo strato deteriorato mediante spazzolatura o sabbiatura e poi trattare la superficie con la malta passivante **webertec fer**.
- Successivamente si può procedere alla ricostruzione dei volumi mancanti del calcestruzzo mediante l'utilizzo delle malte da ripristino della gamma **webertec** (**webertec ripara40**/**webertec ripararapido40**/**webertec ripara60**/**webertec ripararapido60**/**webertec ripara60+**/**webertec ripararapido60+**).
- In caso di fessure di ampiezza superiore a 0,5 mm, è opportuno sigillare quest'ultime con **webertec EP100**.

Preparazione del sub-strato

- Il supporto deve presentarsi sano, coeso, resistente e asciutto, inoltre deve essere privo di eventuali tracce di disarmanti, olii, grassi, lattime di cemento, parti friabili in distacco e qualsiasi elemento che possa compromettere l'adesione del rinforzo. A tal fine occorre eseguire una preparazione meccanica del supporto. Mediante sabbiatura o altra tecnica compatibile adatta a ottenere un idoneo irruvidimento delle superfici di calcestruzzo liscio;
- Tutte le superfici precedentemente trattate devono essere accuratamente depolverate mediante spazzolatura, soffiatura e aspirazione;
- Spigoli e angoli esterni devono essere arrotondati con raggio minimo di 20 mm, levigando o ricostruendo la parte con malte epossidiche o cementizie della gamma **webertec**. Analogamente gli angoli interni devono essere arrotondati realizzando una guscia con malte epossidiche o cementizie della gamma **webertec**.
- In caso di irregolarità o asperità superficiali fino a 5 mm è opportuno associare un livellamento da effettuarsi con rasante epossidico **webertec EP300**, previa preparazione del supporto con **webetec EP100**.

Nota

Prima dell'applicazione del rinforzo per aderenza occorre verificare le caratteristiche di resistenza del sub-strato in riferimento al "CNR-DT200R1/2013 p.to 4.8.1.1" e al "CNR-DT200R1/2013 Cap.6", e comunque:

- *la resistenza media a compressione del calcestruzzo non deve essere inferiore a 15 MPa;*

3.5.2.2. PREPARAZIONE DEI SUPPORTI – ELEMENTI IN MURATURA

Riparazione e consolidamento

- In caso di pareti danneggiate, occorre procedere al ripristino di eventuali rotture presenti con interventi mirati quali:
  - > "scuci e cuci" al fine di ripristinare la continuità strutturale dell'elemento;
  - > ristilatura dei giunti in caso di giunti di malta esistenti degradati.
- In caso di murature caotiche è consigliabile un intervento propedeutico con iniezioni di miscele leganti.
- I succitati interventi possono essere eseguiti con i prodotti della gamma **webertec**.

Preparazione del sub-strato

- Rimuovere lo strato deteriorato mediante spazzolatura o sabbiatura.
- Eseguire il livellamento di eventuali asperità del supporto al fine renderlo omogeneo, liscio e regolare per l'applicazione del rinforzo. Il livellamento del supporto deve essere eseguito creando una "pista" con la malta **webertec ripara20** (**webertec ripararapido20**) o **webertec BTcalceF**, in funzione della muratura e dei tempi di lavorazione. La "pista" deve avere una larghezza superiore a quella del nastro in carbonio da applicare di circa 5 cm per lato e deve essere realizzata per tutta la lunghezza dell'applicazione del sistema. Nelle zone interessate dal livellamento, al fine di aumentare l'adesione meccanica delle "piste" al supporto, si suggerisce di scarnificare i giunti di malta esistenti per una profondità di circa 15 mm.
- È necessario procedere ad un preventivo arrotondamento degli spigoli, allo scopo di evitare pericolose concentrazioni di tensione localizzate che potrebbero provocare una rottura prematura del composito. Il raggio di curvatura dell'arrotondamento deve essere almeno pari a 20 mm.

Nota

Prima dell'applicazione del rinforzo per aderenza occorre verificare le caratteristiche di resistenza del substrato in riferimento al "CNR-DT200R1/2013 p.to 5.8." e al "CNR-DT200R1/2013 Cap.6".

Rinforzo di muratura per azioni nel piano e fuori piano con sistema CFRP

Rinforzo di maschio murario per azioni nel piano con sistema CFRP

Rinforzo di maschio murario per azioni nel piano con sistema CFRP

3.5.2.3. MODALITÀ APPLICATIVE

a. Eseguire il taglio a misura e la preparazione delle varie strisce dei tessuti adoperando forbici professionali. Maneggiare sempre con cura i tessuti evitando di ripiegarli su stessi. In caso di realizzazione di strisce molto lunghe è consigliabile utilizzare dei tubi di cartone o altro materiale per avvolgerle.

b. Preparare il **webertec EP100**/**EP200**, versando in un contenitore pulito in polietilene il componente "A" (resina) e poi il componente "B" (indurente), nei corretti rapporti di peso 2:1, utilizzando una bilancia elettronica.

c. Mescolare i due componenti utilizzando un'apposita frusta a basso numero di giri per evitare l'inglobamento d'aria, finché la miscela non risulti omogenea e di colore uniforme.

d. Dopo la preparazione **webertec EP** ha un tempo di lavorabilità (vita di banco) di circa 30 minuti a +23°C e un tempo aperto di 60 min.

e. Prima dell'applicazione delle resine il supporto dovrà presentarsi sano, coeso, resistente e asciutto (umidità < 4%);

f. Stendere, se necessario, il primer **webertec EP100** in quantità ≥ 300 gr/mq, mediante rullo a pelo corto, attendendo successivamente circa 1 ora, ma non più di 3 ore, per procedere all'operazione successiva. L'aspetto finale del primer dovrà essere quello di un film omogeneo e appiccicoso al tatto, distribuito in modo uniforme su tutta la superficie: ripassare più volte fino ad ottenere uno strato superficiale filmogeno omogeneo.

g. Applicare con un rullo a pelo corto uno strato di resina **webertec EP200**, in quantità:
- **i.** ≥ 300 gr/mq per il tessuto **webertec U320HT**;
- **ii.** ≥ 400 gr/mq per il tessuto **webertec U420HT** e il tessuto **webertec Q380HT**.

h. Diversamente, applicare uno strato di resina **webertec EP100**, in quantità:
- **i.** ≥ 600 gr/mq per il tessuto **webertec U620HT**.

i. Sullo strato di resina ancora fresco, stendere e schiacciare il tessuto scelto utilizzando il rullino scanalato frangibolle. Rullare sempre nella direzione delle fibre esercitando una lieve pressione e facendo attenzione a non spostare il tessuto. Procedere fino a quando la resina emerge tra le fibre e le impregna completamente. Eliminare ogni bolla d'aria eventualmente intrappolata tra il tessuto e il supporto.

j. Applicare un secondo strato di resina in quantità corrispondente a quanto riportato nei precedenti punti per l'applicazione di ulteriore strato di tessuto.

k. Ripetere le fasi di stesura tessuto, rullata e impregnazione finale per il numero di strati previsti, lavorando sempre fresco su fresco.

l. Se prevista l'applicazione di un intonaco di finitura, spolverare a rifiuto sabbia quarzifera asciutta sull'ultimo strato di resina (100-150 gr/mq) ancora fresca.

m. In caso di sovrapposizioni, attenersi alle seguenti indicazioni:
- > o per le giunzioni di testa, prevedere un sormonto di 30 cm;
- > o per le giunzioni laterali è sufficiente accostare i bordi dei rinforzi.

3.5.2.4. REALIZZAZIONE DEI CONNETTORI

a. I fori devono essere realizzati nella fase iniziale dell'intervento. Dovranno avere un diametro indicativamente di 1,5 volte il diametro del connettore e una profondità minima di ancoraggio di 20 cm, in base alla tipologia della struttura e secondo quanto indicato dal Progettista. Dovranno inoltre essere idoneamente puliti con aria compressa e con l'utilizzo di uno scovolino. Si suggerisce l'utilizzo di spie per la successiva individuazione dei fori.

b. I connettori **webertec connettore C6**/**C8**/**C10** devono essere tagliati a misura in precedenza, considerando una lunghezza totale pari alla profondità del foro più ulteriori 20 cm per lo sfiocco o lunghezze superiori su indicazione del Progettista.

c. Successivamente si potrà procedere all'impregnazione del connettore con **webertec EP100**, facendo attenzione a non sporcare di resina la parte destinata allo sfiocco. L'impregnazione potrà avvenire per immersione nella resina, in caso di realizzazione di connettore non passante, o mediante spennellatura nel caso di connettore passante. Successivamente procedere all'inghisaggio del connettore. Nel caso non fosse possibile operare a fresco è necessario spolverare con sabbia al quarzo e lasciare indurire per un giorno, al fine di aumentarne l'adesione.

n. Rimuovere le spie e procedere all'iniezione nei fori con la resina **webertec EP100** avendo cura di spennellare anche il "gambo" del connettore quando questo sia stato spolverato con sabbia al quarzo. Riempire il foro e inserire il connettore finché la resina non fuoriesce e rimuoverne poi l'eccesso. Per l'inserimento del connettore con resina fresca risulta agevole aiutarsi con una barretta metallica. Per fori su supporti compatti, a pavimento e/o leggermente inclinati è possibile utilizzare **webertec EP100** per colaggio, diversamente, per applicazioni sopra-testa è consigliabile la resina tixotropica **webertec EP300**.

o. Per le murature: rimuovere le spie e procedere all'iniezione dei fori con l'ancorante in vinilestere **webertec ancorante V**, inserire la parte rigida del connettore ruotandola durante l'inserimento in modo da favorirne l'impregnazione finché la resina non fuoriesce e rimuoverne poi l'eccesso.

p. Infine procedere allo sfiocco del connettore, aprendo a raggiera/ventaglio la restante parte del fiocco al di sopra della struttura/rinforzo già impregnata con **webertec EP100** e procedere all'impregnamento completo delle fibre. Nel caso sia previsto un rivestimento è opportuno spolverare le superfici ancora fresche di resina con sabbia al quarzo.

3.5.2.5. FINITURE SU webertec CFRP

Nel caso sia previsto un rivestimento è opportuno spolverare le superfici ancora fresche di resina con sabbia al quarzo. A indurimento avvenuto, procedere mediante applicazione di:

i. **Intonaco cementizio.** È possibile realizzare la posa dell'intonaco cementizio **weber IP610 extra** / **weber IP650** / **weber IP610 HP** / **weber intoprem N2X**. Nel caso di ricopertura con intonaci, per la realizzazione dello spolvero di sabbia sulle superfici ancora fresche di resina è consigliabile l'utilizzo di sabbia di quarzo con granulometria pari a circa 3 mm.

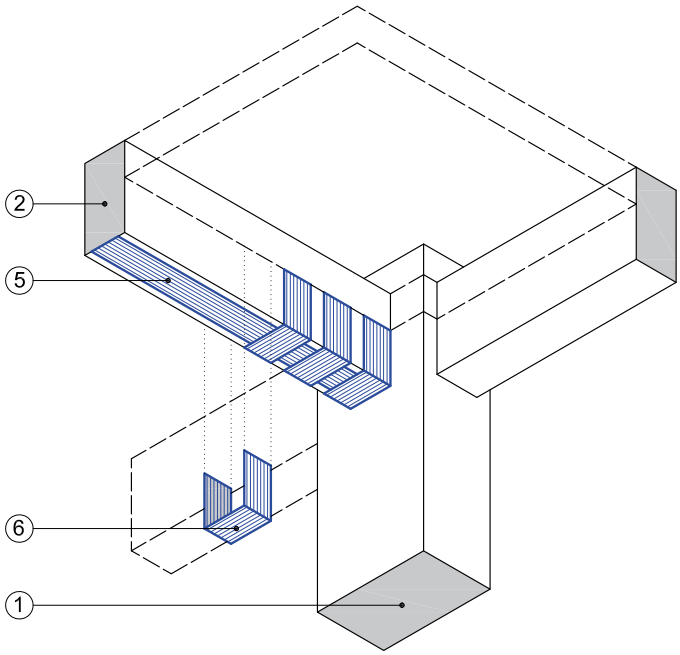
ii. **Rasatura cementizia.** Valutata la regolarità del supporto e l'ampiezza dello spessore da realizzare, è possibile applicare questo strato senza necessariamente effettuare prima la posa dell'intonaco di fondo, mediante stesura dei prodotti **webercem RA30** / **webercem RA30 START** / **webercem RA30 MAXI**, avendo cura di interporre nello spessore una rete in fibra di vetro AR tipo la **webercem RE160**. Nel caso di ricopertura diretta con rasanti, per la realizzazione dello spolvero di sabbia sulle superfici ancora fresche di resina è consigliabile l'utilizzo di sabbia di quarzo con granulometria massima pari a circa 1,2 mm.

iii. **Decorazione**. Da applicare previa realizzazione dello strato di rasatura. Valutare di concerto con il personale tecnico Saint-Gobain la soluzione decorativa più idonea, da individuarsi tra le linee **weberdeko** (per interni) e **webercote** (per interni ed esterni).

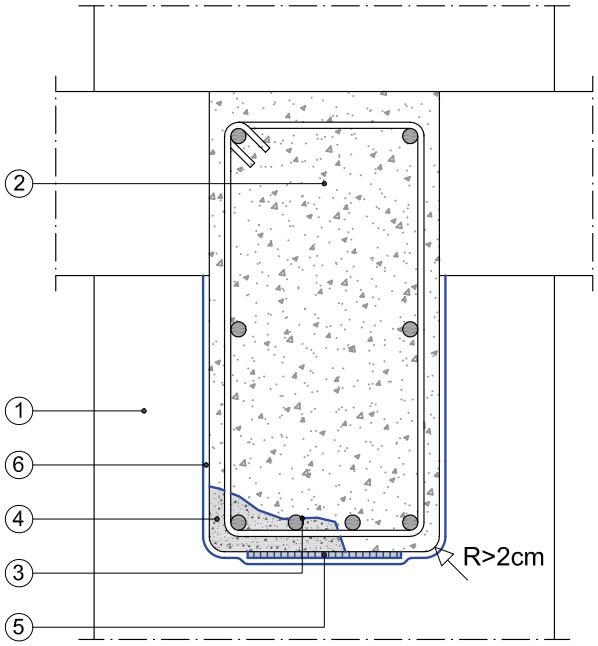
iv. **Protezione passiva dal fuoco.** La protezione passiva dal fuoco può essere realizzata mediante l'applicazione di intonaco protettivo antincendio leggero **Gyproc Igniver**, o mediante l'applicazione di controparete-rivestimento con lastre in gesso rivestito **Gyproc Fireline**. Per entrambe le soluzioni, lo spessore del materiale protettivo deve essere determinato analiticamente sulla base della resistenza al fuoco e della tipologia di elemento costruttivo consultando il servizio tecnico Saint-Gobain.

v. **Rivestimento con controparete interna.** Controparete interna costituita da lastre in gesso rivestito **Gyproc Habito™ Forte** e isolanti in lana minerale **Isover Arena**, permette di ottenere un ottimo isolamento termico e acustico, elevata finitura estetica, resistenza meccanica (attrezzabilità dei sistemi) e perfetta integrazione impiantistica.

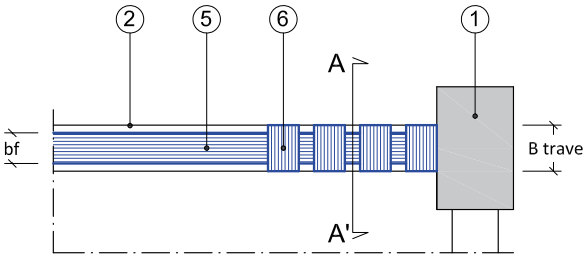
SISTEMI FRP PER IL RINFORZO DELLE STRUTTURE IN C.A.: RINFORZO A TAGLIO E FLESSIONE DI UNA TRAVE



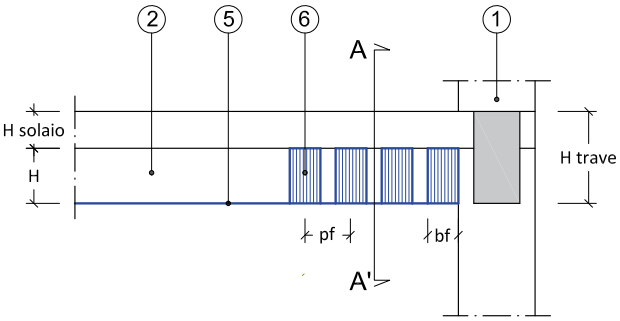
VISTA ASSONOMETRICA



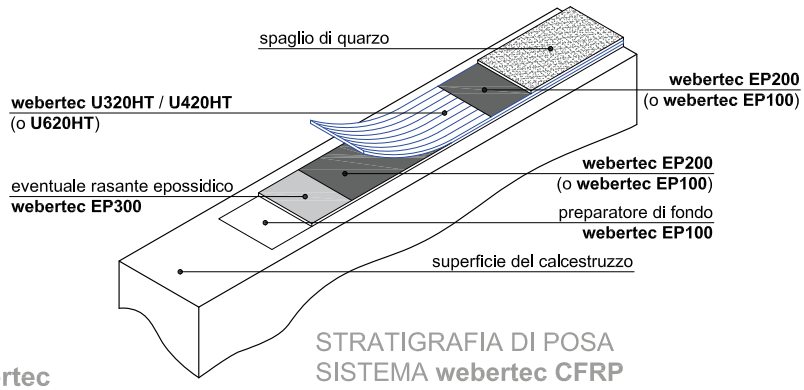
SEZIONE A-A'



VISTA INTRADOSSO TRAVE



PROSPETTO LATERALE TRAVE

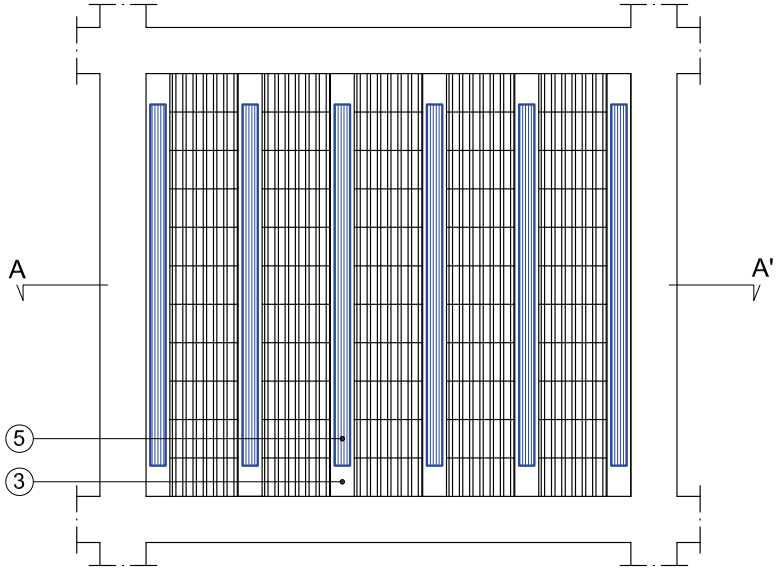


STRATIGRAFIA DI POSA
SISTEMA **webertec CFRP**

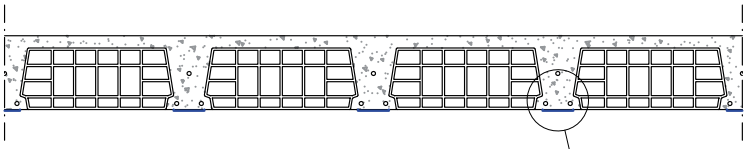
LEGENDA

1. pilastro in C.A.
2. trave in C.A.
3. **webertec fer**
4. malta da ripristino della gamma **webertec**
5. rinforzo intradossale con **webertec CFRP**
6. fasciatura discontinua a "U" con **webertec CFRP**

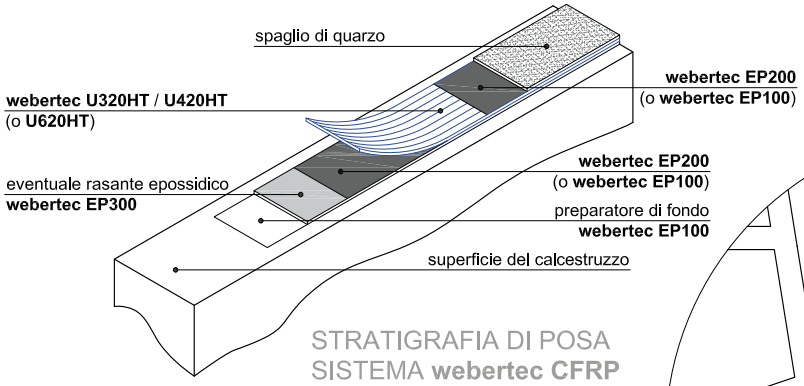
SISTEMI FRP PER IL RINFORZO DELLE STRUTTURE IN C.A.: RINFORZO A FLESSIONE DI TRAVETTI



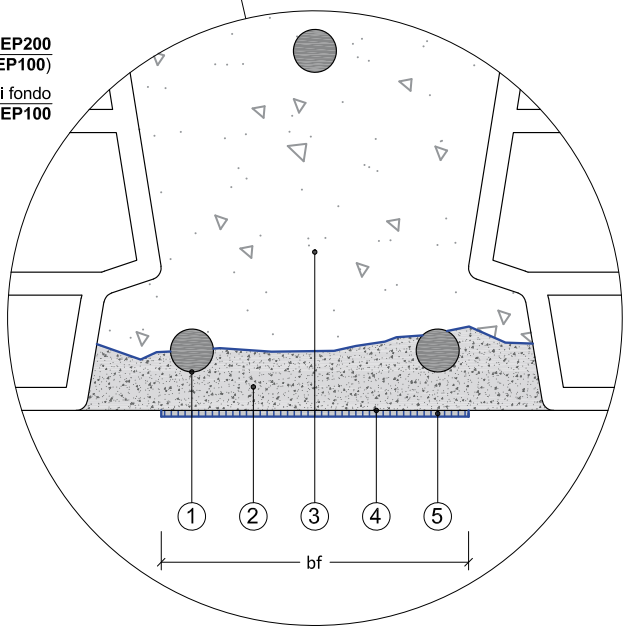
INTRADOSSO SOLAIO



SEZIONE A-A'



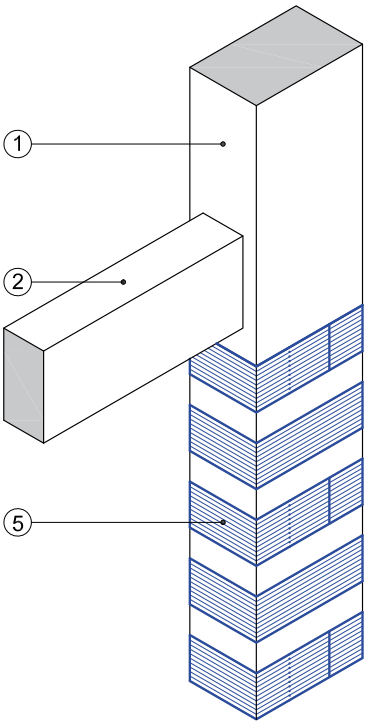
STRATIGRAFIA DI POSA
SISTEMA **webertec CFRP**



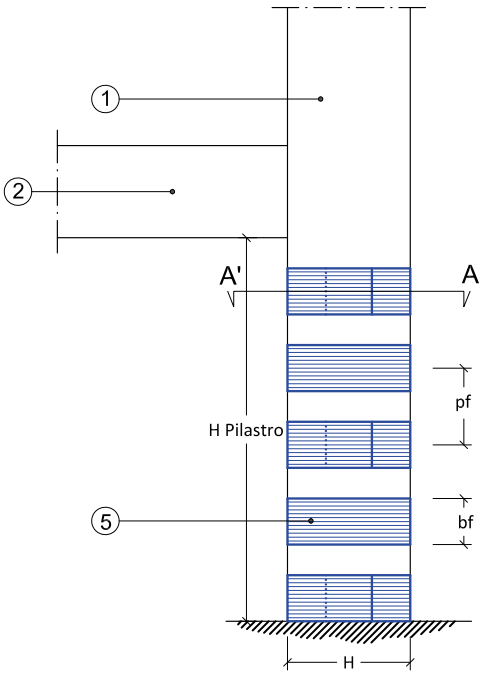
LEGENDA

1. **webertec fer**
2. malta da ripristino della gamma **webertec**
3. travetto solaio
4. preparatore di fondo **webertec EP100**
5. rinforzo con **webertec CFRP**

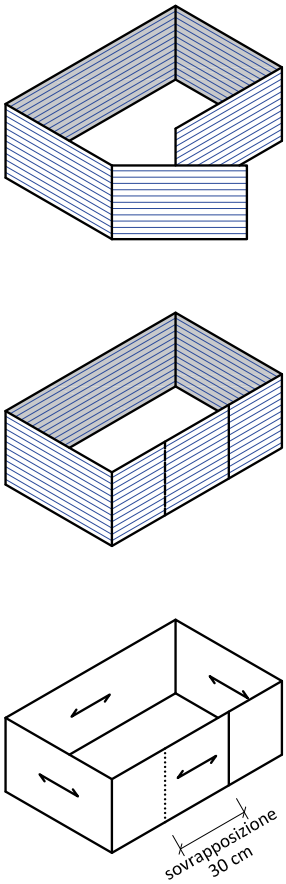
SISTEMI FRP PER IL RINFORZO DELLE STRUTTURE IN C.A.: CONFINAMENTO DI UN PILASTRO



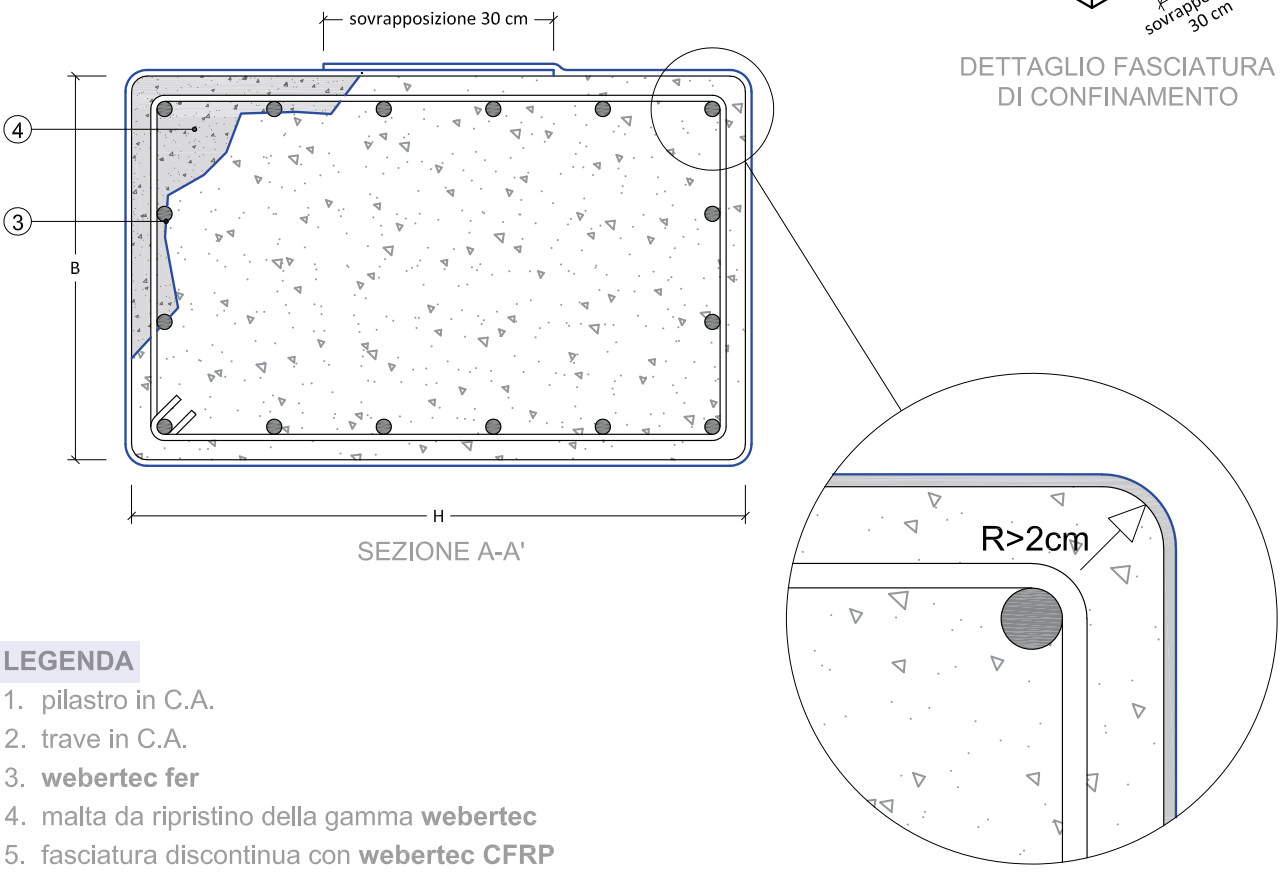
VISTA ASSONOMETRICA



PROSPETTO LATERALE PILASTRO



DETTAGLIO FASCIATURA DI CONFINAMENTO



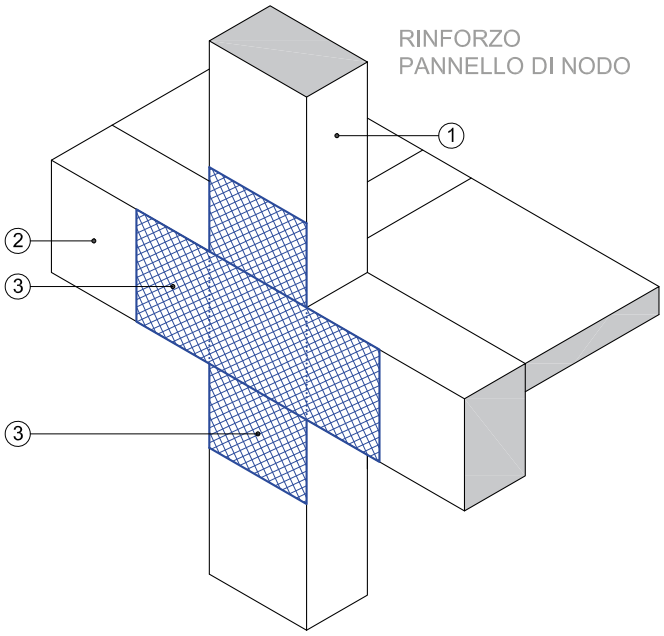
SEZIONE A-A'

LEGENDA

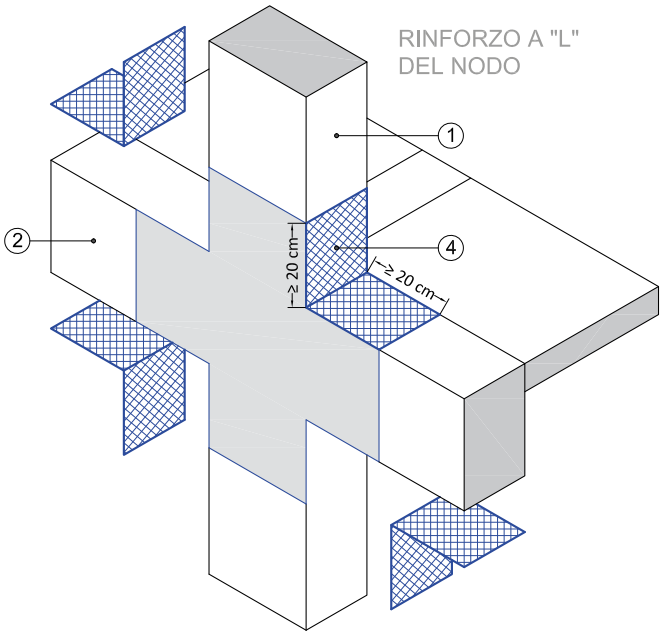
1. pilastro in C.A.
2. trave in C.A.
3. **webertec fer**
4. malta da ripristino della gamma **webertec**
5. fasciatura discontinua con **webertec CFRP**

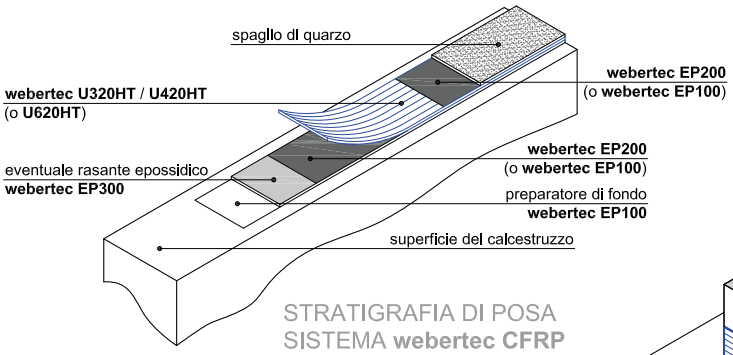
SISTEMI FRP PER IL RINFORZO DELLE STRUTTURE IN C.A.: RINFORZO DEL NODO ESTERNO

RINFORZO
PANNELLO DI NODO



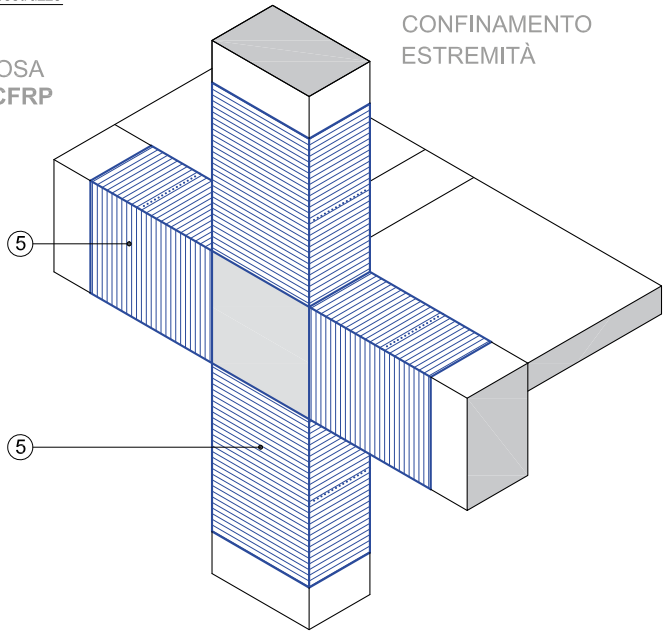
RINFORZO A "L"
DEL NODO





STRATIGRAFIA DI POSA
SISTEMA **webertec CFRP**

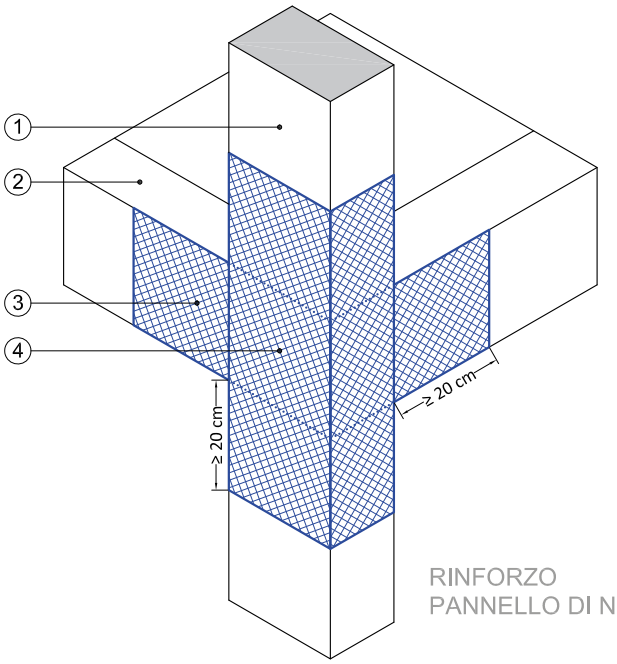
CONFINAMENTO
ESTREMITÀ



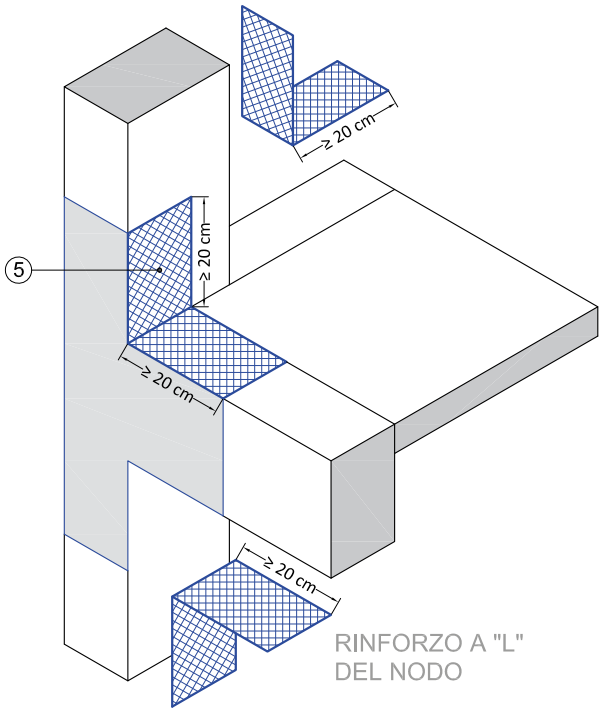
LEGENDA

1. pilastro in C.A.
2. trave in C.A.
3. rinforzo in foglio con **webertec CFRP/380**
4. fazzoletto con **webertec CFRP/380**
5. fasciatura con **webertec CFRP/320/420/620**

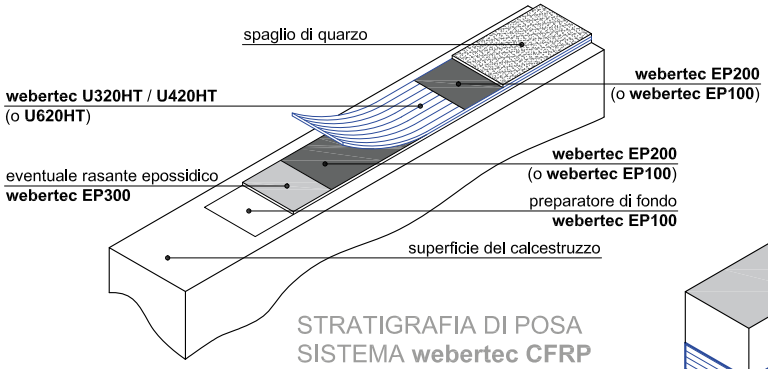
SISTEMI FRP PER IL RINFORZO DELLE STRUTTURE IN C.A.: RINFORZO DEL NODO D'ANGOLO



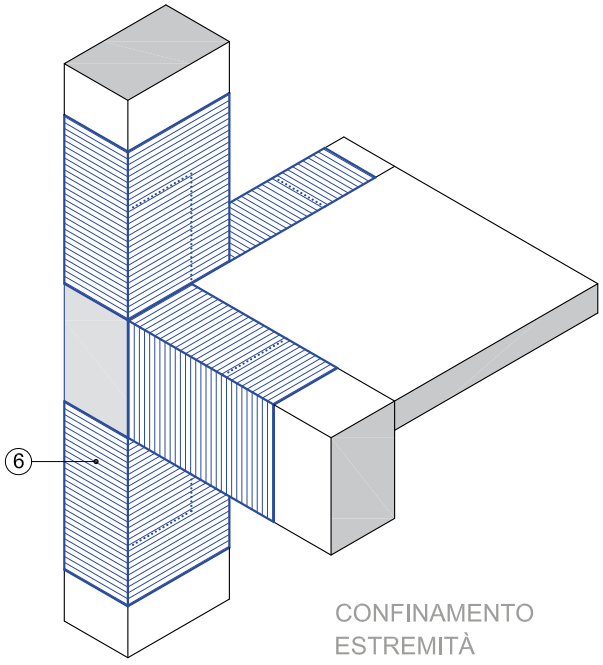
RINFORZO
PANNELLO DI NODO



RINFORZO A "L"
DEL NODO



STRATIGRAFIA DI POSA
SISTEMA **webertec CFRP**



CONFINAMENTO
ESTREMITÀ

LEGENDA

1. pilastro in C.A.
2. trave in C.A.
3. sistema **webertec CFRP/380**
4. sistema **webertec CFRP/380**
5. fazzoletto con **webertec CFRP/380**
6. fasciatura con **webertec CFRP/320/420/620**

3.6. INTERVENTI VOLTI A INCREMENTARE LA SICUREZZA DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI

3.6.1. PRESIDIO ANTIRIBALTAMENTO PER MURATURE DI TAMPONAMENTO

Generalità

Il problema delle espulsioni fuori piano delle tamponature è un problema che è emerso negli ultimi eventi sismici che hanno colpito il nostro paese. Il ribaltamento delle tamponature può causare danni gravi, ferimenti di persone e talvolta ostruzione delle vie fuga o di accesso per i primi soccorsi in caso di calamità.
Questi meccanismi si instaurano più frequentemente in edifici nei quali i tamponamenti deboli risultano non efficacemente collegati alle strutture in c.a..

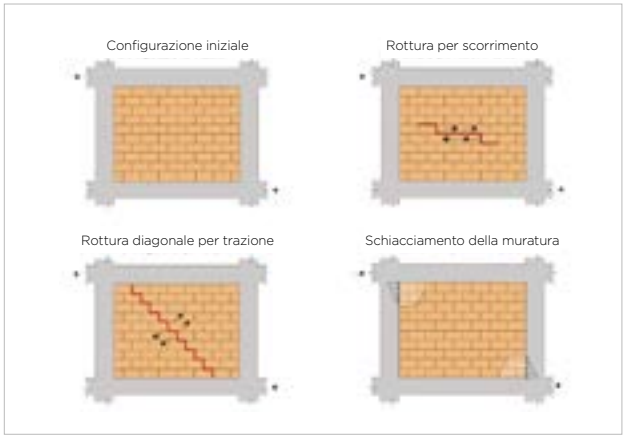
Riferimento normativo

Le NTC2018, per gli elementi non strutturali come le tamponature riportano al p.to 7.3.6.2:
"VERIFICHE DI STABILITÀ (STA)
Per gli elementi non strutturali devono essere adottati magisteri atti ad evitare la possibile espulsione sotto l'azione della Fa (v. § 7.2.3) corrispondente allo SL e alla CU considerati.

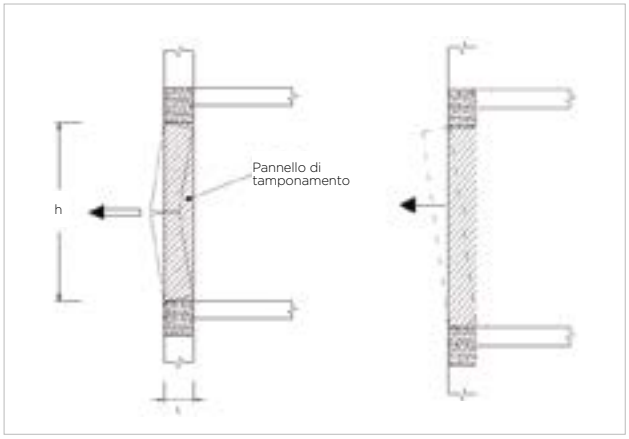
Il controllo del danno negli elementi non strutturali si effettua, in maniera indiretta, intervenendo sulla rigidezza degli elementi strutturali al fine di contenere gli spostamenti di inerpiano, come indicato al §7.3.6.1.
Devono essere, invece, eseguite verifiche dirette in termini di stabilità. La prestazione, consistente nell'evitare la possbile espulsione delle tamponature sotto l'azione della Fa, si può ritenere conseguita con l'inserimento di leggere reti da intonaco sui due lati della muratura, collegate fra loro ed alle strutture circostanti a distanza non superiore a 500 mm sia in direzione orizzontale sia in direzione verticale, ovvero con l'inserimento di armatura orizzontale nei letti di malta, a distanza non superiore a 500 mm. La domanda sismica Fa si determina secondo le indicazioni del §7.2.3 della norma e del §C7.2.3

Meccanismo di danno per azioni nel piano - SLD

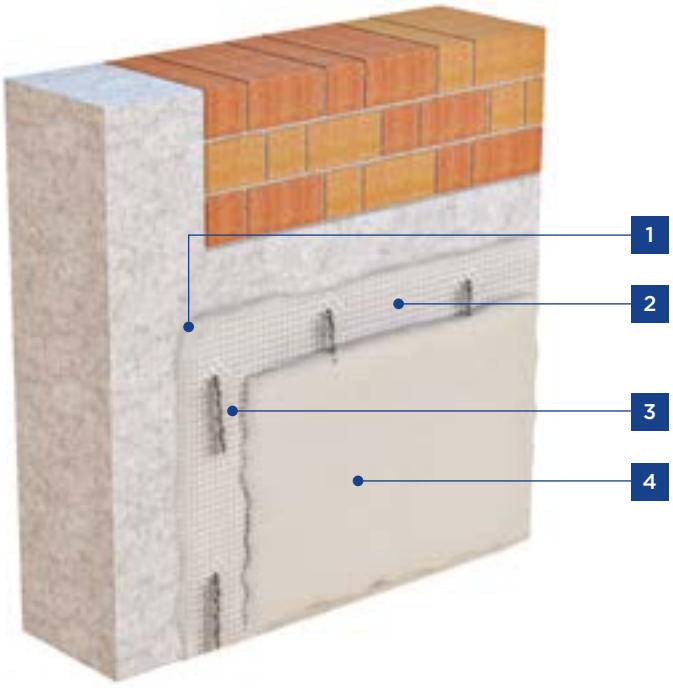
Meccanismo di collasso, per azioni fuori dal piano - SLU



Danneggiamenti nel piano SLD



Collasso fuori piano SLU dei pannelli di tamponatura



LEGENDA

1. **webertec BTcalceF**
2. **webertec rete250**
3. **webertec elicafixA10**
4. **webertec BTcalceF**

PRODOTTI UTILIZZATI	
webertec BTcalceF	Malta strutturale con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale a granulometria fine
webertec elicafixA10	Barra a forma elicidale in acciaio AISI 316 da 10 mm
webertec mandrino	Mandrino spingibarre elicoidali
webertec rete250	Rete strutturale in fibra di vetro AR e apprettata

Tecnica di esecuzione

L'intervento antiribaltamento finalizzato al rinforzo diffuso delle tamponature ed al collegamento delle stesse alle strutture di confinamento in cemento armato, si articola secondo le seguenti fasi di lavorazione:

1. Rimozione dell'intonaco esistente dalle superfici di intervento (tamponature e strutture in cemento armato). Si consiglia di irruvidire le superfici in cemento armato in modo da favorire l'adesione dell'intonaco strutturale **webertec BTcalceF**.
2. Depolverizzazione delle superfici stonacate e lavaggio con acqua a bassa pressione.
3. Inserimento dei connettori costituiti da barre in acciaio inox elicoidali **webertec elicafixA10** provvedendo preliminarmente alla realizzazione di prefori, mediante trapano a rotazione con una punta avente diametro 8-9 mm eseguendo una foratura inclinata posta a distanza di circa 5 cm dal bordo perimetrale del primo elemento in laterizio fino a penetrare per almeno 10 cm nell'elemento in calcestruzzo adiacente. Con l'apposito mandrino spingibarre **webertec mandrino** spingere i connettori all'interno dei prefori prima realizzati, avendo cura di lasciare fuori dalla tamponatura circa 15 cm di barra. I connettori saranno posizionati sia sull'allineamento verticale (pilastro) che su quello orizzontale (trave) con un passo minimo di circa 50 cm e comunque secondo le indicazioni del progettista. L'operazione deve essere eseguita su entrambi i lati della tamponatura.
4. In entrambi i lati della muratura, procedere con l'applicazione del primo strato del prodotto **webertec BTcalceF**, per uno spessore circa di 6-7 mm.
5. Sul prodotto ancora fresco, posizionare la rete **webertec rete250**. Si consiglia di sovrapporre i lembi della rete di almeno 30 cm.
6. Inserire per ogni barra appositi fazzoletti quadrati di rete (dimensioni circa 10x10 cm) e procedere alla piegatura delle barre, mediante idonea piegaferri, fino a portare le stesse in posizione di perfetta adiacenza con la rete.
7. Terminare l'intervento con l'applicazione del secondo strato del prodotto **webertec BTcalceF**. Lo spessore totale dell'intervento sarà di circa 12-15 mm e la rete dovrà risultare nella metà dello spessore totale del rinforzo.

Fissaggio connettori in acciaio

Applicazione 1° mano di webertec BTcalceF

Applicazione fazzoletti ripartitori

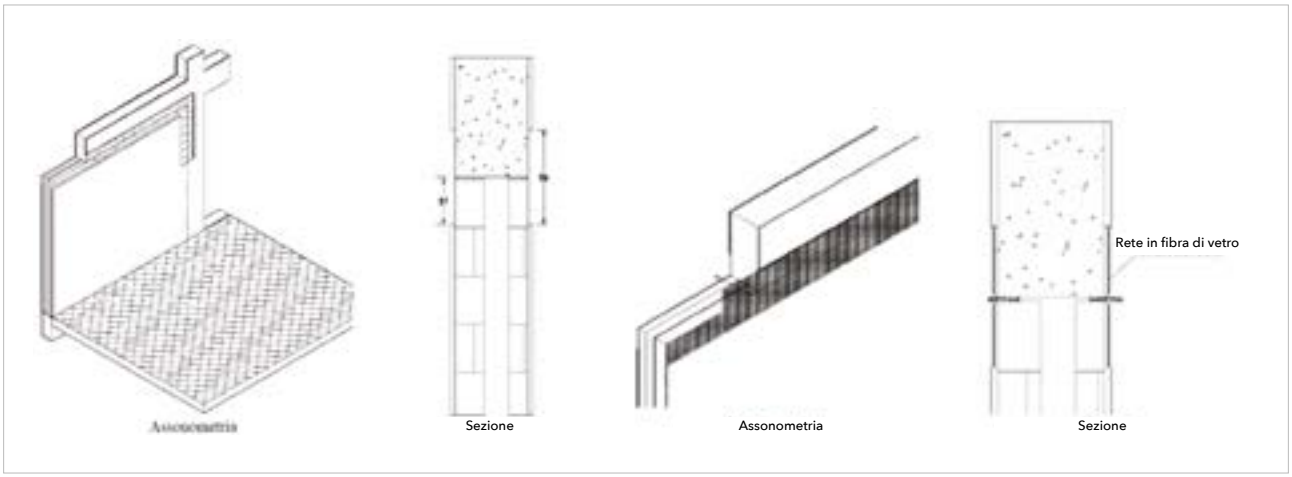
Applicazione 2° mano di webertec BTcalceF

Nota

Gli interventi sulle tamponature sono previsti anche dalle Linee Guida ReLUIS 2009, che indicano alcune tecniche di esecuzione per la messa in sicurezza delle stesse finalizzate al solo presidio del fenomeno di ribaltamento da corpo solido: "I collegamenti tra pannelli murari di tamponamento e cornice strutturale possono essere effettuati con tecnologie diverse, essenzialmente riconducibili all'uso di materiali fibrorinforzati o di piatti e angolari metallici." (L.G. ReLUIS 2009 p.to 4.1).

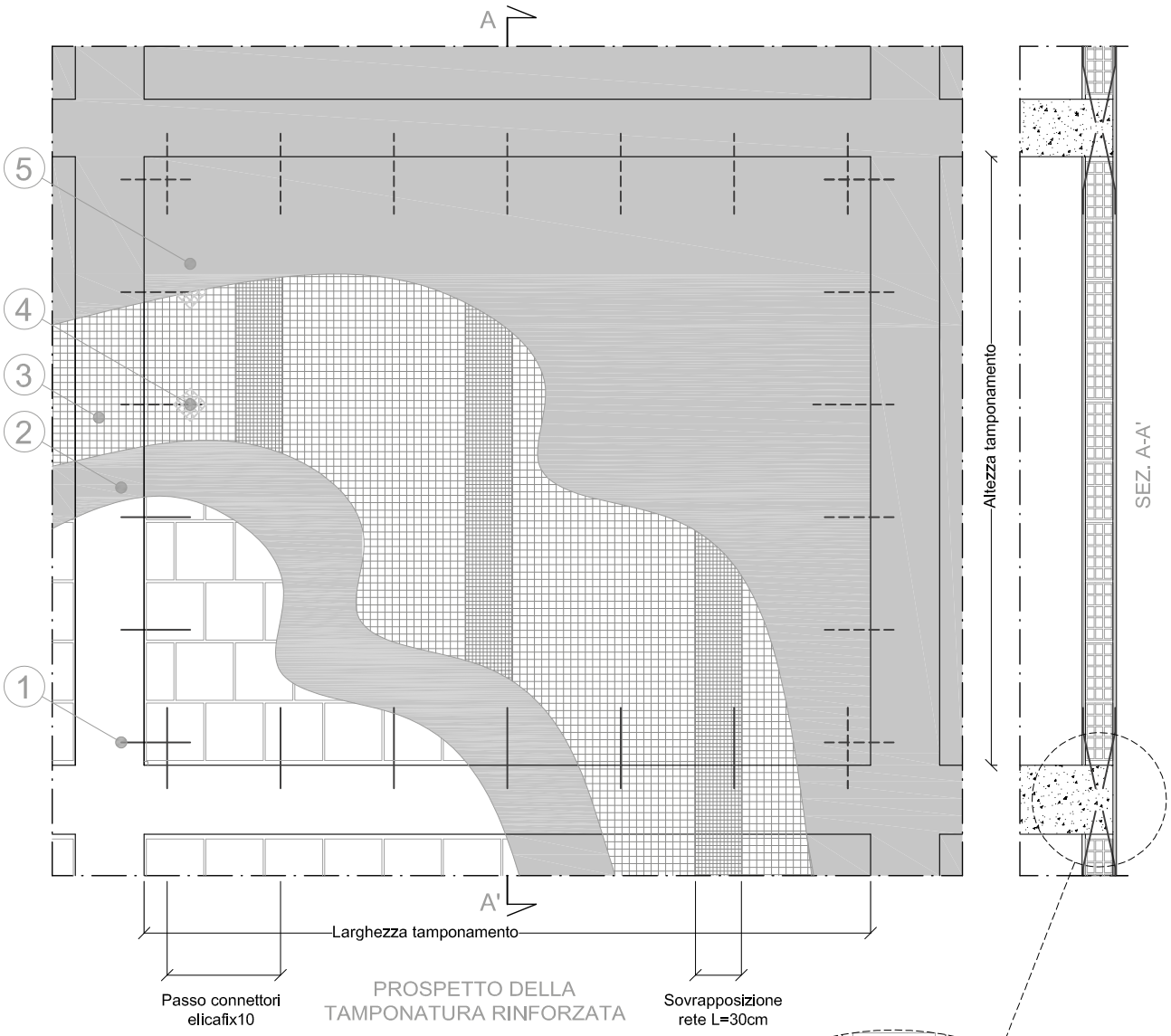
L'intervento finalizzato al solo collegamento delle tamponature alle strutture di confinamento in cemento armato, si articola secondo le seguenti fasi di lavorazione:

1. Rimozione dell'intonaco esistente lungo le fasce perimetrali di ancoraggio di bordo in modo da conformare una sezione di intaglio di lato 50 cm a cavallo tra la tamponatura e la trave ed i pilastri, si consiglia di irruvidire le superfici in cemento armato in modo da favorire l'adesione dell'intonaco strutturale **webertec BTcalceF**.
2. Depolverizzazione delle superfici di intaglio e lavaggio con acqua a bassa pressione in modo di avere le superfici umide prima dell'esecuzione delle fasi successive.
3. Inserimento dei connettori costituiti da barre in acciaio inox elicoidali **webertec elicafixA10** provvedendo preliminarmente alla realizzazione di prefori, mediante trapano a rotazione con una punta avente diametro 8-9 mm eseguendo una foratura inclinata posta a distanza di circa 5 cm dal bordo perimetrale del primo elemento in laterizio fino a penetrare per circa 10 cm nell'elemento in calcestruzzo adiacente. Con l'apposito mandrino spingibarre **webertec mandrino** montato sul tassellatore provvedere a spingere mediante sola percussione i connettori all'interno dei prefori prima realizzati, avendo cura di lasciare fuori dalla tamponatura circa 15 cm di barra per lato. I connettori saranno posizionati sia sull'allineamento verticale (pilastro) che su quello orizzontale (trave) con un passo minimo di circa 50 cm e comunque secondo le indicazioni del progettista. L'operazione deve essere eseguita su entrambi i lati della tamponatura.
4. In entrambi i lati della muratura, procedere con l'applicazione del primo strato del prodotto **webertec BTcalceF**, per uno spessore circa di 6-7 mm.
5. Sul prodotto ancora fresco, posizionare la rete **webertec rete250** assicurandosi che sia completamente planare ed impregnata ed evitando la formazione di eventuali vuoti. Si consiglia di sovrapporre i lembi della rete di almeno 30 cm.
6. Inserire per ogni barra appositi fazzoletti quadrati ricavati dalla rete utilizzata per l'intervento (dimensioni circa 10x10 cm) e procedere alla piegatura delle barre, mediante idonea piegaferri, fino a portare le stesse in posizione di perfetta adiacenza con la rete.
7. Terminare l'intervento con l'applicazione del secondo strato del prodotto **webertec BTcalceF** avendo cura di ricoprire perfettamente il connettore per assicurare la perfetta aderenza al primo strato. Lo spessore totale dell'intervento sarà di circa 12-15 mm e la rete dovrà risultare nella metà dello spessore totale del rinforzo.

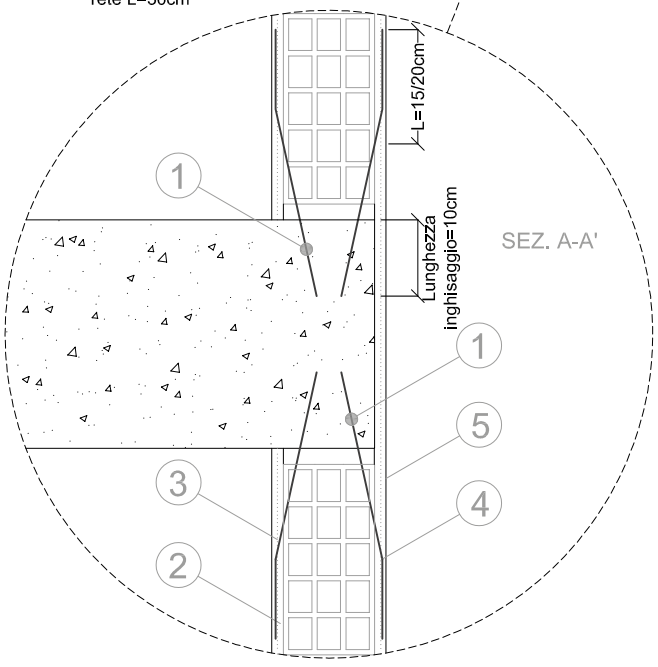


Tratta da L.G. ReLUIS 2009

PARTICOLARE COSTRUTTIVO: SISTEMA ANTIRIBALTAMENTO



PROSPETTO DELLA TAMPONATURA RINFORZATA



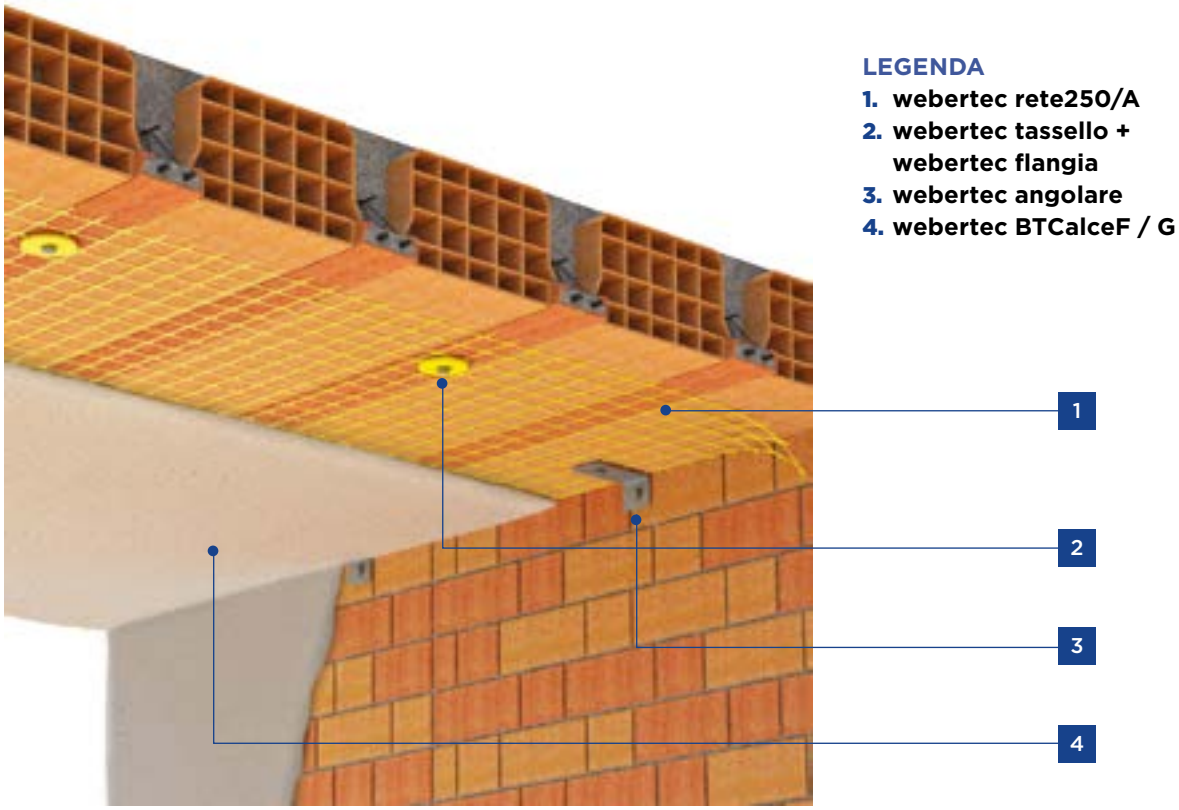
LEGENDA

1. connettore in acciaio webertec elicafixA10
2. 1° strato di webertec BTcalceF
3. rete in fibra di vetro webertec rete250
4. fazzoletto ripartitore dim.10x10cm in webertec rete250
5. 2° strato di webertec BTcalceF

3.6.2. PRESIDIO ANTISFONDELLAMENTO PER SOLAI IN LATERO-CEMENTO

Generalità

Il danno consiste nel distacco e la successiva caduta delle cartelle inferiori dei blocchi di alleggerimento in larterizio inseriti nei solai in cemento armato. Le cause possono essere diverse tra le quali: la non corretta realizzazione del solaio; possibili variazioni dei carichi permanenti portati dallo stesso; condizioni ambientali ed ammaloramenti persistenti. Tale danno si può verificare anche per bassi livelli di eccitazione sismica. I materiali che precipitano possono possedere dimensioni rilevanti con superfici di distacco estese. In alcuni casi si può arrivare anche fino a 90 kg/mq.



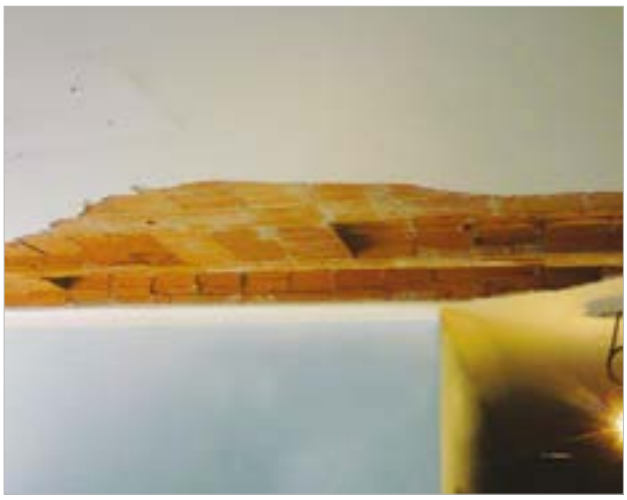
LEGENDA

1. **webertec rete250/A**
2. **webertec tassello + webertec flangia**
3. **webertec angolare**
4. **webertec BTCalceF / G**

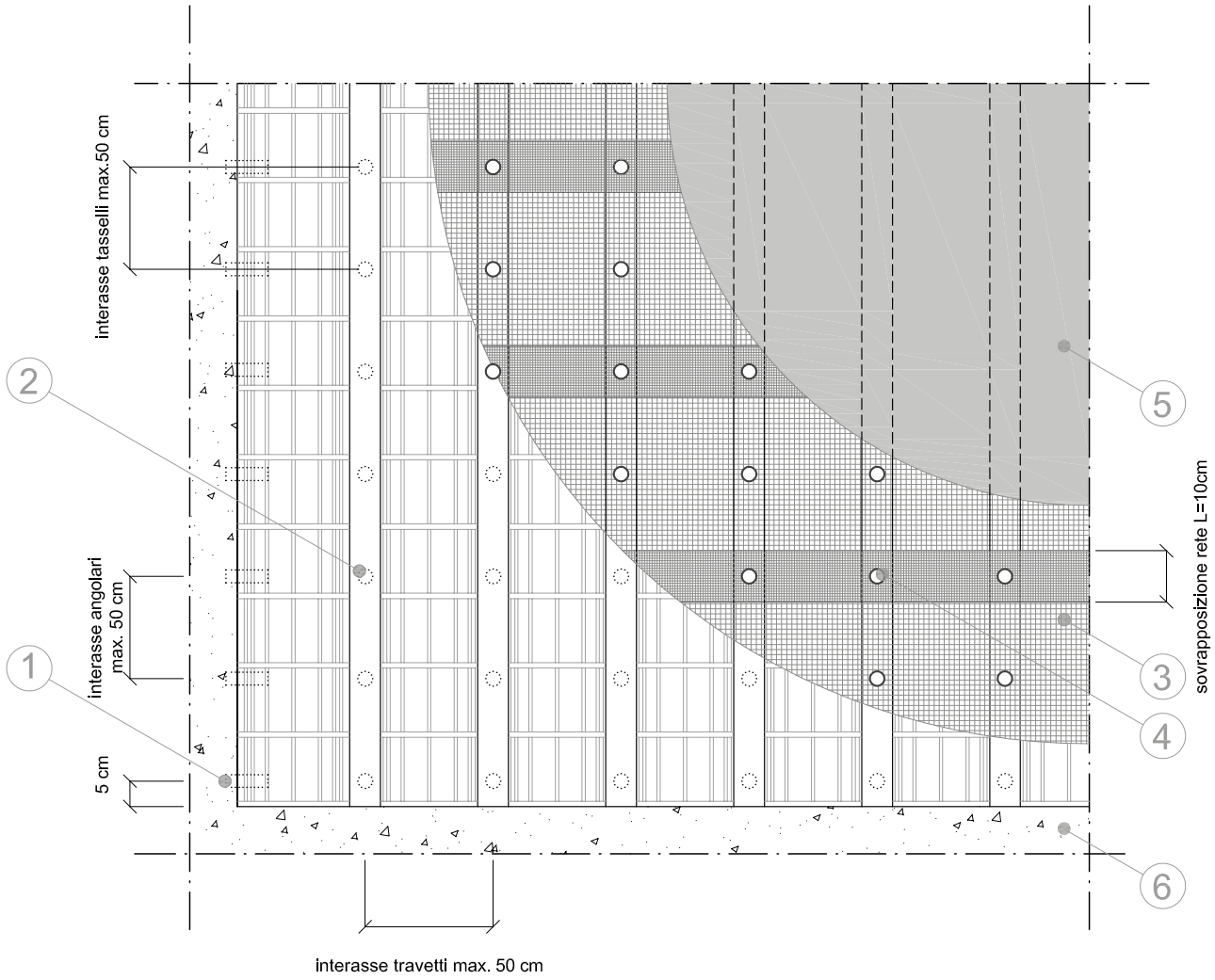
PRODOTTI UTILIZZATI	**webertec rete250/A**	Rete strutturale in fibra di vetro AR e apprettata con PVA
	webertec tassello	Tassello universale in nylon con vite in acciaio zincato
	webertec flangia	Flangia per il fissaggio di reti stutturali e non, al supporto
	webertec angolare	Angolare in acciaio zincato per fissare la rete nel raccordo parete-soffitto
	webertec BTcalceF	Malta strutturale con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale a granulometria fine
	webertec BTcalceG	Malta strutturale con classe di resistenza M15, a base di calce idraulica naturale a granulometria grossa

Tecnica di esecuzione

1. Rimozione dell'intonaco esistente.
2. Depolverizzazione delle superfici e lavaggio con acqua a bassa pressione.
3. Eventuale ricostruzione dei travetti in cemento armato del solaio mediante utilizzo di idonea malta da ripristino della gamma **webertec ripara**.
4. Applicazione di rete di rinforzo **webertec rete250/A** avendo cura di sovrapporre i lembi terminali della rete di almeno 20 cm. Ancoraggio della rete sui travetti tramite tasselli **webertec tassello** e flange di fissaggio tipo **webertec flangia** (diametro del foro 8 mm, diametro totale testa 58 mm) da eseguirsi su tutti i travetti e ad interasse massimo di 50 cm e comunque secondo quanto indicato dal progettista. Ancoraggio al perimetro del solaio mediante squadrette metalliche **webertec angolare** di 120x35 mm , in acciaio zincato, tramite n.2 tasselli, uno lato muratura ed uno lato solaio. La rete dovrà essere disposta ortogonalmente all'orditura dei travetti del solaio.
5. Inumidire il supporto e procedere all'applicazione del prodotto **webertec BTcalceF** o **webertec BTcalceG**. Lo spessore totale dell'intervento sarà di circa 15-20 mm e la rete dovrà risultare nella metà dello spessore totale del rinforzo.



PARTICOLARE COSTRUTTIVO:
ESEMPIO SCHEMA ANTISFONDELLAMENTO



PIANTA INTRADOSSO SOLAIO

LEGENDA

1. disposizione webertec angolare da fissare tramite webertec tassello ai supporti
2. disposizione webertec tassello + webertec flangia
3. rete in fibra di vetro webertec rete250/A da posizionare ortogonalmente all'orditura del solaio
4. webertec tassello + webertec flangia per ancoraggio webertec rete250/A
5. webertec BTcalceF a inglobare la rete sp.tot.≈10mm
6. strutture perimetrali

3.7. QUALIFICA E SPERIMENTAZIONE

Le prove per la qualificazione dei sistemi di rinforzo sono state svolte in laboratori autorizzati dal S.T.C. Servizio Tecnico Centrale del M.I.T. e da I.T.C.- CNR Istituto Tecnologie della Costruzione – Consiglio Nazionale per le Ricerche. Le prove di sperimentazione per la valutazione dell'efficacia dei sistemi di presidio per elementi non strutturali sono state svolte presso laboratori di ricerca universitari e presso laboratori privati.

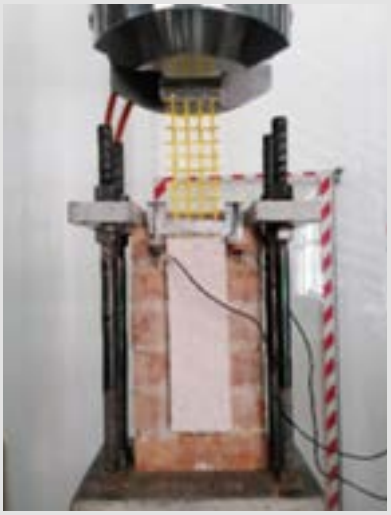
3.7.1. QUALIFICAZIONE PER SISTEMI webertec FRCM

Le prove previste per la qualifica dei sistemi **webertec FRCM** sono state condotte presso il ***Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II***.
Le prove sono state eseguite secondo quanto previsto dall'EAD 340275-00-0104 *"Externally-bonded composite system with inorganic matrix for strengthening of concrete and masonry structures"*.

Confezionamento provini per prove di trazione diretta

Prova di trazione diretta su composito FRCM

Confezionamento provini per prove di distacco dal supporto



Prova di distacco dal supporto

3.7.2. QUALIFICAZIONE PER SISTEMI webertec CRM

Le prove previste per la qualifica dei sistemi **webertec CRM** sono state condotte presso il ***Laboratorio La. Sp.Ed. Tirreno s.r.l. Laboratorio Sperimentale di Cava de' Tirreni (SA)***.
Le prove sono state eseguite in riferimento alla *"Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione dei sistemi a rete preformata in materiali compositi fibrorinforzati a matrice polimerica da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti con la tecnica dell'intonaco armato CRM (Composite Reinforced Mortar)"* emanata con DPCS LL.PP. n. 292 del 29.5.2019.

Prova di trazione diretta dei fili della rete

Prova di trazione diretta sul connettore

3.7.3 QUALIFICA DEI SISTEMI webertec CFRP

Le prove previste per la qualifica dei sistemi **webertec CFRP** sono state condotte presso i laboratori dell'***Istituto Giordano di Bellaria (RN)***.
Le prove sono state eseguite secondo quanto previsto nelle *"Linee Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti"* emanate con DPCS LL.PP. n. 293 del 29.5.2019.

Prova di trazione diretta su laminato FRP

Macchina per prova di trazione diretta

3.7.4. SPERIMENTAZIONE SUL PRESIDIO ANTIRIBALTAMENTO

DIPARTIMENTO ICEA - UNIVERSITÀ DI PADOVA

Il Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale ICEA dell'Università di Padova raccoglie la tradizione formativa dei tecnici destinati ad operare nel campo dei sistemi di trasporto, dell'idraulica e dell'ingegneria civile. È dotato di numerosi laboratori, tra cui il Laboratorio Sperimentale per le prove sui Materiali da Costruzione, che perpetua la tradizione, ormai secolare, dell'ex Istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni, nel campo della sperimentazione scientifica, tecnica e tecnologica su materiali e costruzioni. Il laboratorio è in grado di gestire prove statiche, monotone e cicliche su materiali ed elementi strutturali in scala reale. Il laboratorio è dotato, inoltre, di attrezzature per prove di diagnostica strutturale per l'allestimento e l'esecuzione di prove in sito (distruttive, debolmente distruttive e non distruttive).

3.7.4.1. SPERIMENTAZIONE PRESSO DIPARTIMENTO ICEA - UNIVERSITÀ DI PADOVA

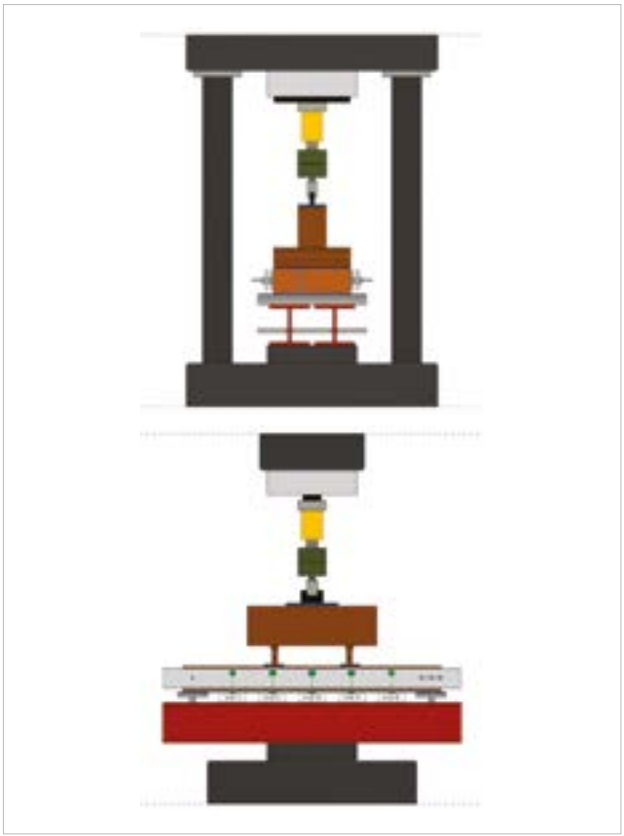
Per documentare l'efficacia dei sistemi **weber** come presidio antiribaltamento (cfr.par.2.4) è stato stipulato con il **Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale dell'Università di Padova** una convenzione di ricerca volta allo studio e allo sviluppo di sistemi di rinforzo innovativi per il miglioramento sismico di murature di tamponamento in laterizio "debole". Su tali murature in blocchi di laterizio forato, di spessore ridotto, l'applicazione di intonaci speciali e sistemi di rinforzo consentono il miglioramento delle prestazioni sotto azioni sismiche.

Gli obiettivi principali del lavoro sono stati:

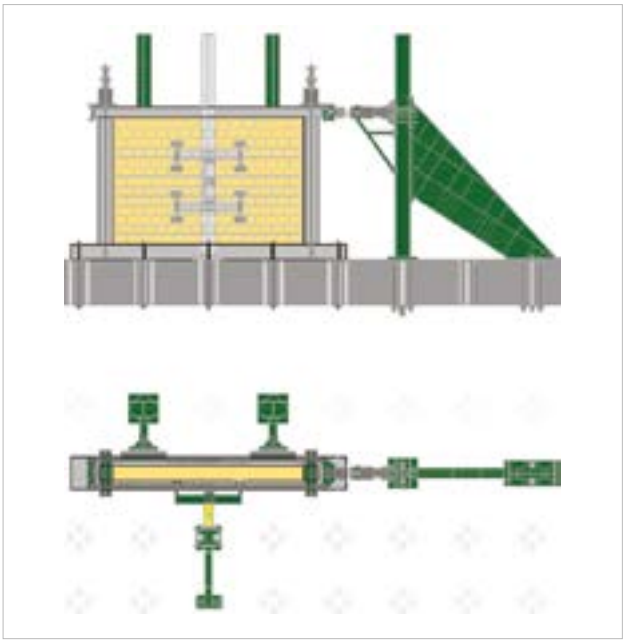
- il confronto del comportamento tra tamponature in muratura semplice e con varie tecniche di rinforzo superficiale e tipologie di intonaci;
- la verifica del comportamento fuori piano per livelli di danneggiamento collegati alle azioni nel piano del telaio (spostamenti d'interpiano, livelli di drift), vicini allo SLU per la tamponatura stessa;
- verifica dello stato di danneggiamento delle tamponature in seguito al raggiungimento dello 0.5% di drift nel piano, livello di riferimento come indicato dalle NTC 2018 al punto 7.3.6.1.

La sperimentazione ha previsto le seguenti prove:

- prove di caratterizzazione meccanica dei materiali;
- prove di resistenza a flessione della muratura rinforzata ed intonacata in maniera tradizionale, nella direzione di rottura parallela ai letti di malta e ortogonale ai letti di malta;
- prove in scala reale su telai con tamponature di dimensione indicativa netta 415 x 275 ml, sollecitati sia nel piano che ortogonalmente allo stesso.



Set-up di prove di flessione



Schema di prova ciclica nel piano-fuori piano del telaio (prospetto e pianta)

NOMENCLATURA CAMPIONI:

- Muratura realizzata con blocchi in laterizio forato sp.12 cm, murati con malta M5 a fori orizzontali ed intonacati con intonaco tradizionale fibrato ⟶ 1-UR;
- Muratura realizzata con blocchi in laterizio forato sp.12 cm, murati con malta M5 a fori orizzontali ed intonacati con **webertec BTcalceF** (BTF), malta con classe di resistenza M15, armata con rete in fibra di vetro A.R. **webertec rete250** e ancoraggi costituiti da barre elicoidali in acciaio Inox per connessione a struttura **webertec elicafix** ⟶ 3-FN

PROVE DI FLESSIONE SU CAMPIONI IN MURATURA

I provini di muratura sottoposti a flessione secondo la UNI EN 1052-2 sono stati suddivisi in tre gruppi:

- campioni in muratura non rinforzata soggetti a flessione ortogonale ai letti di malta (H-UR), caratterizzati da due corsi di blocchi;
- campioni in muratura rinforzata soggetti a flessione ortogonale ai letti di malta (H-BTF), caratterizzati da due corsi di blocchi;
- campioni in muratura rinforzata soggetti a flessione parallela ai letti di malta (V-BTF), caratterizzati da 5 corsi di blocchi.

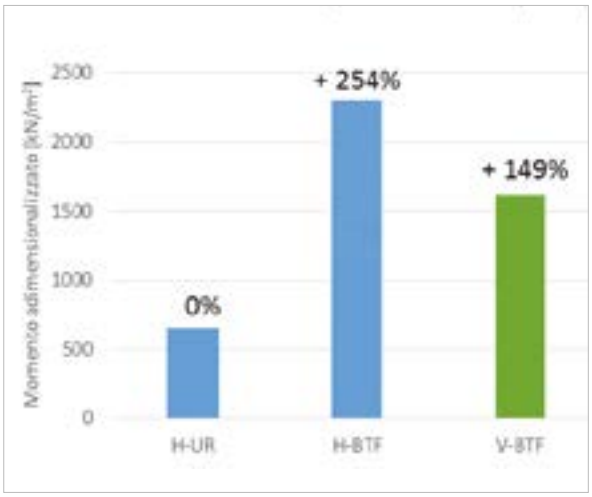
La metodologia di prova adottata per la caratterizzazione a flessione riprende le principali indicazioni contenute nella normativa UNI EN 1052-2 "Metodi di prova per muratura. Determinazione della resistenza a flessione". È stata quindi condotta una prova a flessione su quattro punti, posizionando il campione in posizione orizzontale su due supporti e caricandolo con due impronte lineari poste nella zona mediana del campione ed equidistanti dalla linea di mezzeria dello stesso. Le prove sono state condotte in regime di flessione semplice, senza cioè applicare sforzi di precompressione assiale, lasciando libero il campione di ruotare in corrispondenza delle sezioni d'appoggio.
Dai risultati ottenuti, si osserva come le diverse tipologie di campioni analizzate abbiano fatto rilevare un comportamento differente, in termini sia di carico e spostamento massimo raggiunto, sia di modalità di rottura.
I campioni caratterizzati da intonaco tradizionale hanno mostrato il più basso valore di spostamento a causa della modalità di rottura fragile avvenuta dopo la fessurazione dei giunti di malta.
I campioni H-BTF, aventi intonaco fibro-rinforzato e rete in fibra di vetro, hanno registrato il maggiore Mad pari a 2296.7 kN/m² (+254% rispetto ai campioni non rinforzati), circa il triplo rispetto agli H-BTC.

Campione	Carico massimo [kN]	Spostam. in mezzeria [mm]	Momento adimens. [kN/m²]
	Media	Media	Media
H-UR	2.5	0.15	648.2
H-BT	12.7	19.61	2296.7
V-BTF	4.2	8.7	1612.3

Tabella riassuntiva delle prove a flessione

Campione	Momento adimens. / Momento adimens. [-]	Variazione [%]
H-UR	1	
H-BT	3.54	+254%
V-BTF	2.49	+149%

Tabella riassuntiva del confronto di pannelli in muratura



Confronto del comportamento fuori piano per flessione semplice

COMPORTAMENTO NEL PIANO E FUORI PIANO DI TELAI IN C.A. TAMPONATI IN MURATURA LEGGERA

I campioni sperimentali sono portali in c.a. in scala reale, tamponati con muratura in laterizio rinforzata o meno con rete in fibra di vetro applicata con diverse tipologie di intonaco. Il telaio ha le funzioni di riprodurre le condizioni vincolari reali per la tamponatura e di garantire resistenza sufficiente nei confronti delle azioni derivanti dalla tamponatura stessa. Allo scopo di avere un dimensionamento di massima realistico per il portale in c.a., si è ipotizzato di progettare un edificio a telaio, di tre piani fuori terra, con interpiano di 3,00 m, maglia in pianta 4,50 m x 4,50 m, regolare in pianta e in elevazione, in classe di duttilità alta.

L'apparato di prova è stato interamente montato sul solaio di reazione del laboratorio di spessore pari a 1 ml, assunto infinitamente rigido. La trave di base del campione sperimentale in c.a. è stata fissata al solaio rigido del laboratorio mediante tiranti, al fine di evitare scorrimenti relativi tra solaio di reazione e campione sollecitato da azioni orizzontali. Su entrambi i pilastri del telaio sono stati posizionati due martinetti della capacità di 600 kN in compressione, posti sulla faccia superiore della trave, in corrispondenza del nodo trave-pilastro. Attraverso questi martinetti su ogni pilastro è stato applicato un carico costante per tutta la durata dei test nel-piano e fuori-piano, pari a 400 kN, per simulare la presenza dei piani superiori dell'edificio.

L'azione nel piano viene trasmessa da un martinetto dalla capacità massima in spinta ed in trazione di 560 kN, connesso ad un elemento di contrasto del laboratorio e posto in corrispondenza del baricentro della sezione di testa della trave superiore. L'azione del martinetto viene controllata imponendo lo spostamento alla trave stessa, e quindi al martinetto che le è collegato (controllo in spostamento).

Sistema di contrasto dell'azione nel piano

Nei test fuori piano sono state applicate 8 forze puntuali, di uguale intensità, ad ogni terzo della larghezza e ad ogni quinto dell'altezza del pannello murario. Tale configurazione è simile (anche se non uguale) a quella di una tamponatura sottoposta ad azione sismica in direzione ortogonale al proprio piano, nella quale si può assumere un carico uniformemente distribuito, legato alle forze d'inerzia proporzionali alle masse della parete. Il diagramma dei momenti imposto è comunque più gravoso di quello reale e si opera quindi in favore di sicurezza. I carichi sono stati applicati con un martinetto idraulico da 100 t in modalità monotona fino al raggiungimento del limite di collasso del pannello murario.

Particolare del sistema per l'applicazione del carico

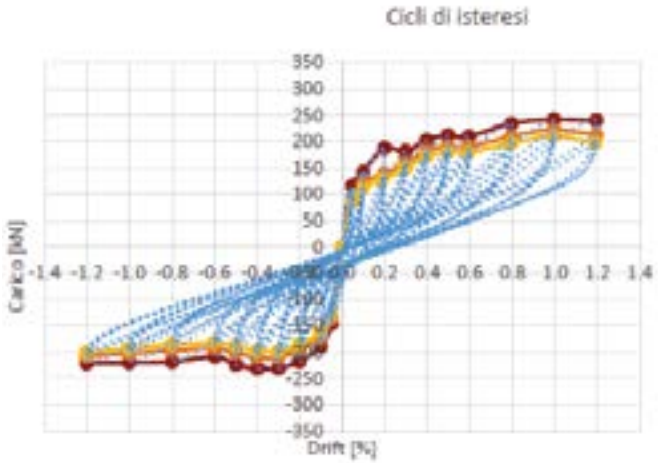
I test sperimentali sono divisi in due fasi:

1. **Test nel piano**
2. **Test fuori piano**

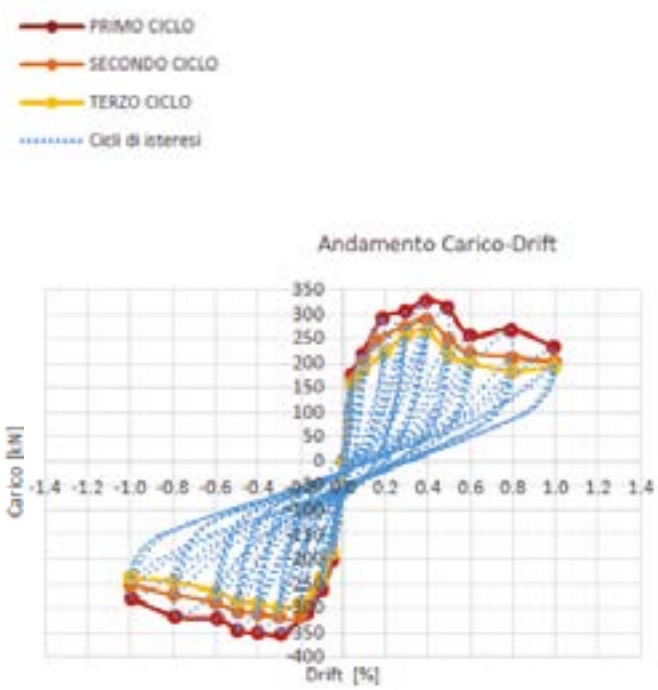
Nella prima fase viene imposta al portale una storia di spostamento ciclica a drift via via crescenti con cicli di spostamento ripetuti tre volte per ogni livello di drift assegnato. Con il termine drift si intende il rapporto tra lo spostamento orizzontale relativo della trave superiore del campione rispetto alla trave di base e l'altezza d'interpiano (Δ/H). Tale valore di solito è espresso in percentuale.

Il primo drift obiettivo è posto allo 0.05%, poi 0.1% ed incrementato dello 0.1% ad ogni serie di cicli fino al raggiungimento di un drift pari allo 0.6%. I cicli di spostamento vengono quindi aumentati dello 0.2% fino al termine della prova con il raggiungimento del drift pari allo 1-1.2%.

Di seguito riepilogo dei risultati ottenuti dai test nel piano:



Ciclo di isteresi relativi ai cicli di carico – campione non rinforzato



Ciclo di isteresi relativi ai cicli di carico – campione rinforzato

Campione non rinforzato, danneggiamento al 0,5% drift

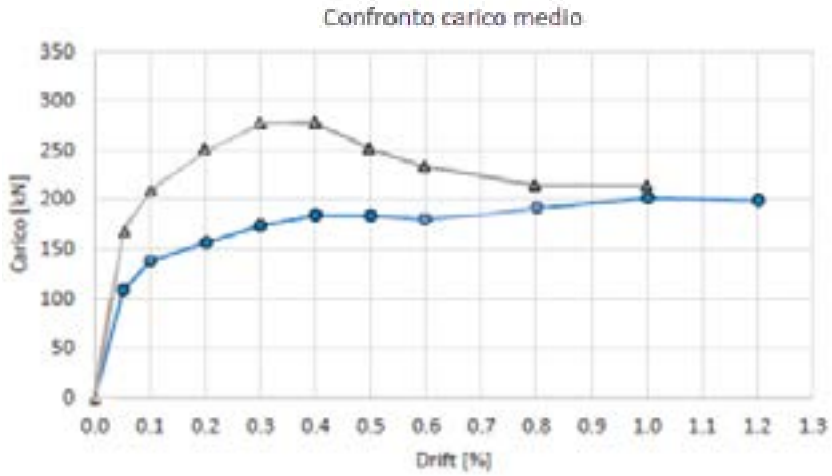
Campione non rinforzato, danneggiamento al 1% drift

Campione rinforzato, danneggiamento al 0.5% drift

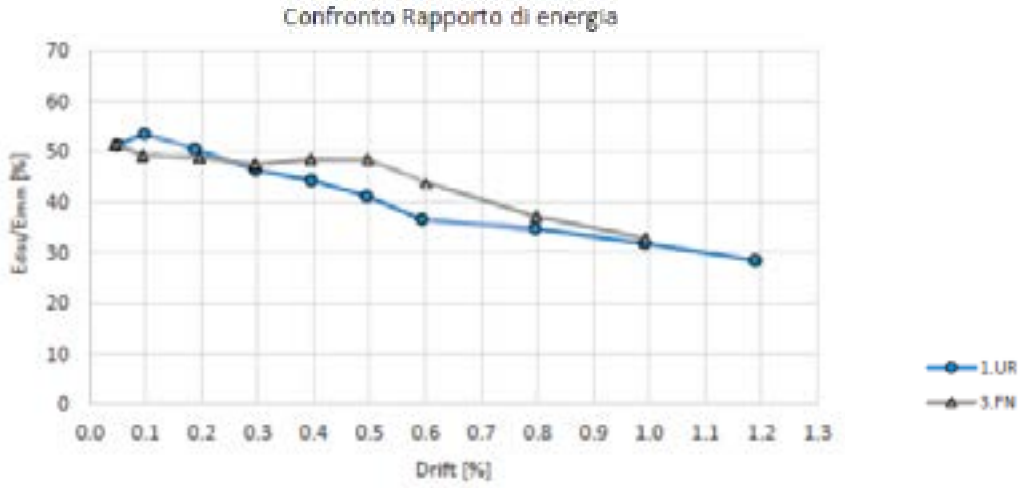
Campione rinforzato, danneggiamento al 1% drift

Campione	Fase non fessurata			Carico massimo			Spostamento massimo		
	ψ [%]	Fv [kN]	dv [mm]	ψ [%]	Fmax [kN]	dmax [mm]	ψ [%]	Fu [kN]	d [mm]
1.UR	0.05	108.9	1.42	1.0	201.7	28.68	1.2	199.2	34.43
3.FN	0.05	170.0	1.41	0.4	278.0	11.41	1.0	214.7	28.65

Dalle analisi si evince come la tamponatura rinforzata, abbia resistenza maggiore rispetto alla tamponatura non rinforzata (38% in più del sistema non rinforzato). Alla fine della fase elastica il campione rinforzato ha raggiunto un carico di 170 KN, superiore del 57% rispetto al campione non rinforzato.



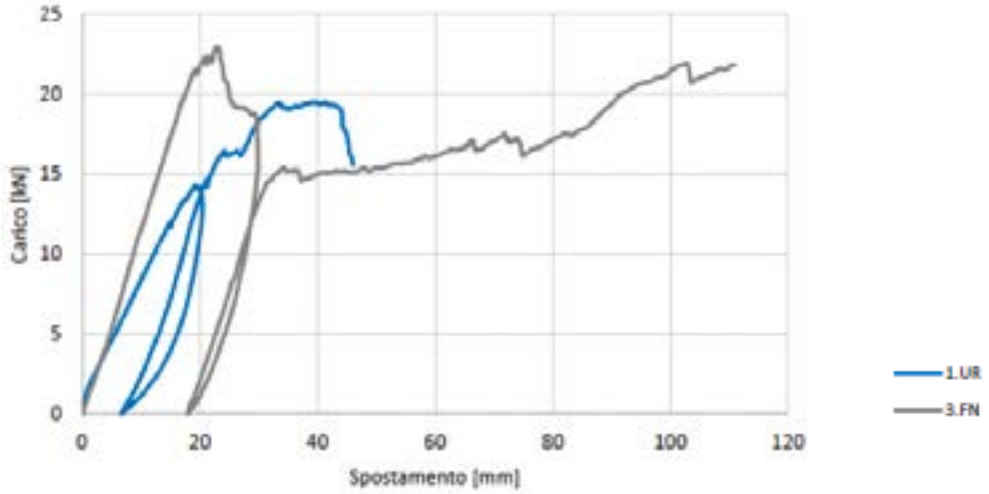
Confronto tra inviluppi medi relativi al 3° ciclo



Confronti tra energia immessa e dissipata al 3° ciclo

Inoltre analizzando il grafico riportato nella figura soprastante si nota come la capacità di dissipare energia (rapporto tra le energie dissipate ed immesse) faccia rilevare valori mediamente più elevati per la tamponatura rinforzata.

Di seguito sono riportati i risultati delle prove fuori piano, le quali si suddividono in due step: il primo step rappresenta il comportamento della tamponatura fino ad un certo valore di carico, per il quale la prova viene interrotta a causa del Forte danneggiamento; il secondo step, nel quale la strumentazione viene scollegata in modo da non far subire danni agli strumenti e l'acquisizione dei dati, è ripresa fissando un solo strumento a filo tra il martinetto di carico e l'apparato di spinta.



Confronto curve carico-spostamento fuori piano tra campione non rinforzato e campione rinforzato

Dal grafico si può notare la maggiore resistenza al carico fuori piano del sistema di tamponatura rinforzata 3.FN, il quale raggiunge un valore di carico massimo più elevato (+17%), pari a 23 kN, contro i 19.6 kN del sistema non rinforzato 1.UR. Inoltre, il danneggiamento accumulato durante la prova nel piano ha influenzato sia la rigidezza residua dei pannelli, sia la fine della fase lineare della prova fuori piano, infatti, il campione non rinforzato 1.UR è meno rigido (-28%) e il carico per il quale finisce la fase lineare è minore (-47%). La tamponatura non rinforzata 1.UR ha collassato per ribaltamento della porzione superiore del muro in maniera repentina e quindi con modalità molto fragile. La tamponatura 3.FN, che ha avuto un danneggiamento con fessure lungo le diagonali principali durante il test nel piano, grazie all'effetto di contenimento dovuto alla presenza del rinforzo e degli ancoraggi, ha mostrato la capacità di sostenere carichi rilevanti fuori dal piano, anche dopo il raggiungimento del carico massimo e dello spostamento ultimo. Infatti, una volta raggiunto un degrado di resistenza pari al 20% rispetto alla resistenza massima, è stato possibile scaricare completamente il campione e ricaricarlo fino a livelli di spostamento e carico molto elevati, senza di fatto mai raggiungere il collasso, ma addirittura raggiungendo la capacità ultima di spostamento del martinetto (oltre 100 mm di spostamento). L'effetto del sistema di rinforzo, complessivamente, si fa sentire in maniera significativa per quel che riguarda la modifica della modalità di collasso e la notevole riduzione del comportamento fragile mostrato invece dalla tamponatura 1.UR nel fuori piano.

Tamponatura		Fase lineare		Carico massimo		Spostamento massimo	
		Fv [kN]	dv [mm]	Fmax [kN]	dmax [mm]	Fu [kN]	du [mm]
1.UR	non rinforzata	11,1	13,62	19,6	39,5	15,6	46,1
3.FN	rinforzata e ancorata	21	18,49	23	23,15	18,5	29,67

Fine prova a collasso della muratura non rinforzata

Fine prova della muratura rinforzata

CONCLUSIONI

Tutti i test eseguiti sono stati finalizzati alla valutazione dell'efficacia di sistemi di rinforzo innovativi, volti al miglioramento del comportamento sotto azioni sismiche di tamponature in laterizio leggere su edifici in c.a. esistenti. In particolare, rispetto agli obiettivi della campagna sperimentale si può concludere che, il sistema di rinforzo **Weber** con intonaco **webertec BTcalceF** armato con rete **webertec rete250** ha apportato effetti benefici su tutti i campioni testati.

Si nota, infatti, un notevole aumento della resistenza sia nei pannelli soggetti a flessione semplice, superiore del 254% rispetto al campione non rinforzato, sia nel tamponamento testato con azione combinata nel piano e fuori piano.

Nel piano, il rinforzo e l'ancoraggio hanno portato ad una maggiore rigidezza e un danneggiamento inferiore.

Fuori piano, dal confronto tra il tamponamento rinforzato e quello non rinforzato, l'aumento della resistenza è del 17%, in questo caso il confinamento del telaio in c.a. riduce le differenze di resistenza tra i sistemi. L'introduzione del rinforzo e dell'ancoraggio **webertec elicafixA** comunque determina un significativo miglioramento del comportamento rispetto a possibili collassi locali o ribaltamenti, contrariamente a quanto visto per la tamponatura di riferimento. In particolare l'ancoraggio con barre elicoidali tra la tamponatura e il telaio in c.a. ha garantito resistenza fuori piano fino a spostamenti di oltre 10 cm, incrementando notevolmente la sicurezza rispetto al collasso.

3.7.5. SPERIMENTAZIONE SUL PRESIDIO ANTISFONDELLAMENTO

ISTITUTO GIORDANO

Fondato nel 1959, l'Istituto Giordano è un Ente Tecnico all'avanguardia nel testing di Prodotto, Certificazione, Ricerca, Progettazione e Formazione.

3.7.5.1. SPERIMENTAZIONE PRESSO LABORATORIO ESTERNO QUALIFICATO - ISTITUTO GIORDANO

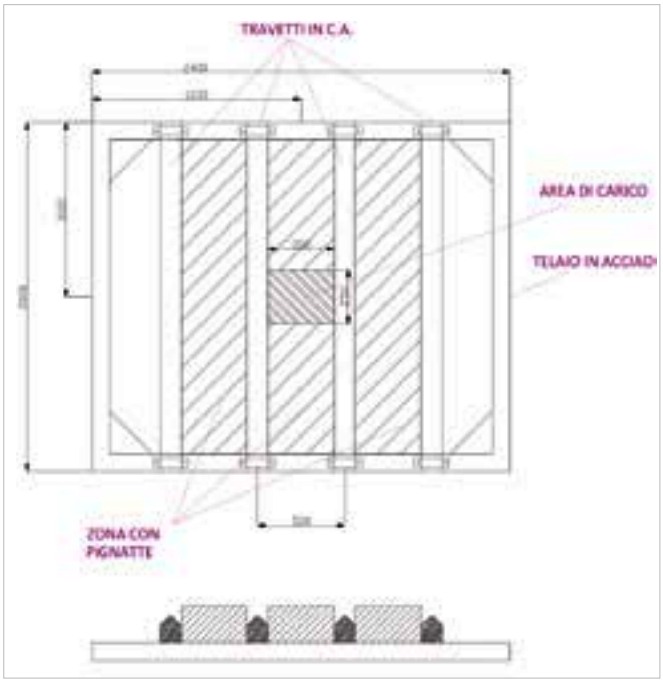
Il sistema antisfondellamento di **Weber** è stato sottoposto a prove eseguite presso il **Laboratorio di Prove dell'Istituto Giordano di Bellaria-Igea Marina (RN)**. Le prove eseguite sono state volte a documentare l'efficacia del sistema.
L'oggetto della sperimentazione è stato quello di simulare il comportamento del sistema "antisfondellamento", applicato su un modello di solaio in latero-cemento in scala reale di dimensioni 2 m x 1,6 m - formato da n. 4 travetti in calcestruzzo e pignatte in laterizio disposte a passo 50 cm.
All'intradosso della struttura esaminata è stato realizzato un rinforzo con rete in fibra di vetro **webertec rete250/A** con il relativo sistema di fissaggio (**webertec tassello** e **webertec flangia**). Sono state testate due soluzioni, una che ha previsto l'utilizzo della sola rete in fibra di vetro **webertec rete250/A** e l'altra il sistema integrale costituito da **webertec rete250/A** posta all'interno dell'intonaco strutturale **M15 a base di calce idraulica naturale webetec BT calceF**.
La prova è stata effettuata applicando un carico verticale mediante punzone di spinta realizzato in legno multistrato su una porzione di rete o di intonaco rinforzato in prossimità del centro del modello di solaio. In tale posizione centrale è stata lasciata un'apertura di dimensioni pari ad un laterizio, in maniera da applicare il carico verticale direttamente sulla rete in fibra di vetro o sull'intonaco rinforzato in funzione del tipo di allestimento. Il carico è stato applicato in modo continuo fino al cedimento della rete in fibra di vetro o di un componente del sistema di contenimento in prova.

Strumentazione di prova

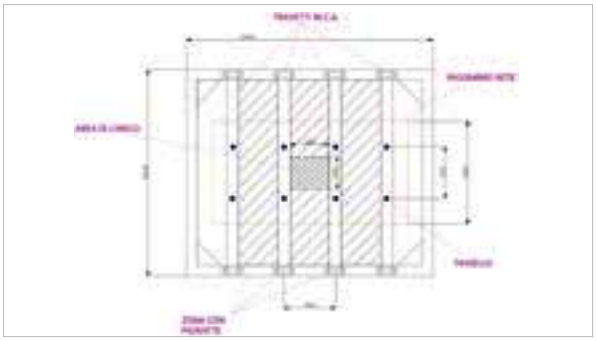
Strumentazione di prova

Strumentazione di prova

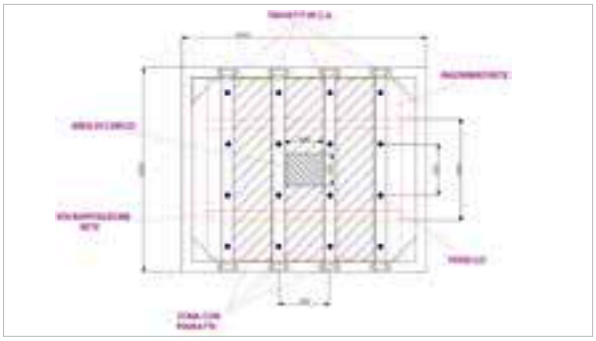
Sstrumentazione di prova



Disegno schematico del simulacro di un solaio in latero cemento.

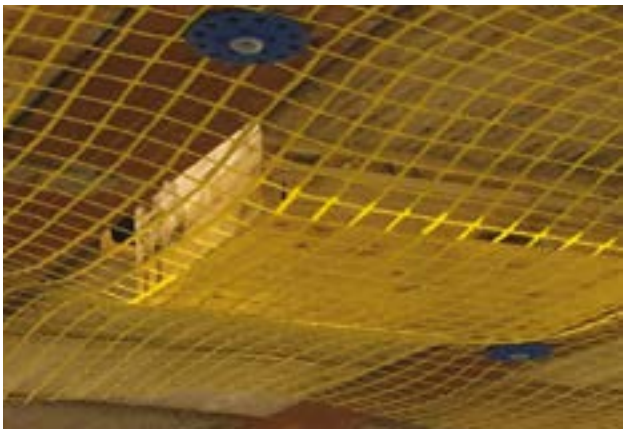


Disegno schematico della disposizione dei tasselli per la prova n. 1.



Disegno schematico della disposizione dei tasselli per la prova n. 2.

Test con rete e tasselli



Test con rete e tasselli

Test con rete e tasselli

Test con rete e tasselli

CONCLUSIONI

Il carico puntuale (su un'impronta di dimensioni 25 x 35 cm) che ha portato a rottura il sistema, ha raggiunto un valore di circa 215 kg.
Il carico puntuale (su un'impronta di dimensioni 25 x 35 cm) che ha portato a rottura il sistema integrale, rete posizionata all'interno dello strato di intonaco strutturale, ha raggiunto un valore pari a circa 840 kg.
I risultati ottenuti dalla prova sperimentale sono stati utili per dimostrare l'efficacia del sistema, in quanto i valori di carico che hanno portato al collasso il sistema stesso risultano ben più elevati di quelli comunemente attesi (es. un carico distribuito pari a 100 kg/mq comporta su un'impronta di 25 x 35 cm un carico concentrato pari a circa 10 kg).

Test con intonaco, rete e tasselli

Test con intonaco, rete e tasselli

Test con intonaco, rete e tasselli

Test con intonaco, rete e tasselli

3.8. DATI TECNICI DEI SISTEMI

DATI TECNICI – SISTEMA webertec FRCM			
PROPRIETÀ	**Unità di misura**	**webertec FRCM/50**	**webertec FRCM/115**
Spessore nominale del sistema di rinforzo	mm	10	10
Grammatura della rete	gr/mq	243	550
Spessore equivalente della rete di rinforzo in trama	mm	0,036	0,075
Spessore equivalente della rete di rinforzo in ordito	mm	0,038	0,073
Densità del materiale costituiente la rete di rinforzo	gr/mc	2,68	2,68
Permeabilità al vapore acqueo		15/35	15/35
PROPRIETÀ MECCANICHE			
Tensione limite convenzionale $\sigma_{lim,conv}$ caratteristico	MPa	819 (tufo) 785 (mattone)	905 (tufo) 929 (mattone)
Deformazione limite convenzionale $\varepsilon_{lim,conv}$ caratteristico	%	1,2 (tufo) 1,2 (mattone)	1,6 (tufo) 1,6 (mattone)
Modulo rigidezza *E*1 nello stadio A medio	GPa	254	1064
Tensione ultima σu del composito FRCM caratteristico	MPa	954	858
Deformazione ultima εu del composito FRCM medio	%	1,53	1,85
Tensione ultima σuf della rete (tessuto) a rottuta per trazione caratteristico	MPa	954	996
Modulo rigidezza *Ef* della rete (tessuto) medio	GPa	67	57
Deformazione ultima a trazione εuf della rete (tessuto) medio	%	1,63	1,87
Resistenza a compressione della matrice/malta, *fc,mat*	MPa	15	15

L'utilizzatore è responsabile della verifica della idoneità dei prodotti descritti nel presente documento per l'utilizzo nel caso concreto. Saint-Gobain Italia S.p.A. non si assume alcuna responsabilità per utilizzo improprio del materiale. Il cliente è tenuto a verificare che i dati riportati nella presente scheda tecnica siano compatibili con il sistema o insieme di prodotti utilizzato e non siano superati e/o sostituiti da nuove formulazioni del prodotto. In caso di dubbio si invita il cliente a contattare preventivamente il nostro Ufficio Tecnico.

DATI TECNICI – SISTEMA webertec CRM/75

webertec rete AR75				
CARATTERISTICHE MECCANICHE	**Unità di misura**	**Valore**		**Metodo di prova Norma di riferimento**
Resistenza a trazione	MPa	medio 880 (ordito)	medio 451 (trama)	Linea Guida DCSLP n.292 del 29/05/2019
		carat. 821 (ordito)	carat. 416 (trama)	
Modulo elastico medio	GPa	42,26 (ordito)	23,96 (trama)	
Deformazione a rottura per trazione caratteristico	%	1,84 (ordito)	1,69 (trama)	
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE FISICHE				
Diametro nominale dei trefoli	mm	2,05 (ordito)		CNR-DT203/2006
		2,64 (trama)		
Sezione nominale dei trefoli	mmq	3,31 (ordito)		CNR-DT203/2006
		5,49 (trama)		
Area nominale fibre	mmq	1,814 (ordito)		CNR-DT200/2004
		1,831 (trama)		
Maglia della rete AxB	mm	38x38		
Temperatura limite di utilizzo	°C	53		ISO 11537-2:2013
Contenuto fibra	%	84 (peso)		ISO 1172
		68 (volume)		
Densità	g/cmc	2,68 (fibra)		ISO 1183-1:2004 (E)
		1,1 (resina)		ISO 1675
Temperatura di transizione vetrosa della resina T_g	°C	53		ISO 11537-2:2013
Temperatura limite di applicazione	°C	50		

webertec paraspigolo				
CARATTERISTICHE MECCANICHE	**Unità di misura**	**Valore**		**Metodo di prova Norma di riferimento**
Resistenza a trazione	MPa	990 (medio)	904 (caratteristico)	Linea Guida DCSLP n.292 del 29/05/2019
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE FISICHE				
Diametro nominale dei trefoli	mm	2,20 (ordito)		CNR-DT203/2006
		2,32 (trama)		
Sezione nominale dei trefoli	mmq	3,81 (ordito)		CNR-DT203/2006
		4,23 (trama)		
Area nominale fibre	mmq	1,85 (ordito)		CNR-DT200/2004
		1,85 (trama)		CNR-DT203/2006

L'utilizzatore è responsabile della verifica della idoneità dei prodotti descritti nel presente documento per l'utilizzo nel caso concreto. Saint-Gobain Italia S.p.A. non si assume alcuna responsabilità per utilizzo improprio del materiale. Il cliente è tenuto a verificare che i dati riportati nella presente scheda tecnica siano compatibili con il sistema o insieme di prodotti utilizzato e non siano superati e/o sostituiti da nuove formulazioni del prodotto. In caso di dubbio si invita il cliente a contattare preventivamente il nostro Ufficio Tecnico.

DATI TECNICI – SISTEMA webertec CRM/75

webertec paraspigolo			
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE FISICHE	**Unità di misura**	**Valore**	**Metodo di prova Norma di riferimento**
Maglia della rete AxB	mm	37,6 x 38,5	
Temperatura limite di utilizzo	°C	70	ISO 11537-2:2013
Contenuto fibra	%	70 (peso) 45 (volume)	ISO 1887:2014
Densità	g/cmc	2,68 (fibra) 1,07 (resina)	ISO 1183-1:2004 (E)
Temperatura di transizione vetrosa della resina T_g	°C	94	ISO 11537-2:2013
Temperatura limite di applicazione	°C	50	

webertec connettore VR				
CARATTERISTICHE MECCANICHE	**Unità di misura**	**Valore**		**Metodo di prova Norma di riferimento**
Resistenza a trazione	MPa	635 (medio)	601 (caratteristico)	Linea Guida DCSLP n.292 del 29/05/2019
Modulo elastico medio	GPa	28,45		
Deformazione a rottura caratteristico	%	1,98		
Lunghezza di ancoraggi, Lanc	mm	160		
Forza di estrazione dei connettori (valore medio), Fanc	KN	13,76 (pietrame) 12,26 (tufo) 21,34 (laterizio)		
Lunghezza di sopvrapposizione dei connettori lc	mm	100		
Carico di crisi della giunzione dei connettori Fc	KN	18,55		

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE FISICHE			
Diametro nominale	mm	6,6	CNR-DT203/2006
Sezione nominale	mmq	34,27	CNR-DT203/2006
Area nominale fibre	mmq	12	CNR-DT200/2004 CNR-DT203/2006
Temperatura limite di utilizzo	°C	70	ISO 11537-2:2013
Contenuto fibra	%	60 (peso) 30 (volume)	ISO 1887:2014
Densità	g/mc	2,68 (fibra) 1,07 (resina)	ISO 1183-1:2004 (E)
Temperatura di transizione vetrosa della resina T_g	°C	119	ISO 11537-2:2013
Temperatura limite di applicazione	°C	40	

L'utilizzatore è responsabile della verifica della idoneità dei prodotti descritti nel presente documento per l'utilizzo nel caso concreto. Saint-Gobain Italia S.p.A. non si assume alcuna responsabilità per utilizzo improprio del materiale. Il cliente è tenuto a verificare che i dati riportati nella presente scheda tecnica siano compatibili con il sistema o insieme di prodotti utilizzato e non siano superati e/o sostituiti da nuove formulazioni del prodotto. In caso di dubbio si invita il cliente a contattare preventivamente il nostro Ufficio Tecnico.

DATI TECNICI – SISTEMA webertec CFRP					
CLASSE 210C	**Unità di misura**	**webertec CFRP/320**	**webertec CFRP/420**	**webertec CFRP/620**	**webertec CFRP/380**
Massa del tessuto per unità di area	p_x [g/m^2]	300	400	600	380
Densità delle fibre	ρ_{fib} [g/cm^3]	1,78	1,78	1,78	1,8
Densità della resina	ρ_{fib} [g/cm^3]	1,1	1,1	1,05	1,1
Area equivalente (per ogni strato di tessuto)	A_{rt} [mm^2/m]	160	220	339	52 0°, -45°, 90°, -45°
Spessore equivalente (per strato di tessuto)	t_{eq} [mm]	0,16	0,22	0,339	0,052 0°, -45°, 90°, -45°
Resistenza del laminato riferita all'area netta fibre	f_{fib} [MPa] valore medio	3 strati: 3615 6 strati: 3797	3 strati: 3594 6 strati: 3463	3 strati: 3559 6 strati: 3478	3 strati: 4117 6 strati: 4345
Resistenza del laminato riferita all'area netta fibre	f_{fib} [MPa] valore caratteristico	3 strati: 3045 6 strati: 3599	3 strati: 3117 6 strati: 3116	3 strati: 3074 6 strati: 3091	3 strati: 3589,3 6 strati: 3539,8
Modulo elastico del laminato riferito all'area netta fibre	Ef [GPa] valore medio	3 strati: 348 6 strati: 340	3 strati: 330 6 strati: 329	3 strati: 316 6 strati: 314	3 strati: 372 6 strati: 368
Deformazione a rottura	ε_{fib} [%] valore medio	3 strati: 1,04 6 strati: 1,12	3 strati: 1,09 6 strati: 1,05	3 strati: 1,13 6 strati: 1,11	3 strati: 1,10 6 strati: 1,18
Temperature limiti, minimi e massima di utilizzo	°C	min -15/ max 48,5	min -15/ max 48,5	min -15/ max 47	min -15/ max 48,5
Temperature di transizione vetrosa Tg	°C	63,5	63,5	62	63,5
Frazione in peso delle fibre nel composito	%	3 strati: 55 6 strati: 55	3 strati: 55 6 strati: 55	3 strati: 55 6 strati: 55	3 strati: 55 6 strati: 55

L'utilizzatore è responsabile della verifica della idoneità dei prodotti descritti nel presente documento per l'utilizzo nel caso concreto. Saint-Gobain Italia S.p.A. non si assume alcuna responsabilità per utilizzo improprio del materiale. Il cliente è tenuto a verificare che i dati riportati nella presente scheda tecnica siano compatibili con il sistema o insieme di prodotti utilizzato e non siano superati e/o sostituiti da nuove formulazioni del prodotto. In caso di dubbio si invita il cliente a contattare preventivamente il nostro Ufficio Tecnico.

4. RIFERIMENTI NORMATIVI

Le normative di riferimento per le costruzioni in zona sismica sono:

- D.M. 17 gennaio 2018: “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- Circolare Esplicativa n° 7 del 21/01/2019: “Norme Tecniche per le Costruzioni – Circolare esplicativa”.
- D.M. n. 58 del 28/02/2017 “Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni nonché le modalità per l'attestazione, da parte di professionisti abilitati, dell'efficacia degli interventi effettuati, e disposizioni attuative del Sismabonus”
- D.M. n. 329 del 06/08/2020 - Modifica al D.M. 28 febbraio 2017, n. 58: “Sisma Bonus - Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni nonché le modalità per l’attestazione, da parte di professionisti abilitati, dell’efficacia degli interventi effettuati' (Superbonus 110%)”
- Ordinanza n. 44 del 15 dicembre 2017: “Criteri di indirizzo per la progettazione e la realizzazione degli interventi di riparazione e di rafforzamento locale degli edifici che, in conseguenza degli eventi sismici verificatesi a far data dal 24 agosto 2016, hanno subito danni lievi”
- DECRETO N.10 del 25/01/2016: “Protocollo di progettazione per gli interventi di ricostruzione post-sisma edifici privati in muratura”
- Circolare MIBACT n. 15 03/04/15: “Disposizioni in materia di tutela del patrimonio architettonico e di mitigazione del rischio sismico”.
- DIR. P.C.M. 12 OTTOBRE 2007: “Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni.”
- DPCS LL.PP. n. 293 del 29.5.2019: “Linee Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti”.
- D.P.C.S.LL.PP. n°1 del 08/01/2019: “Linee Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti”
- D.P.C.S.LL.PP. n.292 del 29.05.2019: “Linea Guida per la identificazione, la qualificazione e il controllo di accettazione dei sistemi a rete preformata in materiali compositi fibrorinforzati a matrice polimerica da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti con la tecnica dell’intonaco armato CRM (Composite Reinforced Mortar)”
- EAD 340275-00-0104 – Luglio 2020 “Externally-bonded composite system with inorganic matrix for strengthening of concrete and masonry structures”.
- CNR-DT 200 R1/2013 “Istruzioni per la Progettazione, l’Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l’utilizzo di Compositi Fibrorinforzati - Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie “- 15 maggio 2014.
- CNR-DT 215/2018 “Istruzioni per la Progettazione, l’Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l’utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica”
- D.M. 627 del 3 dicembre 2019 “La Linea Guida per la progettazione, l’esecuzione e la manutenzione di interventi di consolidamento strutturale mediante l’utilizzo di sistemi di rinforzo”.
- ReLUIS e Dipartimento Protezione Civile: “Linee guida per riparazione e rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni”.
- Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica
- Norme regionali

NOTE

Le informazioni contenute nel presente Documento Tecnico sono indicative, hanno carattere generale, e in alcuni casi si riferiscono a prove eseguite in laboratorio in presenza di particolari condizioni. La responsabilità del calcolo e di ogni altra scelta di carattere progettuale resta del Progettista incaricato, come regolamentato dalla normativa vigente in materia. I dati riferiti ai prodotti si riferiscono alla data di pubblicazione del presente Documento Tecnico. Saint-Gobain Italia S.p.A. si riserva il diritto di apportare in ogni momento, e senza preavviso, modifiche di qualsivoglia natura a uno o più prodotti, nonché di cessarne la produzione e declina qualsivoglia responsabilità qualora l'utilizzazione e la posa in opera dei prodotti Saint-Gobain Italia S.p.A. non abbia luogo secondo quanto riportato nella specifica documentazione degli stessi. Resta pertanto esclusiva responsabilità dell'utilizzatore confrontare questa pubblicazione e la specifica documentazione dei singoli prodotti. I valori dei dati tecnici riportati in questo documento sono indicativi e relativi a valori medi di produzione. Per tutte le applicazioni e le modalità di posa in opera non descritte in questo Documento Tecnico si consiglia di consultare il nostro Ufficio Tecnico. L'aggiornamento di tutte le informazioni, ed in particolare di quelle relative ai dati sulla sicurezza dei prodotti, è sempre e direttamente consultabile sui siti internet aziendali www.gyproc.it e www.it.weber.

Ed. marzo 2022

Saint-Gobain Italia S.p.A.
Via Giovanni Bensi, 8 - 20152 Milano
www.saint-gobain.it
sg-italia@saint-gobain.com