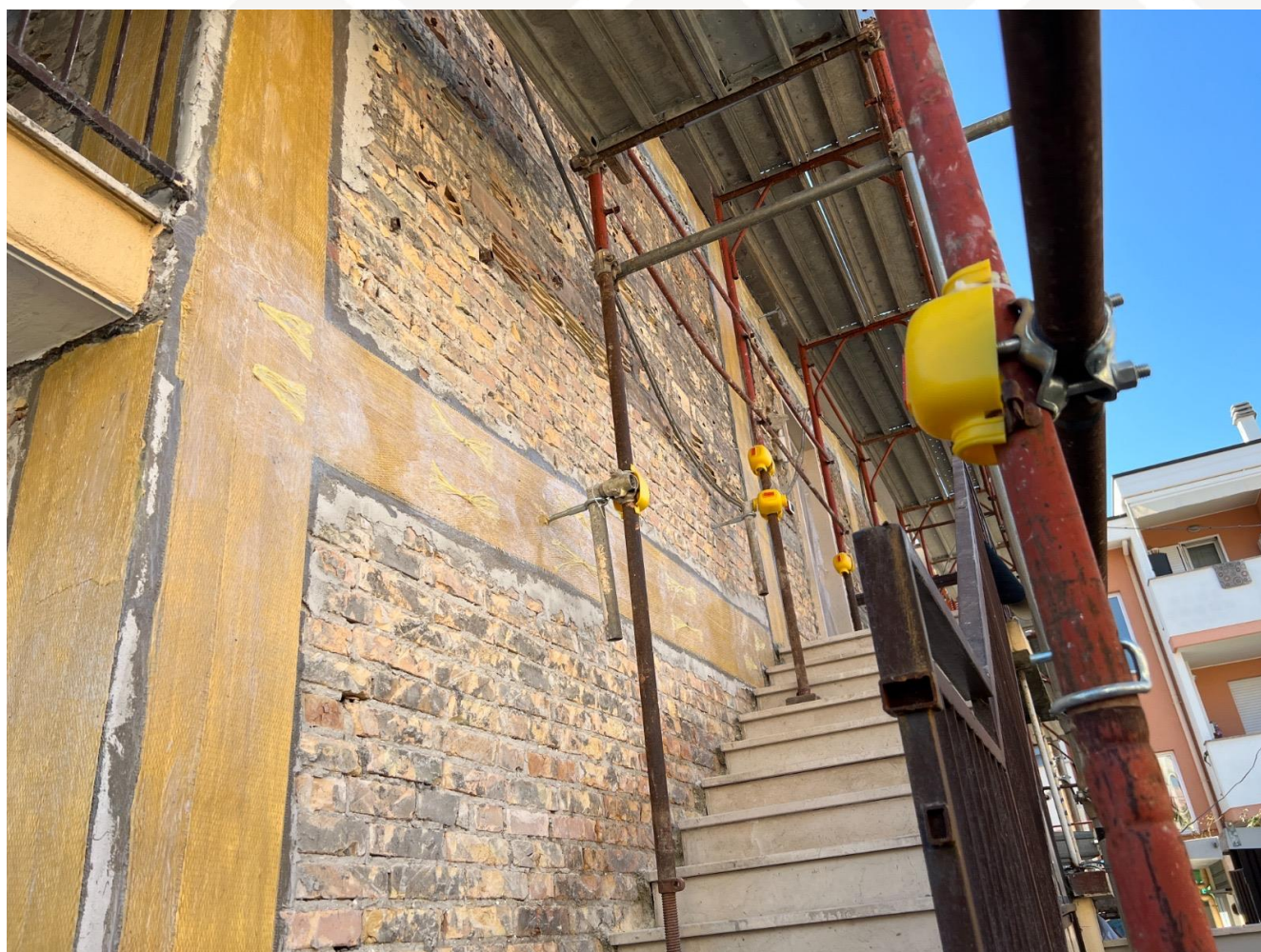


SISMABONUS 110% SU STRUTTURE IN MURATURA SOLO SUI PROSPETTI ESTERNI – SISTEMI FRP, FRCM e CRM - COME SCEGLIERE IL SISTEMA MIGLIORE PER OGNI PROGETTO

I SISTEMI FRP, FRCM E CRM

Nell'ambito dei progetti di miglioramento sismico **SISMABONUS 110%** di edifici esistenti in muratura, vengono sempre più utilizzati i sistemi di consolidamento strutturale con materiali compositi FRP, FRCM e CRM. Questi tre sistemi di consolidamento strutturale sono caratterizzati da specifiche proprietà meccaniche, di resistenza al fuoco e di traspirabilità che li rendono utilizzabili nella quasi totalità degli interventi strutturali. È però necessario conoscere le caratteristiche di ognuno dei tre sistemi sopra riportati, al fine di garantire le caratteristiche richieste al sistema di consolidamento progettato.



SISMABONUS 110% - METODO SEMPLIFICATO SUGLI EDIFICI IN MURATURA

Come specificato nell'Allegato A alle "Linee Guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni" del 2017, con il nuovo Sisma Bonus, per gli edifici in muratura è possibile ottenere il passaggio alla Classe di Rischio immediatamente superiore, eseguendo interventi locali di rafforzamento.

LE LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DELLE COSTRUZIONI

Le “Linee Guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni” forniscono gli strumenti operativi per la classificazione del Rischio Sismico delle costruzioni.

Il documento definisce otto Classi di Rischio, con rischio crescente dalla lettera A+ alla lettera G. La determinazione della classe di appartenenza di un edificio può essere condotta secondo due metodi, tra loro alternativi, l’uno convenzionale e l’altro **semplificato**.



Il metodo semplificato, che si basa su una classificazione macrosismica dell'edificio, è indicato per una valutazione speditiva della Classe di Rischio degli edifici in muratura e può essere utilizzato sia per una valutazione preliminare della classe di rischio dello stato di fatto, sia per valutare la classe di rischio post intervento in relazione all’adozione di interventi di consolidamento strutturale di tipo locale. Questo è possibile tramite le tabelle indicate **nell’allegato A alle linee guida**.

L’allegato A alle “Linee Guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni” DM 64 del 7 marzo 2017, specifica che

*“Nel caso di valutazioni finalizzate all’esecuzione di interventi sugli edifici volti alla riduzione del rischio, è consentito l’impiego del metodo semplificato, nei soli casi in cui si adottino **interventi di rafforzamento locale**; in tal caso è ammesso il passaggio di una sola Classe di Rischio.....L’entità degli interventi deve essere tale da non produrre sostanziali modifiche al comportamento della struttura nel suo insieme e da consentire quindi l’inquadramento come **interventi locali**, con riferimento alle murature.”*

Tipologia di struttura		Classe di vulnerabilità					
		V ₆ (≡A _{EMS})	V ₅ (≡B _{EMS})	V ₄ (≡C _{EMS})	V ₃ (≡D _{EMS})	V ₂ (≡E _{EMS})	V ₁ (≡F _{EMS})
MURATURA	Muratura di pietra senza legante (a secco)	○					
	Muratura di mattoni di terra cruda (adobe)	○—					
	Muratura di pietra sbazzata	—○					
	Muratura di pietra massiccia per costruzioni monumentali	—○—					
	Muratura di mattoni e pietra lavorata	—○—					
	Muratura di mattoni e solai di rigidità elevata	—○—					
	Muratura rinforzata e/o confinata	—○—					

Interventi di questo tipo rientrano nella tipologia degli INTERVENTI LOCALI O RIPARAZIONE come specificato al par. C8.4.1 della Circolare 07/2019.

Una volta valutata la classe media di vulnerabilità globale dell'edificio ante operam, le linee guida riportano gli interventi locali necessari per lo scatto alla classe successiva. L'entità degli interventi deve essere tale da non produrre sostanziali modifiche al comportamento della struttura nel suo insieme e da consentire quindi l'inquadramento come **interventi locali**.

Dato che il concetto del Sismabonus è quello di intervenire sul patrimonio edilizio esistente, è prioritario garantire il minor livello di disturbo ai residenti degli edifici interessati dagli interventi. Preso atto di ciò, la **OLYMPUS** si propone di privilegiare gli **interventi sulle facciate esterne degli edifici** non solo per diminuire il disagio ai residenti, ma anche per poter agevolare le eventuali lavorazioni incentivate dagli Ecobonus che risulterebbero meno dispendiose (es. utilizzo dei ponteggi per entrambe le lavorazioni).

TIPOLOGIA STRUTTURALE	INTERVENTI DI RAFFORZAMENTO LOCALE	FINALITÀ DELL'INTERVENTO	PASSAGGIO DI CLASSE DI VULNERABILITÀ*
INERTI/MAGLIA MURARIA			
mattoni o pietra lavorata	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE <ul style="list-style-type: none"> Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate Messa in sicurezza di elementi non strutturali 	<ul style="list-style-type: none"> Perseguire un comportamento "regolare" e "scatolare".^[19] Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali 	da V ₄ a V ₃
mattoni + solai di elevata rigidità nel proprio piano	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE <ul style="list-style-type: none"> Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate Eliminazione delle spinte a vuoto Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) Stabilizzazione del paramento interno dei pannelli murari con camera d'aria INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni) 	<ul style="list-style-type: none"> Perseguire un comportamento "regolare" e "scatolare".^[20] Garantire un'adeguata ridistribuzione dell'azione orizzontale tra i pannelli murari Posticipare i meccanismi locali e/o fuori del piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali 	da V ₃ a V ₄
	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE <ul style="list-style-type: none"> Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate Messa in sicurezza di elementi non strutturali 	<ul style="list-style-type: none"> Perseguire un comportamento regolare della struttura.^[21] Minimizzare il danno agli elementi non strutturali 	da V ₄ a V ₃
rinforzata e/o confinata	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE <ul style="list-style-type: none"> Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate Stabilizzazione fuori piano delle pareti di elevate dimensioni (larghezza e altezza) INTERVENTI AUSPICATI MA NON OBBLIGATORI Riduzione delle aperture di elevate dimensioni (soprattutto se intervallate da maschi di ridotte dimensioni) 	<ul style="list-style-type: none"> Perseguire un comportamento regolare della struttura.^[22] Posticipare l'attivazione dei meccanismi locali e/o fuori piano, rispetto all'attivazione dei meccanismi globali 	da V ₄ a V ₃
	ESECUZIONE DEI SEGUENTI INTERVENTI SULL'INTERA UNITÀ STRUTTURALE <ul style="list-style-type: none"> Ripristino delle zone danneggiate e/o degradate Messa in sicurezza di elementi non strutturali 	<ul style="list-style-type: none"> Perseguire un comportamento regolare della struttura.^[23] Ridurre al minimo il rischio di danno agli elementi non strutturali 	da V ₄ a V ₃

Tabella 6 – Approccio semplificato per gli interventi sulle costruzioni di muratura - interventi locali necessari per ridurre la vulnerabilità di una sola classe.

INTERVENTI LOCALI AI SENSI DELLE NTC 2018

Gli interventi sugli edifici esistenti sono classificati in 3 tipologie (§8.4):

- Intervento di Riparazione o Locale (§8.4.1);
- Intervento di Miglioramento (§8.4.2);
- Intervento di Adeguamento (§8.4.3).

Le NTC 18, al par. 8.4.1 descrivono la “Riparazione o Intervento Locale”, affermando che **“gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura e interesseranno porzioni limitate della costruzione. Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferite alle sole parti e/o elementi interessati e documentare che, rispetto alla configurazione precedente al danno, non siano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti. La relazione di cui al par. 8.2, che in questi casi potrà essere limitata alle sole parti interessate dall'intervento ed a quelle con esse interagenti, dovrà documentare le carenze strutturali riscontrate, risolte...”**

La Circolare 7/2019 al par. C8.4.1 precisa che **“rientrano in questa tipologia tutti gli interventi di riparazione, rafforzamento o sostituzione di singoli elementi strutturali (travi, architravi, porzioni di solaio, pilastri, pannelli murari) o parti di essi, non adeguati alla funzione strutturale che debbono svolgere, a condizione che l'intervento non cambi significativamente il comportamento globale della struttura, soprattutto ai fini della resistenza alle azioni sismiche, a causa di una variazione non trascurabile di rigidità o di peso.**

GLI INTERVENTI PROPOSTI CON I SISTEMI OLYMPUS

In linea con le Linee Guida, OLYMPUS propone una serie di interventi di miglioramento sismico la cui entità è tale da **“non produrre sostanziali modifiche al comportamento della struttura nel suo insieme e da consentire quindi l'inquadramento come *interventi locali*”**.

Gli interventi sugli elementi in muratura saranno:

- Rinforzo dei pannelli murari sul prospetto esterno dell'edificio con sistemi di consolidamento **FRCM O CRM della linea OLYMPUS STONE;**
- Rinforzo dei pannelli murari con fasciatura sommitale realizzata con tessuti in fibra di aramide FRP - **OLY TEX ARAMIDE 400 UNI AX HM;**
- Cucitura dei maschi murari con barre elicoidali in acciaio inox AISI 316 – **OLY CHAIN 316 -12;**
- Interventi di cuciture su eventuali murature danneggiate;
- Ristilatura dei correnti di malta;
- Ristilatura armata dei correnti di malta;



Interventi di questo tipo rientrano nella tipologia degli **INTERVENTI LOCALI O RIPARAZIONE** come specificato al par. C8.4.1 della Circolare 07/2019.

L'allegato A alle "Linee Guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni" DM 64 del 7 marzo 2017, specifica che *"Nel caso di valutazioni finalizzate all'esecuzione di interventi sugli edifici volti alla riduzione del rischio, è consentito l'impiego del metodo semplificato, nei soli casi in cui si adottino **interventi di rafforzamento locale**; in tal caso è ammesso il passaggio di una sola Classe di Rischio.....L'entità degli interventi deve essere tale da non produrre sostanziali modifiche al comportamento della struttura nel suo insieme e da consentire quindi l'inquadramento come **interventi locali**, con riferimento alle murature."*

CERCHIATURA DEGLI EDIFICI IN MURATURA CON TESSUTI IN FIBRA DI ARAMIDE AFRP

Le cerchiature dei fabbricati rendono possibile il comportamento scatolare e monolitico degli stessi, eliminando anche gli schemi di ribaltamento semplice fuori dal piano. La proposta della **OLYMPUS** è quella di utilizzare tessuti unidirezionali in fibra di aramide impregnati in sito.

Al fine di eliminazione le spinte orizzontali non contrastate ed in particolare il **ribaltamento semplice** nel pannello murario determinata dalle azioni sismiche orizzontali si suggerisce l'applicazione di fasce in fibra di aramide **OLY TEX ARAMIDE 400 UNI AX HM** applicate sull'esterno dell'edificio alla sommità dei pannelli murari.

L'utilizzo di sistemi fibra di aramide **OLY TEX ARAMIDE 400 UNI AX HM** ha numerosi vantaggi:

- Resistenza alla fiamma;
- Resistenza alle alte temperature;
- Resistenza a taglio;
- Resistenza all'impatto;
- Alta tenacità;
- Capacità di assorbimento delle vibrazioni;
- Buona inerzia chimica ed elettromagnetica;
- Basso peso specifico;
- Bassa conduttività;
- Limitato impatto estetico;
- Buona resistenza all'abrasione
- Elevata resistenza e modulo elastico.

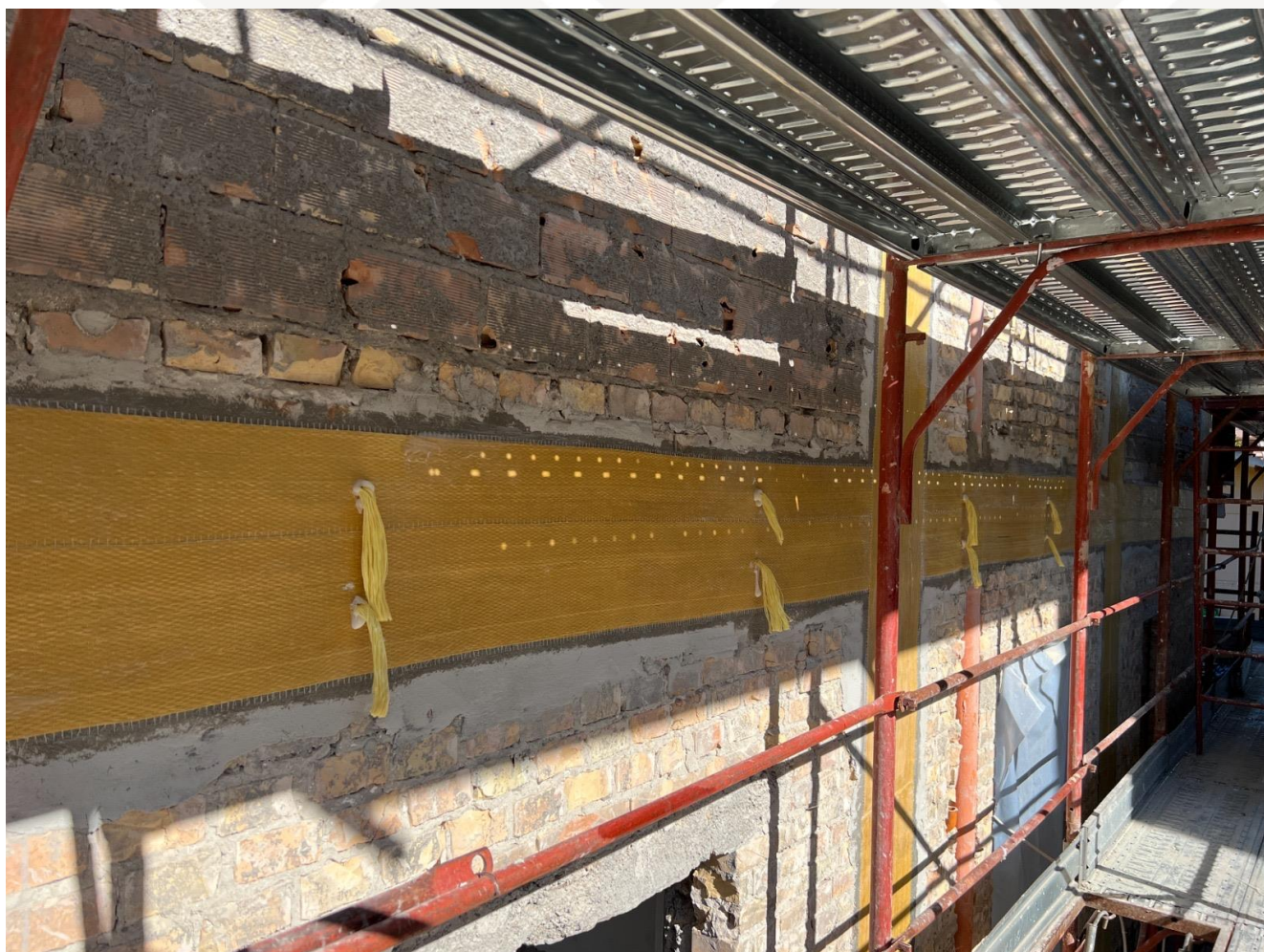
VERIFICA PER RIBALTAMENTO SEMPLICE

Il meccanismo consiste nel ribaltamento intorno ad una cerniera cilindrica che si crea alla base del pannello murario per effetto della limitata resistenza a trazione della muratura. Benché la cerniera abbia

una dimensione finita, corrispondente alla larghezza della muratura compressa, si può assumere, in prima approssimazione, che essa sia posizionata al filo esterno del pannello murario.

Il collasso per ribaltamento può interessare pareti non ammortate ad altre pareti ad esse ortogonali o anche pareti non trattenute in sommità. Il meccanismo dipende da vari fattori, quali le condizioni di vincolo, la snellezza della parete e le dimensioni della sezione muraria. Un possibile intervento con rinforzi di FRP consiste nell'inserimento di uno o più elementi orizzontali, incollati alla sommità della faccia esterna della parete, risvoltati su quelle delle pareti ortogonali di estremità e ad esse ad ancorati.

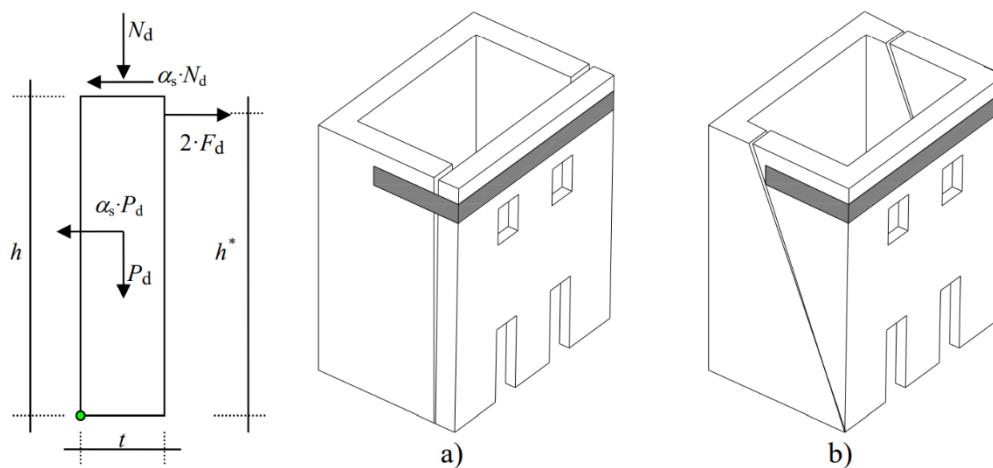
Nel caso in cui nelle pareti ortogonali siano presenti lesene la soluzione di sagomare il rinforzo FRP secondo il profilo della lesena può mobilitare elevate tensioni di trazione nel supporto con conseguente pericolo di distacco. È perciò consigliato il ricorso a opportuni provvedimenti quali ad esempio l'adozione di dispositivi di ancoraggio meccanico. I maggiori benefici e la maggiore efficacia dell'intervento nei riguardi del ribaltamento semplice si conseguono cercando completamente, quando possibile, la fabbrica muraria. Particolare cura va posta nell'arrotondamento degli spigoli al fine di ridurre le concentrazioni di tensioni che qui si mobilitano.



Si considera il caso di un pannello murario soggetto alle seguenti azioni (valori di progetto):

- P_d peso proprio del pannello,
- N_d sforzo normale agente sulla sommità del pannello,
- α_s rapporto tra l'intensità dei carichi orizzontali e quella dei carichi verticali,
- F_d sforzo nel rinforzo di FRP.

Si potrebbe tenere conto di ulteriori forze agenti in sommità e derivanti, ad esempio, dall'eventuale spinta del solaio di copertura.



Schema di calcolo per il meccanismo di collasso di ribaltamento semplice.

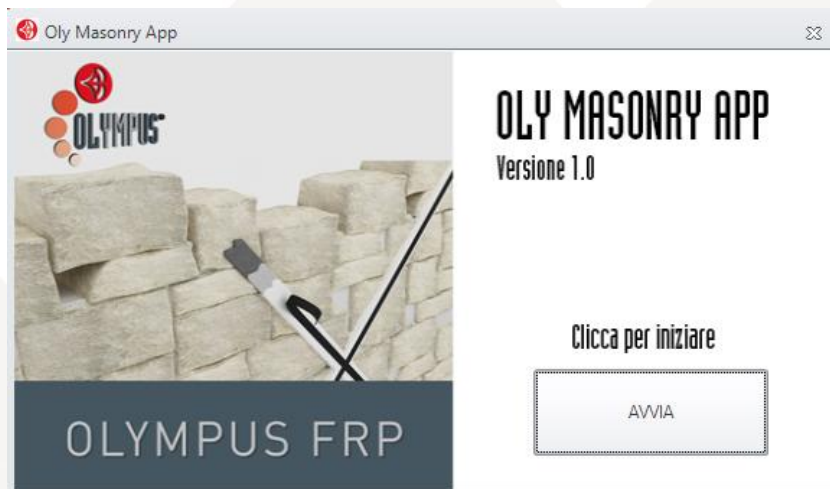
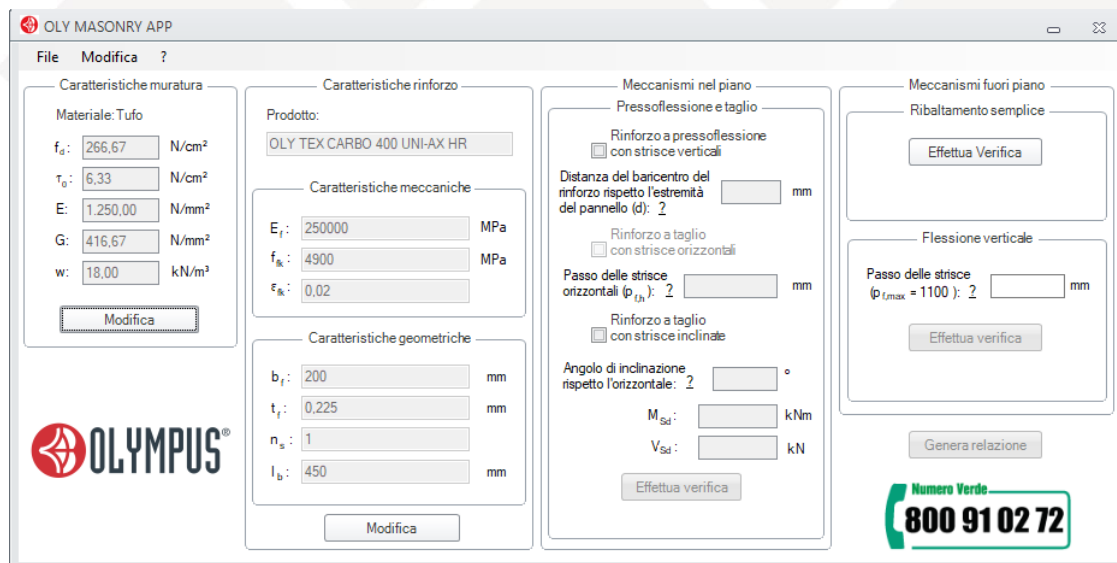
Con riferimento al meccanismo a) proposto in figura, assumendo cioè che siano trascurabili le azioni di vincolo di eventuali solai e di muri ortogonali, l'intensità della forza di trazione nel rinforzo si determina mediante l'equazione di equilibrio alla rotazione intorno al piede del pannello:

$$F_d = \frac{1}{2 \cdot h^*} \cdot \left[\alpha_s \cdot \left(P_d \cdot \frac{h}{2} + N_d \cdot h \right) - (P_d + N_d) \cdot t \right]$$

avendo indicato con h^* la distanza d'applicazione del composito di FRP dal piede del pannello. Per prevenire il ribaltamento semplice del pannello murario è necessario effettuare le seguenti verifiche:

- Verifica a trazione del rinforzo di FRP. Indicando con A_f l'area del rinforzo di FRP e con $f_{fd} = E_f \cdot \varepsilon_{fd}$ la corrispondente tensione di rottura di progetto, la massima forza esplicabile è $F_{Rd} = A_f \cdot f_{fd}$, per cui la verifica è soddisfatta se risulta:

Tale verifica viene quindi condotta su tutti i pannelli murari esterni che costituiscono il fabbricato con il software di calcolo **OLY MASONRY APP** scaricabile gratuitamente all'indirizzo <https://www.olympus-italia.com/downloads/>

OLY MASONRY APP

File Modifica ?

Caratteristiche muratura

Materiale: Tufo

f_d : 266,67 N/cm²

τ_0 : 6,33 N/cm²

E : 1.250,00 N/mm²

G : 416,67 N/mm²

w : 18,00 kN/m³

Modifica

Caratteristiche rinforzo

Prodotto: OLY TEX CARBO 400 UNI-AX HR

Caratteristiche meccaniche

E_f : 250000 MPa

f_k : 4900 MPa

ϵ_k : 0,02

Caratteristiche geometriche

b_f : 200 mm

t_f : 0,225 mm

n_s : 1

l_b : 450 mm

Modifica

Meccanismi nel piano

Pressoflessione e taglio

Rinforzo a pressoflessione con strisce verticali

Distanza del baricentro del rinforzo rispetto all'estremità del pannello (d): 2 mm

Rinforzo a taglio con strisce orizzontali

Passo delle strisce orizzontali (ρ_{rh}): 2 mm

Rinforzo a taglio con strisce inclinate

Angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale: 2 °

M_{Sd} : kNm

V_{Sd} : kN

Effettua verifica

Meccanismi fuori piano

Ribaltamento semplice

Effettua Verifica

Flessione verticale

Passo delle strisce ($\rho_{rmax} = 1100$): 2 mm

Effettua verifica

Genera relazione

Numero Verde
800 91 02 72

Verifica a ribaltamento semplice – Esito verifiche

L'esito delle verifiche per quanto attiene ai meccanismi di ribaltamento viene condotto sia in termini di sforzo massimo di trazione all'interno del composito, sia di verifica al distacco nei confronti della delaminazione. La verifica a ribaltamento si ritiene soddisfatta se entrambe le disuguaglianze sono soddisfatte:

Verifiche

Verifica a trazione del rinforzo

F_{Rd} : 43,5 kN

F_{Sd} : 24,6 kN

$F_{Rd} > F_{Sd}$

VERIFICA SODDISFATTA

Verifica al distacco del rinforzo dalle pareti ortogonali

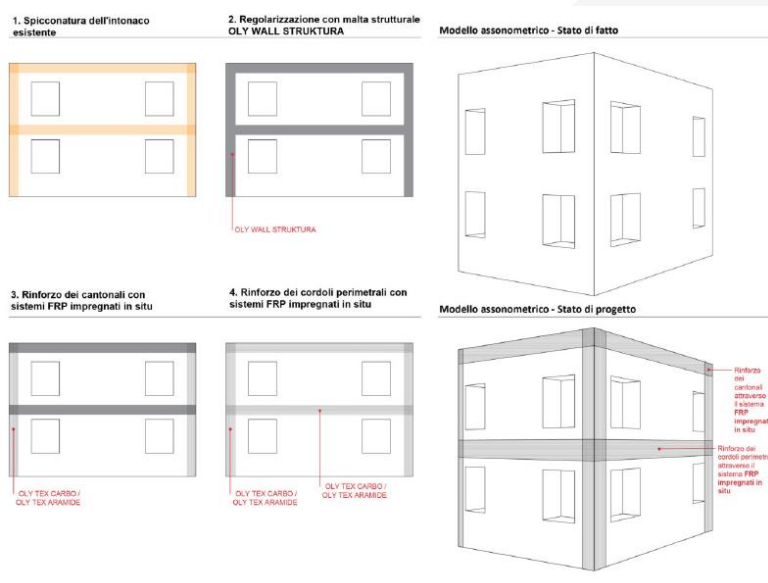
F_{Pd} : 29,0 kN

F_{Sd} : 24,6 kN

$F_{Rd} > F_{Sd}$

VERIFICA SODDISFATTA

Le verifiche risultano soddisfatte andando a realizzare una cerchiatura di piano mediante nastri in AFRP del tipo OLY TEX ARAMIDE 400 UNI-AX HM dotato di Certificato di Valutazione Tecnica.



Al fine di contrastare il fenomeno della delaminazione, vengono inoltre posizionati dei **connettori realizzati con tessuto in fibra di aramide OLY TEX ARAMIDE 400 UNI-AX HM in possesso di CVT rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale**. Tali connettori saranno inseriti per circa i 2/3 dello spessore della muratura e con passo pari a 50 cm.

INTERVENTI ATTI AD ELIMINARE LE SPINTE ORIZZONTALI NON CONTRASTATE

Verifica a pressoflessione fuori dal piano

I rinforzi con FRCM possono essere utilizzati per migliorare la resistenza dei pannelli murari alle azioni fuori dal piano, tipicamente nel caso di azioni di tipo sismico. Con riferimento ad una striscia di muratura di larghezza unitaria (sviluppo lineare) la verifica a flessione dell'elemento rinforzato, sia in direzione verticale (tipicamente) che orizzontale, è soddisfatta se risulta soddisfatta la seguente relazione:

$$M_{sd} \leq M_{Rd}$$

essendo però M_{sd} e M_{Rd} rispettivamente i momenti specifici di calcolo, sollecitante e resistente, riferiti cioè alla striscia di lunghezza unitaria. Il valore del momento resistente specifico, M_{Rd} , della sezione di muratura rinforzata è esprimibile in funzione delle caratteristiche meccaniche della muratura e del composito FRCM, dello spessore t , della parete, del valore del concomitante sforzo normale specifico di calcolo, associato a M_{sd} . Il pannello soggetto ad azioni sismiche fuori dal piano presenta tipicamente momento



massimo al centro del pannello e sollecitazioni trascurabili alle estremità. In questo caso, pertanto, la modalità di crisi da distacco dall'estremità non si instaura e la deformazione massima che può raggiungere il rinforzo è significativamente superiore. Il momento resistente specifico, M_{Rd} , può essere calcolato attraverso la relazione seguente:

$$M_{Rd} = M_{0d} + 0,5 \cdot (M_{ld} - M_{0d})$$

Essendo M_{0d} il momento specifico di progetto della parete muraria non rinforzata ed M_{ld} quello della parete rinforzata. Deve essere inoltre verificato che il valore del taglio sollecitante specifico V_{sd} , nella concomitante condizione di carico, non ecceda in alcuna sezione quello resistente:

$$V_{Rd,m} = 1 \cdot y_n \cdot f_{vd}$$

essendo f_{vd} la resistenza di progetto a taglio della muratura non rinforzata, valutata in accordo con la Normativa vigente, in funzione della tensione normale media calcolata come rapporto tra il risultante degli sforzi di compressione e l'area della superficie compresa tra l'estremo lembo compresso e l'asse neutro y_n . Il contributo flessionale del rinforzo FRCM è tenuto in conto moltiplicando la deformazione di progetto, ε_{fd} , per il modulo di rigidezza E_f , non tenendo conto del contributo del composito FRCM compresso. Deve essere altresì effettuata la verifica del rinforzo nei confronti del distacco di estremità. Quest'ultima si ritiene soddisfatta se, in assenza di opportuni dispositivi meccanici, la tensione di trazione, che sollecita il rinforzo ad una distanza dagli estremi del rinforzo pari a quella di ancoraggio, non è maggiore di $E_f \cdot \varepsilon_{fd}$, non avendo amplificato in alcun modo la deformazione $\varepsilon_{lim,conv}$, da cui è ricavata la ε_{fd} .

Calcolo momento resistente per la parete non rinforzata

$$\text{In sommità: } M_{0d,top} = N_{sd,top} \cdot \left(\frac{t}{2} - \beta \frac{y_n}{2} \right)$$

$$\text{Alla base: } M_{0d,top} = N_{sd,base} \cdot \left(\frac{t}{2} - \beta \frac{y_n}{2} \right)$$

Calcolo momento resistente per la parete rinforzata

$$\text{In sommità: } M_{ld,top} = F_{m,top} \cdot \left(\frac{t}{2} - 0,7 \cdot \frac{y_n}{2} \right) + F_{t,top} \frac{t}{2}$$

$$\text{Alla base: } M_{ld,base} = F_{m,base} \cdot \left(\frac{t}{2} - 0,7 \cdot \frac{y_n}{2} \right) + F_{t,base} \frac{t}{2}$$

Pertanto si ha:

$$\text{In sommità: } M_{Rd,top} = M_{0d,top} + 0,5(M_{ld,top} - M_{0d,top})$$

$$\text{Alla base: } M_{Rd,base} = M_{0d,base} + 0,5(M_{ld,base} - M_{0d,base})$$

Il momento sollecitante risulta pari a:

$$\text{In sommità: } M_{sd,top}$$

$$\text{Alla base: } M_{sd,base}$$

Ai fini della verifica devono essere soddisfatte le seguenti disuguaglianze:

$$M_{sd,top} \leq M_{Rd,top}$$
$$M_{sd,base} \leq M_{Rd,base}$$

Deve essere inoltre verificato che il valore del taglio sollecitante specifico, V_{sd} , nella concomitante condizione di carico, non eccede in alcuna sezione quello resistente. Pertanto, si ha:

In sommità: $V_{Rd,m,top} = \gamma_{n,top} \cdot f_{vd}$

Alla base: $V_{Rd,m,base} = \gamma_{n,base} \cdot f_{vd}$

Il valore massimo del taglio sollecitante specifico risulta pari a:

$$V_{sd}$$

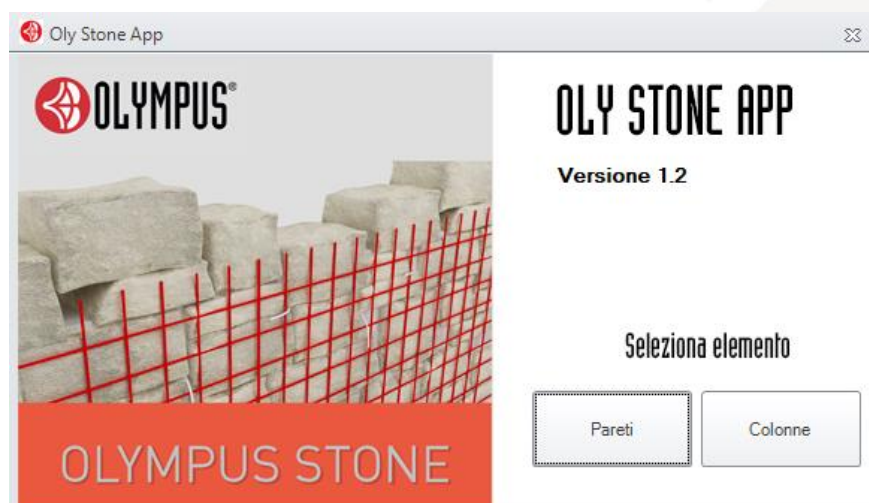
Ai fini della verifica a taglio devono essere soddisfatte entrambe le seguenti disuguaglianze:

$$V_{sd} \leq V_{Rd,m,top}$$
$$V_{sd} \leq V_{Rd,m,base}$$

Deve essere altresì effettuata la verifica del rinforzo nei confronti del distacco di estremità. Questa si ritiene soddisfatta in vista dell'utilizzo di connettori tipo OLY CHAIN.

Per effettuare le verifiche dei pannelli murari rinforzati con sistemi FRCM costituiti da reti in fibra di vetro della linea **OLYMPUS STONE** è possibile utilizzare il **software gratuito OLYMPUS STONE** scaricabile all'indirizzo <https://www.olympus-italia.com/downloads/>

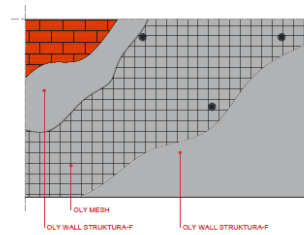
Le verifiche vengono realizzate applicando il rinforzo FRCM **OLY MESH GLASS 320** conforme alle LG-FRCM:2019 costituito da:



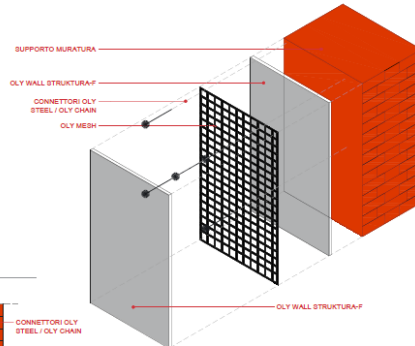
- Rete preformata in fibra di vetro AR tipo **OLY MESH GLASS 320**;
- Malta strutturale a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 classe M15 tipo **OLY WALL STRUKTURA-F**;
- Connettori elicoidali in acciaio inox AISI 316 tipo **OLY CHAIN 316-12**

DETTAGLI COSTRUTTIVI

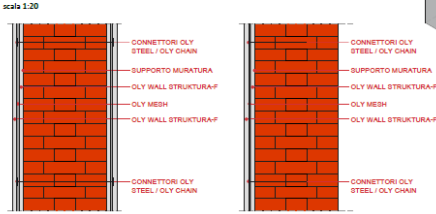
Prospetto - stratigrafia
scala 1:20



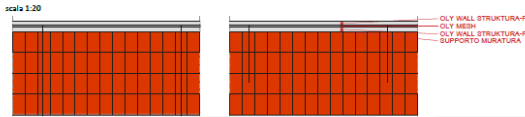
Modello assonometrico



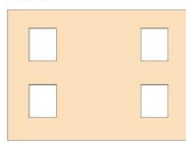
Sezioni
scala 1:20



Piante
scala 1:20



1. Spicconatura dell'intonaco esistente

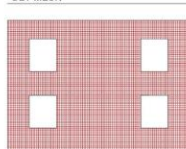


2. Primo strato di malta strutturale OLY WALL STRUKTURA F*

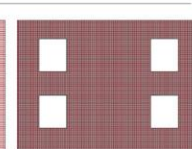


*In caso di forti irregolarità della muratura, effettuare una prima regolarizzazione con malta OLY WALL STRUKTURA.

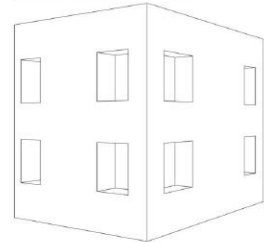
3. Rinforzo diffuso del massiccio murario con sistemi FRCM OLYMPUS-STONE OLY MESH



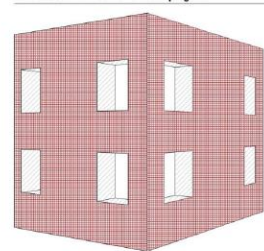
4. Rasatura finale con OLY WALL STRUKTURA-F



Modello assonometrico - Stato di fatto

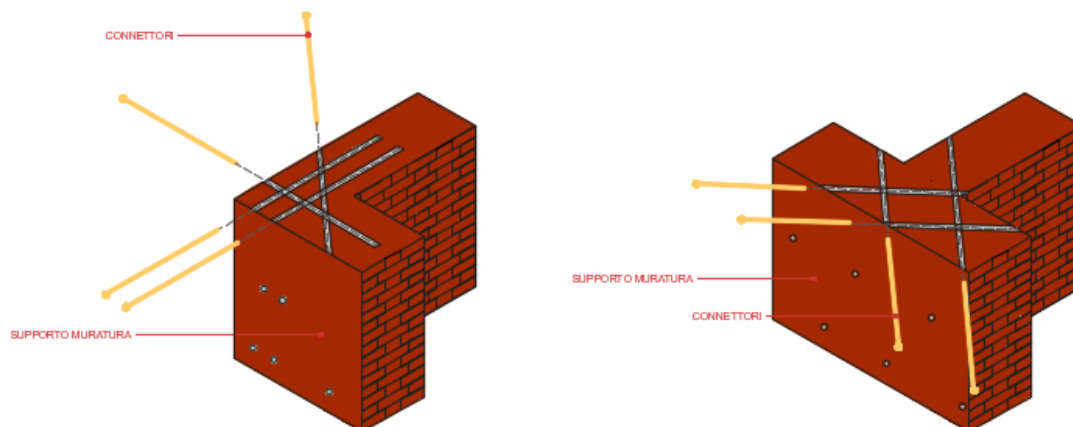


Modello assonometrico - Stato di progetto



CUCITURA DEGLI INCROCI MURARI

Al fine di migliorare il collegamento tra murature trasversali si procederà ad effettuare delle cuciture con **barre elicoidali in acciaio inox AISI 316** con passo di circa 1 m lungo lo sviluppo in altezza del fabbricato. Le barre da utilizzare saranno in diametro 12 mm tipo **OLY CHAIN 316-12** e disposte secondo lo schema sotto riportato:



GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE CON FRP

Gli interventi di consolidamento strutturale di edifici esistenti con sistemi FRP sono normati dal documento tecnico del CNR DT 200 R1 2013, dalle Linee Guida emanate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e dalle NTC 2018.

Negli ultimi anni, a valle dell'evoluzione nel settore e dei crescenti sviluppi in termini di sperimentazione e applicazioni dei sistemi FRP, sono stati pubblicati numerosi aggiornamenti delle istruzioni sopracitate.



Nel 2015 il CSLP ha emanato le “Linee Guida per la Qualificazione ed il Controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti” che hanno consentito la certificazione CVT dei sistemi di consolidamento FRP, licenziata con parere favorevole n.115/2013 del 19 febbraio 2015 dalla Prima Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici che è stata aggiornata nel maggio 2019.

IL SISMABONUS SU STRUTTURE IN MURATURA SOLO DALL'ESTERNO CON LA FIBRA DI ARAMIDE

Il crescente interesse nell'applicazione del miglioramento sismico di edifici in c.a. con l'utilizzo dei benefici del **SISMABONUS 110%** trova la sua **massima applicabilità** nei progetti realizzati mediante l'utilizzo di **sistemi di consolidamento FRP ed FRCM** che si configurano come **interventi locali, di cui al p.to 8.4 del DM 17 gennaio 2018 e che sono realizzabili solo sull'involucro esterno degli edifici senza dover intervenire all'interno delle abitazioni.**



Come indicato anche dalla commissione di monitoraggio del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici gli **interventi locali** proposti per il miglioramento sismico, di cui al p.to 8.4 del DM 17 gennaio 2018, **rientrano a pieno titolo tra quelli disciplinati dal richiamato art. 16 bis, comma 1, lett. i) del DPR 917/1986 e, pertanto, siano conformi al comma 4 dell'art. 119 del decreto legge 34/2020.**

Il sistema proposto consente quindi lo sfruttamento del bonus energetico e del bonus sismico senza dover effettuare lavorazioni all'interno delle singole unità

Vantaggi dei sistemi di consolidamento FRP

- ✓ **Rapidità di applicazione**
- ✓ **Elevata resistenza e rigidità**
- ✓ **Elevato potere di adesione al supporto**
- ✓ **Assenza di variazioni di peso e geometria della struttura**
- ✓ **Assenza di variazioni di massa e rigidità degli elementi strutturali**



GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE CON SISTEMI OLYMPUS FRCM E CRM

Negli ultimi anni la ricerca accademica e scientifica a livello nazionale ed internazionale ha permesso la sperimentazione e lo sviluppo di materiali compositi a matrice inorganica conosciuti con gli acronimi FRCM e CRM. I nuovi materiali compositi sono oggetto di specifici documenti tecnici emanati dal CNR e delle Linee Guida del CSLPP.

I compositi FRCM sono utilizzabili per realizzare “sistemi di rinforzo” esterni di strutture esistenti in muratura o in conglomerato cementizio armato.

Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con apposito decreto, n. 627 del 3 dicembre 2019, ha approvato le “Linee guida per la progettazione, l’esecuzione e la manutenzione di interventi di consolidamento strutturale mediante l’utilizzo di sistemi di rinforzo FRCM.”

Prosegue, quindi, l’attività normativa del Consiglio Superiore dei LL.PP. in linea con quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni; attività, come noto, finalizzata ad una sempre migliore garanzia della qualità e della sicurezza delle opere e delle infrastrutture, sia pubbliche che private, della prevenzione del rischio sismico e della valutazione e messa in sicurezza del patrimonio costruito esistente.

Le nuove linee guida recepiscono i risultati cui è pervenuto il Gruppo di studio insediato dalla Commissione CNR per la predisposizione e l’analisi di norme tecniche relative alle costruzioni, in collaborazione con il Gruppo di lavoro istituito presso il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che ha predisposto precedentemente le “Linee Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica (FRCM)”.

Per quanto non trattato nelle sopracitate linee guida, è tuttavia possibile utilizzare il documento 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”.

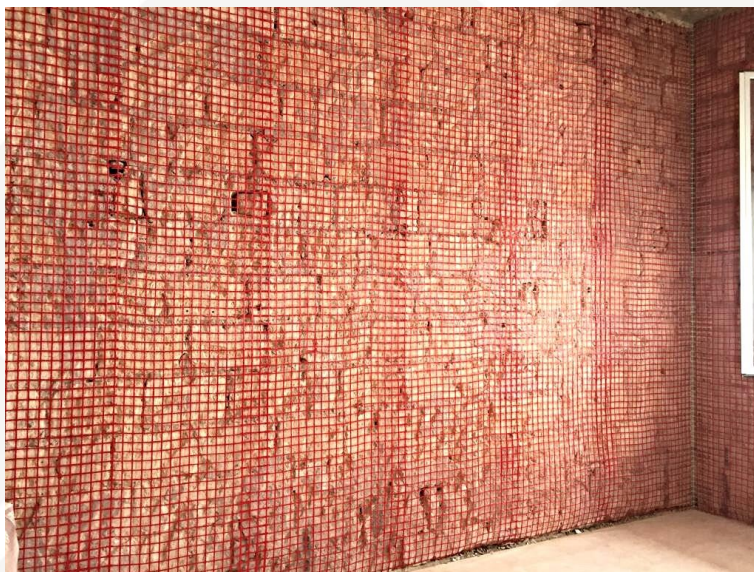
Linea guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione dei sistemi CRM

Il CSLLPP nel maggio 2019 ha pubblicato la “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).”

La sopracitata Linea Guida fornisce le procedure per l’identificazione, la qualificazione ed il controllo di “sistemi di rinforzo” costituiti da reti in composito fibrorinforzate a matrice polimerica (FRP - Fiber Reinforced Polymer), da applicare sulle superfici degli elementi strutturali per il consolidamento degli stessi con malte cementizie e/o di calce, ovvero mediante la tecnica dell’intonaco armato di tipo CRM (Composite Reinforced Mortar).

Vantaggi dei sistemi di consolidamento FRCM

- ✓ **Rapidità di applicazione**
- ✓ **Elevata resistenza e rigidità**
- ✓ **Traspirabilità del sistema di consolidamento**
- ✓ **Resistenza alle alte temperature**
- ✓ **Assenza di variazioni di peso e geometria della struttura**
- ✓ **Assenza di variazioni di massa e rigidità degli elementi strutturali**



I SISTEMI CRM – NORMATIVA E LINEE GUIDA E SOFTWARE DI CALCOLO OLYMPUS

Una innovativa tecnologia di consolidamento con materiali compositi di strutture in muratura è rappresentata dai compositi **CRM Composite Reinforced Mortar**. I sistemi CRM rappresentano un'innovazione del tradizionale sistema di consolidamento con intonaco armato realizzato con reti in FRP.

Nel maggio 2019 il CSLPP ha emanato le **Linea Guida del CSLPP** *“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)”. Questa Linea Guida fornisce le procedure per l'identificazione, la qualificazione ed il controllo di “sistemi di rinforzo” costituiti da reti in composito fibrorinforzate a matrice polimerica FRP, da applicare sulle superfici degli elementi strutturali per il consolidamento degli stessi con malte cementizie e/o di calce, ovvero mediante la tecnica dell'intonaco armato di tipo CRM (Composite Reinforced Mortar).

La Linea Guida sopracitata consente quindi la **certificazione CVT (Certificazione di Valutazione Tecnica)** dei sistemi CRM da parte dei Fornitori di materiale.



A differenza del tradizionale intonaco armato con reti metalliche, l'intonaco armato CRM, è realizzato mediante una rete preformata in composito (FRP) **OLY MESH GLASS** inserita in una malta ad uso strutturale **OLY WALL STRUKTURA** e applicata sulla superficie dell'elemento strutturale in muratura da rinforzare. In detto sistema la rete in FRP è in grado di assorbire gli sforzi di trazione, mentre la malta strutturale 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 l'elemento murario e l'intonaco armato.

OLYMPUS[®] ha ingegnerizzato due sistemi di consolidamento **CRM**, **OLY MESH GLASS 33x33 - 40x40 66x66 - 80x80 - 99x99** conformi alle linee guida del **CSLLPP** che sono in corso di certificazione **CVT** presso il **STC**.

A differenza dei sistemi di rinforzo FRCM, nel caso di sistemi CRM, lo spessore dei sistemi di rinforzo CRM è compreso, di norma, tra 30 mm e 50 mm, al netto del livellamento del supporto e la distanza netta tra i trefoli non può essere superiore a 4 volte lo spessore della malta e comunque non può essere minore di 30 mm.

Come specificato nelle Linee Guida, i **sistemi di rinforzo CRM della linea OLYMPUS STONE**[®] sono costituiti da: reti preformate, angolari in rete preformati, elementi di connessione interamente o parzialmente preformati, malte a base cementizia o di calce a prestazione garantita per uso strutturale,

ancoranti chimici per la solidarizzazione dei connettori tra loro o l'ancoraggio degli stessi nel supporto murario. Le reti, gli angolari e gli elementi di connessione in composito, costituenti i sistemi di rinforzo CRM, sono realizzati mediante l'impiego di fibre lunghe e continue di vetro, carbonio, basalto o arammide, immerse in una matrice polimerica termoindurente.

Per la progettazione e le modalità di impiego dei sistemi di rinforzo CRM si dovrà fare riferimento alla Normativa Tecnica vigente, ed eventualmente a documenti complementari di comprovata validità.

I sistemi di consolidamento CRM della linea OLYMPUS STONE sono ottimali per il miglioramento sismico degli edifici in muratura per il miglioramento sismico necessario ad ottenere il **SUPERBONUS 110%**



Vantaggi dei sistemi di consolidamento CRM

- ✓ **Rapidità di applicazione**
- ✓ **Elevata resistenza e rigidità**
- ✓ **Traspirabilità del sistema di consolidamento**
- ✓ **Resistenza alle alte temperature**
- ✓ **Limitate variazioni di peso e geometria della struttura**
- ✓ **Limitate variazioni di massa e rigidità degli elementi strutturali**



SCOPRI I NUOVI SOFTWARE GRATUITI A SUPPORTO DEL PROGETTO DEGLI INTERVENTI DI RINFORZO CON SISTEMI FRP, FRCM e CRM

Al fine di collaborare con i tecnici coinvolti in progetti di consolidamento strutturale con sistemi FRP, FRCM e CRM, OLYMPUS ha sviluppato numerosi software di calcolo che consentono ai professionisti di effettuare con semplicità il calcolo strutturale di strutture in c.a. e muratura. I software sono stati sviluppati sulla base dell'esperienza di OLYMPUS di oltre 15 anni nel settore del consolidamento strutturale.



Nel 2005 OLYMPUS ha sviluppato i primi fogli di calcolo per la progettazione di interventi di consolidamento strutturale con materiali compositi FRP. In 15 anni i fogli di calcolo sono stati utilizzati da centinaia di professionisti in Italia e in numerosi paesi Europei che hanno consentito all'azienda di verificare e perfezionare il funzionamento dei fogli di calcolo che hanno rappresentato la base per lo sviluppo dei nuovi software.

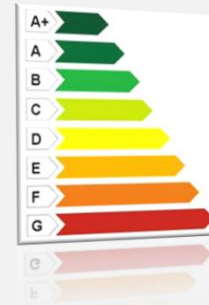
Nel 2013 OLYMPUS è stata la prima azienda al mondo a sviluppare tre **app per iPhone "OLYMPUS iFRP"** che consentivano ai progettisti di elaborare il dimensionamento dell'intervento di consolidamento direttamente in cantiere con il proprio iPhone.

Nel 2019 OLYMPUS ha sviluppato i suoi nuovi software di calcolo nel totale rispetto delle attuali norme tecniche per le costruzioni, delle Linee Guida del CSLPP e dei Documenti Tecnici del CNR.

I software sono stati sviluppati da un team esperto di ingegneri strutturisti e programmatori informatici con comprovata esperienza nel settore del consolidamento strutturale e sono stati testati su centinaia di interventi di consolidamento, anche confrontando i risultati con quelli dei principali software di consolidamento strutturale presenti sul mercato. I software sviluppati da OLYMPUS sono basati anche sui risultati dei numerosi progetti di ricerca svolti dall'azienda da oltre 15 anni, in collaborazione con Università e Istituti di Ricerca.



SUPERBONUS 110%
 Scopri i nuovi sistemi CRM
 per il rinforzo strutturale
 detraibili al 110%



I software sono completamente gratuiti e possono essere scaricati dal sito www.olympus-italia.com.

I software dedicati al rinforzo strutturale con FRP sono in particolare due, **OLY CONCRETE APP** che consente il dimensionamento di elementi strutturali in calcestruzzo armato e **OLY MASONRY APP** che consente il dimensionamento di elementi strutturali in muratura rinforzati con sistemi FRP delle linea **OLYMPUS FRP**.

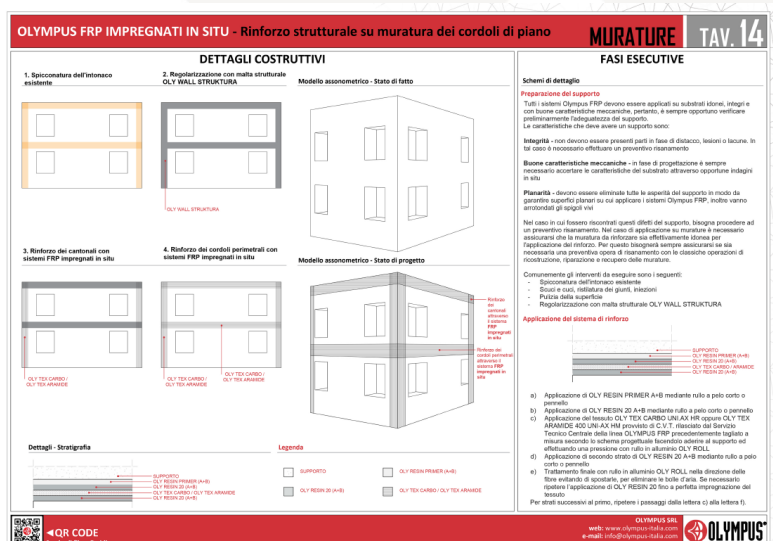
Il software dedicato al rinforzo strutturale con **FRCM** e **CRM** è **OLY STONE APP** che consente il dimensionamento di elementi strutturali in muratura rinforzati con FRCM e CRM.

DOCUMENTAZIONE TECNICA A DISPOSIZIONE DEI TECNICI

Al fine di progettare gli interventi sopracitati **OLYMPUS** mette a disposizione di tutti i tecnici interessati i software di calcolo ed i **particolari costruttivi** dei suoi interventi sia in formato “dwg” che in formato “pdf”.

Tutta la documentazione tecnica offerta da **OLYMPUS** può essere scaricata gratuitamente all'indirizzo

<https://www.olympus-italia.com/downloads/>



OLYMPUS FRP IMPREGNATI IN SITU - Rinforzo strutturale su muratura dei cordoli di piano **MURATURE** **TAV. 14**

DETTAGLI COSTRUTTIVI

- Spicconatura dell'intonaco esistente
- Reperitura con malta strutturale OLY WALL STRUTTURA
- Rinforzo dei cantonali con sistemi FRP impregnati in situ
- Rinforzo dei cordoli perimetrali con sistemi FRP impregnati in situ

Modello assonometrico - Stato di fatto

Modello assonometrico - Stato di progetto

Legenda

- Supporto
- OLY RESIN 20 (A-B)
- OLY RESIN PRIMER (A+B)
- OLY TEX CARBO / OLY TEX ARANDE

DETTAGLI - Strati grafici

FASE ESECUTIVE

Schemi di dettaglio

Preparazione del supporto

Tutti i sistemi Olympus FRP devono essere applicati su substrati idonei, integri e con buone caratteristiche meccaniche, pertanto, è sempre opportuno verificare preliminarmente l'idoneità del supporto.

Le caratteristiche da avere un supporto sono:

Integrità - non devono essere presenti parti in fase di distacco, lesioni o lacune. In tal caso è necessario effettuare un preventivo risanamento.

Buone caratteristiche meccaniche - in fase di progettazione è sempre necessario accertare le caratteristiche del substrato attraverso opportune indagini in situ.

Planità - devono essere assenti tutte le irregolarità del supporto in modo da garantire l'aderenza su cui applicare i sistemi Olympus FRP. In tal caso vanno adottati gli spigoli nel

Nel caso in cui fossero riscontrati questi difetti del supporto, bisogna procedere ad un preventivo risanamento. Nel caso di applicazione su muratura è necessario assicurarsi che la muratura da rinforzare sia effettivamente idonea per l'applicazione del rinforzo. Per questo bisogna sempre assicurarsi se sia necessaria una preventiva opera di risanamento con la classica scorteccatura di ricostruzione, ripulitura e recupero delle murature.

Comunque gli interventi da eseguire sono i seguenti:

- Spicconatura dell'intonaco esistente
- Stucco e malta strutturale dei giunti, intonchi
- Pulizia della superficie
- Reperitura con malta strutturale OLY WALL STRUTTURA

Applicazione del sistema di rinforzo

a) Applicazione di OLY RESIN PRIMER (A+B) mediante rullo a pelo corto o pennello.

b) Applicazione di OLY RESIN 20 (A+B) mediante rullo a pelo corto o pennello.

c) Applicazione del tessuto OLY TEX CARBO UN/AX HR oppure OLY TEX ARANDE 20/ UN/AX HR provvisto di C.V.T. precedentemente tagliato a misura secondo lo schema progettuale fornito ed applicato ed affibbiato con una pressione con rullo in alluminio OLY ROLL nella direzione delle fibre o pennello.

d) Trattamento finale con rullo in alluminio OLY ROLL nella direzione delle fibre evitando di sporcicare, per eliminare le bolle d'aria. Se necessario ripetere l'applicazione di OLY RESIN 20 fino a perfetta impregnazione del tessuto.

Per strati successivi al primo, ripetere i passaggi dalla lettera c) alla lettera f).