

---

# IL SISTEMA DI CUCITURE ATTIVE A MARCHIO CAM<sup>®</sup>

---

Sintesi dell'applicazione e del metodo di calcolo sugli edifici in muratura

*Ing. Alessandro Vari Ing. Marianna Leonori*



## Sommario

1	Introduzione al Sistema di cuciture attive sulla muratura a marchio CAM® .....	2
2	Perché applicare il Sistema di cuciture attive a marchio CAM® .....	10
3	Definizioni geometriche del rinforzo con cuciture attive .....	11
4	I materiali impiegati per le cuciture attive sulle murature a marchio CAM® .....	12
5	Calcolo del rinforzo del pannello tramite cuciture attive .....	13
5.1	Calcolo del rinforzo per confinamento .....	13
5.2	Calcolo del rinforzo a pressoflessione nel piano .....	15
5.3	Calcolo del rinforzo a taglio.....	16
6	Immagini di realizzazioni .....	19

### EDIL CAM® Sistemi Srl

Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com



## 1 Introduzione al Sistema di cuciture attive a marchio CAM®

Il patrimonio storico in Italia è largamente costituito da fabbricati e monumenti in muratura, le cui tipologie costruttive e i materiali utilizzati sono i più vari (pietrame a secco, con letti di malta, a sacco).



*Fig. 1 - Il patrimonio Italiano*

Quando ci si appropria al consolidamento di un fabbricato in muratura il primo step fondamentale e preliminare alla definizione di qualsivoglia intervento deve sicuramente essere una corretta anamnesi della costruzione.



*Fig. 2- Rotture fragili su edifici in muratura*

*Fig. 3- Rotture duttili su edifici in muratura*

### EDIL CAM® Sistemi Srl

Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com



Lo scopo ultimo di qualsiasi progetto dovrà essere infatti quello di raggiungere un comportamento quanto più duttile del fabbricato.

In via generale si può affermare che un edificio si comporta 'in maniera duttile' per un dato evento sismico quanti più sono gli elementi che rispondono alla sollecitazione esterna lavorando in parallelo. Va da sé che il comportamento 'duttile' si ottiene solo scongiurando le rotture di tipo fragile.

Come si evince dalle figure 2 e 3 è chiaro come un edificio che riesca ad attivare la resistenza nel proprio piano dei pannelli riesca nell'attivazione di meccanismi 'duttili' di collasso.

I meccanismi fragili sono invece tutti quei meccanismi alla rottura prematura del fabbricato o porzioni di esso, derivanti dalla mancanza di vincoli.

È la discontinuità strutturale infatti il fattore determinante dei meccanismi fragili negli edifici in muratura.

La mancanza di vincolo può essere:

- A livello locale, ovvero a livello di tessitura muraria
- A livello globale, ovvero come vincolo assente tra macroelementi quali pareti e solaio.

Nel caso di **tessitura muraria** disordinata, in cui il legante abbia scarse caratteristiche di adesione o in cui la pezzatura sia realizzata con elementi lapidei di piccole dimensioni e/o tondeggianti oppure nel caso di muratura a sacco con doppio paramento e nucleo spingente, la rottura della muratura avviene per disgregazione. La muratura non si comporta come un materiale omogeneo ma come un insieme di elementi lapidei appoggiati gli uni sugli altri la cui resistenza alle azioni orizzontali risulta estremamente bassa.



**Fig. 4- Meccanismi di rottura fragile per disgregazione della massa muraria**

**EDIL CAM® Sistemi Srl**

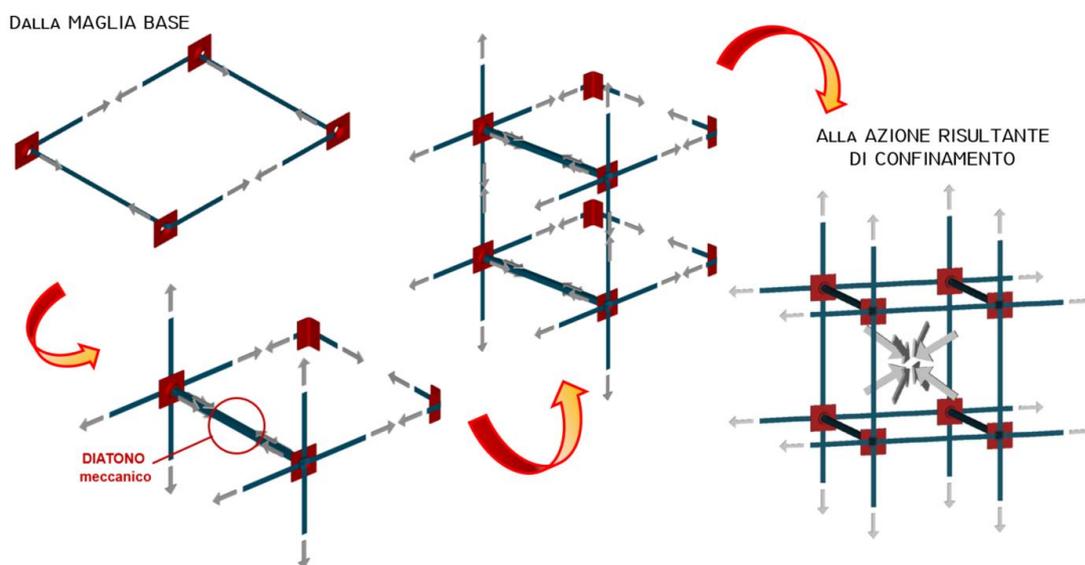
Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com



Di fatto le strutture portanti in muratura sono così costrette ad equilibrare le azioni esterne non tanto grazie ad una resistenza del materiale bensì ad una resistenza per equilibrio alla dislocazione dei blocchi. Il meccanismo di collasso fragile per dislocamento degli elementi lapidei è il **primo meccanismo fragile da evitare**.

Il Sistema di cuciture attive sulla muratura a marchio CAM® si compone di una serie di tirantature poste in tensione, attraverso l'impiego di un'apposita macchina pneumatica, che attraversano lo spessore murario. Ciascun anello può essere realizzato da uno o più nastri in sovrapposizione e attraverso la ripetizione in posizione orizzontale e verticale di tali legature si realizza un reticolo tridimensionale applicato alla parete muraria.



*Fig. 5 – Schema statico elementare di riferimento.*



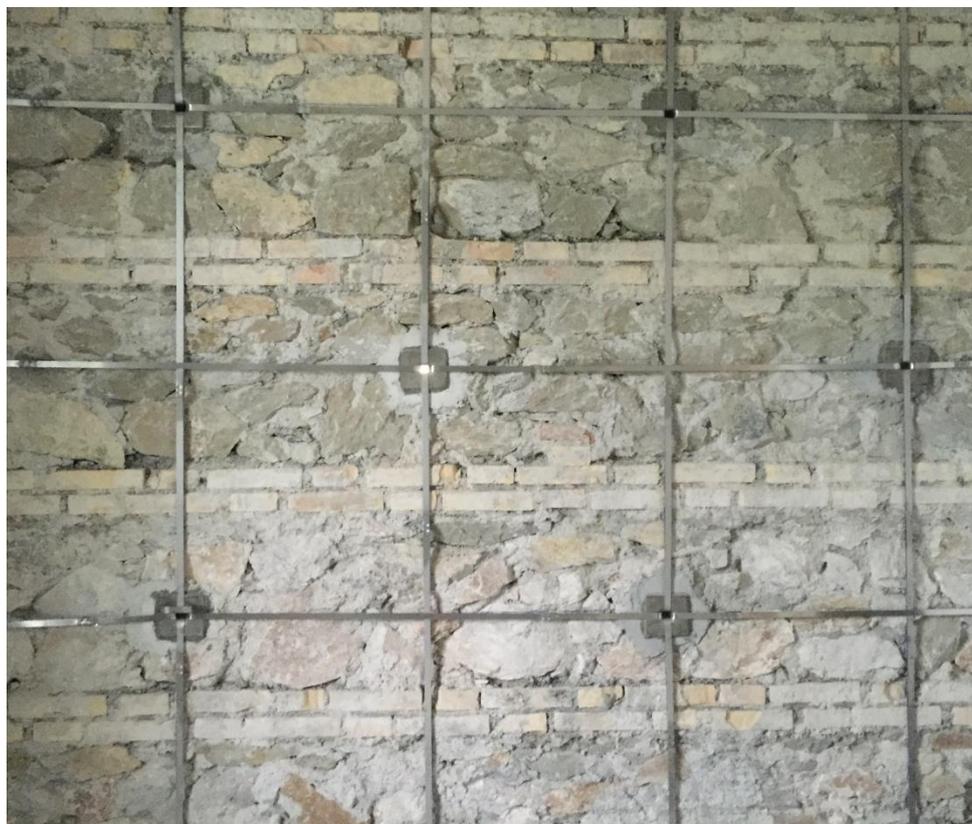
*Fig. 6 – Esempio di applicazione anche diagonale*

**EDIL CAM® Sistemi Srl**

Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

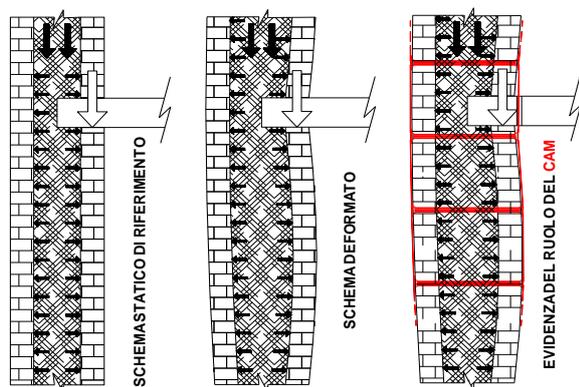
P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com





*Fig. 7– Il reticolo di cuciture attive*

L'insieme di nastri che attraversano lo spessore murario permette la realizzazione di un **DIATONO** meccanico di collegamento. Nel caso di tessitura muraria costituita da elementi di forma particolarmente piccola e tondeggiante si consiglia di applicare una rete porta intonaco la cui valenza non è strutturale ma permette di trattenere in posizione il singolo elemento lapideo.



*Fig.8 – Effetto delle cuciture attive sulla muratura a doppio paramento.*



*Fig.9 – Esempio di applicazione della rete TENAX-RF2 al di sotto della maglia.*

**EDIL CAM® Sistemi Srl**

Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com



La mancanza di continuità a livello globale ovvero come assenza di vincoli tra macroelementi in cui rientra lo studio e l'analisi dei vari meccanismi locali di collasso, quali ribaltamento di facciate o di porzioni di fabbricato, si attiva solo se vale l'ipotesi di muratura omogenea.

**DISCONTINUITA' STRUTTURALE  
A LIVELLO GLOBALE**



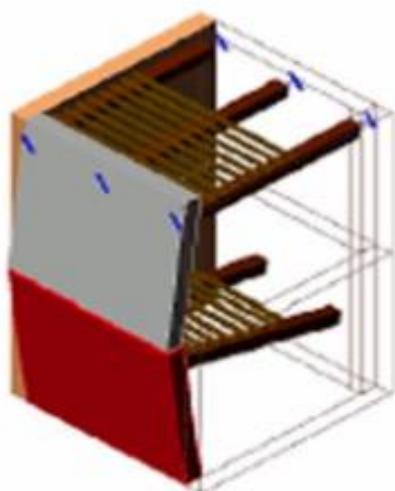
**IPOTESI ALLA BASE: MURATURA COME MATERIALE OMOGENEO E ISOTROPO**



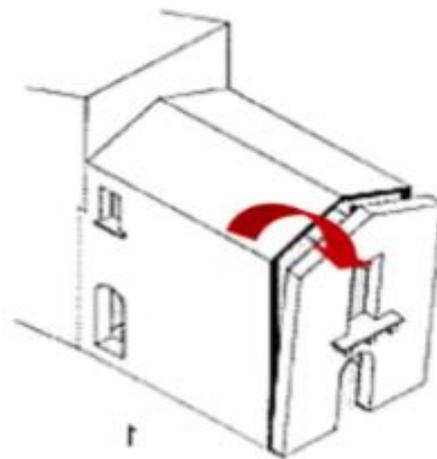
**SI ATTIVANO SOLO SE NON SI ATTIVANO I MECCANISMI DI COLLASSO  
PER DISGREGAZIONE DELLA MURATURA**



**ASSENZA DI VINCOLI  
TRA PANNELLI E ORIZZONTAMENTI**



**ASSENZA DI VINCOLI  
TRA PANNELLI ORTOGONALI**



*Fig.10 – Cinematismi di collasso: meccanismi di facciata. Ribaltamento dei pannelli per mancanza di ammassamento.*

Solo eliminando i meccanismi fragili di collasso, permettendo la trasmissione delle azioni tra macroelementi, si può attingere al comportamento d'insieme della struttura.

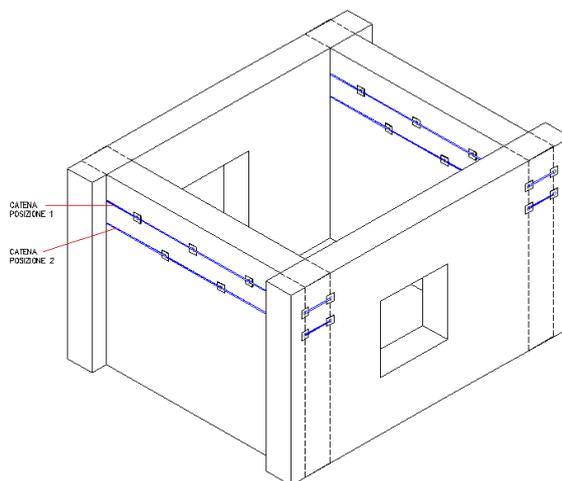
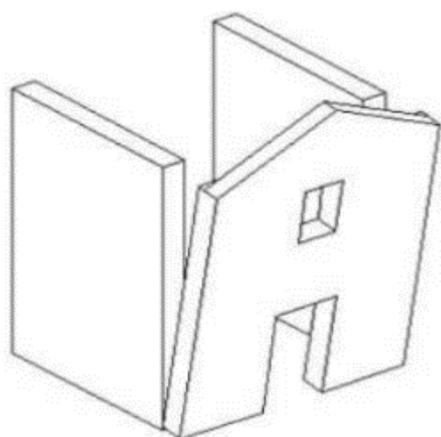
**EDIL CAM® Sistemi Srl**

Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com



Analizzando il reticolo di cuciture attive, anche solo attraverso i ricorsi orizzontali della maglia si realizzano **INCATENAMENTI DIFFUSI**:



**Fig.11 – Realizzazione di Incatenamenti con il Sistema a marchio CAM®.**

**Eliminazione del cinetismo di ribaltamento. Catene realizzate con rimozione in traccia dell'intonaco.**

**EDIL CAM® Sistemi Srl**

Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com



Attraverso la maglia diffusa sulla struttura si realizzano, in maniera implicita, **AMMORSATURE EFFICACI** tra pareti ortogonali:



*Fig.12 – Particolari di ammorsamento in corrispondenza di incroci murari.*

In corrispondenza del solaio si possono realizzare **CORDOLI** attraverso l'applicazione di fasciature anche diagonali:



*Fig.13 – Interventi di realizzazione del cordolo.*

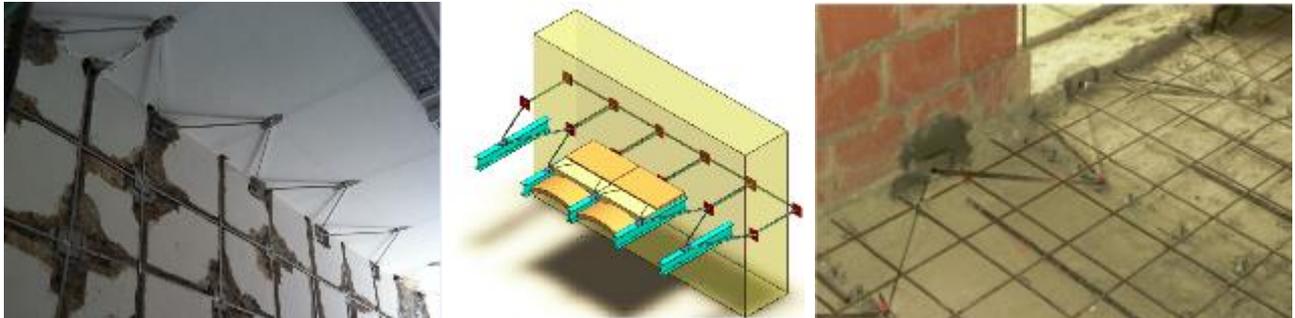
**EDIL CAM® Sistemi Srl**

Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com



**L'ARPIONATURA** dei travetti alle pareti perimetrali permette di creare un vincolo allo sfilamento del solaio e inoltre permette di creare delle catene diffuse sfruttando il singolo travetto connesso:



**Fig.14 – Interventi di arpionatura del solaio. All'intradosso (foto di sinistra), all'estradosso per mezzo di piolature sui travetti in acciaio (foto centrale) o con aggancio sui travetti del solaio in latero-cemento e nastri inseriti nel nuovo getto della soletta.**

Il comportamento duttile pertanto si consegue attraverso l'incremento dell'equilibrio globale, in cui l'edificio in muratura si comporta con "scatolarità".

Riassumendo per intensità sismica di attivazione:

INTENSITA' SISMICA	TIPO DI COLLASSO	TIPO DI INTERVENTO
	COLLASSO PER DISGREGAZIONE	NECESSITÀ DI RICOMPATTARE E OMOGENEIZZARE L'APPARECCHIO MURARIO
	COLLASSO PER RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO	NECESSITÀ DI LEGARE INSIEME LE PARETI ORTOGONALI E I SOLAI ALLE PARETI
	COLLASSO NEL PIANO DEI PANNELLI (ROTTURA A PRESSOFLESSIONE, TAGLIO, SCHIACCIAMENTO)	NECESSITÀ DEL CONTRIBUTO RESISTENTE DELL'ARMATURA DIFFUSA

Intervenire su una struttura eliminando i primi due meccanismi di collasso significa eseguire un intervento 'in gerarchia', limitando l'insorgenza di meccanismi fragili, attivando i meccanismi duttili nel piano e globali del manufatto.

Il Sistema di cuciture diffuse inoltre permette l'aumento di portanza nel piano e fuori piano del pannello, in quanto il reticolo di nastri è armatura aggiuntiva: i ricorsi orizzontali sono armatura aggiuntiva a taglio per il pannello murario e i ricorsi verticali sono armatura a pressoflessione. L'insieme del reticolo agisce confinando il nucleo di muratura racchiuso al proprio interno.

**EDIL CAM® Sistemi Srl**

Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com



In sintesi il sistema di cuciture attive a marchio CAM® produce i seguenti gradi di miglioramento:

- Incrementa la prestazione della struttura nella fase elastica per effetto del pretensionamento
- Non altera la distribuzione di masse e rigidzze nella struttura
- Permette di incrementare la capacità resistente nel piano e fuori piano del pannello e il suo spostamento per effetto dell'armatura aggiuntiva
- Permette di cambiare lo schema di vincolo, rendendo il comportamento del manufatto da sconnesso a connesso e in particolare si può:
  - Incrementare il moltiplicatore di collasso per il cinematismo di rottura da parete a doppio paramento a parete monolitica
  - Incrementare il moltiplicatore di collasso per i cinematismi di collasso fuori dal piano legati alla carenza di ammorsature tra pareti ortogonali
  - Incrementare il moltiplicatore di collasso per i cinematismi di collasso fuori dal piano legati alla carenza di ammorsature tra parete e solaio

## 2 Perché applicare il Sistema di cuciture attive a marchio CAM®

Il sistema di cuciture attive sulle murature risulta essere vincente su altre tecnologie essenzialmente per gli aspetti descritti di seguito:

- È un Sistema di CONSOLIDAMENTO ATTIVO: il nastro è messo in tensione e l'elemento risulta rinforzato già per i carichi gravanti su di esso nella fase d'esercizio della struttura
- NON incrementa MASSA NÉ varia la distribuzione delle RIGIDZZE
- È un sistema leggero e a MINIMO INGOMBRO
- Impiega materiali CERTIFICATI
- Impiega acciaio INOSSIDABILE
- È un Sistema FLESSIBILE
- È un Sistema facilmente REVERSIBILE
- È VELOCE
- È un cantiere A 'SECCO'
- È messo in opera da MAESTRANZE QUALIFICATE

### EDIL CAM® Sistemi Srl

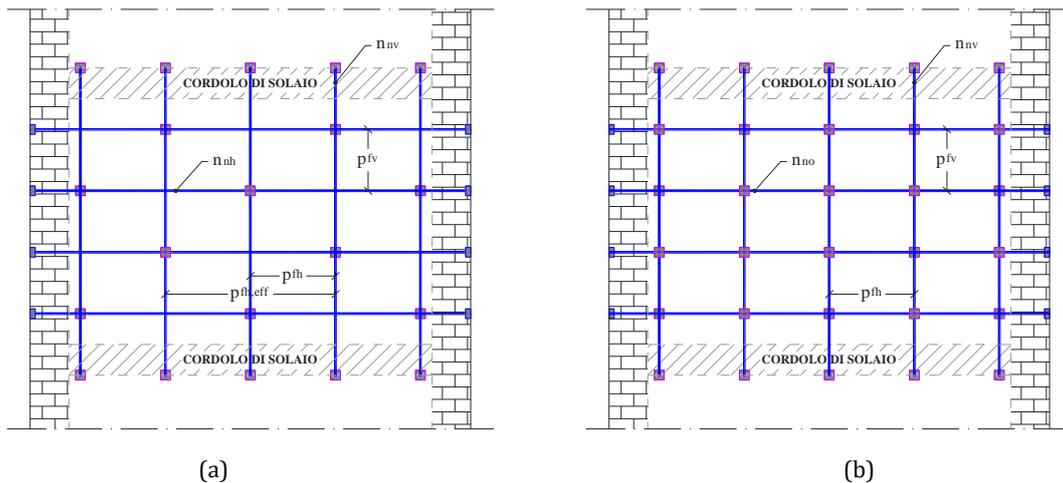
Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com



### 3 Definizioni geometriche del rinforzo con cuciture attive

I nastri sono posizionati a formare maglie chiuse disposte in continuità secondo direzioni che possono essere verticali e/o orizzontali e/o diagonali, tra loro anche sovrapposte, con forature secondo un reticolo regolare o a **quinconce**, a disegnare orditi semplici o multipli in relazione alle esigenze di calcolo.



**Fig.15 - Disposizione della maglia.**

**(a) Disposizione standard a quinconce: le forature sono sfalsate;**

**(b) Disposizione a tutti i fori: le forature sono presenti ad ogni incrocio.**

$b_f$  = larghezza singolo nastro

$t_f$  = spessore singolo nastro

$n_{nh}$  = numero nastri orizzontali sovrapposti per ogni maglia

$n_{nv}$  = numero nastri verticali sovrapposti per ogni maglia

$t_{fht}$  = spessore totale dei nastri orizzontali sovrapposti per ogni maglia

$t_{fvt}$  = spessore totale dei nastri verticali sovrapposti per ogni maglia

$p_{fh}$  = passo orizzontale dei nastri (interasse nastri verticali)

$p_{fv}$  = passo verticale dei nastri (interasse nastri orizzontali)

La pratica esecutiva prevede generalmente la disposizione di forature a quinconce, dimezzando di fatto le forature rispetto ad una disposizione di foro ad ogni incrocio; il vantaggio oltre ad essere esecutivo risiede anche nella limitazione di formazione di linee di rottura preferenziali.

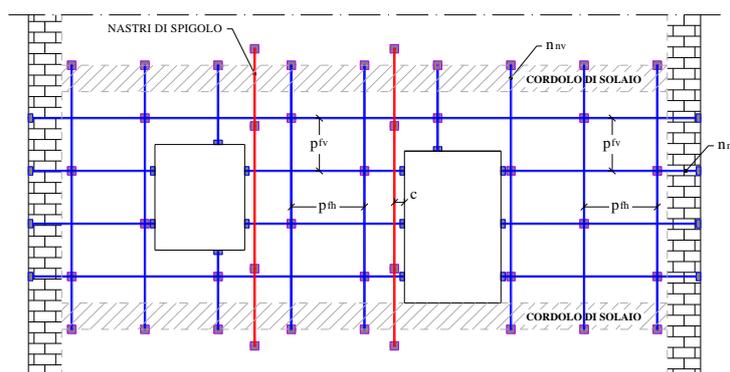
La disposizione a quinconce modifica l'efficienza del rinforzo nei confronti solo del confinamento; di conseguenza il passo da utilizzare per le verifiche a taglio e a pressoflessione rimane quello standard,

ovvero  $p_{fh}$ ,  $p_{fv}$ , mentre nel calcolo per confinamento il passo delle legature orizzontali equivalente di una tessitura a **quinconce** può pertanto essere così calcolato:

$$p_{fh,eff} = 2 p_{fh} \quad \text{per l'interasse delle legature verticali (maglia staffante equivalente)}$$

$$p_{fvQ} = p_{fv} \quad \text{per l'interasse tra le legature orizzontali}$$

Ulteriori configurazioni possono realizzarsi; un esempio è la disposizione di maglie diagonali oppure con ricorsi verticali aggiuntivi disposti in posizione di spigolo.



**Fig.16 - Disposizione del rinforzo su pannelli sottoposti a prevalente flessione. Possono essere posizionate nastrature di "spigolo" ovvero in posizione più esterna (riportate in rosso) per massimizzarne l'efficienza.**

## 4 I materiali impiegati per le cuciture attive a marchio CAM®

Il Sistema CAM® è realizzato con nastri in acciaio inox con le seguenti caratteristiche:

### Tipo 1 – Nastri tipo 1.4318 secondo la Normativa EN10088-4 (Acciaio INOX AISI 301)

#### Nastri per disposizione verticale e orizzontale

- spessore 0.90 o 1 mm e larghezza 19 mm
- resistenze a snervamento  $f_{yk} \geq 350 \text{ N/mm}^2$  e a rottura  $f_{tk} \geq 650 \text{ N/mm}^2$
- allungamento a rottura almeno pari al 35%.

### Tipo 2 – Nastri tipo 1.4318 secondo la Normativa EN10088-4 (Acciaio INOX AISI 301-2H C1000)

#### Nastri migliorati per disposizione opzionale in orizzontale

- spessore 0.9 mm e larghezza 19 mm
- resistenze a snervamento  $f_{yk} \geq 700 \text{ N/mm}^2$  e a rottura  $f_{tk} \geq 1000 \text{ N/mm}^2$
- allungamento a rottura almeno pari al 15%.

#### EDIL CAM® Sistemi Srl

Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com



Per la resistenza del nastro, la resistenza di calcolo a trazione  $N_{t,Rd}$  è assunta pari al minore fra  $N_{pl,RD}$  resistenza plastica della sezione lorda  $A$  e la resistenza  $N_{u,Rd}$  a rottura della sezione netta  $A_{net}$  in corrispondenza della giunzione per la quale è garantita una resistenza minima pari al 70% della resistenza del nastro stesso.

Per il **nastro Tipo 1:**

$$f_{yd} = \min \left\{ \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}}; \frac{0.7 \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} \right\} = \min \left\{ \frac{350}{1.1}; \frac{0.7 \cdot 650}{1.25} \right\} = \min \{ 318; 364 \} = 318 \text{ MPa}$$

Per il **nastro Tipo 2:**

$$f_{yd} = \min \left\{ \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}}; \frac{0.7 \cdot f_{tk}}{\gamma_{M2}} \right\} = \min \left\{ \frac{700}{1.1}; \frac{0.7 \cdot 1000}{1.25} \right\} = \min \{ 636; 560 \} = 560 \text{ MPa}$$

dove

$\gamma_{M0} = 1,10$  (UNI EN 1993-1-4) coefficiente di sicurezza sul materiale;

$\gamma_{M2} = 1,25$  (Tab. 4.2.XII delle N.T.C.) coefficiente parziale di sicurezza sui collegamenti.

## 5 Calcolo del rinforzo del pannello tramite cuciture attive

Di seguito una trattazione dei principali aspetti che entrano nel calcolo del rinforzo del singolo elemento nei confronti dei meccanismi di collasso tipici del pannello, quindi relativamente alla crisi per compressione, taglio e flessione.

### 5.1 Calcolo del rinforzo per confinamento

La verifica di elementi strutturali confinati viene condotta valutando l'azione esercitata dalla fasciatura in funzione della geometria e della disposizione del reticolo di cuciture attive. Per la valutazione della pressione di confinamento è buona norma disporre i nastri in direzione perpendicolare all'asse dell'elemento. La verifica dell'elemento confinato consiste nell'accertare che sia soddisfatta la seguente limitazione:

$$N_{Sd} \leq N_{Rmc,d}$$

essendo  $N_{Sd}$  il valore di progetto dell'azione assiale agente (da valutarsi, per le diverse combinazioni di carico prevedibili, come prescritto dalla Normativa vigente) e  $N_{Rmc,d}$  il valore di progetto della resistenza della muratura confinata.

#### EDIL CAM<sup>®</sup> Sistemi Srl

Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM<sup>®</sup> Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM<sup>®</sup> e DIS-CAM<sup>®</sup>

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com



La resistenza assiale di progetto,  $N_{Rmc,d}$ , è definita come segue:

$$N_{Rmc,d} = A_m \cdot f_{mcd} \geq A_m \cdot f_{md}$$

Dove:

$f_{md}$  è la resistenza a compressione della muratura non confinata;

$f_{mcd}$  è la resistenza a compressione della muratura confinata;

$A_m$  è l'area della sezione trasversale della muratura confinata.

La resistenza dell'elemento confinato soggetto ad un valore  $f_1$  della pressione di confinamento può calcolarsi con la seguente:

$$f_{mcd} = f_{md} \left[ 1 + k' \cdot \left( \frac{f_{1,eff}}{f_{md}} \right)^{\alpha_1} \right]$$

Dove

$f_{1,eff}$  è la pressione efficace di confinamento (funzione della forma del confinamento)

$k'$  coefficiente adimensionale di incremento di resistenza

$\alpha_1$  coefficiente adimensionale assunto pari a 0.50

$$k' = \frac{g_m}{1000} \text{ con } g_m \text{ densità di massa della muratura in Kg/m}^3$$

La pressione efficace di confinamento è data dalla:

$$f_{1,eff} = k_{eff} \cdot f_1 = k_H \cdot k_V \cdot f_1$$

Dove:

$k_{eff} = k_H k_V$  è il coefficiente di efficienza del confinamento

$k_H$  è il coefficiente di efficienza orizzontale

$k_V$  è il coefficiente di efficienza verticale

Il **coefficiente di efficienza orizzontale** è fornito dal rapporto tra l'area confinata e quella totale,  $A_m$ :

$$k_H = \left[ 1 - \frac{1}{3 \cdot L \cdot t} \cdot \left( (c_{sx} - 2 \cdot R)^2 + (p_{fh,eff} - 2 \cdot R)^2 \cdot (n_{fori} - 1) + (L - 2 \cdot R)^2 + (c_{dx} - 2 \cdot R)^2 \right) \right]$$

Il **coefficiente di efficienza verticale** vale:

$$k_V = \left( 1 - \frac{p'_{fv}}{2 \cdot \min\{L, t\}} \right)^2 = \left( 1 - \frac{p_{fv} - b_f}{2 \cdot \min\{L, t\}} \right)^2$$

Il miglioramento in termini di duttilità è espresso mediante l'incremento della deformazione ultima attraverso la seguente espressione:

#### EDIL CAM® Sistemi Srl

Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com



$$\varepsilon_{mur} = 0.0035 + 0.015 \cdot \sqrt{\frac{f_{l,eff}}{f_{md}}}$$

L'effetto di entrambi i contributi è un diagramma costitutivo della muratura incrementato come riportato nel grafico seguente:

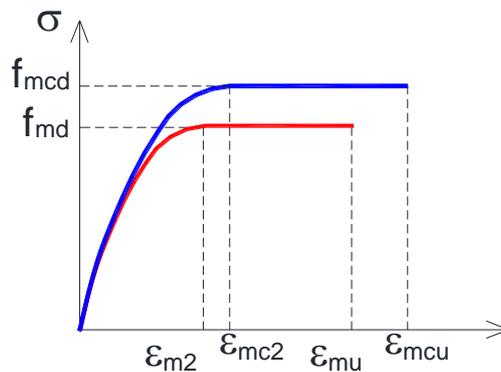


Fig.17 – Modello costitutivo muratura confinata

## 5.2 Calcolo del rinforzo a pressoflessione nel piano

La verifica a pressoflessione della muratura armata con il Sistema di cuciture attive è analoga a quella di una sezione in cui la posizione dell'armatura è calcolata in maniera discreta.

A seconda dei diagrammi costitutivi impiegati per la muratura e per l'acciaio dell'armatura (nastri verticali) si otterranno formulazioni via via più complesse.

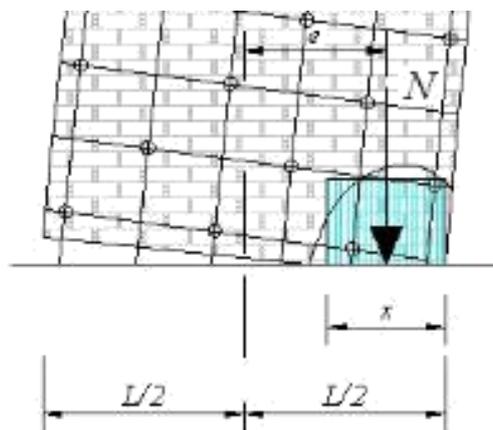


Fig. 18– Meccanismo di rottura a flessione

Si riporta per brevità il valore di calcolo del pannello rinforzato in cui il legame costitutivo della muratura è quello stress-block e per l'acciaio si considera un comportamento elasto-plastico perfetto.

### EDIL CAM® Sistemi Srl

Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com



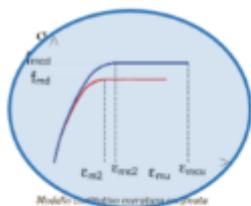
$$M_{Rd} = (0.85 \cdot f_{mcd}) \cdot 0.8x \cdot L \cdot \left( \frac{t}{2} - 0.4x \right) + f_{yd,v} \cdot A_{s,vert} / s_{vert} \cdot L \cdot \frac{t}{2} + f_{yi,sp} \cdot A_{s,spigolo} \cdot \frac{t}{2}$$

Dove

- $f_{mcd}$  resistenza di calcolo a compressione della muratura confinata  
 $f_{yd}$  tensione di calcolo del nastro  
 $x$  posizione dell'asse neutro

$$x = \frac{\sigma_0 \cdot t + A_{s,vert} / s_{vert} \cdot f_{yd,v} + f_{yi,sp} \cdot A_{s,spigolo}}{0.8 \cdot (0.85 \cdot f_{mcd})}$$

EFFETTO DELL'AUMENTO DI RESISTENZA A COMPRESSIONE PER EFFETTO DEL CONFINAMENTO



EFFETTO DELL'ARMATURA AGGIUNTIVA NELLA RESISTENZA A TRAZIONE ALLA MURATURA

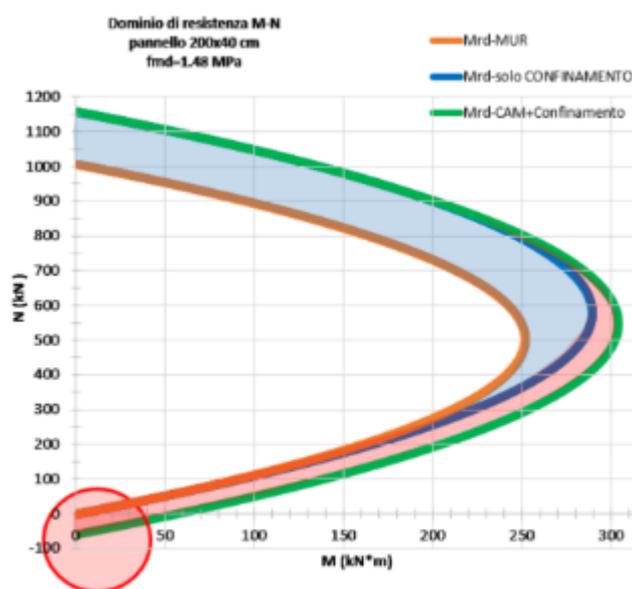
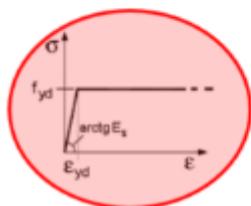


Fig. 19– Dominio resistente di un maschio rinforzato a flessione

### 5.3 Calcolo del rinforzo a taglio

La rottura per taglio presenta notevoli difficoltà interpretative legate alla dispersione dei valori della resistenza sperimentale del pannello (effetto tipico delle rotture fragili) e alla difficoltà di prevedere la distribuzione delle tensioni locali all'atto della rottura. Per questi motivi, la valutazione della resistenza a taglio si basa essenzialmente su metodologie semplificate. Tipicamente, gli approcci maggiormente utilizzati sono basati sul criterio del massimo sforzo di trazione e sul criterio di Mohr-Coulomb. Il primo criterio di resistenza a taglio considera la rottura per fessurazione diagonale, mentre il secondo la rottura per scorrimento.

La resistenza da considerare nelle verifiche sarà la minore tra le due.

Per la resistenza nei confronti della rottura del pannello per **TAGLIO-SCORRIMENTO**, le NTC 2008 esprimono la resistenza a taglio-scorrimento di una muratura **non rinforzata** come:

#### EDIL CAM® Sistemi Srl

Sede legale e Uffici:  
 Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
 Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
 +39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
 La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
 è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
 Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
 Capitale Sociale € 114.000  
 info@edilcamsistemi.com  
 edilcamsistemi@pec.it  
 www.sistemacam.com



$$V_{tf} = l' \cdot t \cdot f_{vd}$$

dove

- $f_{vd} = f_{vmo} + 0.4\sigma_n$  *tensione resistente di calcolo a taglio*  
 $t$  *è lo spessore del pannello*  
 $l'$  *è la lunghezza della sola **parte compressa** della parete ricavata dal calcolo a pressoflessione*  
 $\sigma_n = N / l' t$  *tensione media a compressione sul pannello*

Per la resistenza nei confronti della rottura del pannello per **TAGLIO-FESSURAZIONE**, le NTC 2008 esprimono la resistenza a taglio-fessurazione di una muratura **non rinforzata** come:

$$V_t = L \cdot t \cdot \frac{1.5 \cdot \tau_{0d}}{b} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1.5 \cdot \tau_{0d}}}$$

dove:

$$\tau_{0d} = \frac{\tau_0}{FC \cdot \gamma_m} \quad \textit{tensione tangenziale media di calcolo}$$

$$b = \begin{cases} 1.5 & \frac{H_{eq}}{L} \geq 1.5 \\ 1.0 & \frac{H_{eq}}{L} \leq 1.0 \\ \frac{H_{eq}}{L} & 1.0 \leq \frac{H_{eq}}{L} \leq 1.5 \end{cases} \quad \textit{il coefficiente b legato alla distribuzione degli sforzi sul pannello}$$

- $L$  *lunghezza del pannello*  
 $t$  *spessore del pannello*  
 $\sigma_0 = N / L t$  *tensione media per compressione nella muratura*

Il contributo delle legature disposte in orizzontale si valuta:

$$V_{t,S} = \frac{0.6 \cdot d \cdot A_{s,orizz} \cdot f_{yd,h}}{S_{orizz}}$$

Dove:

- $A_{s,orizz}$  *è pari a due volte l'area di un nastro per il numero di avvolgimenti orizzontali*  
 $f_{yd,h}$  *è la tensione di lavoro dei nastri disposti in orizzontale*  
 $p_{fv}$  *è l'interasse degli avvolgimenti orizzontali*  
 $d$  *è la distanza tra il lembo compresso e il baricentro dell'armatura tesa*  
 $S_{orizz}$  *è l'interasse degli avvolgimenti orizzontali*

#### EDIL CAM® Sistemi Srl

Sede legale e Uffici:  
 Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
 Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
 +39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
 La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
 è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
 Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
 Capitale Sociale € 114.000  
 info@edilcamsistemi.com  
 edilcamsistemi@pec.it  
 www.sistemacam.com



Il precedente termine rappresenta il contributo delle armature che viene sommato alla resistenza della sola sezione in muratura, per entrambi i meccanismi di collasso a taglio considerati.

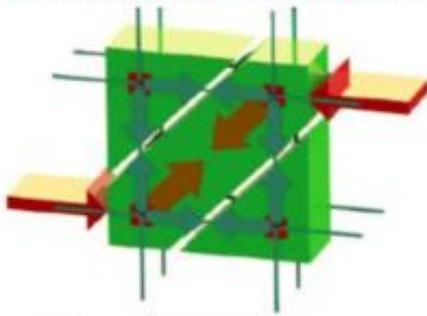
La resistenza a **TAGLIO-SCORRIMENTO** di una muratura **rinforzata** è:

$$V_t = d \cdot t \cdot f_{vd} + \frac{0.6 \cdot d \cdot A_{s,orizz} \cdot f_{yd,h}}{s_{orizz}}$$

La resistenza a **TAGLIO-FESSURAZIONE** di una muratura **rinforzata** è:

$$V_t = L \cdot t \cdot \frac{1.5 \cdot \tau_{0d}}{b} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1.5 \cdot \tau_{0d}}} + \frac{0.6 \cdot d \cdot A_{s,orizz} \cdot f_{yd}}{s_{orizz}}$$

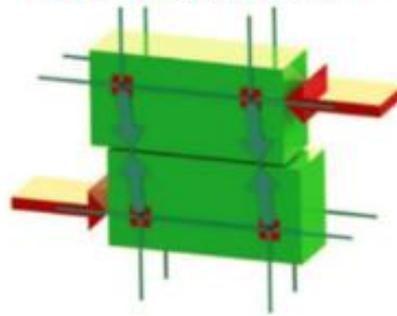
**TAGLIO FESSURAZIONE DIAGONALE :**



$$V_{rd} = l \cdot t \cdot \frac{1.5 \cdot \tau_{0d}}{b} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1.5 \cdot \tau_{0d}}} + V_{s,CAM}$$

$$V_{rd} = l \cdot t \cdot \frac{1.5 \cdot \tau_{0d}}{b} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1.5 \cdot \tau_{0d}}} + \frac{0.6 \cdot d \cdot A_{s,orizz} \cdot f_{yd}}{s_{orizz}}$$

**TAGLIO SCORRIMENTO :**



$$V_{rd} = d \cdot t \cdot (f_{vm0} + 0.4 \sigma_n) + V_{s,CAM}$$

$$V_{rd} = d \cdot t \cdot (f_{vm0} + 0.4 \sigma_n) + \frac{0.6 \cdot d \cdot A_{s,orizz} \cdot f_{yd}}{s_{orizz}}$$

Fig. 20– Meccanismo resistente del rinforzo a taglio

**EDIL CAM® Sistemi Srl**

Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com



## 6 Immagini di realizzazioni



**Figura 21: Una parete di sottotetto, trattata con nastri diagonali**



**Figura 22: Dettaglio dell'intervento in facciata e conservazione delle cornici in marmo**



**Figura 23: Il reticolo con disposizione a quinconce**



**Figura 24 : La cucitura attiva in un angolata**

### EDIL CAM® Sistemi Srl

Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com





**Figura 25 : Confinamento colonne circolari**



**Figura 26 : Vista di dettaglio.**



**Figura 27 : Passaggio dei nastri in conservazione di un bassorilievo**



**Figura 28 : Passaggio dei nastri in conservazione di un capitello.**

**EDIL CAM® Sistemi Srl**

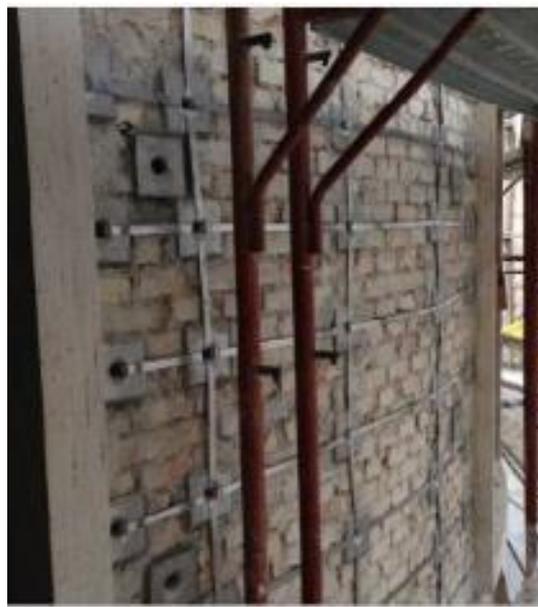
Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com





**Figura 29: Intervento con infittimento delle legature orizzontali**



**Figura 30 : Il rinforzo applicato su una parete curva**



**Figura 31 : La realizzazione della cucitura attiva diffusa sull'edificio**



**Figura 32 : il particolare del rinforzo sulle aperture ad arco.**

**EDIL CAM® Sistemi Srl**

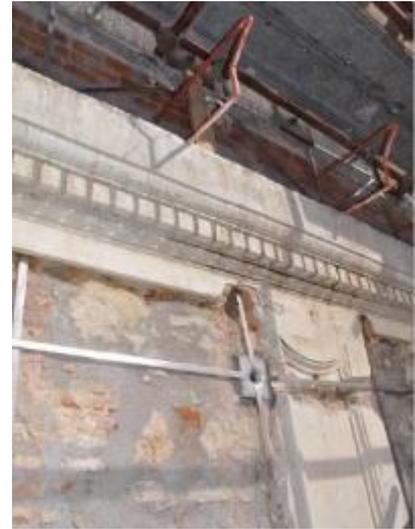
Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com





**Figura 33 :** Particolare passaggio  
in prossimità delle volte



**Figura 34 :** il particolare del rinforzo a  
conservazione dei fregi.



**Figura 35 :** Particolare passaggio  
in prossimità delle volte



**Figura 36 :** Particolare passaggio  
in prossimità delle volte

**EDIL CAM® Sistemi Srl**

Sede legale e Uffici:  
Via dei Genieri, 39 - 00143 Roma  
Tel. +39.06.5073602 +39.06.50512918  
+39.06.5070046 - Fax +39.06.60507041  
La Società EDIL CAM® Sistemi Srl  
è titolare dei marchi CAM® e DIS-CAM®

P.IVA 06262521005 Registro Imprese  
Roma 2000/06262521005 - R.E.A. 956541  
Capitale Sociale € 114.000  
info@edilcamsistemi.com  
edilcamsistemi@pec.it  
www.sistemacam.com

