

## **4 RINFORZO DI STRUTTURE MURARIE**

Il rinforzo delle strutture in muratura rappresenta una delle applicazioni più importanti per i sistemi FRCC. Tali rinforzi possono essere estesi all'intera superficie dell'elemento murario o essere applicati a strisce di ampiezza sufficiente a contenere opportunamente la sollecitazione tangenziale all'interfaccia muratura - rinforzo.

Le verifiche di sicurezza possono essere condotte nei confronti del solo stato limite ultimo come di seguito indicato.

Di regola, l'incremento della capacità di calcolo dell'elemento rinforzato con FRCC non può risultare superiore del 50% rispetto a quella dell'elemento non rinforzato. La limitazione non si applica per le azioni sismiche.

### **4.1 RINFORZO DI PARETI SOLLECITATE NEL PROPRIO PIANO**

[...]

### **4.2 RINFORZO DI PARETI FUORI DEL PIANO**

[...]

### **4.3 REALIZZAZIONE DI CORDOLI SOMMITALI**

[...]

### **4.4 CONFINAMENTO DI COLONNE DI MURATURA SOLLECITATE A COMPRESSIONE CENTRATA**

Il confinamento con FRCC di elementi strutturali di muratura, sottoposti a prevalente sollecitazione di sforzo assiale, si attua attraverso la predisposizione di un rivestimento continuo di composito a matrice inorganica, le cui fibre siano prevalentemente disposte in direzione ortogonale all'asse dell'elemento, in modo da contrastarne la dilatazione trasversale e conferire alla colonna un benefico stato di compressione triassiale. La lunghezza di sovrapposizione della rete è consigliata per almeno un quarto della circonferenza/perimetro della sezione trasversale e comunque per non meno di 300mm. Nel caso di utilizzo di reti di acciaio si rinvia a quanto più specificamente indicato nel § 6. Interventi di confinamento sono praticabili sia per la riparazione di elementi danneggiati o deteriorati, sia per il rinforzo di elementi integri in vista di un miglioramento statico o sismico della struttura di appartenenza. Il confinamento con FRCC deve essere realizzato ricoprendo interamente la superficie dell'elemento da rinforzare.

La verifica dell'elemento confinato, soggetto a compressione centrata, consiste nell'accertare che sia soddisfatta la seguente limitazione:

$$N_{Sd} \leq N_{Rmc,d} \quad (4.6)$$

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

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

$$N_{Rmc,d} = A_m \cdot f_{mcd} \geq A_m \cdot f_{md} \quad (4.7)$$

dove il simbolo  $A_m$  rappresenta l'area della sezione trasversale dell'elemento confinato,  $f_{md}$  è la resistenza a compressione della muratura non confinata e  $f_{mcd}$  è il valore di progetto della resistenza a compressione della muratura confinata.

Alla resistenza di progetto,  $f_{mcd}$ , di un elemento confinato soggetto alla pressione  $f_1$  di confinamento, di seguito definita e limitata dalle prestazioni meccaniche della matrice, il cui danneggiamento influenza l'efficacia dell'interazione con le fibre di rinforzo, contribuisce soltanto una quota parte di quest'ultima,  $f_{l,eff}$ , detta "pressione efficace di confinamento" che dipende dalle caratteristiche della colonna di muratura:

$$f_{mcd} = f_{md} \cdot \left[ 1 + k' \cdot \left( \frac{f_{l,eff}}{f_{md}} \right)^{\alpha_1} \right] \quad (4.8)$$

dove  $k'$  è un coefficiente (adimensionale) di incremento della resistenza ed  $\alpha_1$  è un esponente al quale, in mancanza di comprovati risultati sperimentali, può essere assegnato il valore 0.5.

Il valore del coefficiente di incremento della resistenza  $k'$  può essere stabilito sulla base di risultati sperimentali ottenuti su provini di muratura dalle caratteristiche analoghe a quelle della muratura da confinare. In alternativa, è possibile avvalersi della seguente relazione:

$$k' = \alpha_2 \cdot \left( \frac{g_m}{1000} \right)^{\alpha_3}, \quad (4.9)$$

essendo  $g_m$  la densità di massa della muratura espressa in kg/m<sup>3</sup> ed  $\alpha_2$  e  $\alpha_3$  coefficienti ai quali cautelativamente può essere attribuito il valore 1.0, in mancanza di risultati sperimentali che giustifichino assunzioni diverse.

#### 4.4.1 Confinamento di colonne circolari

Nel caso di colonne circolari di diametro  $D$ , confinate con  $n_f$  strati di rinforzo, aventi spessore equivalente delle fibre nella direzione ortogonale all'asse dell'elemento  $t_f$  e la cui matrice sia caratterizzata da un valore  $f_{c,mat}$  della resistenza caratteristica a compressione, la pressione efficace di confinamento,  $f_{l,eff}$ , può essere calcolata come:

$$f_{l,eff} = k_H \cdot f_1, \quad (4.10)$$

$$f_1 = \frac{2 \cdot n_f \cdot t_f \cdot E_f \cdot \epsilon_{ud,rid}}{D} \quad (4.11)$$

essendo  $f_1$  la pressione di confinamento,  $k_H$  il coefficiente di efficienza orizzontale, da assumersi per le colonne circolari rivestite con continuità pari a 1, e  $\epsilon_{ud,rid}$  la deformazione di calcolo del composito FRCM, appresso definita. Quest'ultima è assunta pari a:

$$\varepsilon_{ud,rid} = \min \left( k_{mat} \cdot \eta_a \cdot \frac{\varepsilon_{uf}}{\gamma_m}; 0.004 \right), \quad (4.12)$$

con:

$$k_{mat} = \alpha_4 \left( \rho_{mat} \cdot \frac{f_{c,mat}}{f_{md}} \right)^2 \leq 1, \quad (4.13)$$

$$\rho_{mat} = \frac{4 \cdot t_{mat}}{D}, \quad (4.14)$$

essendo  $t_{mat}$  lo spessore complessivo del rinforzo FRCM e  $k_{mat}$  il coefficiente adimensionale di efficacia del confinamento che tiene conto della presenza della matrice inorganica.

In mancanza di risultati sperimentali che giustificano assunzioni diverse, il coefficiente  $\alpha_4$  può essere assunto pari a 1.81.

#### 4.4.2 Confinamento di colonne rettangolari

Il confinamento mediante FRCM di elementi a sezione quadrata o rettangolare consente di conseguire solo modesti incrementi della resistenza a compressione. Applicazioni di questo genere devono pertanto essere attentamente vagliate ed analizzate.

In assenza di adeguate prove sperimentali, che ne comprovino l'efficacia, non va considerato l'effetto del confinamento esterno su sezioni rettangolari (Figura 4.2) per le quali  $b/h > 2$  essendo  $b$  la dimensione maggiore ed  $h$  la dimensione minore della sezione.

Prima dell'applicazione del sistema FRCM è opportuno procedere ad un arrotondamento degli spigoli della sezione, allo scopo di evitare pericolose concentrazioni di tensione localizzate in corrispondenza degli stessi, che potrebbero provocare una rottura prematura del sistema. Il raggio di curvatura dello spigolo deve soddisfare la seguente limitazione:

$$r_c \geq 20mm \quad (4.15)$$

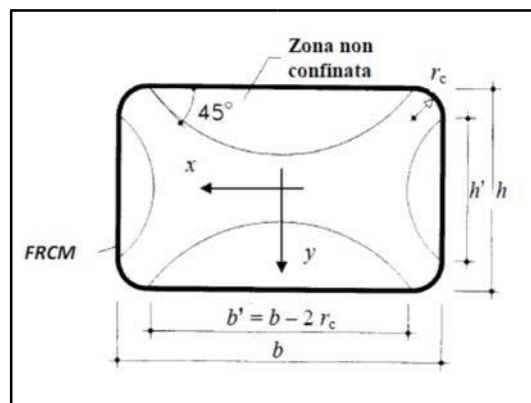


Fig. 4.2 - Confinamento di colonne rettangolari.

Nel caso di confinamento di colonne mediante reti di acciaio, tale prescrizione sul raggio di curvatura può essere disattesa, come indicato nel § 6. Il dispositivo di piegatura da utilizzare deve essere indicato nel manuale di installazione fornito dal Fabbricante.

Possono essere utilizzate le formule già introdotte per le sezioni circolari, con le sole seguenti varianti:

$$k_H = 1 - \frac{b'^2 + h'^2}{3 \cdot A_m}, \quad A_m = b \cdot h \quad (4.16)$$

$$D = \text{diagonale della sezione rettangolare o quadrata.} \quad (4.17)$$