

# Cerchiature: tecniche tradizionali e innovative

## Applicazioni, esempi e interventi

di Lorenzo Jurina\* e Andrea A. Bassoli\*\*

*The securing of constructive elements, such as columns and pillars, or of complex structures through "confinement" techniques includes multiple choices, traditional and innovative. The aim is to obtain an increment in resistance and ductility to improve the structural safety. This paper aims to analyze the various techniques existing in the architectural landscape and evaluate new alternatives for structural consolidation.*

La cerchiatura è l'applicazione di una legatura intorno a un oggetto. Nel campo delle costruzioni, l'applicazione di cerchiature è utilizzata per confinare singoli elementi strutturali o intere opere, al fine di contenere le deformazioni trasversali indotte da carichi assiali.

Il contributo delle ricerche sulla caratterizzazione fisico-meccanica dei materiali ha portato all'evoluzione delle tecniche di cerchiatura, affinando metodologie e dimensionamenti. In particolare, aumentando la compressione laterale in un elemento caricato assialmente si ottiene una tensione tridimensionale, benefica in termini di carico limite, come ben noto dalla applicazione dei criteri di rottura ai materiali da costruzione.

### Tecniche di cerchiature

Le tecniche di cerchiatura degli elementi strutturali caricati assialmente sono molteplici. Ne illustriamo alcune.

Una prima distinzione può essere condotta in base alla collocazione della cerchiatura nei confronti dell'elemento confinato: la cerchiatura può quindi essere esterna o interna alla struttura. La seconda distinzione si può formulare in base al materiale utilizzato: acciaio, fibre sintetiche, materiali compositi a base resinosa o cementizia.

Un'ulteriore distinzione riguarda il momento in cui la cerchiatura viene operata. La cerchiatura può essere passiva, fornendo sicurezza solo nel caso di un'eventuale aggravamento della situazione di degrado, oppure può essere attiva, entrando in funzione al momento della posa e contribuendo da subito

a migliorare il comportamento strutturale dell'elemento cerchiato.

Infine possiamo menzionare i parametri geometrici e applicativi, che variano caso per caso, e sono legati al dettaglio costruttivo adottato per la particolare necessità.

Le cerchiature più tradizionali sono quelle passive, o debolmente attive, realizzate con fasce metalliche aderenti alla colonna. Tale sistema presenta spesso un grande impatto visivo e in alcuni casi implica un disturbo nella lettura della struttura originaria.

Si trovano esempi recenti di fasciature passive con materiali fibro-sintetici a base resinosa o cementizia, la cui applicazione consiste nel posare una base/matrice per garantire il buon collegamento tra l'elemento strutturale e le fasce di rinforzo in fibre, annegate poi nella matrice. Tecnica molto vincolata dal pregio della superficie di applicazione, in quanto l'uso di basi resinose o cementizie non permette la conservazione dello strato di finitura; tuttavia presenta il vantaggio di essere contenuta in spessori molto limitati, che permettono un rivestimento ulteriore, nascondendo la cerchiatura.

Tecniche più recenti implicano l'uso di iniezioni armate, ovvero l'inserimento in direzione radiale di barre metalliche di ridotto diametro all'interno dell'elemento. Il risultato, oltre a garantire un buon confinamento delle spine orizzontali, ripristina un funzionamento monolitico dell'elemento grazie al diffuso collegamento della corteccia esterna con il nucleo interno, che interretta le eventuali fessure presenti.

Una tecnica recente, proposta per il Monastero di Santa Monica a Cremona, ha dato luogo a una ricerca sperimentale che prevede l'uso di cavi metallici esterni, sostanzialmente invisibili, posti a intervalli prestabiliti. La tecnica prevede la posa di fili metallici di piccolo diametro, inferiori a un millimetro, all'interno dei giunti tra i corsi di muratura della colonna, formando un fascio cerchiante post-testato che in-

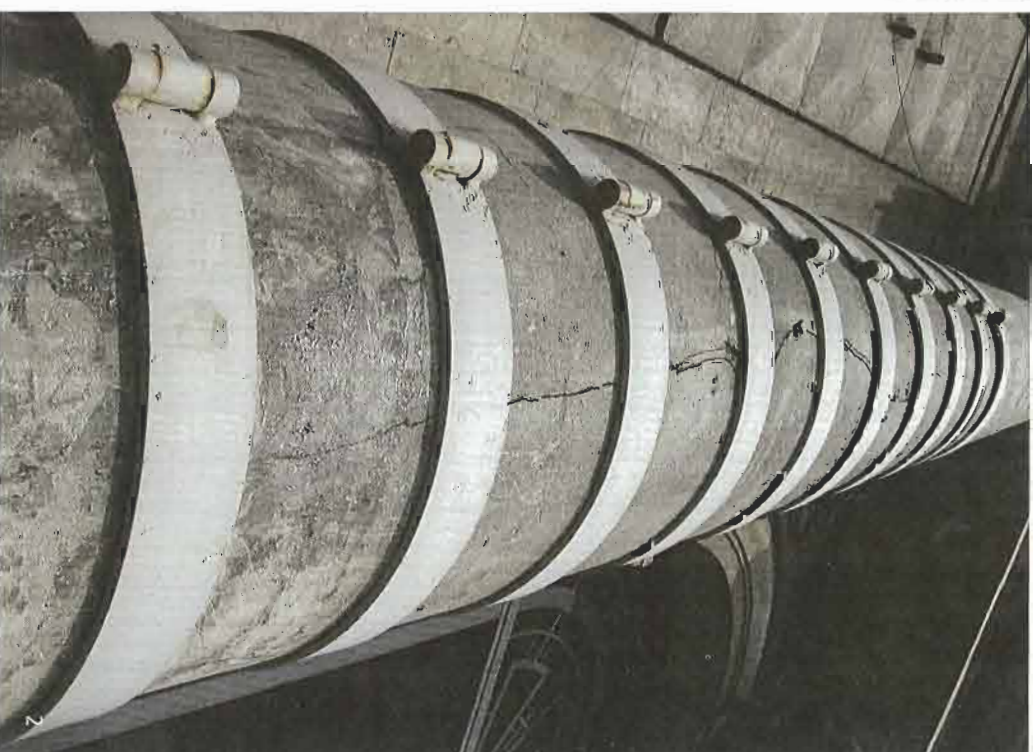


Figure 1, 2, 3 - Immagini di cerchiature con fasce in acciaio delle colonne d'ingresso della Camera di Commercio di Catania e delle colonne affrescate interne dell'abbazia di Chiaravalle a Milano

duce il confinamento dei settori desiderati dell'elemento.

Le suddette tecniche di cerchiatura delle colonne trovano analogie negli interventi di cerchiatura di strutture di grandi dimensioni. Strutture quali torri, ciminiere, ma anche interi edifici se necessario, vengono cerchiati con catene metalliche rigide (barre), oppure flessibili (cavi), oppure ancora con fasce di materiale fibro-sintetico, o mediane cuciture armate posizionate con particolari conformazioni geometriche.

Nel caso di cerchiature di strutture complesse, le variabili in gioco nella progettazione e nell'appli-

cazione delle tecniche sono più numerose rispetto al consolidamento delle colonne, e di pari passo anche i vincoli aumentano. Le peculiarità materiche e geometriche dell'elemento da porre in sicurezza devono stare alla base delle scelte di progettazione di un buon intervento, il rispetto dovuto nei confronti dell'oggetto esistente porta a caratterizzare un intervento con aspetti quali la durabilità, la limitata invasività e la reversibilità, la manutenibilità e infine la reversibilità.

La durabilità deve essere legata alla qualità dei materiali impiegati e agli accorgimenti

rivolti alla loro protezione, in modo che il consolidamento progettato e realizzato abbia una vita utile paragonabile a quella dell'oggetto esistente. La limitata invasività dell'intervento evita di stravolgere la forma dell'oggetto esistente, cercando di lasciarne inalterata la percezione e anche il comportamento strutturale originario,strandone al meglio le risorse residue. La verificabilità e la manutenibilità dell'intervento sono caratteristiche fondamentali per il buon funzionamento dell'intervento nel tempo e per questo bisogna lasciare la possibilità di eseguire verifiche strumentali e garantire operazioni correttive nel caso di mal funzionamento. Infine, ma non meno importante, ricordiamo il concetto di reversibilità, inteso come caratteristica di grande rispetto dell'esistente, che prevede un'attenzione particolare da parte del progettista a realizzare un intervento che possa essere rimosso e/o sostituito senza che vi siano danni residui all'oggetto esistente.

### Esempi di cerchiature

In questo paragrafo si fornisce una rassegna di interventi di cerchiatura esistenti.

Il concetto di cerchiatura riporta spesso alla memoria immagini di grandi fasce di acciaio che avvolgono le colonne, tecnica molto usata ancora oggi, soprattutto per gli interventi cosiddetti "provisori", (che poi provvisori non sono).

Utilizzando le cerchiature con fasce in acciaio si possono ritenere interventi solo moderatamente attivi, in quanto la pretensione viene realizzata con bullonature o, più anticamente, con cunei, previo riscaldamento del cerchio. Le chiusure adottate (cerniere, forchette o bullonature) sono necessarie ai fini operativi di posa e garantiscono la buona aderenza con l'oggetto esistente ma risultano di grande

impatto visivo e alterano la lettura dell'elemento originario, sia della sua forma che del suo aspetto esteriore. Una variante del sistema di cerchiature con fasce metalliche è stato proposto ed utilizzato da uno degli autori (L. Jurina) nel 2005, nell'ex Monastero di San Michele a Lonate Pozzolo. La fascia è ancora metallica, in acciaio inox, ma sono stati eliminati gli ingombranti elementi di chiusura e serraggio, per garantire un aspetto migliore all'intervento. Le due parti della fascia metallica vengono saldate in opera intorno alle colonne, sabbiata, e successivamente rese attive e confinanti grazie all'inserimento di malta espansiva nell'intercapedine fascia-colonna.

Nell'ex Monastero di Santa Monica a Cremona è stata realizzata da altri professionisti la cerchiatura delle colonne del chiostro con un sistema che fa uso di bandelle in acciaio di spessore inferiore al millimetro. Tale ridotto spessore consente una successiva finitura di rivestimento, ma naturalmente impedisce che la muratura resti "faccia a vista".

Un nuovo metodo di cerchiatura, qui proposto, con l'uso di cavi di piccolo spessore inseriti nei giunti è stato sottoposto a verifica sperimentale presso il Laboratorio Prove materiali del Politecnico di Milano. La cerchiatura dei pilastri è stata realizzata con cavi post-testi (trefoili in acciaio inox con diametro di 1 mm) avvolti a spirale all'interno dei giunti di malta orizzontali così da applicare sulla superficie laterale uno stato di coazione. Le prove sperimentali a collasso, condotte su sei colonne cerchiata e non cerchiata in scala reale, hanno dimostrato il buon funzionamento di questa tecnica, garantendo un rilevante incremento della portata e un miglioramento della duttilità. Il carico a rottura delle colonne



Figure 4, 5 - Cerchiature delle colonne del chiostro dell'ex Monastero di San Michele a Lonate Pozzolo

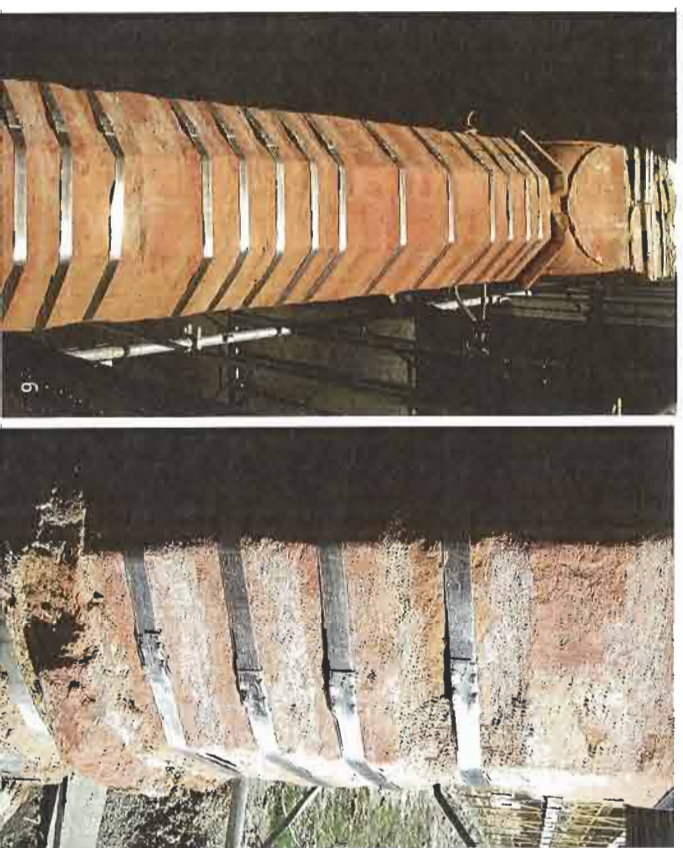


Figure 6, 7 - Cerchiature delle colonne del chiostro dell'ex Monastero di Santa Monica a Cremona

“poco cerchiata” (cerchiatura ogni due giunti) manifesta un incremento del 54,2% rispetto ai provini non cerchiati. Il carico a rottura delle colonne “molto cerchiata” (con cerchiatura a ogni giunto) manifesta un incremento del 95,6% rispetto ai provini non cerchiati.

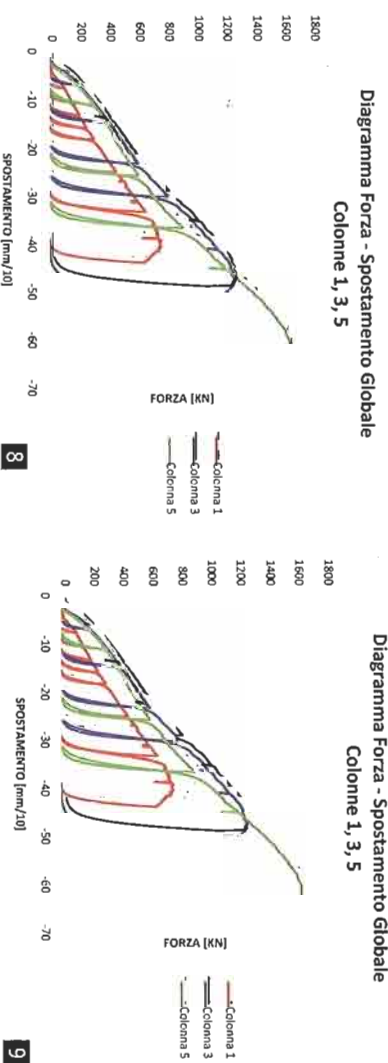
Questi risultati giustificano ampiamente l'efficacia dell'intervento di consolidamento

proposto, lasciando adito a possibili ulteriori miglioramenti tecnologici ed esecutivi. Inoltre si può osservare che i sei diagrammi forza verticale-spostamento hanno pendenze simili, ovvero il confinamento non modifica significativamente la rigidità della colonna e quindi non crea punti rigidi e pericolosi all'interno dell'edificio monumentale.

Il metodo proposto tiene conto

delle esigenze estetiche e del fondamentale criterio di reversibilità, assicurando la buona convivenza con l'esistente. Da ultimo, si sottolinea che l'applicazione di questa innovativa tecnica si presenta di facile esecuzione e versatilità anche su colonne non circolari.

Un'altra tecnica di cerchiatura di elementi monolitici che ancora



	Carico Max [kN]	Spostamento Max verticale [mm]
Colonna 1	756,6	14,66
Colonna 2	824,8	29,50
Colonna 3	1274,9	48,97
Colonna 4	1151,7	46,20
Colonna 5	1636,7	60,79
Colonna 6	1454,2	61,28

Figure 8, 9, 10 - Diagramma carico-spostamento globali

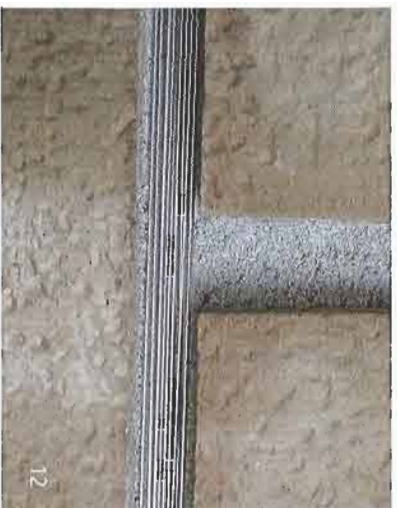


Figure 11, 12, 13 - Cerchiatura con fili in acciaio, mascherabili all'interno dei giunti di malta, dei pilastri in muratura delle prove sperimentali condotte

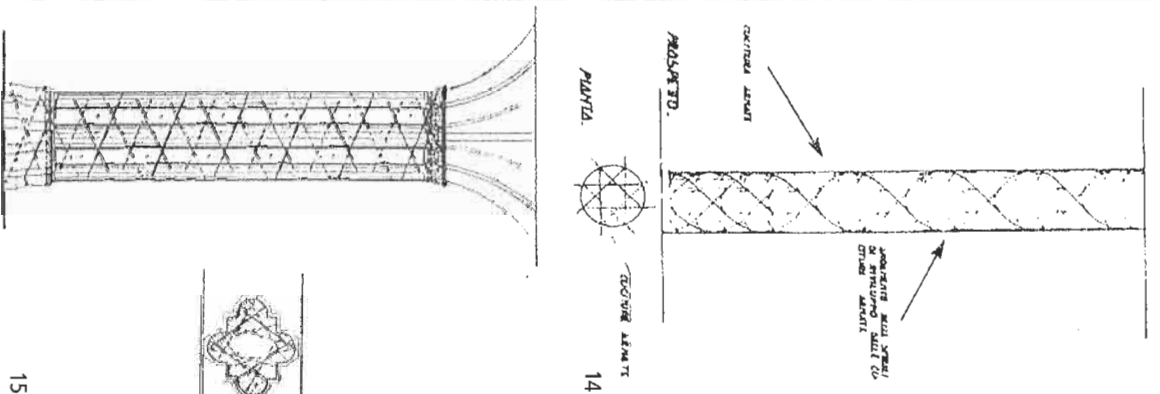


Figure 14, 15 - Schema di consolidamento per mezzo di iniezioni armate delle colonne delle chiese di San Francesco a Fermo e di San Lorenzo Maggiore a Napoli

niche da adottare per garantire il prolungamento in sicurezza della vita della struttura.

#### Bibliografia

BENVENUTO E., *La Scienza delle Costruzioni e il suo sviluppo storico*, Sansoni, 1981  
DI PASQUALE S., *L'arte del costruire, tra conoscenza e scienza*, Marsilio, 1996  
MARSILIO, 1996  
JURINA L., *Prove a collasso su colonne cerchiata in muratura*, Convegno IF CRASC'09, Napoli, 2009

LVRAGHI C., *Colonne e pilastri cerchiati*, Tesi di laurea, Facoltà Architettura, Politecnico di Milano, Relatore L. Jurina, co-relatore M. Mazzoleni, 2004

\*Ingegnere  
DIS, Politecnico di Milano  
\*\*Ingegnere  
Libero professionista

Diagramma Forza - Spostamento Globale  
Colonne 1, 3, 5

Diagramma Forza - Spostamento Globale  
Colonne 1, 3, 5

l'uso dell'acciaio, ma riduce l'impatto visivo dell'intervento è quello delle “cuciture armate”.

In questo caso si realizzano cuciture radiali degli elementi inghiainando all'interno degli stessi alcune barre metalliche che contribuiscono a confinare le deformazioni trasversali dovute all'eccessivo carico assiale e al contempo conferiscono nuovamente monoliticità al materiale costruttivo. Esempi di realizzazione di questo intervento sono stati eseguiti nella chiesa di San Francesco a Fermo e nella chiesa di San Lorenzo Maggiore a Napoli, dove le colonne sono state consolidate a mezzo di perforazioni armate secondo uno schema ellittico.

In parallelo all'utilizzo dell'acciaio è sempre più frequente

l'utilizzo di fasce esterne in materiali fibrosi. L'uso di cerchiatura, e in generale di rinforzo, attraverso FRP a base resinosa o cementizia è più adottato nelle opere in calcestruzzo armato, superfici “sacrificabili” e quindi copribili. Il meccanismo di contenimento delle deformazioni è il medesimo delle fasce in acciaio ma essendo un materiale più flessibile e ottenendosi risultati soddisfacenti con spessori limitati, in determinati casi, è preferibile, perché permette, se necessario, una fasciatura completa dell'elemento.

L'incolaggio diffuso evita l'uso di elementi appariscenti di fissaggio esterno. Tecniche recenti prevedono inoltre l'adozione di un tiro applicato alle fasce in FRP durante

la loro posa, trasformandole in sistemi di cerchiatura attivi.

#### Conclusioni

Il consolidamento della intera struttura e in particolare quello delle colonne deve sempre basarsi sui criteri di necessità, di efficacia, di durabilità e dove possibile di limitata invasività ed elevata reversibilità. Intervendo su un oggetto esistente bisogna porsi con rispetto nei confronti della struttura, considerando il valore artistico e tecnico, cercando di intervenire con leggerezza per prolungarne il più possibile la vita utile.

La vasta scelta di metodologie e tecniche nell'ambito delle cerchiature costituisce una garanzia per il progettista che deve confinare un elemento in crisi. Nell'ottica di anteporre il criterio di conservazione a qualunque



LOCALIZZATORE  
DI ARMATURE  
PROFOSCOPE  
proceeq

CONTROLLI  
NON DISTRUTTIVI  
SU CALCESTRUZZO  
proceeq

**PASIS**  
www.pasigeophysic.com

**SCLEROMETRO  
DIGITALE  
INTEGRATO  
SILVERSCHIMDT  
proceeq**

PASI srl - via Gallarà 5/E  
10125 Torino  
Tel. 011 6507033  
e-mail: sales@pasisrl.it  
**www.pasisrl.it**

