

Un'efficace tecnica di consolidamento

L'iniezione è una tecnica di consolidamento strutturale che consiste nel ripristinare la continuità di una muratura disomogenea o danneggiata, ove cioè sono presenti vuoti, cavità e lesioni diffuse. La scelta della miscela e l'esecuzione dell'intervento in relazione alle caratteristiche della muratura da iniettare costituiscono le variabili principali dell'efficacia e durabilità dell'intervento

Roberta Tongini Folli

L'iniezione dipende da vari parametri quali: le caratteristiche e lo stato di conservazione della muratura, le proprietà e composizione della miscela da iniettare, le condizioni termo-igrometriche dell'ambiente in cui si opera, le modalità d'esecuzione della tecnica.

L'efficacia dell'intervento è dunque garantita (e controllata anche dopo l'intervento), se viene eseguita una volta verificata l'iniettabilità della muratura, se viene scelta opportunamente la miscela, se viene appurata la fattibilità delle operazioni, agendo con la consapevolezza delle potenzialità e dei limiti connessi a questa tecnica.

restauro, consiste nella non "invasività estetica" dell'intervento che non risulta visibile sulle superfici architettoniche, mentre determina una modifica delle caratteristiche e del comportamento della sezione muraria iniettata.

Le miscele

Sono costituite da acqua e leganti inorganici quali calci e cementi o da miscele organiche quali resine. La scelta del legante dipende dalle caratteristiche del supporto murario dove verrà iniettata la miscela, in quanto quest'ultima comporta una modifica del comportamento, in termini di rigidità e resistenza, della muratura consolidata. A tale scopo, è possibile additivare la miscela iniettante con componenti opportunamente dosati (ad esempio, nel caso di murature in pietra con giunti di malta, regolandosi in funzione del grado di assorbimento d'acqua del supporto).

Per individuare la composizione idonea della miscela è necessario considerare alcuni aspetti e rispettare alcune condizioni e raccomandazioni:

- le caratteristiche di resistenza meccanica e di deformabilità della miscela devono essere simili a quelli della muratura esistente da iniettare e le proprietà chimiche devono essere

Requisiti e limiti

L'azione "legante e riaggregante" della miscela iniettata determina un miglioramento delle prestazioni meccaniche della muratura, rimuovendo in parte disomogeneità e discontinuità e rinforzando i legami tra i componenti della muratura stessa. Tuttavia tale azione va relazionata all'iniettabilità della muratura, e cioè alla possibilità fisica di far penetrare all'interno del corpo murario le miscele leganti che qui devono permanere e diffondersi opportunamente. La tessitura muraria deve quindi presentare una sufficiente continuità e la miscela deve essere scelta e costituita da componenti in grado di garantire assoluta compatibilità con il supporto e adeguate penetrabilità e fluidità in relazione ai tempi di esecuzione.

La peculiarità di questa tecnica, diffusamente impiegata nel campo del



stabili nel tempo;

- la miscela deve essere costituita da materiali di granulometria fine, contraddistinti da omogeneità e scarsa viscosità allo stato fluido;
- la presa e l'indurimento devono avvenire rispettivamente in tempi opportuni ed eventualmente anche a temperature basse e il ritiro non si deve verificare o comunque essere contenuto;
- la miscela non deve essere solubile in acqua, subire modiche di volume in presenza di umidità e creare barriera al vapore.

A questi requisiti si aggiungono necessarie valutazioni economiche, in quanto l'utilizzo di una specifica miscela deve comportare spese contenute ed essere facilmente reperibile. Le miscele si possono distinguere in due categorie principali: quelle organiche e quelle a base di resine sintetiche.

Le miscele organiche

Comprendono le miscele a base di calce e le miscele a base di cemento. Le miscele a base di calce sono impiegate soprattutto nel caso di edifici storici per ragioni di compatibilità con questi manufatti (in termini ad esempio di resistenza meccanica, di modulo elastico e di coefficiente di dilatazione termica). Sono in grado di garantire alte resistenze meccaniche e una buona diffusione nella sezione muraria, tuttavia la calce in genere impiegata sotto forma di grassello comporta sensibili fenomeni di ritiro e, se non ben spenta, la formazione di calcinelli (per questo motivo, onde migliorarne le prestazioni, le miscele possono venire additate).

Le miscele a base di cemento sono impiegate ove non vi sia incompatibilità con altri materiali e ove siano richieste elevate resistenze meccaniche. È possibile utilizzare il cemento Portland, il cemento pozzolanico o il cemento d'alto forno, dosando opportunamente l'acqua, in modo da non provocare rilevanti fenomeni di ritiro e "bleeding", e definen-

do opportunamente la granulometria dell'aggregato, in modo da garantire una buona adesione tra miscela e corpo murario iniettato.

Le miscele a base di resine

Comprendono: le miscele a base di resine organiche utilizzate per raggiungere resistenze elevate o rapidi tempi di presa, miscele reoplastiche, contraddistinte da un'elevata fluidità e un alto potere coesivo, e miscele espansive utilizzate per ottenere elevate proprietà antiritiro.

La tecnica esecutiva

L'intervento di iniezione consiste nel far penetrare la miscela legante, in pressione o per colo, a seconda dello stato di conservazione della muratura, nei vuoti, cavità e lesioni, al fine di ripristinarne la continuità e di migliorarne le prestazioni.

Si articola in diverse fasi che prevedono la preparazione della zona d'intervento mediante le seguenti operazioni:

- la locale rimozione dell'intonaco;
- la pulitura della superficie da depositi e residui di sostanze varie mediante lavaggi con acqua eventualmente miscelata con tensioattivi e/o mediante sistemi meccanici (ad esempio con spazzole e pennelli) e/o mediante impacchi con sostanze assorbenti a seconda della superficie su cui si interviene e in relazione allo stato di conservazione di questa. La pulitura deve essere effettuata delicatamente e con continuo controllo, in modo da non recar ulteriore danno alla muratura;
- la risarcitura di lesioni e la stilatura dei giunti di malta da cui potrebbero verificarsi la fuoriuscita della miscela durante l'iniezione, utilizzando malte aventi caratteristiche simili a quelle esistenti;
- l'esecuzione dei fori di iniezione mediante perforatrici a rotazione o carotatici, evitando tecniche che comportino percussioni e disturbi eccessivi alla muratura (i fori meglio se tanti e di piccole dimensioni, possono avere

un diametro di 10 - 30 cm circa e sono realizzati con una pendenza dall'alto verso il basso per una profondità pari a circa 2/3 - 3/4 della sezione muraria e comunque mai inferiore a 10 cm), e l'inserimento nei fori di tubetti di rame o alluminio o resine sintetiche, avendo cura di sigillarli alla superficie, al fine di evitare fuoriuscita della miscela durante l'iniezione;

- l'imbibizione della muratura attraverso l'immissione di acqua nei tubicini per bagnare la muratura. In questo modo si evita che la muratura stressa assorba l'acqua della miscela iniettante, limitando o annullando l'efficacia dell'intervento, e si garantisce una buona aderenza della miscela rimuovendo i depositi e residui della perforazione.

Segue quindi la vera e propria iniezione che può essere effettuata per pressione, per gravità e per depressione.

La prima modalità prevede l'applicazione attraverso i fori dotati di iniettori, di una pressione opportunamente definita in relazione alle condizioni della muratura stessa, fornita da una pompa idraulica o ad aria compressa, avendo cura di procedere dalle zone laterali inferiori per poi proseguire verso il centro e quindi nelle zone superiori.

La seconda modalità viene utilizzata nel caso di murature molto danneggiate a cui non si vuole arrecare ulteriore disturbo. La miscela viene immessa nelle lesioni, vuoti e cavità presenti nella muratura agendo dall'alto, con la consapevolezza di non poter ridare una completa continuità alla muratura, in quanto si opera solo sulle discontinuità e fessurazioni di maggiori dimensioni.

La terza modalità prevede l'applicazione di pressione agli iniettori posti nelle zone inferiori e collegati al contenitore della miscela. Negli iniettori posti nelle zone superiori viene creato il vuoto e mantenuto fino a quando la miscela fuoriesce per risalita: a questo punto vengono sigillati.

