



## GLI APPUNTI DELL'ESPERIENZA



## CONSOLIDAMENTO LASTRE LAPIDEE DA RIVESTIMENTO REINFORCEMENT OF STONE CLADDING SLABS

## 1.1 GENERALITA'

Un'accurata campagna di diagnostica preliminare costituisce il primo passo per una conoscenza approfondita del manufatto oggetto di intervento e permette di avere informazioni rispetto al materiale oggetto dell'intervento, ai materiali che lo compongono, alle loro caratteristiche fisico-materiche, alle tecniche costruttive e di ancoraggio, alle lesioni esistenti e alle eventuali cause indirette di degrado.

Le cause di dissesto del rivestimento lapideo possono essere molteplici e tra i più comuni troviamo:

- Assenza di punti d'appoggio;
- Perdita di adesività della malta alla struttura;
- Fenomeni di ossidazione e/o corrosione nel caso di strutture di supporto in ferro;

Nel caso in cui il manufatto fosse già stato oggetto, nel passato, di opere di manutenzione è possibile che si presentino nuovamente delle criticità in relazione alla:

- Presenza di un numero elevato di tasselli (eccessivamente vincolanti per la struttura);
- Cattiva conservazione degli ancoraggi preesistenti;
- Mancanza di sigillature efficienti tra i pannelli e/o di adeguati giunti di dilatazione.

Inoltre, il dissesto del rivestimento lapideo può rappresentare una situazione di criticità e di potenziale pericolosità conseguente lo stato di manutenzione di un manufatto edilizio in relazione alle aree soggette al pubblico passaggio.

## 1.2 FISSAGGIO E RIADESIONE

La procedura di fissaggio e riadesione di elementi sconnessi e distaccati ha come obiettivo quello di far riaderire parti in pietra staccate o in fase di distacco attraverso adesivi di vario tipo (leganti a basi aerei, idraulici e polimerici). Questa procedura è idonea a rincollare piccole scaglie di materiale, a riempire dei vuoti o tasche associate ad un distacco di strati paralleli, dovuti ad esempio a forti variazioni termiche. Se l'intervento è previsto su manufatti e superfici degradate e fragili oppure su frammenti di piccole dimensioni, l'adesivo dovrà avere una densità ed un modulo elastico simile a quello dei materiali da incollare così da non creare tensioni tra le parti. In alternativa alla malta di calce idraulica può essere usata la resina epossidica bicomponente in pasta, in piccole porzioni ed esente da solventi stesa con l'ausilio di piccole spatole. Per conferire una consistenza maggiore alla pasta, se specificato negli elaborati di progetto, la calce può essere caricata con aggregati tipo carbonati di calcio o sabbie silicee o di quarzo, che dovranno comunque avere un'adeguata tiosotropicità o fluidità a seconda delle caratteristiche del tassello. Per coprire eventuali ponti di resina epossidica, solitamente viene usato un betoncino elastico del colore simile al supporto originario, che può essere ottenuto mediante l'impasto della polvere della stessa pietra e un legante fluorato al 10% in acetone.

La procedura del fissaggio prevede che la superficie sia idoneamente preparata e bagnata con acqua deionizzata e che l'impasto, precedentemente preparato, sia applicato in strati separati. Successivamente si eseguirà la stuccatura con l'uso di piccole spatole ed eventualmente mascherando le superfici non interessate da nastro di carta. Al fine di rendere possibile un'adeguata lettura della cromaticità si potrà additivare l'impasto della pasta con terre colorate e pigmenti. È sempre consigliabile che le stuccature siano realizzate ottenendo una risoluzione cromatica in leggera difformità con l'originale. Infine, a presa avvenuta, la superficie interessata verrà lavata e tamponata con spugna inumidita di acqua deionizzata in modo da compattare lo stucco, da evidenziare la cromia della punteggiatura e da evidenziare residui di malta.

Se oggetto di intervento è un'area più consistente è preferibile utilizzare dei sistemi di sostegno, utili anche per la messa in sicurezza del rivestimento, che prevede l'uso di materiali idonei, ovvero con adeguate caratteristiche meccaniche, di resistenza fisico-chimica e di durabilità e che le quest'ultime vengano mantenuti il più possibile nel tempo.

Nello specifico gli elementi metallici (zanche, perni, piastre, ...) da utilizzare potranno essere:

- In **rame o in ottone trafilato** per pannelli di peso modesto, avendo un'ottima resistenza alla corrosione e scarsa resistenza meccanica;
- In **acciaio o doppia zincatura a caldo**, con un'ottima resistenza meccanica ed alla corrosione;
- In **acciaio inossidabile AISI serie 300**, con eccellenti livelli prestazionali a livello meccanico e con le migliori proprietà di inalterabilità.

La tipologia di zancatura può essere **non portante** ovvero di semplice fissaggio alla parete di supporto oppure **portante** sia di tipo **rigido**, nel caso di rivestimenti con imbottitura posteriore di malta, sia di tipo **regolabile**, nel caso di sistemi più complessi ed utilizzati solitamente su manufatti di pregio o nel caso in cui è necessario ripristinare un'ampia area di rivestimento.

Sistema di fissaggio non portante

L'esecuzione della succitata procedura prevede le seguenti accortezze:

- **l'esecuzione delle perforazioni** sul supporto murario, al fine di alloggiare l'apparato di fissaggio (zanche, tasselli ecc.), **dovrà essere eseguita con strumenti a sola rotazione**; gli strumenti a roto-percussione potranno essere utilizzati, solo dietro indicazione della D.L., su materiali particolarmente compatti come ad esempio elementi in c.a. o murature in laterizio pieno. La profondità della foratura dovrà essere maggiore dell'ancoraggio (se non diversamente specificato negli elaborati di progetto) così da lasciare lo spazio ad eventuali polveri di trapanatura e, nel caso di utilizzo di tasselli, per la fuoriuscita della vite della punta del tassello. Nel caso di messa in opera di zanche, anche il diametro del foro sarà maggiore affinché la malta a ritiro compensato possa ben avvolgere l'ancoraggio metallico. L'eventuale perforazione delle lastre dovrà, invece, obbligatoriamente essere eseguita con strumenti a sola rotazione (ad es. carotatrici) così da evitare la possibilità che le sollecitazioni meccaniche, fornite da mezzi a roto-percussione, deteriorino ulteriormente il rivestimento (ad es. estendendo le situazioni di distacco o generando nuove lesioni);
- **la sigillatura dell'apparato di fissaggio**, ad esclusione nel caso in cui si usino tasselli meccanici o chimici, **dovrà avvenire previa accurata pulitura della perforazione e abbondante bagnatura** (solo in caso di uso di malta) mediante idonea malta di calce idraulica naturale NHL5 caricata con inerti pozzolanici o cocciopesto, con l'eventuale aggiunta di idoneo additivo in modo da compensare il ritiro della malta e solo dietro specifica indicazione progettuale sarà possibile utilizzare betoncino di resina epossidica bicomponente a consistenza colabile esente da solventi;
- **ogni pannello lapideo dovrà sostenersi da solo**, se non diversamente indicato negli elaborati di progetto, dovrà, quindi, non essere appoggiato al tassello sottostante, che potrebbe essere gravato da un peso non previsto;
- **il sistema di ancoraggio dovrà tener conto di adeguati coefficienti di sicurezza** relativi al vento, all'azione sismica alle vibrazioni generali del traffico di superficie o sotterraneo;
- **il sistema di ancoraggio dovrà opportunamente bilanciare la realizzazione di tasselli** di dimensioni contenute **e l'applicazione alla struttura del minor numero di vincoli possibili**, in modo da non ostacolare il naturale movimento del rivestimento;
- **il sistema dovrà prevedere opportune guarnizioni**, in modo da evitare una concentrazione eccessiva di tensioni;
- **la chiusura dei fori e delle giunture dovrà essere eseguita adottando una stuccatura composta da materiali stabili** per evitare cavillazioni ed infiltrazioni oppure, nel caso di tasselli, possono essere usati dischi lapidei di chiusura applicati mediante idonei collanti e sigillati con stuccature.

Sistema di fissaggio portante rigido

I sistemi portanti rigidi più comuni sono i seguenti:

- **Piattina metallica da inserire nelle scanalature**, eseguite nei bordi di due pannelli sovrapposti, muniti di doppia zancatura annegate nella muratura con malta di calce idraulica naturale a ritiro compensato. Il sistema descritto è particolarmente resistente e, quindi, indicato per lastre di grande spessore (3-4 cm);
- **Piattina metallica sdoppiata**, in entrambe le teste, in due lembi ripiegati in versi opposti in modo tale che un'estremità si inserirà nelle scanalature dei bordi dei pannelli sovrapposti e l'altra estremità verrà inghisata nella muratura con malta di calce a ritiro compensato. Il sistema descritto è indicato per lastre di spessore medio-grande (2-3 cm);
- **Due piattine metalliche**, accostate e ripiegate in versi opposti alle estremità in modo tale che i bordi di due pannelli contigui vengano trattenuti separatamente e che le zanche siano posizionate sui bordi orizzontali del pannello di spessore medio-grande (2-3 cm);
- **Sistema con tassello meccanico ad espansione meccanica (ad espansione meccanica o geometrica) o chimico**, da inserire in perfori eseguiti sul pannello mediante l'ausilio di strumenti a sola rotazione e i cui tasselli dovranno essere eseguiti seguendo i tempi ed i valori del carico previsto in modo da evitare sia serraggi troppo elevati e conseguenti fenomeni di snervamenti delle viti sia serraggi troppo lenti e conseguente inadeguatezza dell'ancoraggio. Il sistema descritto è indicato per lastre di spessore medio-grande (2-3 cm). Il tassello meccanico ad espansione forzata sarà inserito nel perforo con un'adeguata percussione e dopo aver controllato l'assialità dell'elemento si passerà all'operazione di serraggio mediante chiave dinamometrica tarata al valore di carico di progetto. L'ancoraggio con tasselli ad espansione geometrica, al contrario di quelli a percussione,

provocano meno tensioni nel materiale di supporto e consente, quindi l'applicazione dei tasselli riducendone interassi e distanze. L'esecuzione di fissaggio del tassello chimico è preceduta dall'inserimento del tassello a rete, a calza o di una bussola retinata di dimensioni uguale a quella del foro, con lunghezza misurata a partire al fondo cieco della perforazione e l'estrusione della resina collante entro i fori precedentemente predisposti in misura pari ai 2/3 della cavità iniziando l'iniezione dal fondo. Successivo si passerà all'inserimento della barra metallica filettata, con diametro e lunghezza da progetto e della rondella di guarnizione in resina siliconica, della rondella in metallo e del dado, che sarà oggetto di serraggio con l'ausilio di chiave dinamometrica tarata al valore di progetto.

#### Sistema di fissaggio portante regolabile

L'utilizzo di questo sistema prevede che le zanche siano calcolate come mensole di sostegno ai pannelli di rivestimento e quindi dovranno essere seguite scrupolosamente le disposizioni di progetto. I sistemi portanti rigidi più comuni sono i seguenti:

- **Sistemi con piastre metalliche sagomate** di spessore minimo 5 mm, inserite ed ancorate con bulloni e dadi muniti di rosetta, in profili metallici sagomati, generalmente, a "C" con irrigidente ed ancorati a parete mediante tasselli meccanici o chimici o zanche di altra tipologia. Questo sistema consente di fissare i profili o le piastre alla parete sia in posizione orizzontale sia in posizione verticale, tenuta conto la dimensione del pannello. In vincolo usato, in caso, è ritenuta.
- **Sistema a spinotti**, simile a quello a piastra, utilizza profilati ad "L", con fori sull'anima e sulle asole dell'ala e, collocare, così gli spinotti metallici che si andranno a inserire nelle scanalature praticate nei bordi delle lastre in modo da vincolarle a ritenuta.

## 1.1 ABSTRACT

An accurate preliminary diagnostic campaign is the first step for an in-depth knowledge of the object to be carried out and provides information about the material to be treated, the materials that make it up, their physical-material characteristics, construction and anchoring techniques, existing damage and any indirect causes of deterioration.

The causes of stone cladding disruption can be many and among the most common we find the most common:

- Absence of support points;
- Loss of adhesiveness of the mortar to the structure;
- Oxidation and/or corrosion phenomena in the case of iron support structures;

In the case in which the object had already been subject, in the past, to maintenance works, it is possible that critical issues arise again in relation to the

- Existence of a high number of anchors (excessively binding for the structure);
- Poor conservation of the pre-existing anchors;
- Lack of efficient joints between the panels and/or adequate expansion joints.

Moreover, the instability of the stone cladding can represent a situation of criticality and potential danger resulting from the state of maintenance of a building in relation to the areas subject to public passage.

## 1.2 FIXING & BONDING

The procedure of fixing and restoring disconnected and detached elements through adhesives of various types (binders to aerial, hydraulic and polymeric bases) is suitable for repacking small flakes of material, filling gaps or pockets associated with a detachment of parallel layers, for example due to strong thermal variations. If the intervention is planned on damaged and fragile products and surfaces or on small fragments, the adhesive has to have a density and elastic modulus similar to that of the materials to be glued so as not to create tension between the parts. As an alternative to hydraulic lime mortar, two-component epoxy resin in paste form can be used, in small portions and without solvents, applied with the aid of small spatulas. In order to give a greater consistency to the paste, if specified in the project drawings, the lime can be loaded with aggregates such as calcium carbonates or siliceous or quartz sands, which need to have an adequate thixotropicity or fluidity depending on the characteristics of the dowel. To cover any epoxy resin bridges, an elastic concrete of a colour similar to the original support is usually used, which can be obtained by mixing the powder of the same stone and a 10% fluorinated binder in solvent (acetone).

The fixing procedure involves that the surface is suitably prepared and humidified with deionised water and that the previously prepared mixture is applied in separate layers. Then the filling will be carried out using small spatulas and, if necessary, masking the surfaces not affected by paper tape. In order to make an adequate chromaticity reading possible, the paste mix can be added with coloured earths and pigments. It is always advisable that the fillings are made with a colour resolution slightly different from the original. Finally, once it has set, the surface will be washed and dampened with a sponge humidified with deionised water in order to compact the filler, to highlight the colour of the punctuation and to reveal mortar residues.

It is preferable to use support systems for larger area, also for the safety procedures related to damaged cladding. The procedures require the use of suitable materials, i.e. with adequate mechanical characteristics, physical-chemical resistance and durability and that these are maintained as long as possible over time.

Specifically, the metal elements (clamps, pins, plates, ...) to be used can be:

- In **copper or drawn brass** for panels of modest weight, having an excellent resistance to corrosion and poor mechanical resistance;
- In **steel or double hot-dip galvanized**, with excellent mechanical and corrosion resistance;
- In **AISI 300 series stainless steel**, with excellent mechanical performance levels and the best inalterability properties.

The type of cladding can be **non-supporting** or **supporting** wall, and in the second case it can be **rigid**, in the case of cladding with posterior mortar filling, or **adjustable**, in the case of more complex systems usually used on valuable items or when it is necessary to restore a large area of cladding.

### Non-supporting fixing system

The following precautions are taken in the execution of the above procedure:

- **the execution of the perforations** on the wall support, in order to lodge the fixing apparatus (clamps, dowels, etc.), **has to be carried out with rotation-only tools**; the roto-percussion tools can be used, only upon indication of the clerk of work, on particularly compact materials such as elements in reinforced concrete or solid brick masonry. The depth of the

drilling has to be greater than the anchorage (unless otherwise specified in the project drawings) so as to allow space for any drilling dust and, in the case of the use of anchors, for the screw of the block tip. In the case of the installation of clamps, the diameter of the hole will also be larger so that the compensated shrinkage mortar can well wrap the metal anchorage. Any perforation of the tiles, on the other hand, has to be carried out with rotation-only tools (e.g. core drills) in order to avoid the possibility that the mechanical stresses, provided by roto-percussion means, further deteriorate the coating (e.g. by extending the detachment situations or generating new injuries);

- **the sealing of the fixing apparatus**, except in the case where mechanical or chemical plugs are used, **has to be carried out after careful cleaning of the perforation and abundant wetting** (only if mortar is used) by means of suitable NHL5 natural hydraulic lime mortar loaded with pozzolanic aggregates, with the possible addition of a suitable additive to compensate for the shrinkage of the mortar, and only after specific design indications will it be possible to use two-component epoxy resin concrete with a pourable, solvent-free consistency;
- **each stone panel has to support itself**, unless otherwise indicated in the design drawings, it has to not rest on the dowel underneath, which could be burdened by an unexpected weight;
- **the anchoring system has to take into account adequate safety coefficients** related to wind, seismic action and general vibrations of surface or underground traffic;
- **the anchorage system needs to appropriately balance the construction of small panels and the application of as few constraints** as possible to the structure so as not to hinder the natural movement of the cladding;
- **the system has to provide appropriate joints**, so as to avoid an excessive concentration of stress;
- **the closing of drill holes and joints has to be carried out using grouting composed of stable materials** to avoid cracks and infiltrations or, in the case of dowels, stone closing discs applied with suitable adhesives and sealed with grouting may be used.

#### Rigid load-bearing fixing system

The most common rigid carrier systems are the following:

- **Metal plate to be inserted in the grooves**, carried out in the edges of two overlapping panels, fitted with double cladding embedded in the masonry with natural hydraulic lime mortar with compensated shrinkage. The system described is particularly resistant and, therefore, suitable for very thick panels (3-4 cm);
- **Metal plate split**, in both heads, into two flaps folded in opposite directions so that one end will fit into the edge grooves of the overlapping panels and the other end will be inserted into the masonry with compensated-shrinkage lime mortar. The system described is suitable for panels of medium to large thickness (2-3 cm);
- **Two small metal plates**, placed side by side and folded in opposite directions at the ends in such a way that the edges of two adjoining panels are held separately and the clamps are positioned on the horizontal edges of the panel of medium-large thickness (2-3 cm);
- **System with mechanical expansion (mechanical or geometrical expansion) or chemical dowel**, to be inserted in holes made on the panel with the help of rotation only tools and whose anchors have to be made following the times and values of the expected load in order to avoid both too high tightening and consequent phenomena of tensions of the screws and too slow tightening and consequent inadequacy of the anchorage. The system described is suitable for panels of medium-large thickness (2-3 cm). The forced expansion mechanical dowel will be inserted into the drill with a suitable percussion and after checking the axially of the element, the clamping operation will be carried out using a torque wrench calibrated to the design load value. Anchoring with geometric expansion anchors, unlike percussion anchors, causes less tension in the support material and therefore allows the application of the anchors reducing centre distances and distances. The fixing execution of the chemical dowel is preceded by the insertion of the mesh or sock type dowel or of a mesh bushing of the same size as the hole, with length measured starting from the blind bottom of the perforation and the extrusion of the adhesive resin within the holes previously prepared in a measure equal to 2/3 of the cavity starting the injection from the bottom. The next step is the insertion of the threaded metal bar with diameter and length from the design and the silicone resin gasket washer, the metal washer and the nut, which will be tightened with the help of a torque wrench calibrated to the design value.

### Adjustable support fixing system

The use of this system requires that the clamps are calculated as support brackets for the cladding panels and therefore the design provisions must be strictly followed. The most common rigid load-bearing systems are the following:

- **Systems with shaped metal plates** with a minimum thickness of 5 mm, inserted and anchored with bolts and nuts fitted with a rosette, in metal profiles shaped, generally, in a "C" shape with stiffener and anchored to the wall by means of mechanical or chemical plugs or clamps of other types. This system allows the profiles or plates to be fixed to the wall in both horizontal and vertical positions, taking into account the size of the panel. In constraint used, in case, it is with restraint.
- **Dowel system**, similar to the plate system, uses "L" shaped profiles, with holes on the core and on the slots of the wing and, in this way, place the metal pins that will be inserted in the grooves made in the edges of the slabs in order to constrain them.