

UNIVERSITÀ DI PADOVA

UNIVERSITÀ DI VENEZIA

IUAV Dipartimento di Scienza e Tecnica del Restauro

SCIENZA E BENI CULTURALI

Manutenzione e conservazione del costruito fra tradizione ed innovazione

ATTI del convegno di Studi
Bressanone 24 - 27 Giugno 1986



LIBRERIA PROGETTO EDITORE PADOVA

IL CONSOLIDAMENTO DELLA PIETRA NELLA DIMENSIONE DEL
GRANDE CANTIERE: METODI INORGANICI ED ORGANICI SU
SUPERFICI MARMOREE.

CINZIA CONTI

Soprintendenza Archeologica di Roma

ANTONIO RAVA

Soc. RAVA s.n.c., Roma

GIORGIO TORRACA

ICCROM, Roma

SABINA VEDOVELLO

C.B.C. - Conservazione Beni Culturali, Roma

ABSTRACT : STONE CONSOLIDATION IN WORKSITE CONDITIONS: INORGANIC AND ORGANIC METHODS
APPLIED ON MARBLE.

The restoration of the stone monuments of the classic age in Rome is frequently considered a single conservation project: actually each monument has special problem, according to the type of material, its history and its exposure. Some peculiar problems of consolidation had to be solved by non-conventional techniques; the paper reports on the use of pre-consolidation before cleaning in the Colonna Antonina, the consolidation of large granite scales by injections of a hydraulic mortar in the Temple of Saturn and the filling of minute surface cracks with a hydraulic stucco in

the Arch of Constantine.

PREMESSA

Il restauro dei monumenti lapidei di Roma antica è sempre stato presentato ed identificato come un unitario progetto di intervento. Al suo interno, comunque, ogni edificio si configura con problemi suoi propri, diversi e specifici, legati di volta in volta ai differenti materiali costitutivi e alle peculiari caratteristiche strutturali; oppure alla particolare posizione urbanistica, o, ancora, alle vicende conservative che hanno segnato e modificato le superfici nel loro passaggio attraverso i secoli. Per quanto riguarda i processi adottati per l'intervento conservativo in questo primo periodo di lavoro, che va dalla fine del 1982 al 1985, la scelta si è orientata verso materiali, tecniche e metodologie di intervento già ampiamente sperimentati nei due ultimi decenni, sia presso i diversi centri di ricerca operanti nel settore sia direttamente sui cantieri di restauro. Si è trattato quindi, non tanto di utilizzare prodotti nuovi o diversi, quanto di adattare alla grande scala dei monumenti romani e alle loro differenti condizioni conservative sistemi tradizionalmente artigianali, legati alla specifica manualità degli operatori, e metodi nati in laboratorio, che spesso richiedono strumentazione poco adatta alla dimensione di cantiere. Era anche importante, in questo caso, ottenere un contenimento dei tempi operativi e dei costi che non implicasse necessariamente una perdita di qualità nel risultato.

Con il progredire del restauro sono state però identificate su alcuni monumenti delle forme di alterazione particolari, sia per gravità che per morfologia. In questi casi, in accordo con la Direzione dei Lavori e la Direzione Scientifica, abbiamo creduto opportuno sperimentare delle soluzioni diverse rispetto alla normale prassi operativa adottata. Ad esempio è stato eseguito un consolidamento del marmo usando un materiale di solito considerato adatto per arenaria; in altri casi sono state usate iniezioni o microstuccature con malte idrauliche per restituire coesione alla pietra disgregata

sistema della fleboclisi;

- con "impacco forzato", costituito da uno strato assorbente (tipo cotone o feltro di cotone) mantenuto a contatto della superficie da imbibire mediante una controforma rigida. Il consolidante viene infiltrato lentamente all'interno dell'impacco e raccolto in uscita da una sacca di scolo già predisposta. Questo sistema, utilizzato nelle situazioni maggiormente precarie, ha il vantaggio di rallentare notevolmente l'evaporazione del solvente e consentire quindi una penetrazione migliore del materiale consolidante.

Con questi sistemi applicativi sono stati effettuati dei saggi con alcune delle resine attualmente usate nel restauro del materiale lapideo e che, rispetto alle condizioni della Colonna, risultavano possedere le caratteristiche tecnologiche maggiormente congeniali al problema specifico, ovvero una resina acrilica (Paraloid B72, Rohm and Haas) e una resina siliconica (Rhodorsil 11309, Rhone Poulenc). Le sostanze consolidanti, a concentrazioni variabili tra il 3% e il 10%, sono state iniettate, o colate all'interno degli impacchi, con getto lento e regolare, alternando imbibizioni di solo solvente per facilitarne la penetrazione.

In entrambi i casi non si è riusciti ad ottenere un consolidamento fino a profondità soddisfacenti: la penetrazione della resina acrilica non ha superato il centimetro, mentre la resina siliconica, che sembrava avere una penetrazione leggermente migliore, ha prodotto evidenti e discontinue alterazioni cromatiche. Inoltre entrambi i metodi creavano complicazioni operative nei successivi interventi di pulitura con paste chimiche o acqua nebulizzata.

Nel tentativo di trovare un consolidante a buona penetrazione e non idrorepellente è stato allora sperimentato un prodotto che è principalmente indicato come consolidante per pietre silicatiche (arenarie o tufi) cioè l'estere etilico dell'acido silicico (Rinforzante OH, Wacker). Le prove di impregnazione sono state effettuate con le stesse modalità delle precedenti e i risultati, anche a distanza di un anno dalla prima

superficialmente o fessurata in profondità. Nella presente relazione vengono discussi tre interventi che hanno appunto un certo carattere sperimentale e che ci sembra si possano considerare rappresentativi dei problemi speciali che si debbono affrontare su alcuni dei monumenti romani attualmente sottoposti ad operazioni di manutenzione straordinaria.

COLONNA DI MARCO AURELIO (vedi foto 1,2)

La Colonna di Marco Aurelio è forse il monumento dove più evidente e drammatica è l'accelerazione dei processi di deterioramento provocati dagli agenti inquinanti presenti nell'atmosfera urbana. Soprattutto sulle zone aggettanti del rilievo e nella metà inferiore del fusto figurato si presentano con inquietante frequenza fenomeni di polverizzazione del marmo, che raggiungono normalmente i 4-5 cm. di profondità⁽¹⁾. Spesso queste zone sono ricoperte da croste nere lisce o da incrostazioni di tipo dendritico, rigide e tenaci; altrettanto regolarmente vi si individuano delle stuccature, eseguite con una resina sintetica caricata con polvere di marmo, che sono riferibili all'ultimo restauro (1958). La presenza di queste stuccature non ha prodotto un consolidamento, ma, al contrario, ha accelerato il collasso di una situazione che già da documenti fotografici dell'inizio del secolo appariva compromessa.

La completa impermeabilità anche al vapor d'acqua di questo materiale, se da una parte non ha impedito alla pietra di impregnarsi di acqua piovana, dall'altra ha favorito un lungo ristagno di umidità nelle parti da esso ricoperte, prolungando in queste zone i processi che conducono alla disgregazione del marmo.

Dato che qualunque azione meccanica poteva provocare danni, prima di qualsiasi operazione di pulitura era necessario un preconsolidamento; il materiale consolidante doveva ridare coesione ai cristalli ormai completamente liberi e garantire un effettivo ancoraggio della parte decoesa al substrato sano.

L'applicazione del materiale consolidante è stata effettuata:

- con lente percolazioni eseguite a iniezione e/o con una strumentazione mutuata dal

applicazione, appaiono soddisfacenti. Le parti disgregate sembrano consolidate in profondità e resistono a sollecitazioni meccaniche leggere; i cristalli di calcite hanno riacquisito una sufficiente coesione.

Non si sono notate alterazioni cromatiche, anche perché, come indicato nella scheda tecnica del prodotto, si è avuto cura, al termine del trattamento, di pulire leggermente la superficie con alcool etilico puro; questo accorgimento ha evitato il formarsi di sbiancamenti dovuti ad un eccesso superficiale di materiale consolidante. Inoltre la natura inorganica del prodotto depositato ha consentito di procedere senza eccessive difficoltà alla pulitura impiegando mezzi a base acquosa. Il difetto evidente di un tale sistema è che il prodotto consolidante depositato non è più solubile.

TEMPIO DI SATURNO (vedi foto 3)

Le otto colonne superstiti che reggono il frontone del Tempio di Saturno sono costituite da granodiorite egizia rosata, per le due terminali, e da granito grigio per le altre. Questi materiali presentano attualmente una serie di macroscopiche alterazioni, caratterizzate da vistose scagliature e decoesione in profondità dell'aggregato cristallino; la situazione è inoltre aggravata dall'infiltrazione di acqua piovana, polvere e terriccio trasportato dal vento.

A questo si aggiunge il deposito in superficie di materiale sicuramente collegato all'azione dell'inquinamento atmosferico, con formazione di croste nere nelle parti riparate dalla pioggia, sotto alle quali si verifica una progressiva decoesione. La caduta di queste croste provoca inoltre la perdita dello strato levigato originale. Parte di questi danni tuttavia potrebbero essere ricondotti alle vicende storiche e conservative del monumento: si sa che fu sottoposto ad incendi e, per più di un millennio, rimase interrato fino a metà circa dei fusti delle colonne. Soprattutto l'interramento, provocando forte imbibizione del materiale a contatto con la terra e continui cicli di umidificazione ed essiccamento nelle zone a livello del piano di calpestio, può aver aggravato i distacchi e l'esfoliazione del materiale lapideo.

I fenomeni di alterazione, comunque, non sembrano interferire con la staticità del monumento: indagini termovisive e ad ultrasuoni, infatti, ne hanno rilevato una presenza relativamente superficiale.

Nel restauro in corso, iniziato nel settembre 1985, sono state trattate parzialmente le prime quattro colonne a nord; su di esse si è eseguito il consolidamento delle decoesioni superficiali e dei distacchi in profondità degli strati del materiale mediante iniezioni, stuccature e microstuccature con una malta a base di calce idraulica. Le operazioni sono state eseguite a partire dalla parte alta delle colonne, seguendo una procedura che è stata modificata solo parzialmente in alcune zone per affrontare casi particolari.

L'intervento di consolidamento ha inizio con una fase preliminare in cui l'area da iniettare viene preventivamente liberata dalla polvere e da particelle estranee usando un debole getto di aria compressa. Successivamente si inumidisce mediante una soluzione di acqua e alcool etilico in proporzione 1:1, e con una resina acrilica in emulsione dispersa in acqua al 10% (Primal AC 33, Rohm e Haas). Queste soluzioni acquose vengono applicate con iniezione: si utilizza solo la pressione della mano per permettere al liquido di penetrare nelle fessure del materiale lapideo. Il consolidamento viene eseguito immediatamente dopo l'inumidimento preventivo della zona da trattare.

La formula scelta per il consolidante è una miscela di:

- calce idraulica naturale (Chaux Lafarge, Francia);
- pozzolana superventilata in polvere (Pozzolana di Salone, Roma);
- acqua, q.b.;
- Primal AC 33, 5% del volume della calce idraulica;
- gluconato di sodio, 0,1% del volume della calce idraulica.

Per le proporzioni di calce idraulica e pozzolana è stato scelto, dopo alcune prove, il rapporto 1:1 in volume. I materiali vengono miscelati vigorosamente prima della iniezione, per permettere una totale dissoluzione della calce idraulica nella miscela

ed evitare la formazione di grumi. Il liquido viene iniettato attraverso le fessure esistenti in superficie; dove ciò non è possibile ed il materiale risulta cavo alla prova di percussione si provoca un foro mediante un trapano elettrico. Le vie di probabile uscita del consolidante vengono chiuse, prima dell'iniezione, con cotone idrofilo asciutto o con una apposita stuccatura.

Questo tipo di consolidamento, già sperimentato nei distacchi tra intonaco e muratura nel caso del restauro di dipinti murali e mosaici, è stato scelto in base alle caratteristiche meccaniche e tecnologiche di questa miscela; la calce idraulica è stata preferita al normale grassello in quanto la carbonatazione di quest'ultimo risulta più difficile all'interno delle cavità del materiale lapideo causa la scarsità di aria e il permanere di umidità (2).

Altri tipi di consolidamento sono stati scartati per l'impossibilità di applicazione sulla grande scala del monumento, o per mancanza di prove di invecchiamento, come ad esempio per i consolidanti epossidici sporadicamente utilizzati in casi analoghi. Bisogna anche notare che le malte epossidiche hanno in genere forza meccanica superiore a quella della pietra, un fattore che noi consideriamo negativo.

La miscela idraulica utilizzata presenta buona iniettabilità e limitato ritiro. La sua resistenza meccanica è adeguata a quella di murature antiche ma inferiore a quella del granito: questo fatto non ci pare però negativo in quanto l'iniezione ha principalmente una funzione di riempimento piuttosto che di rinforzo strutturale (3).

Gli interventi di consolidamento superficiale di fessure ed esfoliazioni sono costituiti in analoghe operazioni di iniezione o infiltrazione con una malta liquida in cui la calce idraulica è stata "tagliata" con grassello di calce stagionato, aumentando la percentuale fino ad adottare il solo grassello per le microstuccature. In superficie, infatti, la carbonatazione del grassello di calce produce un ottimo indurimento, evitando di creare dei ponti di materiale eccessivamente rigido tra i cristalli decoesi del granito.

ARCO DI COSTANTINO (vedi foto 4)

Su questo monumento gli interventi di restauro hanno interessato, fino ad oggi, tutta la parte superiore alle arcate, su tutti e quattro i fronti. Sui lati maggiori, rivolti a nord e a sud, sono inseriti i pannelli con i Trionfi Aureliani, scolpiti in blocchi di marmo bianco proveniente probabilmente da Carrara; sui fronti più brevi, esposti a est e ad ovest, sono riconoscibili i pannelli Traiane, costituiti da marmo pentelico. Soprattutto su questi ultimi sono individuabili numerosi fenomeni di esfoliazione, caratterizzati da una rete di fratture e microfratture, parallele tra di loro e perpendicolari alla superficie del rilievo, che individuano una serie di scaglie dello spessore di qualche millimetro. Spesso a questa alterazione si accompagnano fenomeni di disgregazione del marmo, con cadute di materiale e cristalli privi di coesione. Inoltre queste zone risultano ricoperte da croste nere lisce o dendritiche, che si incuneano nelle soluzioni di continuità createsi tra una "sfoglia" e l'altra.

Per il risarcimento e il consolidamento di queste parti Carlo Giantomassi, coordinatore degli interventi di restauro su questo monumento, ha messo a punto una prassi operativa che consente di effettuare sia il consolidamento delle zone esfoliate, sia la microstuccatura delle fessure. Anche in questo caso si è preferito riferirsi ad una malta con caratteristiche idrauliche che, dopo alcune prove, è stata così definita nei suoi componenti:

- calce idraulica (Chaux Lafarge, Francia): una parte in volume;
- inerte: una parte in volume;
- acqua di calce: q.b.;

dove l'inerte, setacciato a 80 mesh, è costituito da:

- polvere di marmo: 8 parti in volume;
- sabbia grigia di fiume: 2 parti in volume (4).

Il metodo di applicazione, piuttosto complesso date le condizioni precarie delle zone da trattare, è stato condizionato dalla necessità di operare a fasi strettamente rav-

vicinate un preconsolidamento, la pulitura e il consolidamento definitivo. Pertanto si è proceduto con:

- una velatura provvisoria della zona interessata nelle parti maggiormente decoese, eseguita con carta giapponese fissata con una resina acrilica (Paraloid B 72) in soluzione al 20% in Diluente Nitro;
- la rimozione degli strati di alterazione sovrapposti al marmo, operata in genere con miscele solventi mantenute a contatto della superficie, per i tempi necessari, mediante pasta di cellulosa;
- la rimozione, a pulitura ultimata e a completa evaporazione dell'acqua, della velatura di protezione, mediante impacchi di attapulgit miscelata a Diluente Nitro;
- applicazioni successive di impacchi di attapulgit con Diluente Nitro, lasciati a contatto della superficie fino a completo essiccamento e rimossi con un pennello morbido. Queste applicazioni hanno consentito una parziale estrazione dei residui di polveri sospese ed agenti inquinanti infiltratesi nelle soluzioni di continuità presenti tra una "sfoglia" e l'altra del marmo;
- lavaggio finale con acqua deionizzata, eseguito con nebulizzatore;
- applicazione nelle zone esfoliate della malta idraulica, stesa con un pennello morbido. La malta, che viene miscelata con acqua di calce fino ad ottenere una consistenza molto cremosa, è stata forzata a riempire tutte le cavità e le fessure del marmo. Durante la prima fase di essiccamento dell'impasto, l'eccesso di materia viene rimosso mediante leggero lavaggio con una spugna umida. Questa operazione di consolidamento e/o microstuccatura è stata ripetuta varie volte, fino ad ottenere un riempimento soddisfacente.

Laddove le fessure sono risultate, al termine di queste applicazioni, ancora troppo aperte si è provveduto ad una vera e propria stuccatura, eseguita con il medesimo impasto, ma di consistenza più compatta. (5).

NOTE

- (1) Si tratta di marmo bianco di natura prettamente calcitica, con alcune inclusioni di cristalli quarzici e presenza di dolomite; la provenienza è Carrara, zona Ravaccione (analisi petrografiche: Dott. Lorenzo Lazzarini, Dott. Michele Pecoraro, Venezia).
- (2) La malta da iniezione è stata elaborata dal gruppo di ricerca dell'ICCROM sui materiali da costruzione (v. D.Ferragni ed altri in *Adhesives and Consolidants*, London Congress of IIC; 1984; p. 111).
- (3) Un intervento analogo a quello qui descritto è stato eseguito anche su tre zone di sfaldatura nel marmo della Colonna Traiana, a cura di consulenti dell'ICCROM e dell'equipe di restauratori coordinata da Bruno Zanardi.
- (4) Nel corso del restauro sull'Arco di Settimio Severo, il gruppo di restauratori diretto da Roberto Nardi ha messo a punto una malta idraulica di composizione molto simile a questa, utilizzata anche qui come preconsolidante nel risarcimento di esfoliazioni e zone disgregate del marmo.

- (5) L'esecuzione dei restauri nei monumenti citati nella presente comunicazione è a cura di:

Colonna di Marco Aurelio:

Ditta Capogruppo: C.B.C. - CONSERVAZIONE BENI CULTURALI, Soc. Coop. r.l.;

Ditta Associata: Soc. SEI 1983, s.n.c..

Tempio di Saturno:

Soc. RAVA, s.n.c. .

Arco di Costantino:

Ditta Capogruppo: Soc. CARLO GIANOMASSI E DONATELLA ZARI, s.n.c.;

Ditte Associate: Soc. PRAXIS, s.n.c.; Soc. TECNICON, s.r.l.; Soc. NIKOLAS VAKALIS e SIMONETTA ROCCO, s.n.c.; PAOLA CINTI; MARIO GAMMINO; VALERIA MASSA; ILARIA GIOVENALE; JHON HORN; ROY SARAFIAN; MARIE JO MANO.



FOTO n°1

Colonna di Marco Aurelio - Roma

Zone di polverizzazione del marmo ricoperte da stuccature a resina sintetica e croste dendritiche

Foto P. Rizzi

FOTO n°2

Colonna di Marco Aurelio - Roma

Zone di polverizzazione del marmo, ricoperte da stuccature in resina sintetica e croste dendritiche

Foto P. Rizzi