

RECUPERARE

l'edilizia

55

Restauro del coronamento di Palazzo Vecchio a Firenze
Recupero del Teatro Dante a Campi Bisenzio
Nuova luce per il Palazzo della Ragione a Verona
Speciale risanamento e impermeabilizzazione

RESTAURO E CONSOLIDAMENTO DEL CORONAMENTO DI PALAZZO VECCHIO

Due sono state le principali tipologie d'intervento sul prestigioso palazzo rinascimentale fiorentino, che hanno riportato il coronamento dell'edificio all'antico splendore

di Marcella Anzalone e Claudio Mastrodicasa - Foto di Mauro Muggia



Firenze, Palazzo Vecchio, la Torre di Arnolfo. Una città che rappresenta storia e che contiene opere, monumenti ed esempi di arte, architettura e ingegneria. Il coronamento di Palazzo Vecchio può considerarsi l'elemento maggiormente rappresentativo sia dell'opera di Arnolfo di Cambio sia in generale dell'architettura militare medievale a Firenze.

La Torre e i camminamenti dominano la città per la spiccata altezza e per le geniali soluzioni difensive.

I camminamenti sono dei particolari percorsi che si sviluppano intorno al nucleo costitutivo e antico del Palazzo, quello da sempre definito "dado arnolfiano" costituito da due ordini sovrapposti, quello coperto posto a livello inferiore e quello soprastante scoperto.

Ogni percorso aveva un suo ruolo specifico nelle attività militari ed ogni struttura una soluzione appositata. Il percorso di ronda sottostante accoglieva le ricognizioni ordinarie: è interamente coperto a volta ed è stato realizzato in aggetto rispetto alla cortina muraria, sorretto da beccatelli su arcate pensili.

Il percorso superiore era stato pensato per ospitare esclusivamente operazioni militari: costruito specularmente sopra la struttura dell'altro, è coronato da merli Guelfi, nella porzione di camminamento verso Piazza della Signoria che permetteva una agevole difesa. La pavimentazione, posta a quota elevata permetteva, inoltre, con agevole facilità di imbracciare l'arco.

Pregni di storia e di fascino, i camminamenti di ronda, nonostante i precedenti interventi di restauro presentavano ancora un marcato degrado materico nonostante il monitoraggio continuo messo in atto dalla Fabbrica Palazzo Vecchio.

Inoltre, un generato allentamento del paramento murario, sommato ad alcune significative lesioni, ha evidenziato la necessità di un radicale intervento di restauro e consolidamento.

Il segno del tempo risultava oltremodo evidente, tanto da giustificare un deciso intervento globale di restauro

che ha permesso di restituire a Firenze la visibilità di un affascinante brano di storia.

Questo intervento ha permesso di mettere in atto soluzioni di consolidamento innovative per materiali quali inox, corten, rame e per forma: cuciture interne alla muratura grazie ai carotaggi e cerchiature totalmente esterne grazie alle piastre angolari di ancoraggio. Il tutto eseguito a conclusione di una seria indagine sensoriale di monitoraggio.

Il progetto ha posto particolare attenzione alle opere di protezione: inferriate di chiusura delle aperture, grate di protezione dei piombatoi, schermi di illuminazione che sono stati disegnati attingendo al vasto repertorio del Palazzo, nel rispetto della tradizione, ma ponendo elementi di novità atti a sottolineare l'attualità dell'intervento.

ANALISI DEL DEGRADO E DEI DISSESTI STATICI

Lo stato di degrado rilevato ha obbligato a seguire due distinte tipologie di intervento: il restauro dei paramenti murari, degli intonaci e delle parti logorate dagli agenti atmosferici e dal tempo ed il consolidamento dell'intera struttura che presentava un quadro fessurativo non trascurabile.

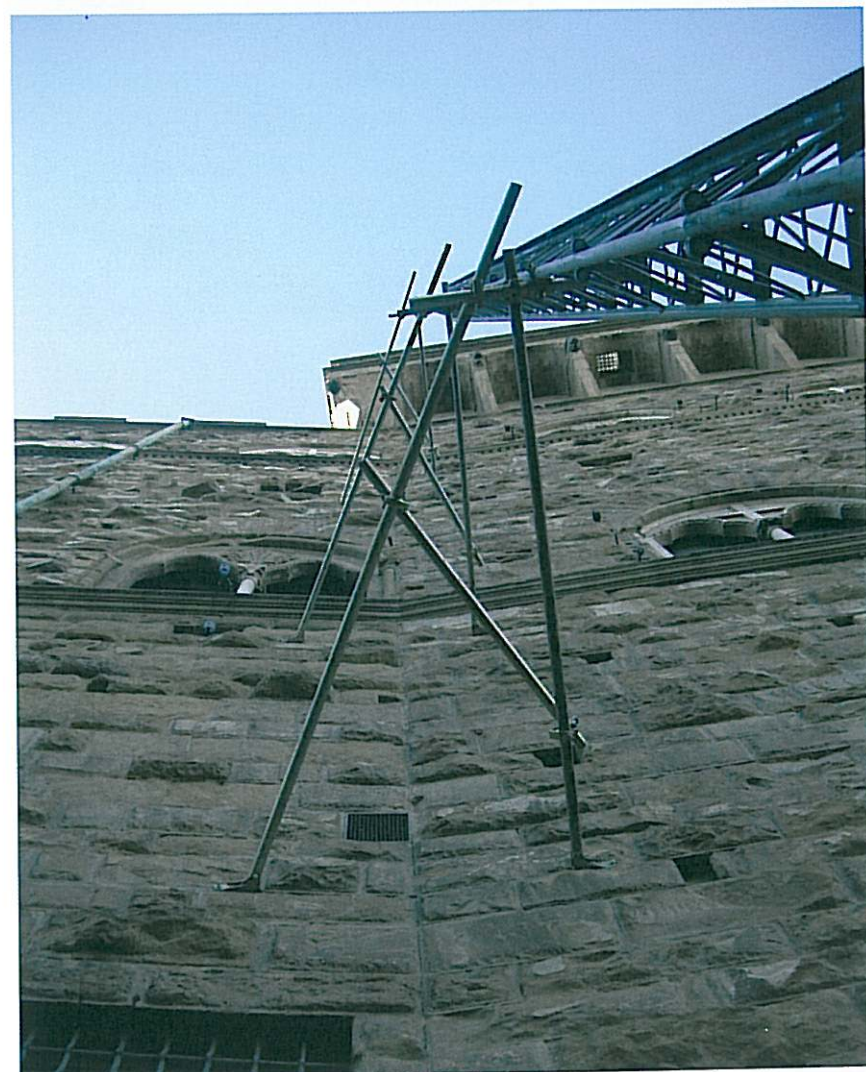
I due camminamenti, infatti, presentavano diversi fenomeni di degrado. Il percorso coperto evidenziava una marcata decoesione degli intonaci, con porzioni ammalorate a causa di infiltrazioni di acque piovane, segni di esfoliazione, rigonfiamento e distacchi superficiali sui davanzali delle aperture e sulle cimase dei merli, nonché uno stato avanzato di degrado del paramento murario in pietra arenaria ricoperto da uno strato consolidato di sporco tale da non permettere più la lettura del bozzato, falsando irrimediabilmente la resa cromatica dell'apparato murario accentuato dalla presenza di malte cementizie probabilmente frutto di un restauro improprio risalente agli anni '70.

Il percorso soprastante, ancora più esposto al tempo ed agli agenti atmosferici, sia perché scoperto sia per la posizione dominante, presentava fenomeni più complessi oltre le stesse problematiche rilevate nel percorso coperto. Lungo il camminamento, infatti, si riscontravano diffusi distacchi corticali di porzioni della pietra serena posta a delimitazione dei merli, problemi di tenuta della pavimentazione realizzata in elementi di cotto formato a mano e la muratura di protezione del camminamento sul Cortile di Michelozzo evidenziava sulla cimasa, la presenza di un attacco biologico, nonché il deterioramento di alcune parti di intonaco.

La risarcitura delle lesioni, in alcuni casi "passanti", rappresentava sicuramente l'aspetto di maggior criticità.

Gli studi e le analisi svolte per comprendere le cause delle fessurazioni, l'entità del danno e il rischio di cedimenti della struttura hanno individuato specifici problemi: un generalizzato allentamento della muratura; ben





quattro capochiave delle finestre ad arco della Sala delle Bandiere risultavano allentati di oltre 40 mm, dunque a rischio di imminente distacco; tre architrave erano lesionate e la muratura interna dei due angoli (nord-ovest e sud-ovest) presentavano fessurazioni significative, superiori ai 10 mm.

IL MONITORAGGIO

Durante l'iter di redazione del progetto di restauro e di consolidamento, finalizzato alla risoluzione dei problemi statici rilevati, è stato contestualmente approntato un sistema di monitoraggio per quantificare l'ordine e soprattutto la tendenza degli spostamenti e delle fessurazioni.

Un sistema nato dalla collaborazione tra la Fabbrica Palazzo Vecchio ed un'azienda fiorentina, la HTS, con la quale è stato messo a punto un apposito fessurimetro capace di rilevare gli spostamenti nelle tre direzioni: x,y,z e che, grazie ad una trasmettente con tecnologia GSM, riusciva, diversamente dall'impiego della tecnologia ad onde radio, a trasmettere in remoto, superando le spese murature del Palazzo.

Un apposito server della Fabbrica Palazzo Vecchio provvedeva in tempo reale a memorizzare e graficizzare gli spostamenti delle ultime 24 ore. Il programma, qualora gli spostamenti avessero superato la soglia di attenzione in automatico e grazie sempre alla tecnologia GSM, avrebbe provveduto ad inviare ai componenti dell'ufficio un apposito sms di allerta. A distanza di un semestre l'analisi dei dati ha decretato l'urgenza di intervenire.

Il progetto ha quindi previsto due distinti interventi di consolidamento: la ricucitura delle lesioni angolari e la cerchiatura delle porzioni di muratura degradata.

IL PROGETTO DI RESTAURO E CONSOLIDAMENTO

Il progetto di restauro e di consolidamento si è sviluppato in più fasi sequenziali e contemporanee ed ha visto la proficua collaborazione tra il progettista, i collaboratori e le imprese prescelte.

Queste hanno direttamente partecipato alla progettazione apportando alla loro produzione quelle modifiche tecnologiche e quelle variazioni dimensionali ai macchinari che hanno permesso di usare, in un ambiente monumentale, tecnologie di derivazione industriale.

Il progetto ha definito specifici obiettivi: il restauro delle parti degradate, il consolidamento delle porzioni dissestate e il monitoraggio dei risultati.

Il restauro ha coinvolto diversi temi di ciascun percorso, utilizzando differenti tecniche per la pulitura, la rimozione ed il ripristino delle parti.

In prima istanza è stata effettuata la pulitura ed il consolidamento del paramento lapideo, un'azione attenta ad eliminare i depositi che possono essere dannosi per la conservazione senza intaccare la patina del tempo. La patina naturale, infatti, deriva da un processo di micro-

variazioni che caratterizzano il materiale antico e la sua rimozione porterebbe processi irreversibili nella struttura dei materiali (in particolare quelli a struttura porosa come la pietra, il marmo e il cotto).

Nel rispetto di tali principi sono stati individuati quattro livelli di pulitura, rilevati e delineati in elaborati grafici; ad ogni livello di sporco corrisponde un livello di pulitura, il livello più alto, il quarto, prevedeva l'applicazione di impacchi come dettagliatamente descritto nelle voci di capitolato e computo metrico estimativo predisposto per l'esecuzione delle opere di restauro.

Il terzo grado prevedeva l'impiego di acqua additivata da stendersi a pennello, il secondo grado l'atomizzazione di acqua deionizzata, mentre il grado più basso, il primo, solo l'impiego di spazzole di saggina.

Anche qui la positiva interazione con la ditta Baldini Costruzioni srl di Firenze, aggiudicataria dell'appalto, ha permesso di operare una serie di test di pulizia del paramento lapideo con le tecniche più moderne. Lo studio ha portato la direzione lavori a scegliere di eseguire la pulizia con la tecnica della "aeroabrasione" e quindi a variare il progetto originario. Il complesso e difficile lavoro è stato quindi affidato ai provetti restauratori della ditta Scavazzon di Firenze che ha collaborato per l'esecuzione di queste opere con l'aggiudicatario dell'appalto.

Gli intonaci delle volte sono stati restaurati conservando con attenzione le porzioni originali ed eliminando le sole porzioni oggi ammalorate.

Per il restauro della pavimentazione del camminamento coperto è stata indispensabile la tassellatura delle porzioni mancanti e la pulitura.

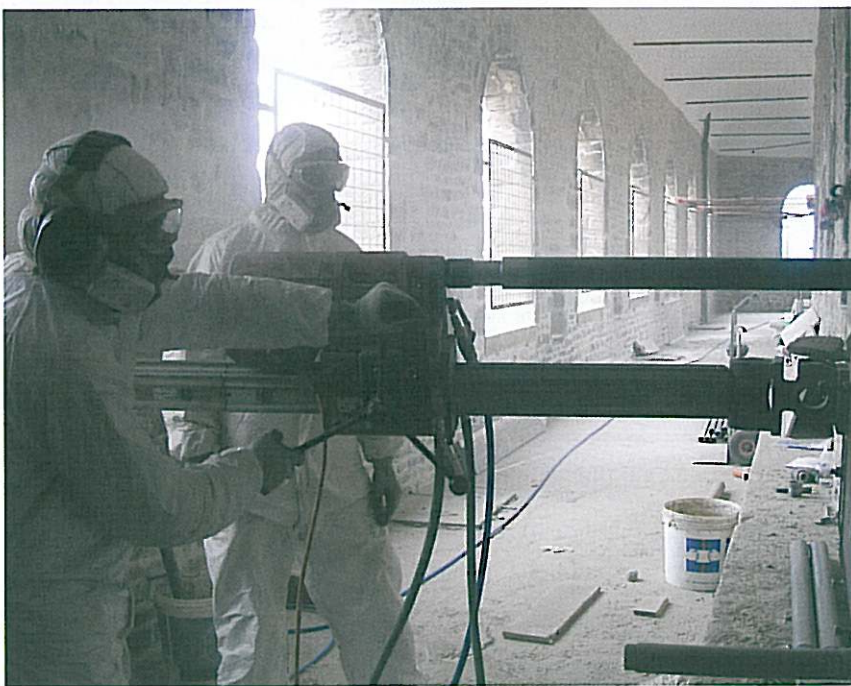
L'intervento ha previsto la riapertura dei piombatoi, particolari aperture orizzontali praticate nella pavimentazione del camminamento coperto per il lancio di olio bollente e pietre per la difesa del Palazzo. Per permettere questa riapertura è stato sollevato il coperchio ligneo e nella sede di chiusura sono state alloggiare una lastra di vetro strutturale, a protezione della caduta di piccoli oggetti, posta sopra una grata realizzata con taglio termico a partire da una spessa piastra di corten.

Ne deriva un interessante oggetto di design, che arricchisce la magnificenza dei luoghi senza distrarre dal fascino della storia e che permette, inoltre, una maggiore comprensione della planimetria dell'edificio e della sottostante piazza della Signoria.

Inoltre, il diffuso distacco delle pavimentazioni ha reso anche qui indispensabile il totale rifacimento dei massetti, nonché la tassellatura delle porzioni mancanti.

L'intervento di consolidamento, invece, nasce dalla necessità di "ricucire" quattro distinte lesioni che sono emerse durante l'esecuzione del restauro dei camminamenti medesimi.

Vista la complessità dell'opera è stato opportuno ricorrere ad una nuova e puntuale progettazione per questo



delicato intervento. Lo schema progettuale, redatto dall'arch. Mastrodicasa, è stato sottoposto al consulente strutturale l'ing. Michele Albano e successivamente inoltrato alla Bossong srl che, tramite l'ing. Elena Poverello, ha dimensionato le barre di consolidamento.

Lo studio risultante ha evidenziato la necessità di eseguire sui due angoli del fabbricato una serie di fori di mm 60 di diametro. Forature eseguite con la collaborazione della Tecnodiamante srl di Firenze che per l'occasione ha utilizzato una carotatrice orizzontale di derivazione industriale specificatamente modificata.

Le immagini documentano le delicate fasi di intervento sull'antico Palazzo



All'interno di ogni foro è stata posizionata una barra in acciaio di 20 mm di diametro e di lunghezza variabile dai 230 cm ai 950 cm. Le barre, prima di essere inserite nei fori predisposti, sono state preventivamente inserite entro una calza di tessuto con funzioni di contenimento della malta da iniettare secondo una tecnologia studiata dalla Bossong.

A lavoro ultimato, le barre inserite nella muratura sono totalmente invisibili, tanto da rendere necessaria la posa a chiusura del foro di iniezione, la posa di una piastrina metallica che consentirà in futuro un rapido "riconoscimento" delle zone di rinforzo. Su queste piastrine saranno

punzonate indicazioni riguardo le dimensioni della barra, il diametro della stessa e l'anno di esecuzione.

L'intervento di cucitura descritto, essendo di tipo puntuale e non esteso a tutta la muratura del Palazzo, avrebbe potuto ingenerare nel tempo nuove fessurazioni e lesioni nelle murature adiacenti, come anche avrebbe potuto creare nuove tensioni non facilmente identificabili e quantificabili. Occorreva ricorrere ad un presidio capace di omogeneizzare la resistenza delle murature cucite (con all'interno spesse barre d'acciaio) con quelle antiche, solo superficialmente restaurate.

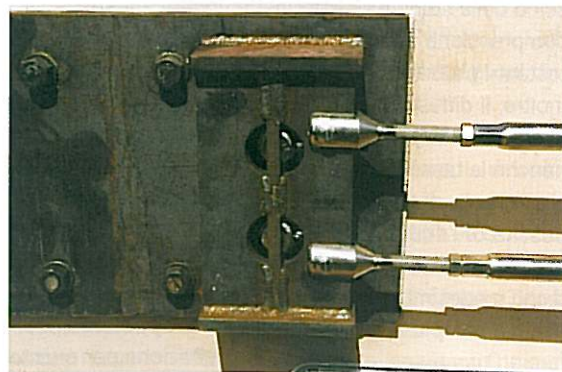
Lo studio progettuale ha portato alla realizzazione di due distinte cerchiature da eseguire con funi in acciaio inox, di tipo nautico: una cerchiatura a protezione delle murature che si affacciano sul "Cortile del Michelozzo", l'altra a protezione delle murature della "Sala delle Bandiere". Due interventi con problematiche diverse, anche perché le murature della "Sala delle Bandiere" presentavano un quadro fessurativo di minor gravità che ha permesso di limitare l'intervento di cerchiatura al solo livello del camminamento coperto e di ridurre, dunque, l'area di cantiere e l'invasività sull'esistente.

La ricerca di tecniche adeguate, di semplice esecuzione e poco invasive rispetto al delicato equilibrio della struttura, si è resa necessaria data la complessità del luogo ove si andava ad operare e data la particolare criticità delle murature.

La prima di dette cerchiature è stata realizzata a livello del camminamento coperto, composta da due distinte funi da 16 mm di diametro poste alla opportuna trazione mediante idonei tenditori.

I tecnici responsabili della tutela e facenti capo alla Soprintendenza ai Beni Architettonici per le Province di Firenze, Prato e Pistoia, insieme alla Direzione dei Lavori, hanno convenuto nella necessità di andare ad eseguire questa complessa opera di presidio, dalla quale non era possibile prescindere.

L'intervento totalmente esterno al paramento murario, rispetta i criteri di perfetta riconoscibilità e reversibilità, grazie all'impiego di cavi di tipo nautico posti in opera ancorati a piastre in corten. Completano la cerchiatura i necessari capocorda ed i tenditori idonei alla dimensione



del trefolo. La "diversità" e la riconoscibilità sono le scelte progettuali forti che sottolineano il valore dichiarato di un intervento complesso, realizzato su un monumento.

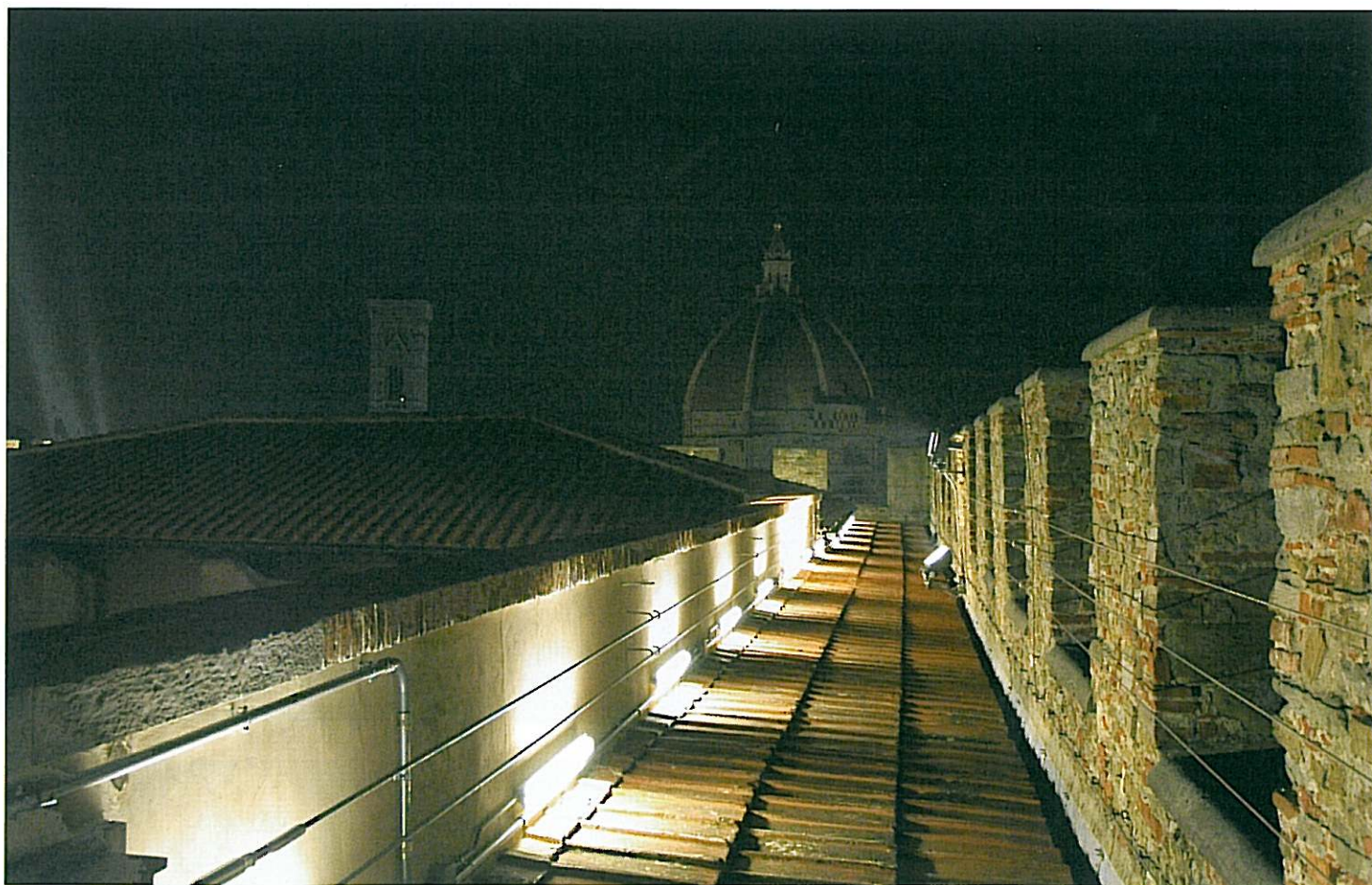
Per ottenere lo straordinario risultato di leggerezza ed armonia, l'intervento è stato studiato nei minimi particolari, dalla progettazione del particolare tecnologico allo studio di un sistema di monitoraggio dei tensori, che aggiunge così valore storico a queste trasformazioni dell'edificio.

Eseguito a cura dell'ing. Michele Albano, il dimensionamento della sezione resistente della fune, la Flli Ceccantini di Firenze, ha permesso di individuare il cavo più idoneo per questa applicazione.

La scelta che è caduta su una fune del tipo spiroidale 1x19 dal diametro di 16 mm, completa di capocorda e tenditori fissati a freddo e realizzati dal pieno. Una fune certificata per resistere ad un carico di rottura di 14.000 Kg, realizzata in acciaio inox AISI 316, cioè capace di resistere alle aggressioni marine e chimiche, per la sua alta percentuale in nickel e cromo.

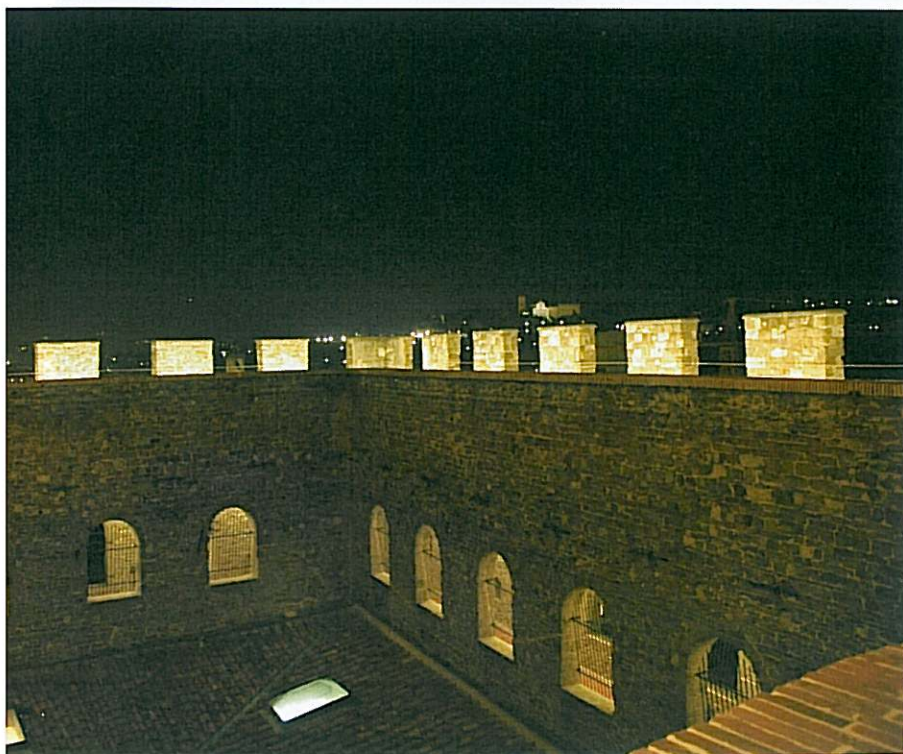
L'impiego di tenditori ed elementi in acciaio inox consentirà nel tempo, in relazione ai dati dei futuri rilevamenti dati dal monitoraggio, di modificare la tensione d'esercizio data alle funi.





MANUTENZIONE E CONTROLLO

L'occasione di intervenire in questa zona "fragile" del Palazzo ha permesso di tendere la prima rete di sensori. "Orecchi ed occhi" tecnologici (inclinometri, fessurimetri, accelerometri completi di trasmettitori GSM) localizzati nei punti più sensibili che permetterà di capire come si sta comportando il consolidamento effettuato.



Un'operazione finalizzata, dunque, all'acquisizione di dati da mettere a disposizione sia della Fabbrica del Palazzo sia del mondo scientifico, al fine di comporre nel tempo una sorta di mappatura digitale del fabbricato.

Il dipartimento di Ingegneria Civile della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze, guidato dal prof. Paolo Spinelli, grazie ad una convenzione oggi all'attenzione dell'Assessore alla Cultura del Comune di Firenze prof. Giovanni Gozzini, si propone di integrare lo studio di questo consolidamento in particolare e dell'intero edificio in generale.

Due specifiche tesi di laurea che hanno per oggetto il consolidamento dei camminamenti sono già al lavoro, in contemporanea il Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Firenze, guidato dal prof. Carlo Atzeni, grazie ad un'altra convenzione, indagherà il comportamento dinamico delle murature del Palazzo attraverso l'uso di uno specifico radar messo a punto dallo stesso dipartimento, con tecnologia a interferometria a microonde.

Scopo di questi studi specialistici sarà in primis l'analisi delle variazioni stagionali del quadro fessurativo e delle tensioni indotte nelle funi di cerchiatura, per estendersi in un futuro all'intero Palazzo.

Analisi che aiuteranno meglio a comprendere e preservare alle future generazioni un monumento complesso e straordinario com'è Palazzo Vecchio.

Restauro e consolidamento del coronamento di Palazzo Vecchio a Firenze

R.u.p.

arch. Giuseppe Cini

Progetto

arch. Claudio Mastrodicasa

Coordinamento sicurezza

arch. Cinzia Nepi

Consulente strutturale

ing. Michele Albano

Direzione lavori

arch. Claudio Mastrodicasa,

Impresa appaltatrice

Baldini Costruzioni Srl

Restauro lapideo

Scavazzon Snc, Firenze

Carotaggi

Tecnodiamante Srl, Firenze

Barre di cucitura lesioni

Bossoni Srl, Bergamo

Funi di cerchiatura

F.lli Ceccantini Srl, Firenze

Malte

Biocalce Spa, Modena

Monitoraggio lesioni

Hts Sas, Firenze

Importo lavori

500.000

