

Torre del palazzo-castello Orsini Barberini a Monterotondo Progetto di restauro e tecniche d'intervento

Cenni storici

Il Palazzo Orsini Barberini rappresenta, fin dai tempi della sua primitiva costruzione, l'elemento emergente dell'immagine urbana di Monterotondo e per la particolare condizione di coincidenza tra potere Politico e Religioso, le vicende storiche della città sono strettamente collegate a quelle del palazzo fino alla fine del potere temporale del papato.

La sua storia e le caratteristiche dell'attuale costruzione architettonica, sono conseguenza delle diverse modifiche ad opera delle diverse famiglie che si sono succedute nella proprietà del palazzo, arricchendone di volta in volta il suo impianto originario.

La costruzione della rocca risale al XII secolo intorno al maschio (presumibilmente preesistente), ma nulla è noto della sua forma originaria, prima del 1286, data in cui Monterotondo sarebbe entrata a far parte dei beni della famiglia Orsini, una tra le più illustri di Roma. Fondata sul punto più elevato di Monterotondo la rocca rappresenta il più recente dei castelli fortificati sorti nel territorio lungo la via Salaria.

Al centro del cortile, contornato dai corpi di fabbrica, si ergeva il mastio, alto circa 50 metri, isolato e con base "a scarpa", che doveva avere la funzione di torre di avvistamento e che verrà poi gradualmente inglobata nei portici ed altri ampliamenti del castello. L'unico elemento superstite della struttura quattrocentesca del castello è un portico a tre arcate su pilastri ottagonali affiancato alla torre, che divideva il palazzo.

La pietra scelta per tali costruzioni consisteva in pesanti blocchi di travertino, la cui corteccia, squadrata in misura inferiore, caratterizzava la parte emergente del mastio e la parete orientale della cinta muraria. Il paramento della torre è invece realizzato a "tuffelli", o blocchi squadrati



La Torre del Palazzo Orsini Barberini, dopo i lavori

di scorza di travertino, materiale di buona resistenza proveniente da cave del luogo.

In questa zona l'opera "a tuffelli" sarebbe rimasta in uso per tutto il secolo XIV, e forse oltre, specificatamente in costruzioni militari, per rendere i paramenti particolarmente resistenti. Caratteristiche queste, di architettura militare assai rara nel Lazio.

Verso il 1400 gli Orsini intraprendono i primi lavori di trasformazione del palazzo che sarebbe diventato sede della loro residenza. Come attestano vari documenti dell'archivio della famiglia a metà del secolo vi fu ospitato Pio II, e sin dalle origini risultano strutturate nella rocca due residenze distinte per i due rami della famiglia Orsini. Il palazzo assume notevole importanza quando **Clarice Orsini**, appartenente al ramo discendente da Giacomo Orsini, sposa **Lorenzo de Medici** nel 1469.

Nel 1500, il borgo e la rocca di Monterotondo vengono ereditati da Franciotto Orsini che trasforma e amplia la struttura da fortezza a residenza nobiliare, ultimando i piani inferiori e la scala reale, i cui due rami portavano agli appartamenti nobili, per ospitare Leone X, cugino di Franciotto Orsini.

Le opere proseguono agli inizi del Seicento, quando il feudo diventa di proprietà dei Barberini, nel 1626, con la vendita a Carlo Barberini, fratello di Urbano VIII, da parte di Arrigo e Francesco Orsini. I Barberini si rendono fautori di un importante ulteriore ampliamento del palazzo allo scopo di renderlo più funzionale. La loro opera si inserisce all'interno di un importante piano di ristrutturazione urbanistica, che comprende anche l'istituzione di un vescovato, il quale avrebbe elevato Monterotondo a città.

Tutte le iscrizioni degli Orsini vengono ricoperte e sostituite con quelle dei Barberini. In particolare nelle



stanze con gli affreschi del Siciolante e del Bril, l'incarico di sovrapporre gli stemmi dei Barberini a quelli Orsini viene affidato nel 1628 a Simone Lagi.

La crisi finanziaria del potente casato dei Barberini in seguito coincide con la morte di Urbano VIII.

Monterotondo, nel 1727, viene venduto ai Grillo, marchesi genovesi, il Palazzo subisce solo alcuni miglioramenti.

Nel 1814, la proprietà passa ai Boncompagni, che ne fecero la loro residenza di campagna.

Nel 1890 l'Amministrazione Comunale di Monterotondo acquista la proprietà destinandone gli ambienti ad aule scolastiche.

In seguito ai crolli del 1898, si effettua un primo restauro a cui fa seguito un secondo nel 1905. Dopo il terremoto di Avezzano del 1915, che provoca la perdita del coronamento originario del mastio, un terzo intervento strutturale cambia l'immagine del palazzo.

Dopo anni di abbandono che fecero perdere al palazzo tra l'altro molti affreschi che ornavano i soffitti delle sale ed il coronamento originario della torre, nel 1932 si inizia un'opera di ricostruzione e restauro.

Altri lavori di ricostruzione vengono effettuati per porre rimedio ai danneggiamenti dovuti agli eventi bellici.

Dopo anni di incuria l'Amministrazione Comunale ha avviato importanti interventi di restauro attualmente in corso per il recupero totale dello Storico Palazzo.

Il restauro della Torre

Come rileva l'attività di indagine svolta, la Torre del Palazzo-Castello Orsini Barberini presenta, come spesso succede nelle strutture murarie massive soggette a elevati stati di compressione dovuti al prevalente effetto del peso proprio (e quindi pressoché costanti nel tempo), uno stato fessurativo riconducibile a due principali e distinte tipologie di dissesto (ossia di danno strutturale), oltre che a ben noti e ricorrenti fenomeni di degrado chimico-fisico di malte e del cls.

La prima tipologia è indubbiamente la manifestazione di comportamenti strutturali tipici e trova riscontro nella manualistica tradizionale del settore che cerca e stabilisce correlazioni dirette e indirette tra tali comportamenti

strutturali e i fenomeni fessurativi che vi si accompagnano. Misurazioni in atto durante il monitoraggio diagnostico, hanno evidenziato un lento ma costante progredire del fenomeno fessurativo, denunciato dal suo allargamento, accompagnato inevitabilmente dal prolungamento verso l'alto, purtroppo non sufficientemente controllabile (lesioni verticali sulle pareti si osservano in effetti, più o meno pronunciate, pressoché sistematicamente nelle torri murarie).

Analisi tensionali sotto l'effetto del peso proprio hanno evidenziato che tendono a formarsi, collegate alla geometria nello spessore delle pareti e in direzione orizzontale, zone soggette a modeste tensioni di trazione. In tali condizioni, anche modeste accentuazioni di tali sforzi, tipicamente in corrispondenza di fori (porte, finestre), sono sufficienti a innescare il processo fessurativo. Cedimenti differenziali delle fondazioni possono da sole provocare l'innescò di tale tipo di dissesto e amplificare ulteriormente il fenomeno eventualmente già in atto, potendo causare, anche se si manifestano in misura molto contenuta, la rottura delle rigide strutture murarie di fondazione e in elevazione. Qualora non siano adeguatamente contrastate da efficaci incatenamenti ed eventualmente da opportuni interventi sulle fondazioni, le lesioni descritte tendono ad ampliarsi nel tempo e possono quindi comportare sia accentuazioni locali di tensioni di compressione, con conseguenti possibili schiacciamenti – e quindi danneggiamenti della muratura, generalmente senza conseguenze "immediate" per la stabilità – sia collassi dovuti alla perdita di equilibrio (locali o globali). In questo caso gli spostamenti richiesti sono molto elevati e sono quindi generalmente possibili solo in periodi di tempo molto lunghi e, fatto ancora più importante, largamente prevedibili.

Più controverso e più recente è stato il riconoscimento della seconda tipologia di danno sostanzialmente indipendente da quella appena descritta (fatta salva un'interazione legata all'accentuazione locale delle tensioni di compressione cui si è fatto sopra cenno) e riconducibile al comportamento locale del materiale sotto costanti ed elevati (rispetto alla sua resistenza) sforzi di compressione.

Lo stato fessurativo che vi si accompagna è caratterizzato da fessure diffuse di piccole e grandi dimensioni, che denunciano la frattura degli stati murari che si trovano negli strati più esterni (fino a profondità variabili), più rigidi (oltre che più fragili) e quindi maggiormente sollecitati rispetto a quelli interni. Un'ispezione eseguita rimuovendo con cura i conci in pietra ha evidenziato profondità di propagazione delle fratture fino a oltre 40 cm in una fascia del paramento interno delle pareti della Torre.

Come è noto, è stato in occasione delle prime indagini fatte



Rilievo del diffuso stato di degrado della Torre e del Palazzo

per interpretare lo stato di salute del palazzo Comunale Orsini Barberini e successivamente della Torre che per la prima volta è stato evidenziato come, nelle condizioni di carico sopra descritte, possono manifestarsi fenomeni di danno progressivo (crepe) in grado di evolversi in periodi di tempo molto lunghi (per secoli, come avviene nelle rocce) fino al collasso improvviso del manufatto. Ciò avviene anche in presenza di stati tensionali elevati, ma comunque inferiori al limite di resistenza del materiale; com'è noto, il tempo necessario per raggiungere il collasso è funzione del livello di sforzo, ma il fenomeno può iniziare anche a uno stato pari al 40-50% del valore di rottura. La situazione può essere tuttavia peggiorata dalla sinergia con le prime tipologie di danno che, innescando fessurazioni, riduce la continuità delle strutture e provoca concentrazioni di sforzo.

Risulta del tutto evidente che ai due fenomeni di dissesto descritti sono connessi, in relazione ai problemi di sicurezza strutturale del monumento, gradi di pericolosità, urgenza di intervento e strategie di mitigazione del rischio, sostanzialmente diversi. Innanzitutto, il fatto che ci sia molta più familiarità con i fenomeni di dissesto connessi a specifici comportamenti strutturali – il che significa ad esempio maggiore disponibilità di mezzi affidabili per interpretarli, per controllarne l'evoluzione e per eseguire interventi in grado di mitigarne la pericolosità – piut-

tosto che con i fenomeni di danneggiamento progressivo sotto carico costante dei materiali in esame, rende meno pericolosi i primi rispetto ai secondi. È anche vero, inoltre, che i primi:

a) hanno una lenta evoluzione nel tempo (è tipicamente il caso di una delle classi più importanti di dissesto, quella collegata ai cedimenti in fondazione) consentendo di fare previsioni di largo respiro e piuttosto precise del momento in cui il dissesto porta l'intera struttura o una sua parte al collasso (si veda Heyman, 1999, per il calcolo delle condizioni di ribaltamento di muri inclinati; Bettio et al., 1995);

b) si prestano a precise modulazioni per valutare le condizioni di stabilità e i margini di sicurezza esistenti in un determinato momento e in determinate condizioni d'uso per l'intera costruzione o una sua parte (tipicamente i casi di ribaltamento, di un muro di sostegno, delle spalle di archi e volte, di pareti sotto l'effetto di terremoti, vedi Giuffrè, 1990; Heyman, 1999).

La tradizione negli interventi

Esistono nella tradizione efficaci e consolidati metodi di intervento per migliorare le condizioni di stabilità di costruzioni murarie soggette a tali tipi di dissesto. Lorenzo Pardi da Bologna discuteva, nel Cinquecento, sulle dimensioni da dare ai pilastri della Chiesa del Santo di Padova per conferire stabilità sotto l'effetto dei terremoti

(Guidoboni et al., 1997). Le catene, in legno prima e in ferro poi, inizialmente inserite durante la costruzione e, successivamente, in sempre maggior numero per esigenze di consolidamento statico sono state “da sempre” il presidio più efficace contro i fenomeni di dissesto in esame. I collegamenti tra i solai in legno e le pareti su cui si appoggiano sono oggi unanimemente riconosciuti come il mezzo più efficace per contrastare il ribaltamento delle pareti e, quindi, l’effetto delle spinte orizzontali, anche in situazione sismica (Regione Umbria, 1999). Senza contare che i costruttori hanno sempre avuta ben chiara l’importanza di “basare” solidamente le costruzioni per evitare i cedimenti (Scamozzi nel suo Trattato del 1615 discute il problema per una sua costruzione a Padova, Libro Vili, Cap. IV). Diverse considerazioni si applicano ai fenomeni di dissesto legati al danneggiamento progressivo del materiale sotto elevati sforzi di compressione pressoché costanti nel tempo. Il fenomeno è, allo stato attuale delle conoscenze, difficilmente prevedibile: solo di recente, come già si è detto sono stati eseguiti studi sistematici, in vista anche della messa a punto di adeguati modelli di previsione. In particolare, è ora possibile riconoscere i sintomi delle fessure verticali fini e diffuse, e verificare lo stato di sforzo locale con la tecnica dei martinetti piatti. Il cedimento, poi, ha conseguenze “disastrose” (porta al collasso globale della torre) e avviene apparentemente “senza preavviso” (fragile, nella terminologia della meccanica strutturale), due caratteristiche che rendono estremamente pericolosa la situazione in termini di sicurezza strutturale, intesa come “margine garantito e quantificato” fra il livello di carico agente e quello che porta al collasso. E’ quello che si è verificato sulla Torre in questione quando il terremoto di Avezzano del 1915 provocò la perdita del coronamento originario del mastio che andò ad infrangersi, sfondandolo, sul tetto di copertura del palazzo sottostante. La ricostruzione degli anni ’30 è stata effettuata allo scopo di porre rimedio a danni causati da un lungo stato di abbandono, utilizzando materiali e tecnologie del tempo peraltro molto povere.

La scelte progettuali

Le scelte progettuali e la tecnica d’intervento sono state mirate al miglioramento delle proprietà dei materiali (malte e conci in pietra), importante ma assolutamente ancora non sufficiente; l’efficacia delle iniezioni (che certamente migliorano le caratteristiche della muratura, non dei suoi singoli componenti) ancora non sufficienti; gli incatenamenti, intervento di consolidamento per eccellenza delle strutture murarie, non hanno utilità in tale ambito, avendo efficacia, evidentemente, sulle condizioni di equilibrio della struttura (o di sue parti), ma non sulle capacità di resistenza del materiale. Trattandosi di un problema di materiali, nulla possono, inoltre,



Esecuzione di prove meccaniche (martinetti piatti) sulla Torre

interventi provvisori “classici”, come le puntellature e gli incatenamenti, che intervengono efficacemente – applicando reazioni, cioè forze – sui meccanismi di collasso dipendenti dall’equilibrio della struttura (o di sue parti), ma non dalla resistenza dei materiali. Non si tratta di affermazioni generiche e qualitative, ma di solide ragioni, strettamente connesse con le basi stesse della sicurezza strutturale, che inevitabilmente chiede margini più elevati e maggiore rapidità di intervento per tutte le situazioni che si presentano incerte, meno prevedibili e che comportano possibilità di collasso “fragile”. In recenti evoluzioni di codici della sicurezza strutturale è addirittura considerato come misura supplementare per aumentare la sicurezza di una struttura esistente il fatto che vengano attivati procedimenti di controllo e verifica periodica (monitoraggi ecc).

Tutta l’impostazione del progetto, la sua lenta e dibattuta attuazione e la sua evoluzione mano a mano che venivano acquisite nuove “informazioni”, secondo un programma di indagini integrative (rispetto a quelle del progetto iniziale) inserito a tutti gli effetti come aspetto fondamentale del progetto iniziale, deriva direttamente dall’interpretazione dei fenomeni di dissesto e dalla conseguente impostazione del problema della sicurezza strutturale illustrato, oltre che dalla ricerca del miglior compromesso possibile fra esigenze connesse alla sicurezza strutturale e problemi di conservazione del bene architettonico. Per perseguire gli obiettivi progettuali individuati e nel guidarne l’attuazione, si sono rese necessarie due perizie di varianti di fondamentale rilevanza, nonché l’ottenimento di tutte le necessarie autorizzazioni degli enti preposti per la valutazione dell’intervento sotto l’aspetto conservativo-tecnico-economico. Gli interventi di rinforzo strutturale con materiali compositi, progettati sulla base di considerazioni



L'intervento di restauro

geometriche (da cui dipendono le condizioni di equilibrio), sono stati definiti grazie al lavoro di un gruppo pluridisciplinare in collaborazione con l'Impresa De Feo di Roma specializzata in Restauro e Consolidamento dei Monumenti, composta da Architetti, Ingegneri, Docenti Universitari, Restauratori-Conservatori che ha condotto un approfondito studio conoscitivo dell'intero organismo architettonico, (facendo emergere numerosi punti deboli della "fabbrica") propedeutici ai fini della valutazione "strutturale". E a migliorare i margini di sicurezza relativi ai problemi del danneggiamento progressivo del materiale che si basano sulla combinazione di interventi tradizionali di miglioramento delle caratteristiche meccaniche della muratura (iniezioni e "cuci-scuci") con una tecnica più innovativa, tesa ad aumentarne la "tenacità", che prevede l'inserimento di rinforzi in lamine e fibre in carbonio, scelti come tipologia sulla base delle indagini eseguite, definite per quanto riguarda estensione e modalità esecutive sulla base di:

- accurati e specifici rilievi, soprattutto sul paramento esterno, sul quale non era stato possibile effettuare ispezioni in fase preliminare (ispezioni demandate alle fasi esecutive di cantiere, utilizzando il ponteggio necessariamente installato);
- ulteriori prove meccaniche (martinetti piatti,

endoscopie, ecc) e carotaggi sulle parti murarie su cui non era stato possibile indagare in fase preliminare;

- prove di laboratorio, per definire proprietà chimico-fisiche e meccaniche di malte da utilizzare per la ristilatura dei giunti nei quali sarebbero state inserite le armature, le miscele da iniettare, tenendo presente sia gli aspetti di resistenza e durabilità connessi alla sicurezza strutturale, sia gli aspetti di compatibilità chimico-fisica-estetica (colore, tipo e dimensioni dell'inerte) più strettamente legati, oltre che ancora alla durabilità, ad accettabili criteri di conservazione del monumento.

Da ciò è derivata la stesura del progetto, che prevedeva, per quanto riguarda la sicurezza strutturale:

- iniezioni e "cuci-scuci" in tutte le zone che apparivano fessurate e/o deteriorate;
- intervento mediante l'utilizzo di tessuto bidirezionale in fibra di carbonio ad alta resistenza inserita sotto l'intonaco nella parte superiore della torre;
- interventi di rinforzo all'azione sismica mediante l'utilizzo di lamine pultruse in carbonio di varia larghezza, opportunamente dimensionate e anch'esse per nulla invasive.

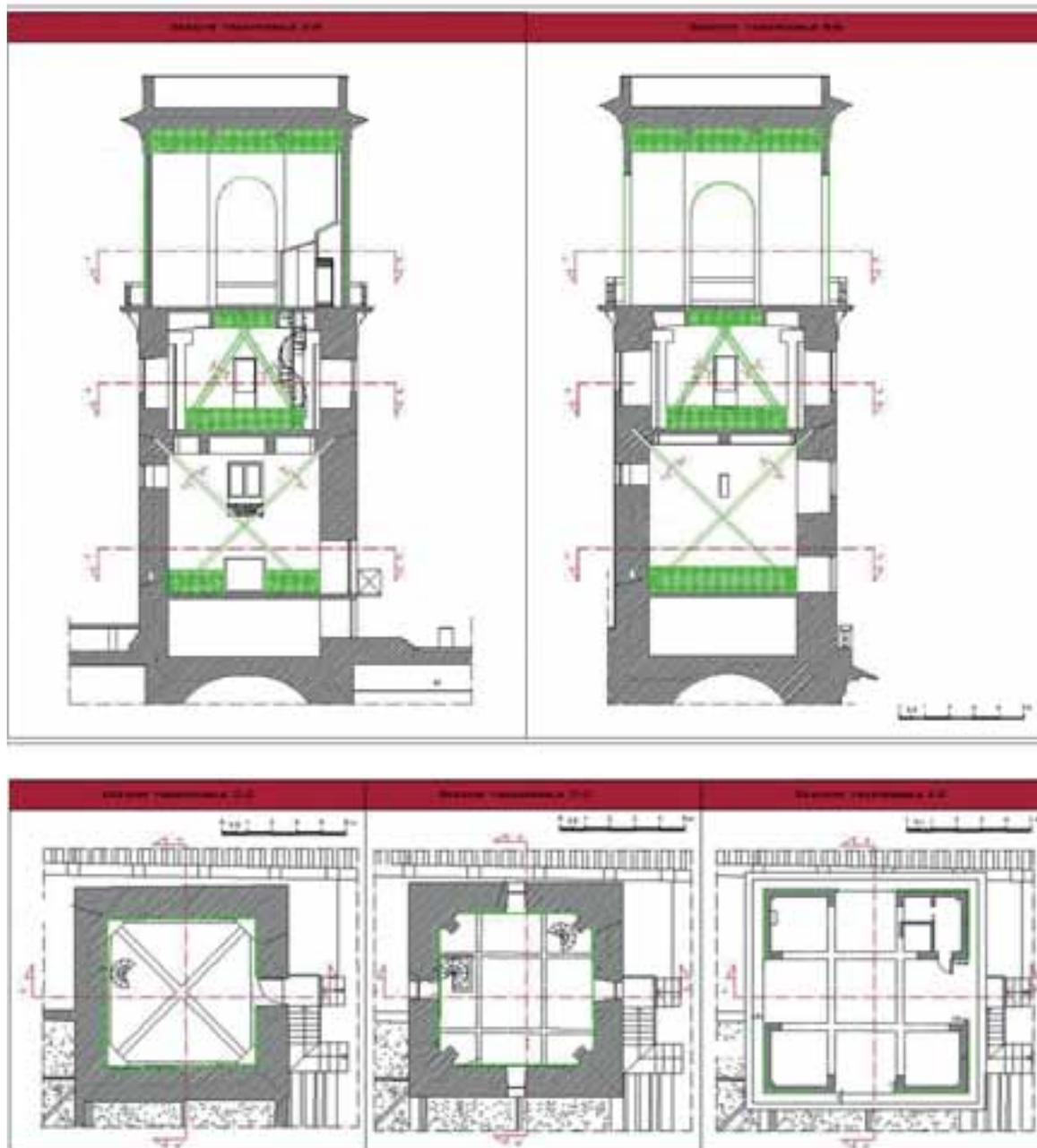
L'evoluzione del progetto è avvenuta in base a:

- una precisa mappatura del degrado, eseguita in presenza del ponteggio;
- alla scelta definitiva (indifferente ai problemi di sicurezza strutturale, e fatta in base a criteri "conservativi", rimovibili e minima invasività) di eseguire un intervento non invasivo e che lasciasse l'estetica della Torre invariata;
- alla sinergia creata dal gruppo pluridisciplinare di esperti composto da: progettista, direttore dei lavori, consulente strutturale dell'Università di Perugia, funzionari della Soprintendenza del Lazio, direttore tecnico ed i tecnici dell'Impresa Appaltatrice, che hanno valutato le caratteristiche dei materiali da adottare definendo le aziende/fornitori.

La realizzazione

Le poche considerazioni relative alle prestazioni meccaniche delle murature rinforzate, sono state soddisfatte attraverso le prove di laboratorio che hanno confermato la rispondenza attraverso le schede tecniche dei prodotti applicati confermando che le armature di piccolo diametro, messe in opera con malta a base di calce opportunamente miscelata, forniscono un contributo significativo nel contrastare lo sviluppo dei fenomeni di microfessurazione sotto carico, precedentemente illustrati.

L'utilizzo di fibre in CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer), sicuramente ugualmente efficaci da un punto di vista meccanico di un intervento di cerchiatura e rinforzo



Intervento di consolidamento strutturale della Torre con fibre di carbonio. Sezioni verticale e orizzontale

in ferro, ma assolutamente di gran lunga più costoso e senza dubbio assolutamente non invasive e ritenute più durevoli e “inerti” (ossia non soggette a reazioni chimiche che, per quanto molto modeste, interessano anche gli acciai inossidabili, tra l’altro anche per la presenza di cloro) e quindi più compatibili.

La parte sommitale del mastio murario, la parte intonacata, è stata completamente avvolta e fasciata all’esterno e all’interno da un tessuto bidirezionale in fibra di carbonio allettata su malte apposite.

Nella parte centrale e bassa l’intervento si è spostato all’interno data la obbligatoria necessità di lasciare la pietra abbastanza regolare a vista. Quindi sono state realizzate

delle controventature a X (vedere figure in alto) sulle pareti interne mediante l’utilizzo di lamine poltruse in fibra di carbonio accoppiate di larghezza variabile secondo gli sforzi reagenti, tra 6 e 12cm, con spessore di pochi mm. Tali lamine sono state poste in opera utilizzando particolari resine bi componenti e malte appositamente studiate dalla ditta fornitrice per rispondere alle richieste strutturali del progetto ma soprattutto entrando a far parte integrante della struttura. Anche qui il tutto è stato nascosto al di sotto dell’intonaco.

L’intervento ha così permesso di dare alla Torre l’aspetto originale a livello estetico. La parte in pietra è stata completamente ristabilizzata, consolidata, stuccata, e

restaurata. La stilatura dei giunti è avvenuta, grazie ad uno stretto lavoro di collaborazione tra l'Impresa De Feo, i funzionari della Sovrintendenza ai Beni Culturali, Direzione Lavori ed i tecnici Comunali, confrontandosi al fine di concordare ed individuare una corretta metodologia d'intervento con lo studio della granulometria, il livello dei giunti, il colore della malta di allettamento dei giunti nonché delle opere in pietra. Così come anche il colore della tinta a calce posta in opera in tre mani oltre la velatura, è stata decisa di concerto con la Sovrintendenza.

I prodotti utilizzati

Il tessuto bidirezionale in fibra di carbonio è un composito strutturale costituito da una rete di carbonio, che funge da rinforzo continuo, e da una matrice inorganica stabilizzata, studiata per rendere solidale la rete al supporto in muratura.

E' un sistema brevettato che introduce un'innovazione mondiale nel campo dei sistemi di rinforzo strutturale a base di fibre ad alte prestazioni, quali il carbonio, il kevlar, il vetro, ecc., genericamente denominati FRP. Questi ultimi compositi impiegano come legante una matrice organica (resina epossidica o poliestere) per garantire l'adesione al supporto.

A differenza degli FRP, impiega una matrice inorganica, costituita da un legante idraulico pozzolanico e da additivi specifici, perfettamente compatibile sotto il profilo chimico, fisico e meccanico con il supporto, con particolare riferimento alle murature.

Proprietà

- **Caratteristiche meccaniche della fibra di carbonio di cui è costituita la rete**

- Carico di rottura a trazione (MPa) 4.800
- Modulo elastico (GPa) 240
- Densità fibra (g/cm³) 1,78
- Allungamento a rottura (%) 1,8

- **Caratteristiche**

- Peso di fibra di carbonio nella rete (g/m²) 168
- Spessore per il calcolo della sezione di carbonio a 0° e 90° (mm) 0,047
- Carico di rottura sia in direzione 0° sia in direzione 90° (kg/cm)^{*} ≥160

* Carico di rottura riferito ad una larghezza unitaria di 1 cm

- **Caratteristiche della malta**

- Resistenza a compressione (N/mm²) 38
- Resistenza a flessione (N/mm²) 7,5
- Modulo elastico (MPa) 15.000

* Valori a 28 gg

Nota

La campagna di restauri condotta sulla Torre è ancora in esecuzione nel Palazzo con l'obiettivo di preservarla dai danni causati dall'incuria e dal tempo.

Il team di lavoro

Progettisti	Massimo Pasanisi Roberto Silvi Luca De Feo	Ingegnere Architetto Dottore in Ingegneria/Architettura
Direttore Lavori	Massimo Pasanisi	Ingegnere
R.U.P.	Roberto Silvi	Architetto
Responsabile per la sicurezza	Patricia Pavese	Architetto
Direttore tecnico	Antonio De Feo	Conservatore-Restauratore
Direttore di cantiere	Luca De Feo	Ingegnere - Architetto
Indagini e Ricerche	Federico De Feo	Project Management
Collaboratori	Arch. Rosa Cipollone - Arch. Mario Scalone Solarino - Arch. Roberto Silvi - Dott. Antonino Lupi - Dott. Mauro Alessandri - Sig. Vincenzo Donnarumma - Geom. Roberto Carocci.	
Impresa esecutrice	Impresa Antonio De Feo Restauri	