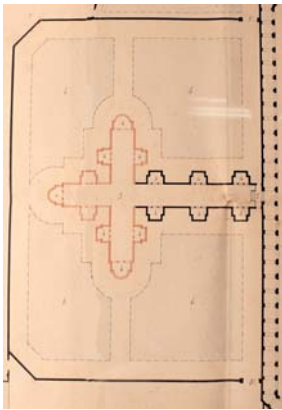


Il consolidamento della Galleria Sud

Maurizio Ghillani



LA GALLERIA SUD DELLA VILLETTA ED I SUOI ADDOSSATI

La ricerca condotta attraverso l'esame delle fonti storiche primarie ha reperito una documentazione sufficiente a ricostruire le vicende relative alla concezione ed alla realizzazione del manufatto (in particolare si sono ritrovati i capitolati d'appalto), senza tuttavia restituirci, come è, invece, avvenuto per altre parti del cimitero (quali, ad esempio, la più recente galleria Nord), i disegni esecutivi originali.

Trattandosi di una parte notevole di un importante complesso monumentale sottoposta, sino ad oggi, quasi esclusivamente ad interventi di manutenzione ordinaria, il nostro iter progettuale non ha potuto, in alcun modo, prescindere da una campagna di rilievo sistematico, (effettuata con l'ausilio di un apparato laser a scansione tridimensionale), coordinata ad un preciso esame critico delle stratificazioni costruttive e ad un'analisi puntuale delle patologie che hanno portato, negli ultimi anni, la galleria superiore fino al limite dell'inagibilità e quella inferiore nelle condizioni di dover subire interventi generalizzati di sostegno provvisorio.

Considerata inoltre l'apparente ascrivibilità del quadro fessurativo a possibili cedimenti fondali, si è ritenuto necessario indagare le condizioni idro-geo-meccaniche del sedime con una campagna geognostica articolata in sondaggi, prove penetrometriche ed analisi di laboratorio su campioni indisturbati.

INDAGINI SULLA FORMAZIONE DEL COMPLESSO

La ricostruzione delle fasi costruttive è essenziale ai fini della comprensione dei fenomeni strutturali in atto. L'Ala Sud è realizzata, come precisa addizione al grande recinto ottagonale della Villetta, intorno al 1870. Si tratta di una "galleria" a croce latina articolata, per ragioni funzionali, su due livelli: quello superiore costituito da un piano rialzato, con cappelle gentilizie lungo i fianchi e sulle tre testate libere, alternate a quadri di avelli con accesso, per le operazioni di sepoltura, dai cortiletti esterni, e quello inferiore da un seminterrato con avelli a sepoltura frontale alternati a tomboni in corrispondenza delle cappelle sovrastanti.

La struttura portante è costituita, nelle parti in elevazione, da murature di pietrame intervallato con laterizio, con spessori complessivi di quattro teste, mentre gli orizzontamenti, come era usuale nella pratica costruttiva del periodo, sono orditi con volte molto ribassate, realizzate con laterizio posto "in foglio" ed irrigidite con archi rialzati (i cosiddetti frenelli della volta di copertura della galleria superiore e del transetto) o con costolature ribassate (come nell'incrocio delle gallerie inferiori).

Gli addossati risultano, invece, realizzati in tempi successivi e diversi, a partire dall'inizio del '900, come verificabile dalle date delle sepolture e dalle evidenti difformità delle caratteristiche costruttive e architettoniche. Alcuni, tra questi, sono veri e propri corpi indipendenti aggregati lungo i fianchi della galleria, obliteranti il sistema di sepoltura dall'esterno o costituenti piccole cappelle ulteriori, altri sono semplici ossari ricavati incrementando lo spessore delle murature lungo lo sviluppo degli abside o dei fianchi delle cappelle. Dal punto di vista strutturale tutti questi corpi, modesti per dimensio-

Fig. 1 - Pianta della Galleria Sud, 1879. Archivio Storico Comunale di Parma.

ni e peso, risultano fondati a pochi decimetri dalla superficie ed addossati al retrostante edificio tramite morse murarie e tiranti metallici inseriti nei setti contigui. Come l'azione dei pochi collegamenti abbia cementato l'edificio principale risulta chiaramente anche da una semplice ispezione visiva dei cortiletti esterni adibiti alla sepoltura.

Mezzo secolo dopo il cimitero si è sviluppato verso Sud tramite l'edificazione del S. Pellegrino, un vasto sistema di corsie che copre l'intera porzione di "campo" ad Est e ad Ovest dell'Ala Sud, circondandola completamente con una fila di cappelle con retrostante porticato (Campo Sud).

Si tratta, dunque, di un processo d'espansione progressiva che ha visto, a Ottagono centrale già stabilizzato, dapprima l'edificazione della galleria Sud e qualche decennio più tardi, a galleria assestata, l'inserimento degli addossati con pavimentazione dell'intorno e, infine, la definitiva "copertura" e saturazione dell'area con il più recente comparto S. Pellegrino. Occorre, inoltre, considerare altri due importanti fattori: in primo luogo la presenza arborea dei cedri (*cedrus atlantica*), sopravvissuti all'ultima fase costruttiva e ora imprigionati tra gli edifici, con pertinenze ridotte a pochissimi metri quadrati di aiuole, in secondo la significativa variazione di livello delle falde acquifere seguita all'espansione costruttiva della seconda metà dell'800, e generata dal massiccio emungimento a fini civili ed industriali. L'ulteriore espansione del perimetro urbano ha portato ad una variazione di falda così significativa da innescare, in presenza di un'alternanza degli strati limo argillosi con quelli sabbiosi, ghiaiosi e comunque a maggior permeabilità, il noto fenomeno della subsidenza, con effetti sensibili sull'edificato storico, ma anche sulle fasce periferiche, cui la Villetta appartiene, pur nella sua natura anomala di zona con ampi spazi verdi all'interno di una fascia densamente edificata. Tuttavia, se si considerano le recenti edificazioni del nuovo cimitero a Sud e del grande parcheggio Tep a Sud-Est, emerge una quasi totale "impermeabilizzazione" della superficie urbanizzata, cui anche questa parte di città è andata soggetta, con il conseguente abbassamento progressivo dell'aves, contro il

quale, soltanto di recente, si sono recepite, nella pratica costruttiva, norme di contrasto.

CONSIDERAZIONI SUL QUADRO FESSURATIVO

Partendo dall'alto, ovvero dalle volte di copertura della galleria superiore, notiamo i seguenti fenomeni:

- la discretizzazione, quasi sistematica, dei frenelli dalla volta in foglio, dovuta al forte differenziale elastico in presenza di piccoli movimenti (dilatazioni, cimenti sismici, etc) non più tollerati dall'intonaco intradossale;

- la frequente fessurazione longitudinale delle volte ad un terzo del loro sviluppo, là dove la struttura dell'orizzontamento muta sostanzialmente il grado di rigidità, fatto che, in assenza di carichi superiori, non può che indicare un movimento di roto-traslazione dell'imposta più vicina;

- una serie di lesioni orizzontali, in continuità con altre verticali nelle murature portanti d'ambito, ad indicare i movimenti più significativi d'intere porzioni fondali.

All'interno della galleria superiore notiamo poi:

- lesioni murarie all'innesto di alcune cappelle, a significare uno "strappo", ovvero una rototraslazione della parete delle cappelle stesse verso l'esterno;

- una lesione passante nella prima sezione verticale fragile, dall'attacco della galleria al porticato dell'ottagono, a segnalare un movimento, storico ma ancora attivo, tra i due corpi edificati in momenti costruttivi diversi e comunque maldestramente collegati in continuità, trattandosi di elementi notevolmente differenti nella geometria e nella consistenza;

- la rottura, praticamente sistematica, di tutti le chiavi dei volti delle finestre e degli architravi delle cappelle, conseguenza inevitabile dei cimenti interni ad una struttura muraria particolarmente lunga e rigida, fondata su terreno con cedimenti edometrici significativi, cimenti che si scaricano nelle sezioni più deboli, ovvero in corrispondenza delle aperture, dove si sviluppano sollecitazioni di trazione incompatibili con i materiali;

- l'estroffessione sistematica del pavimento, a significare un cedimento differenziale delle strutture degli avelli sottostanti rispetto alle murature perimetrali, con apertura di lesioni longi-



Fig. 2 - Uno dei giunti tra corpo principale e addossati: stato di fatto.



Fig. 3 - Sostegno provvisorio nella galleria inferiore: stato di fatto.

Fig. 4 - Lesioni dell'“impluvio” galleria inferiore: stato di fatto.

tudinali seguenti l'ordito in cotto del pavimento: si tratta di lesioni storiche, verificatesi certamente nei primi anni dalla costruzione, ma con attività residua recente, probabilmente a causa delle forti variazioni della falda e del conseguente variare della pressione interstiziale nel substrato fondale.

Nella galleria inferiore, in presenza delle strutture alveolari continue costituite dagli avelli, l'unico vero problema sta nelle volte di copertura, estremamente ribassate, dunque, progressivamente e quasi sistematicamente, rinforzate con voltini trasversali aggiunti in intradosso e gravanti sui fianchi degli avelli, mentre la volta inscritta nell'ottagono centrale risulta totalmente puntellata già da alcuni anni.

Alla base della mancanza di coesione che presiede all'innescarsi dei fenomeni lesivi, si pone verosimilmente una rototraslazione delle fondazioni delle murature d'ambito, ed il seguente scollamento lungo lo sviluppo della volta, in particolare se ribassata, fenomeno maturato in tempi recenti, dato che il progetto di apertura degli oculi nella galleria e nell'ottagono centrale fa data dal 1923, e la relativa costruzione non poteva certo essere portata a termine in presenza di volte detensionate.

All'esterno della galleria notiamo invece che quasi tutti i corpi addossati denunciano significativi fuori piombo verso l'esterno, con conseguente apertura beante dei giunti retrostanti. Il fenomeno risulta appena accennato nella parte Ovest, esente da alberature, mentre è particolarmente evidente nella porzione Est dove gli alberi sono più numerosi e vicini.

Le indagini geognostiche evidenziano, co-



me di consueto per le aree in prossimità dell'alveo del torrente Baganza, l'alternanza di strati di materiale coesivo con strati di materiale incoerente, giaciture aventi caratteristiche geo-meccaniche differenti con la profondità, come di norma, ma soprattutto differenziate a seconda che ci si trovi o meno in prossimità di sviluppati apparati radicali, di modo che gli strati immediatamente sottostanti la coltre superficiale vegetale risultano sostanzialmente sovraconsolidati, ovvero molto più compatti e drenati di quanto ci si potesse aspettare. L'indagine eseguita, in questa direzione, dimostra, attraverso i differenziali di imbibizione dei terreni e la loro conseguente sovracompattazione sotto carico, che gli apparati radicali delle piante ad alto fusto hanno esercitato ed esercitano significative azioni di "suzione" negli strati superficiali, estese, in alcuni casi, già allo strato immediatamente sottostante le fondazioni più profonde.

Rileggendo allora le questioni in chiave di interazione piante-cedimenti appaiono alcuni riscontri: in primo luogo le lesioni sintomatiche dei movimenti sono concentrate in prossimità degli alberi e sono chiaramente leggibili ed equivoche, a significare un forte cedimento verso l'esterno di corpi leggeri, che, comunque, scaricano a terra una pressione di esercizio di pochi etti per centimetro quadrato, e che, quindi, non possono aver provocato da soli il forte movimento in atto. Un quadro fessurativo più logico e coerente appare, invece, assumendo la seguente dinamica:

- l'ala Sud è stata edificata quando il grande recinto Ottagono del Cocconcelli aveva



già effettuato gran parte del suo cedimento fondale, risultando leggermente rototraslata a causa del proprio cedimento edometrico, in presenza di una falda ancora superficiale;

- gli addossati sono stati edificati con imposta fondale superficiale e successivamente al cedimento edometrico dell'ala Sud; è probabile che i primi cimenti siano stati trasmessi già nei primi anni dall'edificazione degli addossati, ma sempre in presenza di una falda alta;

- la nuova struttura cimiteriale del reparto S.Pellegrino ha impermeabilizzato di fatto il suolo per tutta la superficie residua ed ha "imprigionato" gli alberi, costringendoli a cercare l'acqua in profondità e più lontano dal fusto; negli anni immediatamente successivi la falda si è ridotta e di conseguenza gli apparati radicali si sono approfonditi e dilatati, provocando dapprima forti cedimenti nelle fondazioni superficiali più vicine, e poi, in misura minore, anche in quelle più profonde, riattivando cedimenti ormai esauriti.

INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

Dal punto di vista strutturale, vi è una differenza significativa tra lo stato di conservazione delle murature portanti verticali e quello degli orizzontamenti; l'organismo murario è relativamente giovane e sostanzialmente "consistente" come impronta al suolo e dimensioni in elevazione. Sebbene la tipologia a croce latina dell'impianto, con bracci di notevole sviluppo sprovvisti di soluzioni di continuità abbia comportato, fin dai primi anni dall'edificazione, una forte sensibilità agli assestamenti fondali, la struttura muraria in elevazione è, dunque, rima-

sta sostanzialmente integra, mentre, invece, il sistema degli orizzontamenti a volte si presenta fragile ed instabilizzato. A tale proposito, è utile ricordare che le pratiche costruttive del tempo prevedevano una forte tendenza ad esasperare il rapporto tra la luce degli orizzontamenti voltati e la freccia relativa; anche in questo caso, come in altri edifici importanti della Parma dell'800, le volte a botte risultano particolarmente ribassate e quindi sostanzialmente più vulnerabili, soprattutto in assenza di carichi con distribuzione adeguata alla geometria. Qui, poi, la forte rototraslazione verso l'esterno degli addossati originata dal cedimento differenziale della parte più esposta alla suzione radicale, ha generato forti cimenti nei giunti tra questi ed i corpi originali, intaccando profondamente la stabilità degli orizzontamenti a volte per mancanza di continuità dell'imposta o per innesco di cerniere plastiche. In particolare la situazione al momento dell'intervento nella galleria superiore è di prossimità al collasso per alcune porzioni delle volte scariche, mentre nella galleria inferiore, il completo detensionamento, ha già superato il limite di equilibrio, comportando la necessità di un puntellamento generalizzato con architravi di acciaio nei corridoi e con ritti e tavole nell'ottagono centrale.

Interventi in fondazione

Volendo incidere in primis sulle cause del dissesto, recuperando parte del cedimento, si è deciso di arrestare l'azione di drenaggio, eliminando le alberature più vicine alle fondazioni, e di ribilanciare lo stato tensionale di interfaccia e dei primi strati subfondali con l'utilizzo

Fig. 5 - Consolidamento dell' "impluvio" galleria inferiore: opere preliminari.

Fig. 6 - Consolidamento dell' "impluvio" galleria inferiore: rinforzo con C.F.R.P.

d'iniezioni di resine espandenti, di tipo ureico ad effetto rapido, a volume controllato.

Il trattamento applicato alla parte esterna dei corpi addossati, è stato modulato in intensità e distribuzione, in modo da stabilizzare le geometrie fondali; l'azione, in principio limitata alla messa in tensione del sistema portante, è stata, poi, spinta al sollevamento per qualche millimetro, là dove i cedimenti ed i conseguenti fuori-piombo lo richiedevano.

Interventi sui giunti strutturali

Contemporaneamente al riassetto fondale degli addossati, è stato necessario "liberare" i giunti strutturali, eliminando le morse per impedire ulteriori stati coattivi tra corpi di fabbrica diversi per tempi di costruzione e giacitura fondale.

Sono state quindi tagliati tutti i tiranti metallici di collegamento inseriti all'atto della realizzazione degli addossati e tutte le morse murarie presenti, conferendo agli addossati lo status di fabbrica indipendente.

Interventi sulle volte

Mentre per le fondazioni si è trattato semplicemente di eliminare l'innesco della rototraslazione dei setti murari verso l'esterno, per il sistema a volte è stato necessario riacquistare una configurazione di equilibrio stabile, sufficientemente distante dal meccanismo di collasso.

Per le volte di copertura soggette al solo peso proprio è stata realizzata una griglia estradossale di tessuto composito in fibre di vetro (G.F.R.P.), tesa a coprire i terzi medi e ad assicurare la continuità dei frenelli con le porzioni adiacenti ordite in folio. Si tratta di una tecnica recente e già ampiamente utilizzata per volte fragili e poco cementate da sovraccarichi, che prevede l'utilizzo estradossale di compositi dotati di modulo elastico equiparabile alla struttura muraria, ma con notevole resistenza alla trazione, in modo da conferire al sistema una solida configurazione di equilibrio, con riserve di resistenza significative in caso di sollecitazioni sismiche. Qui, poi, l'applicazione era particolarmente indicata per conferire maggior collaborazione tra porzioni a diversa rigidità, offrendo, peraltro, anche una realizzazione poco impegnativa, visto che le volte di copertura



della galleria si presentavano scariche e protette dalla copertura.

Per le volte di copertura della galleria inferiore, invece, è stato necessario rimuovere completamente pavimento e sottofondo, posizionando uno strato estradossale continuo in tutta la parte centrale e realizzare una soletta di rinfiacco ammassata alle murature portanti d'ambito, per riguadagnare la corretta geometria dell'orizzontamento e riposizionare la pavimentazione di recupero a livello.

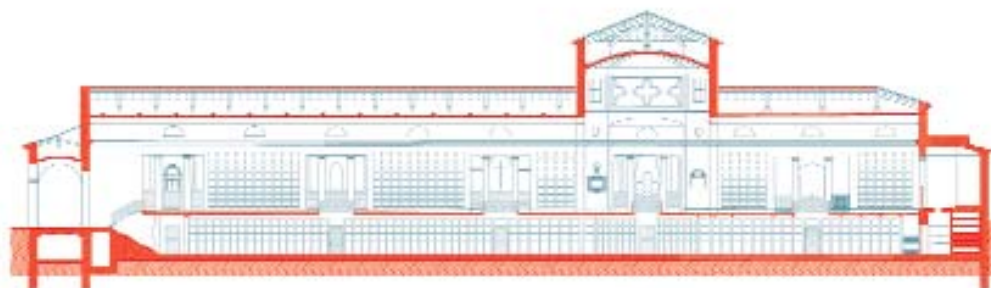
La parte centrale, in corrispondenza della grande apertura circolare, si è rivelata essere un vero gioiello dell' arte muraria, estremamente ardita nei rapporti dimensionali, proprio perché frutto di affinamenti peculiari delle ultime strutture murarie dell'800: una sapiente combinazione di tiranti metallici estradossali e sottostanti semiarchi ribassati, a formare arditissime mensole, stabilizzate con la solidarizzazione degli estremi nell'anello centrale. In presenza di forti deformazioni dell'imposta, però, il vincolo centrale aveva perso progressivamente la propria efficacia e la struttura al momento dell'intervento presentava una forte inflessione in chiave; che è stata rinforzata con tessuto composito di fibre di carbonio (C.F.R.P.), per aumentarne resistenza e rigidità; verificata la deformata a consolidamento avvenuto, il sistema voltato ha conservato le dimensioni originali e svolge egregiamente il proprio ruolo con cedimenti quasi perfettamente contenuti nella fase elastica anche in presenza dei sovraccarichi previsti dalle normative attuali.

Fig. 7 - Consolidamento della volta di copertura della galleria superiore: particolare.

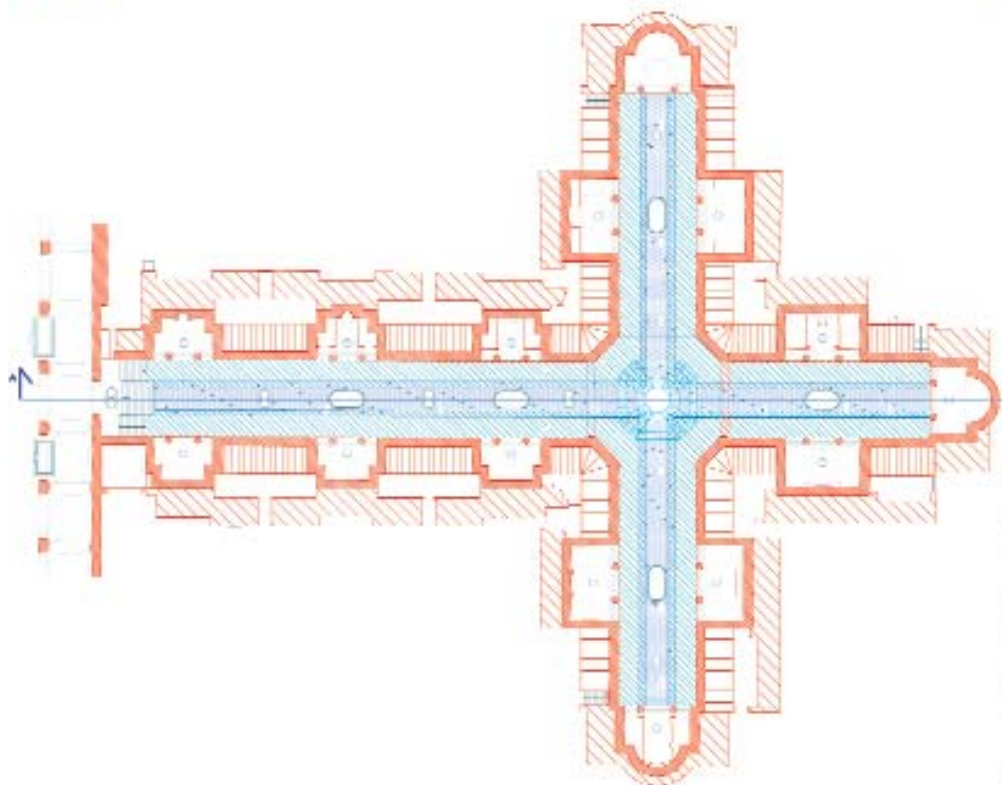
Sistema di monitoraggio

Per verificare l'effettiva stabilizzazione delle giaciture che interessano le fondazioni, e controllare l'assetto delle murature in elevazione, è stata realizzata, infine, una rete di monitoraggio, costituita da fessurimetri ed inclinometri posizionati nei punti strategici, insieme con una rete di mire ottiche di precisione che consenti-

ranno verifiche sistematiche della geometria di tutto il complesso. Il monitoraggio, per almeno due anni dall'avvenuta esecuzione dei consolidamenti, dovrebbe permettere di affrontare il successivo restauro artistico del monumento oppure, in caso di ulteriori progressi del fenomeno fessurativo, di riprendere i consolidamenti fondali per aumentarne l'efficacia.



190



- FONDA
- Consolidamento volta, tessuto di G.C.P.
 - Consolidamento volta, tessuto di C.C.P.
 - Ingranici murari originali
 - Corpi ribassati
 - Acquiti
 - Consolette in tessuto di C.C.P.
 - Coppa stabilizzata, cornicioni perimetrali