

CAPPELLA DELLA SACRA SINDONE

Torino - 2007 • 2008

Il restauro all'interno della cappella della Sacra Sindone di Torino è consistito in una serie di interventi di consolidamento della parte basamentale e delle strutture sottostanti: scurolo, cripta e muri longitudinali del Duomo. L'oggetto della gara era, infatti, la "riabilitazione strutturale della cappella della Sindone - I fase - interventi sulle strutture basamentali". Il lavoro ha costituito lo sviluppo di una parte delle opere previste dal progetto preliminare di restauro complessivo.

L'anticipazione di questa parte rispetto alla totalità del progetto d'intervento ha consentito di anticipare l'inizio dei lavori e, di conseguenza, il loro completamento.

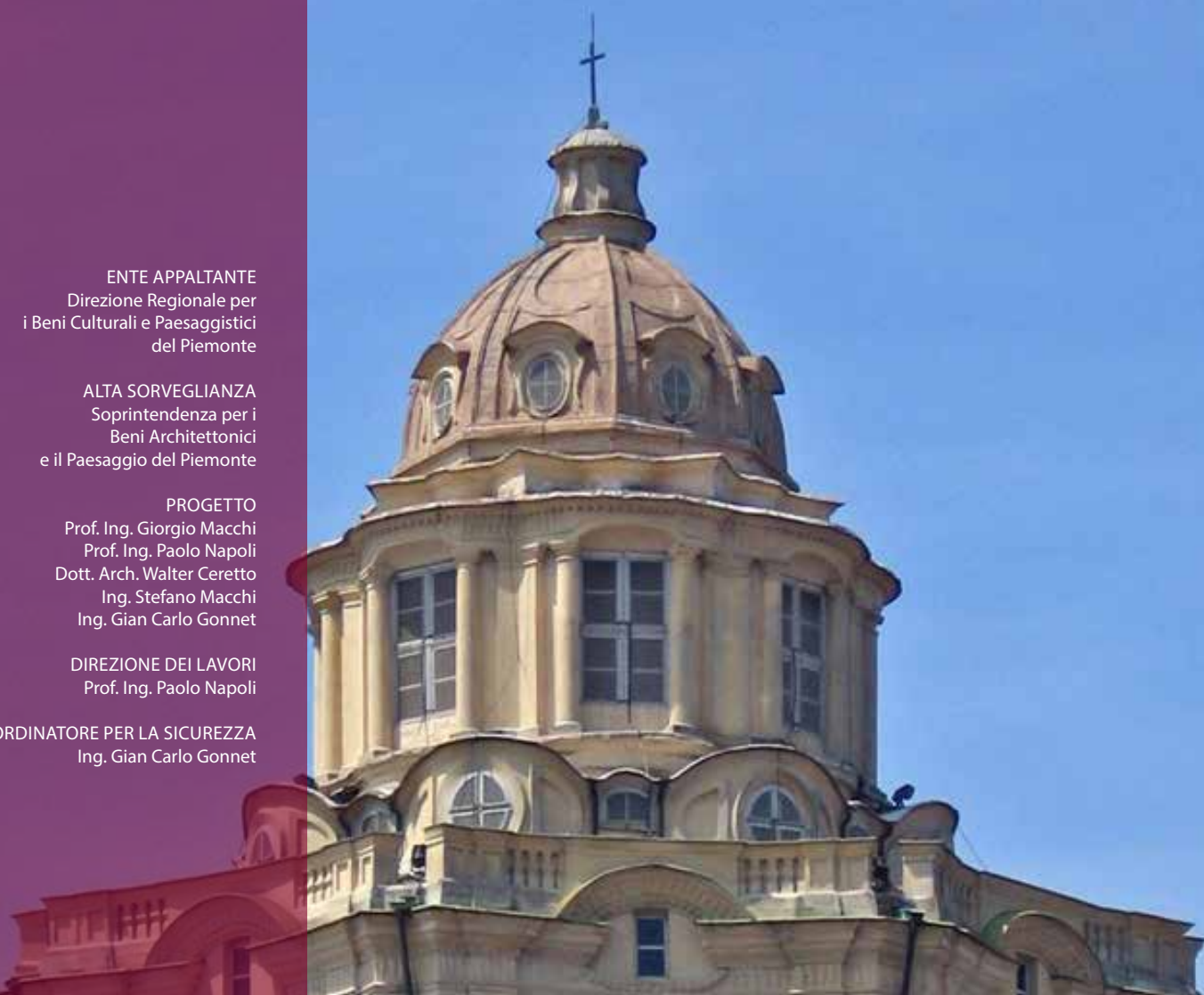
ENTE APPALTANTE
Direzione Regionale per
i Beni Culturali e Paesaggistici
del Piemonte

ALTA SORVEGLIANZA
Soprintendenza per i
Beni Architettonici
e il Paesaggio del Piemonte

PROGETTO
Prof. Ing. Giorgio Macchi
Prof. Ing. Paolo Napoli
Dott. Arch. Walter Ceretto
Ing. Stefano Macchi
Ing. Gian Carlo Gonnet

DIREZIONE DEI LAVORI
Prof. Ing. Paolo Napoli

COORDINATORE PER LA SICUREZZA
Ing. Gian Carlo Gonnet



La cappella della Sacra Sindone fu commissionata a Carlo Castellamonte dal duca Emanuele Filiberto di Savoia per conservare il telo della Sacra Sindone custodito dalla famiglia ducale sabauda. Iniziati nei primi anni del 1600, e temporaneamente fermati attorno al 1621, i lavori ripresero nella seconda metà del Seicento, quando il progetto fu affidato ad Amedeo Castellamonte, figlio di Carlo, e a Bernardino Quadri. I due architetti concepirono un edificio a base quadrata incastonato tra il Palazzo Ducale, futuro Palazzo Reale, e l'abside della Cattedrale di San Giovanni Battista.

Nel maggio del 1668, quando ormai i lavori erano iniziati da circa 60 anni, Guarino Guarini fu nominato Ingegnere Ducale per la Cappella della Sindone. Risale infatti al 1607 la prima traccia documentale di una fornitura di colonne di marmo nero per la Cappella: si tratta dell'esecuzione del primo progetto, preparato da Carlo di Castellamonte.

Il piano del nuovo tempio era collocato praticamente allo stesso livello del Duomo, da cui si accedeva con pochi gradini. I documenti sull'andamento della costruzione testimoniano un'attività del cantiere fino al 1621; seguì un periodo di stasi, fino a quando, su richiesta del Principe Cardinal Maurizio, un nuovo progetto, radicalmente diverso dal precedente, fu preparato da Amedeo di Castellamonte, e dall'architetto italo-svizzero Bernardino Quadri.

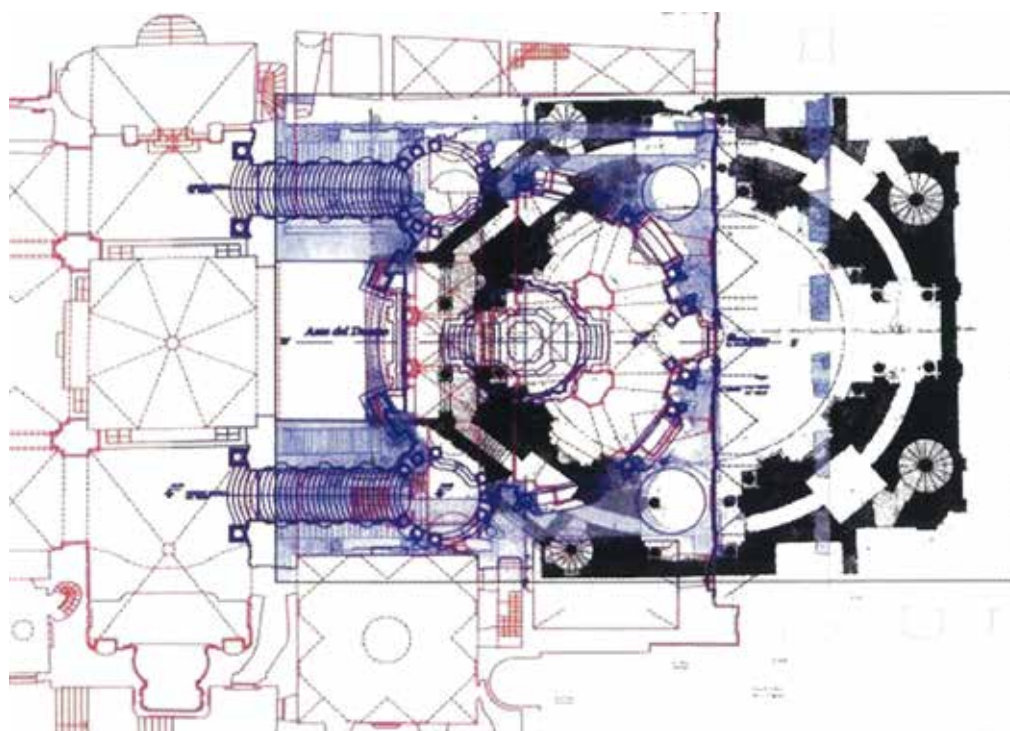
Un documento ufficiale, datato 5 giugno 1657, autorizzò la realizzazione del progetto di Quadri, del quale, però, non è pervenuto nulla, tranne un disegno conservato nella Biblioteca Reale.

L'impresario Bartolomeo Pagliari fu incaricato nel 1657 di demolire, per quanto necessario, le fondazioni del 1611 e di procedere con la nuova costruzione.

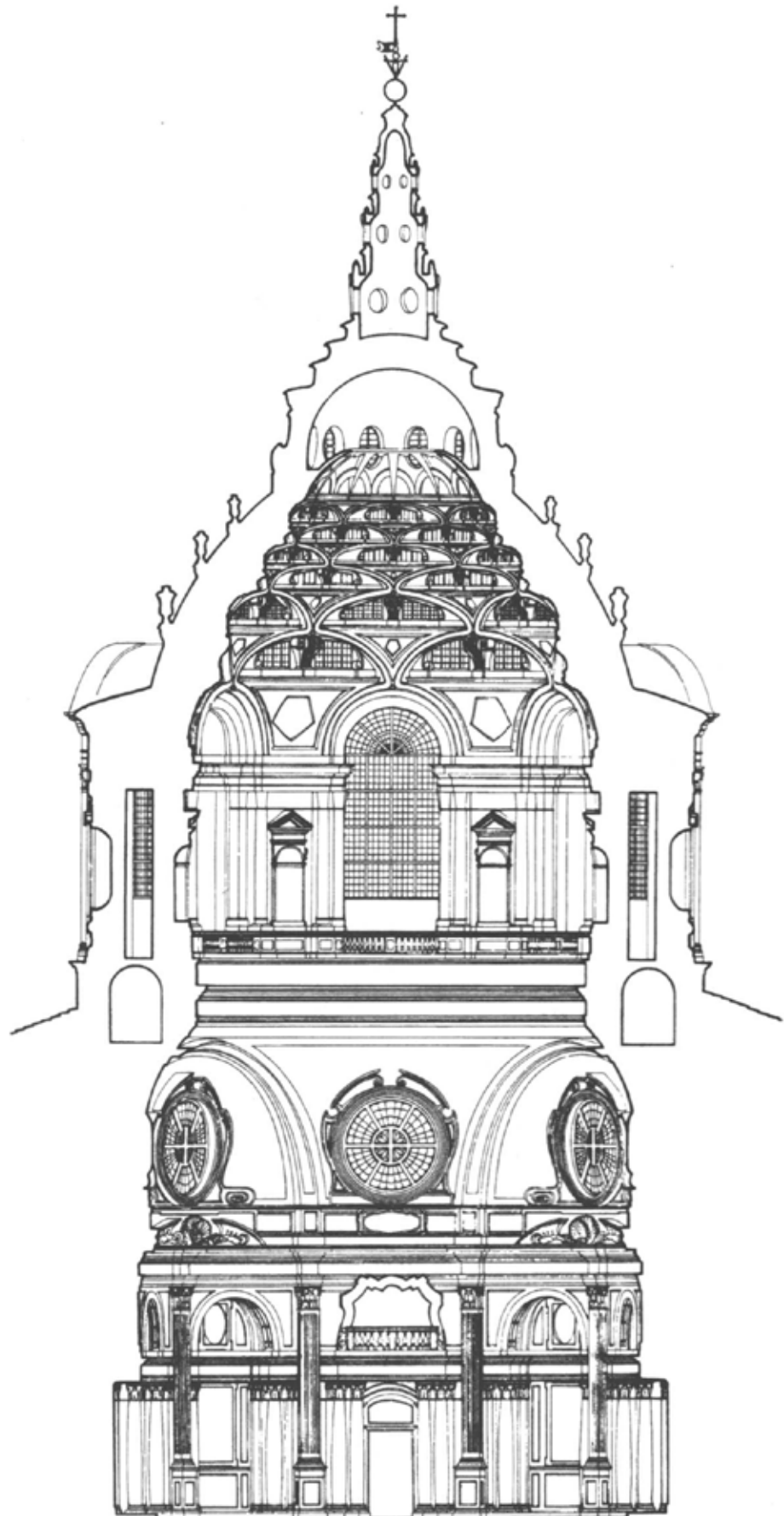
Nel 1666, due anni prima dell'arrivo di Guarini, i muri avevano raggiunto il secondo ordine. Tuttavia sorsero dubbi se la qualità dei materiali e i lavori che erano stati eseguiti fossero idonei a reggere il peso della cupola della cappella: una riunione di cantiere straordinaria si svolse il 10 settembre 1665, con l'intervento di ingegneri, architetti e costruttori.

Quando Guarini arrivò sul cantiere, nel 1668, trovò un'opera già avanzata, con alcune caratteristiche che non potevano essere eliminate: la pianta circolare, le scale laterali e la grande finestra verso il Duomo.

Fece demolire una parte delle strutture, risparmiando il livello del primo ordine, e riprogettando radicalmente il resto.



Sovrapposizione
planimetrie
Castellamonte (nero)
Quadri (azzurro)
Guarini (rosso)



Sezione della Cappella
della Sacra Sindone

L'INTERVENTO

Le zone d'intervento oggetto del progetto di riabilitazione strutturale hanno riguardato le murature al di sotto del piano di pavimentazione della Cappella della Sindone, i due muri dell'abside del Duomo per tutta la loro altezza e la muratura in mattoni della Cappella, fino alla quota di 15 metri dallo zero di riferimento.

L'intervento non è stato generalizzato, ma limitato a quei muri e a quelle zone di muro che sono risultate inadeguate a resistere alle azioni combinate dei carichi permanenti e del sisma.

Per tutte le murature rimanenti è stato previsto solo un attento controllo ed eventuali stilature o ripristini locali ove necessari.

Le tecniche di consolidamento delle murature proposte nel progetto sono state prescelte a seguito sia di una attenta e vasta osservazione dei più recenti casi di importanza internazionale, sia a seguito di diretta osservazione delle più recenti sperimentazioni nel settore.

I risultati delle indagini diagnostiche hanno permesso di accrescere notevolmente le conoscenze sulle murature della parte inferiore

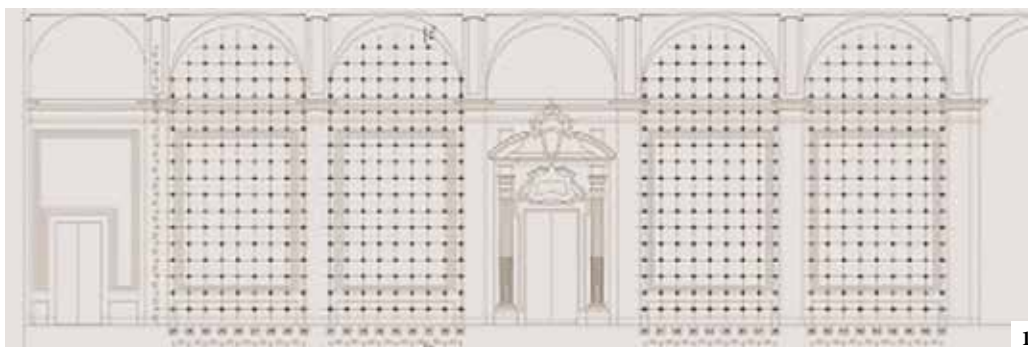
della Cappella.

I carotaggi hanno confermato la presenza di due diverse tipologie di muratura in tutti gli elementi strutturali: una muratura esterna, ben eseguita, con malta e mattoni di discreta qualità, e una muratura interna, di riempimento, molto eterogenea con materiali di minore qualità e spesso disposti in modo disorganizzato.

Sebbene non ci fosse obbligo di adeguare oggi tali strutture alle azioni sismiche, la situazione tensionale risultante dal calcolo ha reso opportuna un'opera di miglioramento di tali murature.

Per quanto riguarda i muri Nord, Est e Sud della Cappella al di sopra della quota del pavimento, si è rilevato che gli stati di tensione calcolati tenevano conto di una completa idoneità dei robusti rivestimenti marmorei nella loro situazione precedente l'incendio; nella diagnosi si è però evidenziato che su tale sostanziale contributo non si può contare per lo stato di elevato degrado subito dai marmi.

Nel primo lotto di intervento non erano previsti



1. Schema delle perforazioni
2-3. Perforazioni per iniezioni consolidanti nelle murature di fondazione ed elevazione

né la sostituzione né un ripristino strutturale di tali paramenti marmorei, rimandandone l'esecuzione a una fase successiva. L'organizzazione del team e delle lavorazioni da effettuare ha permesso, alla squadra preposta, di iniziare i lavori immediatamente dopo l'aggiudicazione della gara.

Prima di procedere con il consolidamento delle murature della Cappella, gravemente danneggiata durante il rogo del 1996, l'impresa, così come richiesto dal Capitolato, ha intrapreso un'indagine sperimentale con il Laboratorio di Meccanica dei Geomateriali e Modelli Geotecnici del Politecnico di Milano, dipartimento di Ingegneria Strutturale, finalizzata a determinare l'iniettabilità di una miscela a base di calce con il metodo del "cono di marsh" e della "colonna di sabbia". Sono state quindi eseguite, prima in laboratorio e poi presso il cantiere, 14 prove di iniezione che hanno consentito di determinare l'influenza di vari fattori, tra cui mezzi usati sulla iniettabilità

della miscela e il flow time, per verificare che si soddisfacessero i requisiti del Capitolato Speciale d'Appalto.

Due tecniche diverse sono state adottate per le iniezioni sub-orizzontali e sub-verticali. La prima ha consentito il consolidamento di volumi di muratura accessibili da una o due pareti verticali; la seconda è stata adottata per raggiungere le zone profonde delle fondazioni e le loro parti a contatto con il terreno. In alcuni casi, tale operazione è stata necessaria per portare le murature di fondazione almeno alle stesse caratteristiche meccaniche del terreno sottostante o laterale.

In contemporanea alle iniezioni di consolidamento della parte più bassa, previe relative endoscopie e saggi, l'impresa ha collaborato con la ditta Nexus diamante Srl di Como, per l'individuazione della miscela migliore per le corone diamantate per l'infilaggio delle due catene di 32 metri congiungenti il cortile di Palazzo Reale con



4



5

4. Ponteggio all'interno della cappella
5. Test in corso con l'apparecchiatura della colonna di sabbia

l'abside della chiesa e la Cappella della Sacra Sindone. Il delicatissimo intervento ha comportato la redazione di un progetto curato, fin nei minimi dettagli, sia sulle tecnologie di taglio che sui mezzi da adottare per ottenere una perforazione rettilinea con foro finale di diametro 100 millimetri e uno scostamento massimo di 4 centimetri.

Per la verifica della rettilineità del foro è stato pensato un bersaglio da inserire nel foro realizzato e un fascio di luce collimata puntata dall'esterno sul bersaglio, di cui sono state fatte relative prove in laboratorio. Non già per il tipo di lavorazione, affrontata innumerevoli volte dall'impresa nei cantieri che ne hanno scritto la storia, ma per la particolarità dell'operazione (per la lunghezza del foro pari a 32 metri e per le criticità che le lavorazioni a secco su tali distanze possono comportare), è stato indispensabile prevedere in partenza quelle problematiche che sarebbero potute insorgere compromettendo l'intero intervento.

Individuata la direzione del foro nel cortile di Palazzo Reale e nell'abside, la barra in acciaio inox ha attraversato stratificazioni e consistenze disomogenee depositatesi nel corso di secoli di storia, sotto un continuo e attento monitoraggio della carotatrice che, nel passaggio dalle murature, ai rinfianchi di volte fino ai blocchi di pietra, ha mantenuto la direzione anche nei punti più difficili, ossia quelle parti più friabili dove il materiale tende a franare se sollecitato.

È stata poi verificata l'idoneità del capochiave di contenimento inserito nelle murature attraverso la misurazione ex-ante ed ex-post dello stato tensionale delle stesse.

Dopo aver posizionato le testate di ancoraggio delle catene si è proceduto con il rimontaggio dei blocchi e con la loro messa in carico, mediante martinetti piatti, e infine alla sigillatura attraverso iniezione di boiaccia a ritiro compensato resistente ai solfati.



6



7

6. Individuazione della direzione del foro nel cortile interno del Palazzo Reale
7. Inserimento di catene lunghe 32 metri