

**Giornata di studi: IL CASTELLO E IL PARCO VISCONTEO**  
**Pavia, 31 marzo 2008. Castello Visconteo, Sala conferenze.**

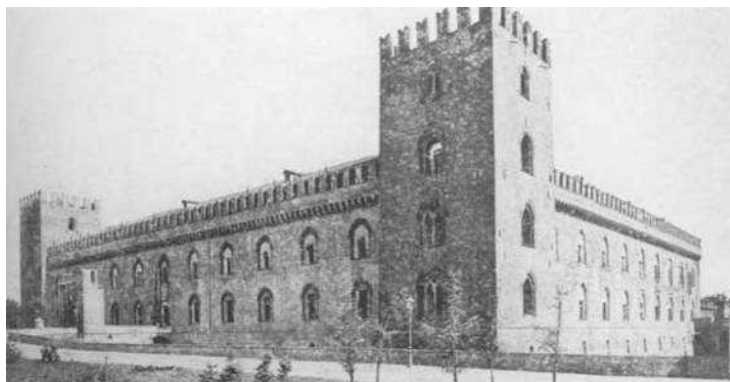
**“IL RESTAURO DI UN RESTAURO”**  
**nella torre sud-ovest del Castello di Pavia**

Lorenzo Jurina  
Politecnico di Milano – DIS



**1. Veduta attuale del Castello Visconteo.**

La costruzione del palazzo Visconteo, oggi conosciuto come il “castello” di Pavia, ha inizio nel marzo del 1360, per volontà di Galeazzo II Visconti, e si conclude nel 1366; l'impianto è quadrato, con quattro torri angolari e fossato. L'utilizzo residenziale del complesso caratterizza solo il primo periodo di vita, tanto che già con la morte di Francesco Sforza (1532?) la funzione militare sostituisce quella originaria.

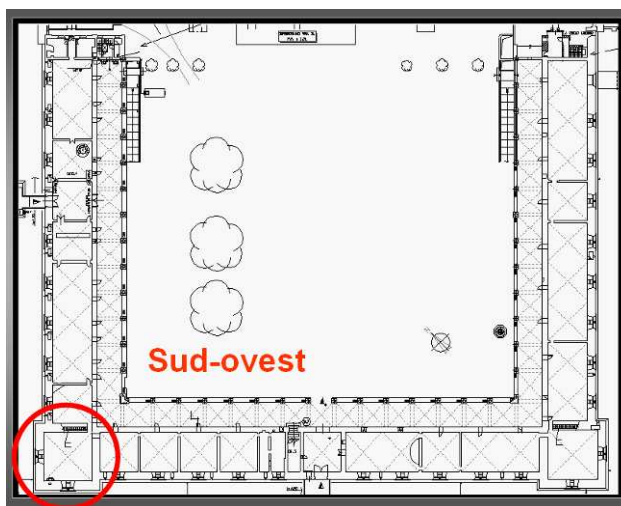


**2. Immagine del Castello della prima metà del '900.**

L'uso degli spazi da parte degli eserciti spagnolo, austriaco, francese e poi nazionale, segna un ripetuto susseguirsi di adeguamenti, con modifiche distributive, nella finestratura, nei porticati, nei loggiati, nella merlatura e nella copertura. La prima e significativa trasformazione riguarda l'impianto del castello ed è compiuta nel 1527 con l'abbattimento, in occasione dell'attacco delle artiglierie francesi, dell'ala nord. Alle opere di modificazione legate all'uso bellico si affiancano variazioni degenerative della compagine strutturale della fabbrica. Ne è esempio l'eliminazione del tetto e la posa sull'estradosso delle volte di un manto di cotica erbosa e terra, per dubbie ragioni di difesa militare, attuata dai francesi alla fine del Settecento. Sempre in età napoleonica viene realizzato il sopralzo dei tre corpi di fabbrica e delle torri. Particolarmente intenso è il programma di restauri attuato tra il 1854 e il 1861, sotto il governo austriaco e poi nazionale. La nuova caserma per un reggimento di artiglieria di campagna (per 1200 uomini) determina cambiamenti interni ed esterni compresa la realizzazione di due scaloni nelle ali laterali del castello, il ripristino delle bifore delle torri e l'eliminazione del sopralzo napoleonico. Nella torre sud-ovest (che fino al Cinquecento

custodisce la biblioteca, poi trasferita a Blois, smembrata e dispersa) sono inserite le scuderie (nei sotterranei), furieri e magazzini delle batterie (al primo piano) e, nel sottotetto, un dormitorio per i soldati. Questa trasformazione costituisce l'ultimo capitolo della storia militare della fabbrica prima del suo riutilizzo civile. L'impiego quale caserma, carcere e arsenale rimane dominante fino al 1920, quando il Ministero della guerra cede il maniero al Ministero dell'educazione nazionale.

La costruzione è quindi sgombrata dall'esercito e, con l'anno successivo, ha inizio la prima fase dei restauri, che si conclude nel 1929. Questo lotto dei lavori (operazioni seguite dal soprintendente Brusconi e successivamente da Ambrogio Annoni) comporta un rilevante intervento alle torri, a partire da quella sud-ovest.

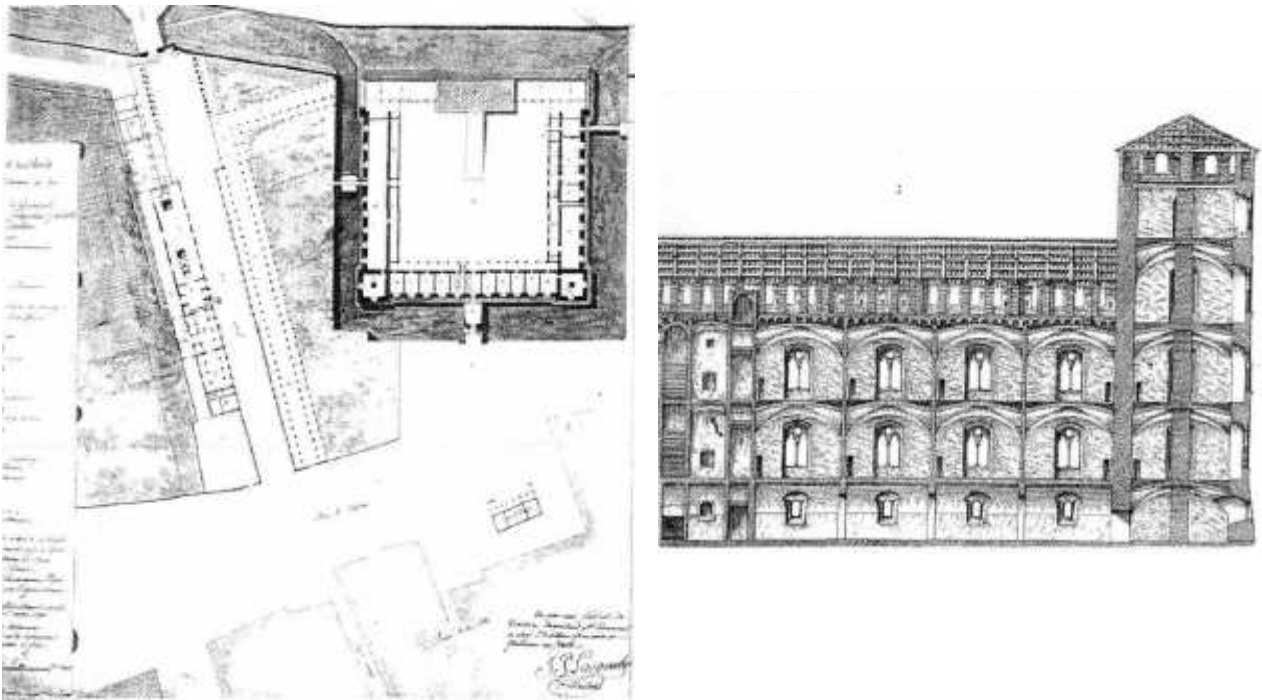


**3. Individuazione della torre sud-ovest, oggetto di intervento.**

Nelle relazioni di progetto si fa spesso riferimento, quali ragioni nella priorità di intervento, alla "facilità delle opere" e all'"importanza" della torre in quanto sede, al piano primo, della famosa biblioteca di Galeazzo II, detta anche "del Petrarca". Inoltre, il ritrovamento di cospicue tracce di affreschi collocano la torre in una posizione di privilegiato interesse rispetto ad altre zone del castello (1). La priorità data a questa parte del Maniero è motivata, tra l'altro, dalla volontà di collocare, in sommità alle torri, due grandi serbatoi dell'acquedotto municipale. La presenza dei serbatoi, se da un lato assicura un introito economico a vantaggio delle operazioni edili, dall'altro causa gravi danni per perdite d'acqua dalle tubazioni e fa sorgere continue preoccupazioni per l'incolumità degli allestimenti delle sale sottostanti. Nell'inverno del 1929 l'impianto è danneggiato da gelo, con conseguente allagamento delle stanze dei due piani sottostanti. L'Ufficio tecnico comunale provvede al prosciugamento delle pareti e del pavimento, operazione poi interrotta nelle parti affrescate per timore di ulteriori danneggiamenti. Negli anni Sessanta, il serbatoio viene disattivato e solo in epoca più recente viene completamente svuotato dall'acqua (2). L'inserimento dei serbatoi, compiuto nel 1924, rende necessari alcuni adeguamenti statici alla struttura muraria della torre; le operazioni si estendono anche alla demolizione dei vecchi tetti, con il rifacimento delle merlature a filo muro, e comprendono il ripristino del camminamento interno e la realizzazione di un soffitto orizzontale in cemento armato al secondo piano.

I lavori proseguono all'interro delle sale delle torri con l'abbattimento dei tramezzi, verticali ed orizzontali, e di tutto quanto "posteriormente costruito, impediva la genuina vista e l'autentico godimento delle sale" (3), incluso un pilastro centrale in muratura piena nella torre sud-ovest. Tale sostegno è realizzato, con ogni probabilità, per motivi statici, forse a causa di un sovraccarico sulle volte, per l'inserimento di mezzi d'artiglieria. La presenza del pilastro è documentata sin dalle prime planimetrie ottocentesche; esso caratterizza l'interno dei vani delle due torri, estendendosi dal sotterraneo al sottotetto. Una perizia del 1921 conferma che il pilastro centrale in muratura piena e delle dimensioni di metri 2x2 è addossato alla volta, mentre i quattro archi rampanti sono vuoti. Questi sostegni furono inseriti dopo che la sala era stata ricoperta di una decorazione posteriore ed

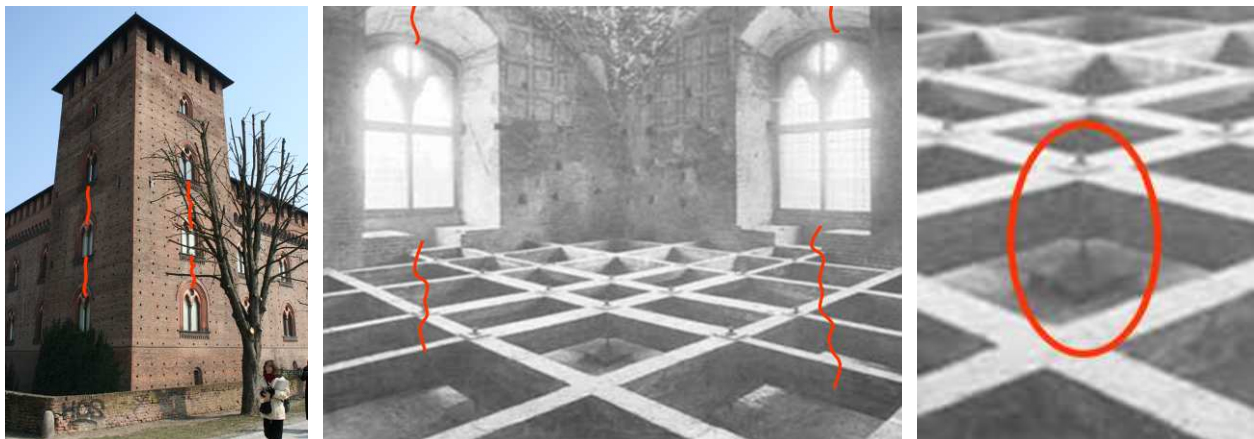
anche, forse, da una prima tinteggiatura generale. Quindi, contrariamente a quanto ipotizzato finora, il pilastro non oltrepassava la volta, ma si sviluppava dal pavimento al soffitto di ogni sala come ben disegnato da Voghera nel 1825 (4).



4. Disegni di Voghera del 1825.

In prossimità del concludersi delle opere previste per la prima fase dei lavori viene realizzato il consolidamento della volta a crociera della “sala azzurra” al piano terra della torre sud-ovest (1929). Nel 1921, al momento della programmazione degli interventi, la volta non è oggetto di preventivi di spesa dettagliati, tanto da far supporre l’assenza di situazioni di ammaloramento. La relazione e perizia sui restauri da attuarsi nel castello, compilata da Brusconi nel 1921, cita, per altro con una voce di spesa esigua, “eventuali opere di consolidamento alle vecchie volte” (5).

Le “gravi condizioni, nei riguardi della compagine e della stabilità” della volta sono, invece, annotate per la prima volta da Ambrogio Annoni nel 1926 (6). Le ragioni del ritardo nella messa a fuoco del problema potrebbero essere individuate in un esame iniziale superficiale, tale da ignorare un dissesto in atto rivelatosi poi in tutta la sua gravità solo durante i lavori e le ricerche successive. Una seconda ipotesi potrebbe essere ricercata in un ammaloramento posteriore, da mettere in relazione con le pesanti opere di demolizione compiute, in concomitanza all’inserimento del serbatoio in cemento armato, capaci forse di influire sulle precarie condizioni statiche della volta.



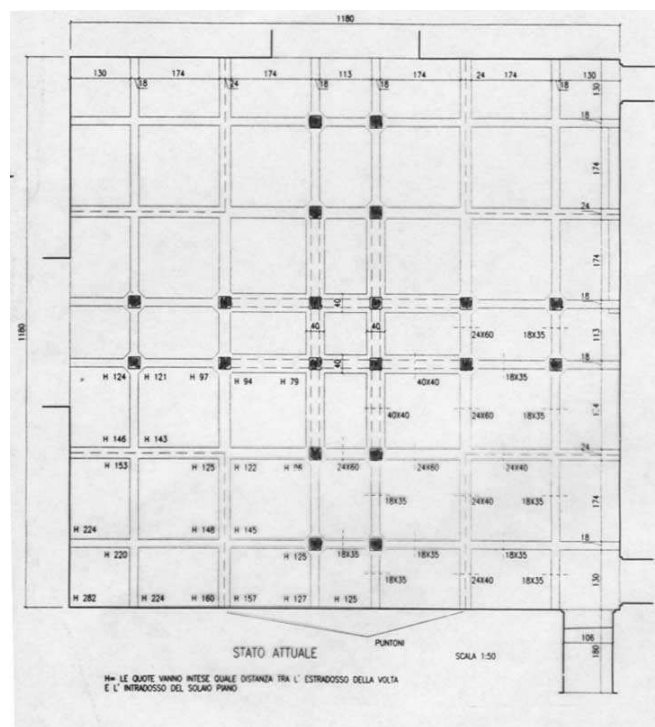
5. Individuazione delle lesioni della torre sud-ovest e immagini del graticcio in cemento armato di Annoni.

La relazione dell'Annoni fornisce alcune indicazioni sul degrado, anche se ancora generiche e approssimative. Le note non consentono di cogliere in modo approfondito le cause del dissesto e neppure di conoscere nel dettaglio la sua configurazione, anche se documentano l'esistenza di un problema statico di rilievo. La volta presenta numerose sconessioni in corrispondenza della serraglia, con cedimenti di oltre 20 cm, ed evidenti lesioni nel punto d'incontro delle vele con i muri d'ambito. L'ipotesi di un intervento di demolizione con ricostruzione, già applicato in altre parti del castello, è scartata in quanto la volta è segnata da pitture decorative a motivo araldico (7); pertanto, la scelta si sposta sulla conservazione integrale, "senza strappi o rimozioni".

A tal fine l'Annoni studia un "ordito portante orizzontale di cemento armato" (previsto per un sovraccarico, oltre al peso proprio, di kg 500 al mq) (8), ossia un graticcio a travi ortogonali da cui pendono alcuni tiranti metallici verticali in grado di sostenere la volta sottostante in caso di cedimento.

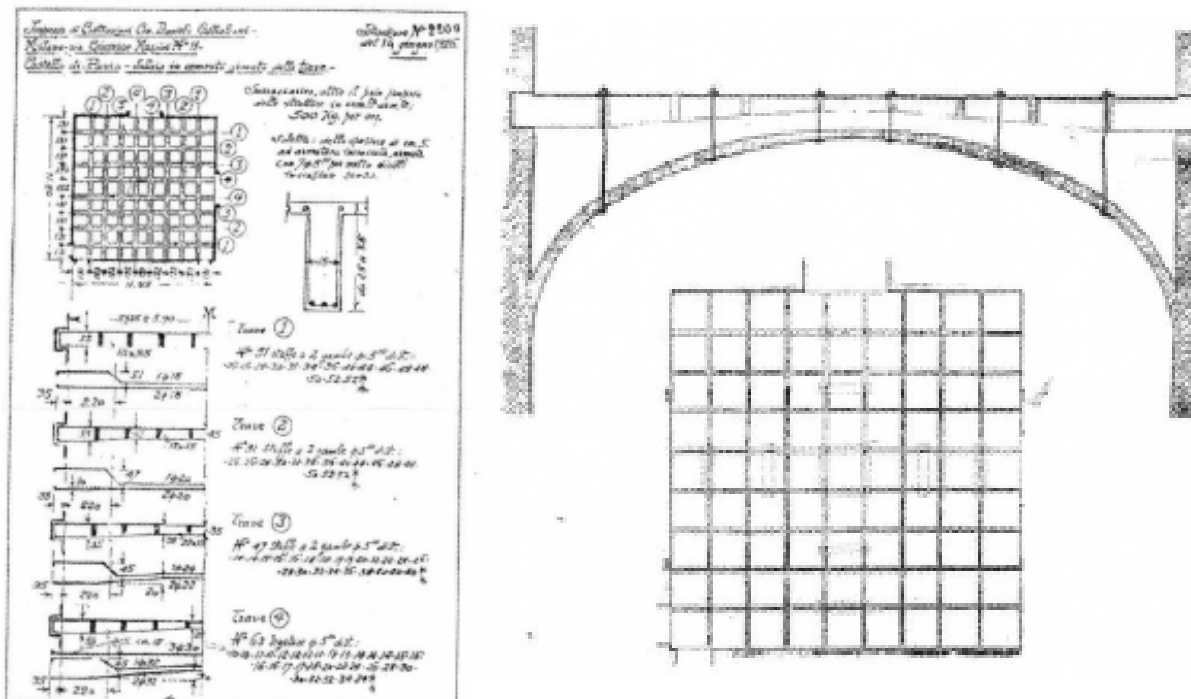
I connettori terminano con piastre ancorate inferiormente nello spessore delle vele e fissate superiormente nel solaio in calcestruzzo. Il progetto viene ripreso ed attuato solo nel 1929; il getto delle travi inizia il 9 novembre e si conclude il 14 dicembre successivo. L'operazione procede con la demolizione del pavimento, la "scrostatura del terriccio di riempimento, con sgombero dei detriti" (dello spessore di un metro), il rifacimento della muratura "per la parte sconnessa della volta, la chiusura di fenditure con sigillature e colature in cemento, l'esecuzione di alcune murature di rabberciamento con mattoni grassoni speciali e malta cementizia, previa applicazione di cunei in ferro, armatura e puntellazione con imbottitura della volta, ove necessitano operazioni delicate per la difesa dei dipinti sottostanti", la realizzazione della travatura con cemento Portland e l'inserimento di staffe, con bulloni da entrambe le estremità (opere in cemento armato eseguite dalla Ditta ingegnere Antonio Toscani) (9).

I disegni di progetto prevedono la posa di otto travi per lato (con interasse di 131 cm) e l'inserimento di venti tiranti, collocati nei punti di incrocio delle travi centrali. In corso d'opera sono compiute alcune varianti: le travi, invece di otto, sono realizzate in numero di sei e vengono aggiunti due puntoni inclinati per ogni lato, con lo scopo di offrire una serie di appoggi intermedi e di diminuire così la luce libera del solaio.



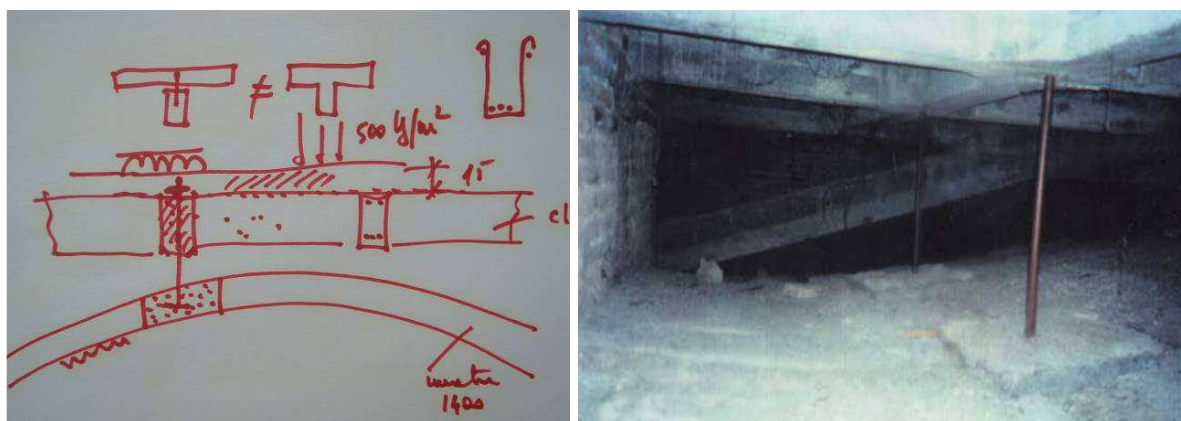
**6. Graticcio in cemento armato, progettato da Annoni.**

La realizzazione del nuovo solaio comporta, per uno dei puntoni del lato nord, l'attraversamento del vano di una scala e la conseguente sua impraticabilità. Per altro, per consentire ancora l'uso, qualche anno dopo la conclusione dei lavori, è disposto il taglio delle estremità del puntone, per la parte esposta nella scala, e la posa di una trave di cemento armato, tra l'estradosso delle volte e la soletta del pavimento superiore, in grado di meglio distribuire la spinta (10).



7. Disegni di progetto del graticcio in cemento armato di Annoni.

All'esecuzione del graticcio di travi segue il getto di una piastra superiore in calcestruzzo di 10 cm di spessore, semplicemente appoggiata sopra alle travi.



8. Schema statico e immagine dell'intervento di Annoni.

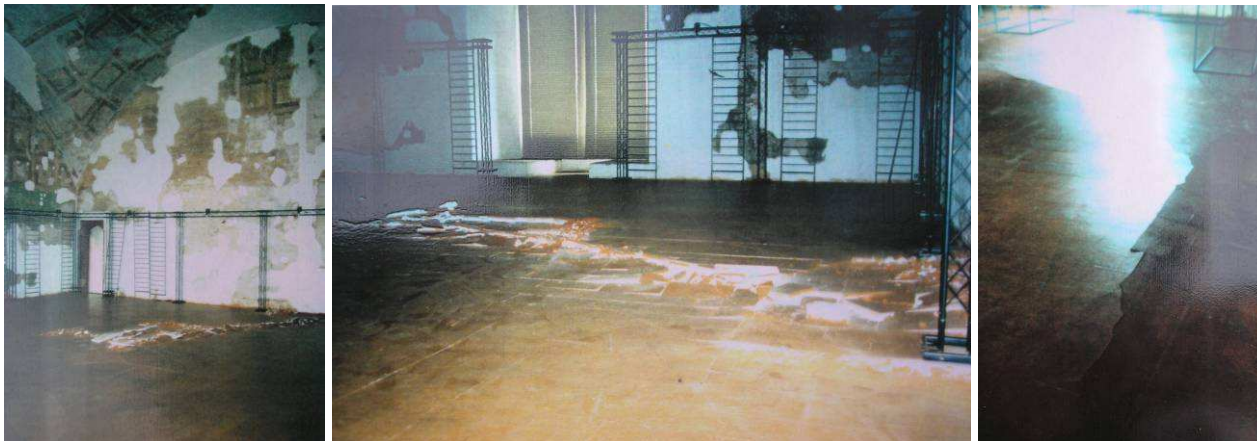
Da ultimo viene effettuato l'intervento di restauro delle pitture con riprese ed integrazioni, ad opera di Arturo Raffaldini di Mantova.

I lavori di restauro del castello riprendono con un secondo lotto nel 1932, in occasione della Cessione al Comune di Pavia, e a fasi successive proseguono oltre il Secondo Dopoguerra, in seguito all'inserimento nel 1951 dei Musei Civici, della Biblioteca Civica e della Pinacoteca Malaspina.

Le informazioni sopra riportate sono ricavate dalla memoria "L. Jurina, R. Demartini; Pavia, Castello Visconteo (1926-1997): un "sostegno" per Ambrogio Annoni; ANANKE n. 24/1998".

## IL DEGRADO.

Nel 1985 viene realizzato il completamento dell'opera, con la posa di un nuovo pavimento in clinker e relativo pesante sottofondo. Dieci anni dopo, nel 1995, nella sala al primo piano della torre si verifica un repentino distacco del rivestimento in piastrelle dal sottofondo, con rigonfiamenti e rotture in più punti.



9. Fotografie dei distaccamenti e delle rotture della pavimentazione.

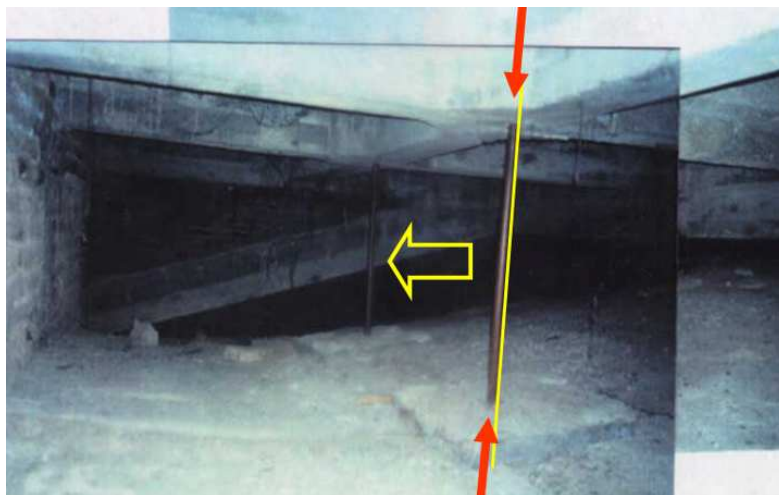
L'inaspettato fenomeno suscita allarmi e preoccupazione presso l'amministrazione comunale, tanto da far temere, sul principio, dissesti nella compagine strutturale dell'intera torre. Abbandonato questo primo e ingiustificato timore, l'ipotesi si sposta verso un probabile fenomeno di allungamento del massetto del sottofondo, dovuto alla presenza della serpentina dell'impianto di riscaldamento. L'allargamento, impedito dalle pareti d'ambito, avrebbe potuto provocare l'instabilità, per compressione, del sottile strato di pavimento e sottofondo. L'ipotesi non trova conferma in quanto l'impianto di riscaldamento, pur essendo stato predisposto durante i lavori del 1985, non è mai entrato in funzione. Nel contempo, l'apertura in breccia di un foro d'accesso nella piastra in cemento armato, offre l'occasione di un'indagine accurata dell'intercapedine posta tra la volta ed il graticcio, che consente di conoscere nel dettaglio i particolari accorgimenti adottati durante l'intervento del 1929.

A questo proposito, emergono da subito alcune soluzioni tecniche poco soddisfacenti dal punto di vista del comportamento statico globale della struttura. Tra queste, la scelta di forare la sottostante volta in mattoni in venti punti con aperture passanti, quadrate, di oltre 40 cm di lato, per l'inghisaggio dei tiranti metallici alla muratura.

Anche l'adozione di puntoni inclinati in c.a. per il sostegno del graticcio comporta nuove spinte orizzontali per le pareti della torre, nella stessa direzione delle forze già esercitate dalla volta. Inoltre, il getto della piastra in calcestruzzo di 10 cm di spessore, al di sopra del graticcio, non mostra alcuna ammorsatura o staffatura con la parte sottostante. Questo fatto comporta un notevole carico permanente sulle travi, senza fornire, al tempo stesso, quell'incremento benefico di momento d'inerzia, quindi di rigidità, che il mutuo collegamento avrebbe consentito. Un ulteriore elemento sfavorevole riguarda i 20 tiranti verticali (di diametro pari a 30 mm), che si presentano liberi di scorrere all'interno del nodo di incrocio tra le travi del graticcio, ma sono invece contenuti, senza alcuna possibilità di movimento, nella piastra soprastante. Si tratta in sostanza di un vincolo bilatero, e non monolatero, tra volta e graticcio, in che implica che le barre metalliche vengono assoggettate a carico sia che gli estremi si allontanino che si avvicinino. Anche l'eliminazione radicale dei rinfianchi della volta che, come noto, sono un elemento strutturalmente attivo, non ha contribuito al buon funzionamento delle parti. L'operazione eseguita annulla qualunque funzione portante della volta rispetto ai carichi accidentali, la quale che viene trasferita in toto al graticcio in cemento armato.

Accanto a queste osservazioni è stato possibile riscontrare alcuni elementi che hanno introdotto nella struttura contributi di indubbio valore migliorativo. Il getto del calcestruzzo, una delle prime esperienze in Italia su luci di dodici metri, è di ottima qualità, senza alveolature e di buona consistenza superficiale; la fattura delle travi, con spigoli smussati lungo il loro sviluppo e un allargamento in corrispondenza dei nodi centrali, testimonia una ricercata esecuzione costruttiva, suffragata da un'attenta prestazione progettuale in fase costruttiva. Risulta, infine, interessante l'impiego di un cassero a perdere per i soprastanti 10 cm di getto, realizzato in griglia metallica, con spruzzata di boiaccia, stesa fra trave e trave del graticcio.

Al quadro delle osservazioni dedotte dall'analisi ravvicinata della struttura, occorre aggiungere alcuni dati relativi a variazioni verificatesi nel tempo, che hanno in parte modificato la configurazione originaria. Il sopralluogo evidenzia da subito l'esistenza di un fenomeno di inflessione che riguarda la parte centrale della struttura in cemento armato, più bassa di 3 cm circa rispetto alle estremità. Anche i tiranti risultano notevolmente inflessi fuori dal loro asse, quasi fossero instabilizzati, ossia trasformati in elementi compressi, anziché tesi, soggetti a carico di punta.



**10. Immagine dei tiranti inflessi.**

Scartate le iniziali congetture, lo stato di fatto induce a considerare la possibilità di un abbassamento viscoso del graticcio, ossia di un cedimento lento sotto carico costante, tipico delle strutture in calcestruzzo, dovuto al peso proprio ed, in particolare, alla più recente pavimentazione con relativo sottofondo, realizzata nel 1985, prima del manifestarsi improvviso del degrado. Tale fenomeno ha causato l'abbassamento delle travi in c.a. rispetto alla volta che è rimasta sostanzialmente ferma, comportando una compressione nei tiranti, instabilizzati per carico di punta, ed il collasso del pavimento, che in seguito all'inflessione del grigliato, diventa un elemento strutturale di piccolo spessore, fortemente compresso nel proprio piano. Il fatto è favorito dalla mancanza di staffe di collegamento tra il graticcio in cemento armato ed il soprastante getto; questo implica una sezione resistente ridotta e di geometria rettangolare, anziché a forma di "T", che sarebbe risultata più efficiente nei confronti dei carichi e dei cedimenti. Inoltre, l'instabilità dei tiranti in acciaio si sarebbe evitata se questi non fossero risultati così strettamente vincolati, con vincoli bilateri, alle due estremità.

Se il grigliato in cemento armato si fosse mantenuto nella configurazione originaria, l'eventuale cedimento della volta sarebbe stato contrastato dai connettori metallici, che avrebbero lavorato come tiranti. Al contrario, l'inflessione viscosa delle travi in c.a., a fronte della volta che resta ferma, ha comportato, per i connettori, una forte compressione, con conseguenze gravi per la struttura della volta e con rischio di punzonamento. Fortunatamente il cedimento della struttura orizzontale è avvenuto in modo uniforme, evitando in questo modo rotture che si sarebbero presentate in caso di carichi localizzati.

L'ipotesi di un cedimento viscoso del grigliato superiore in c.a. trova conferma nel subitaneo riacquisto della forma verticale dei tiranti, contemporaneamente alla rimozione del vincolo superiore, mediante carotaggio di una modesta porzione di soletta in corrispondenza della testa degli stessi. Il tutto è accompagnato dal sollevamento del bullone di estremità della barra nei confronti della piastra di contrasto, solidale al grigliato.



11. Immagine della testa di uno dei tiranti di Annoni.

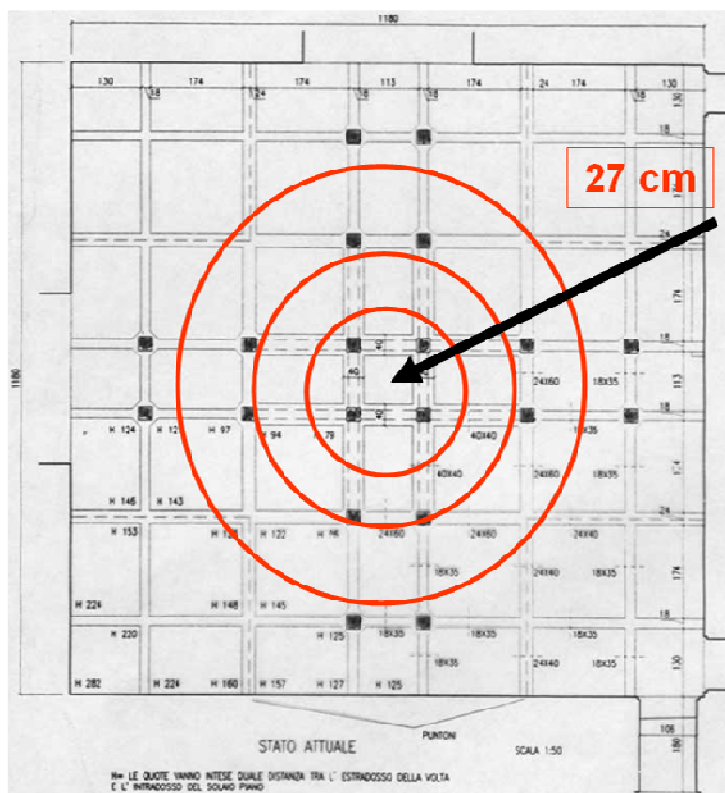
## **IL PROGETTO.**

L'intervento di consolidamento proposto dall'autore nel 1995 ha inteso eliminare quegli inconvenienti che hanno pregiudicato il buon funzionamento delle parti ed affiancare a ciò che già esiste una nuova struttura rimovibile, per rendere più efficiente nella sua globalità il solaio.

Anzitutto, il vincolo dei tiranti è stato trasformato da bilatero a monolatero, in modo tale che i connettori fossero in grado di funzionare solo come tiranti e mai come puntoni. Questo è stato possibile serrando i dadi di sommità dei tiranti e ripristinando il contatto tra solaio e piastra superiore di contrasto, il che consente di lavorare a trazione. Eventuali nuovi abbassamenti del solaio sono liberamente consentiti dalla posa di un materiale deformabile (argilla espansa), anziché di un materiale rigido quale era il calcestruzzo, al di sopra delle teste dei connettori. L'operazione è consistita nella rimozione del calcestruzzo che inglobava superiormente gli stessi, a mezzo di carotaggio. A questo provvedimento va aggiunta la scelta di posare un nuovo pavimento in legno, che oltre ad assicurare leggerezza e flessibilità ed essere in grado di sopportare quei piccoli cedimenti che ancora dovessero verificarsi, contribuisce a non riattivare, col proprio carico, i fenomeni di tipo viscoso già indotti dalla precedente pavimentazione. La scelta del legno e la posa tramite chiodatura su magatelli, uno tra i più antichi metodi, conferisce al rivestimento una straordinaria elasticità e al contempo garantisce una facile manutenzione. Inoltre, il sistema non comporta la perdita dell'intero pavimento (o di parti considerevoli di questo), qualora fosse necessario ispezionare i bulloni di fissaggio superiori dei connettori, permettendo un'economia nelle spese di gestione (solo rilamatura e rilucidatura).

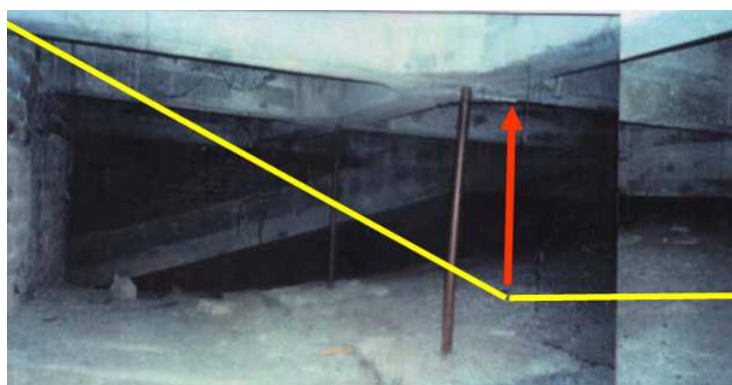
Rimaneva da risolvere il problema di una nuova struttura da affiancare al solaio esistente, per limitarne al massimo gli ulteriori cedimenti. L'unica possibilità è apparsa quella di un utilizzo dello spazio sottostante il solaio, ossia l'intercapedine contenuta tra il grigliato e la volta, che tuttavia nella parte centrale risulta così ridotta da sembrare inutilizzabile, a causa della forte monta della volta in chiave. Diviene pertanto necessario evitare tale ostacolo, per così dire "passandogli a lato".





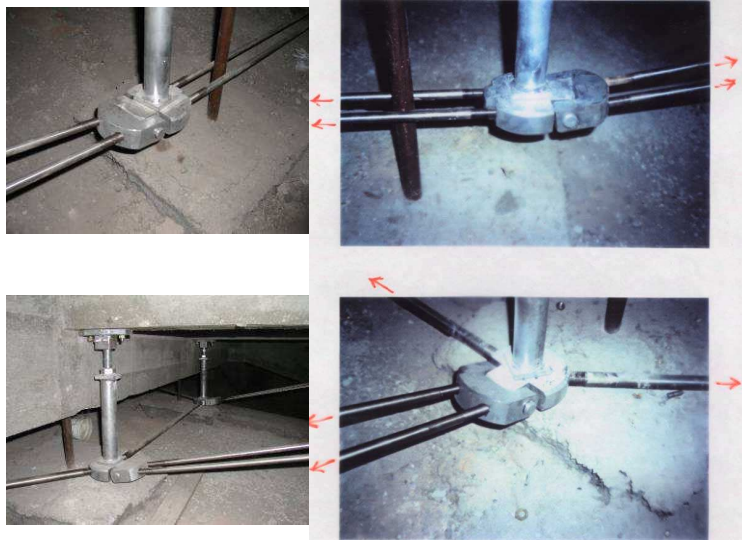
**12. La forte monta della volta in chiave, riduce a 27 cm l'intercapedine tra solaio e volta.**

Il progetto ha quindi previsto l'inserimento di una struttura reticolare metallica in acciaio inox AISI 316, costituita da cavi e puntoni, inserita nell'intercapedine tra estradosso della volta ed il solaio orizzontale, in grado di evitare la zona centrale del solaio, ma capace di applicare forze verticali usando elementi telescopici di mutuo contrasto, proprio in prossimità di quell'area.



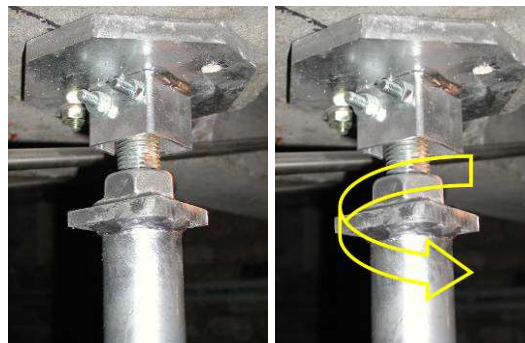
**13. Schema statico del nuovo intervento**

La struttura proposta e realizzata è di “tipo attivo”, nel senso che i tiranti vengono fatti lavorare fin dall'inizio per sostenere il solaio, senza aspettare che si manifestino ulteriori cedimenti. Essa è costituita da quattro travi rettilinee poste in prossimità dei bordi, piuttosto usuali, e da una interessante struttura reticolare posta in posizione centrale. Otto coppie di tiranti inclinati (aventi diametro di 16 mm), provenienti dall'estremità del graticcio, convergono e si collegano ad un cavo anulare, di forma ottagonale, che è posizionato ad una quota più bassa del cervello della volta e che, per così dire, le passa attorno. In questo modo è possibile disporre di una sufficiente altezza strutturale, senza tuttavia interferire con la parte centrale, quella più alta, della volta.



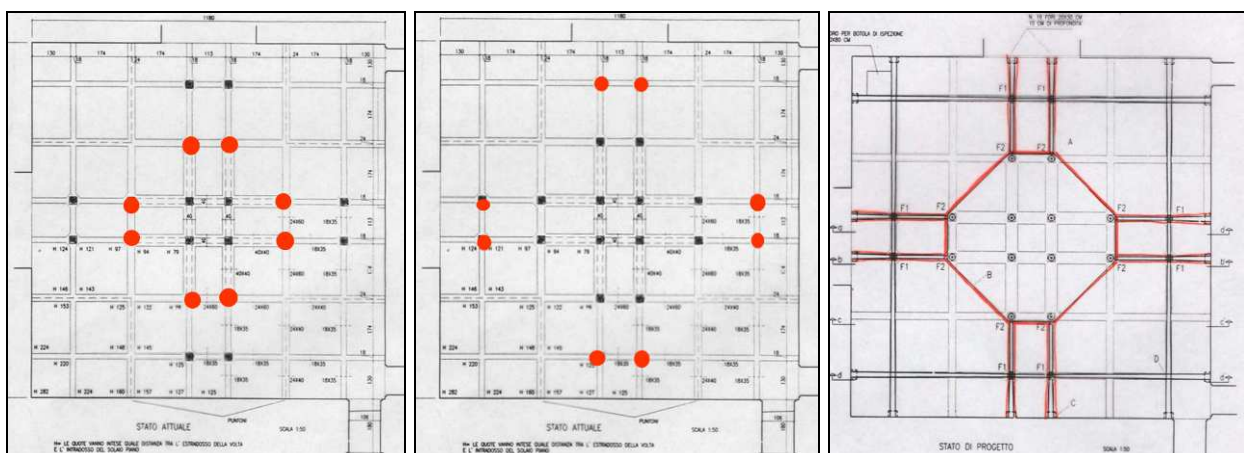
**14. Immagini e schemi stitici dei giunti del sistema.**

I cavi sono messi in trazione in modo uniforme e controllato, semplicemente agendo sugli otto puntoni telescopici in acciaio inox (aventi dimensione di 48 mm di diametro, con spessore 3 mm).



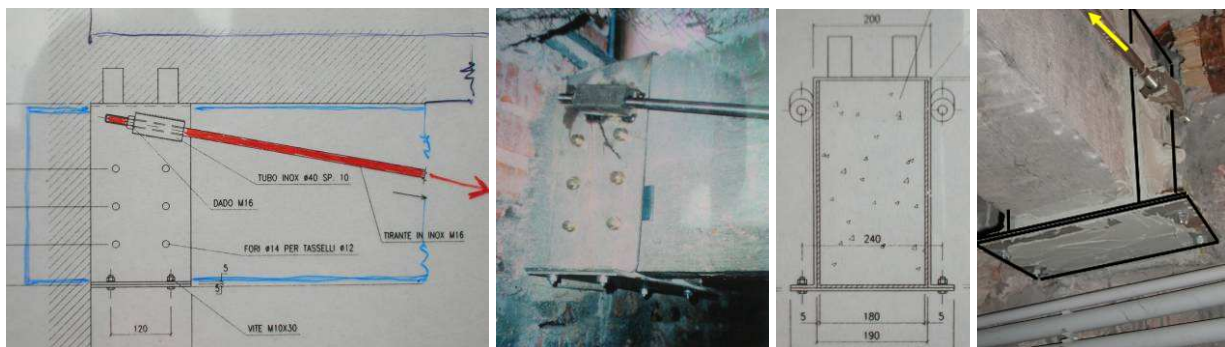
**15. Immagini di uno dei puntoni telescopici.**

Una grossa vite di estremità consente di allungarli e di metterli in contrasto, appoggiandosi al soprastante ordito in cemento armato. I puntoni sono stati posizionati adiacenti ai tiranti esistenti collocati dall'Annoni.



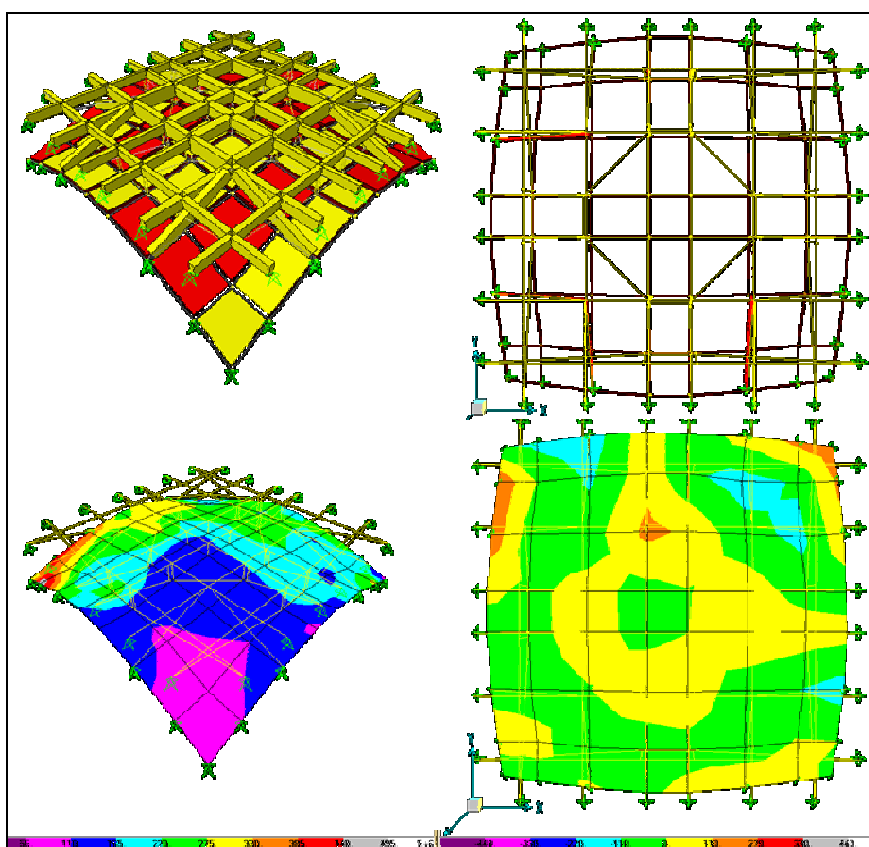
**16. Posizionamento dei cavi e dei puntoni del nuovo intervento.**

Una fasciatura di estremità della trave con semplici piatti inox, ancorati con tasselli e resina epossidica, permette il fissaggio dei tiranti inox al graticcio.



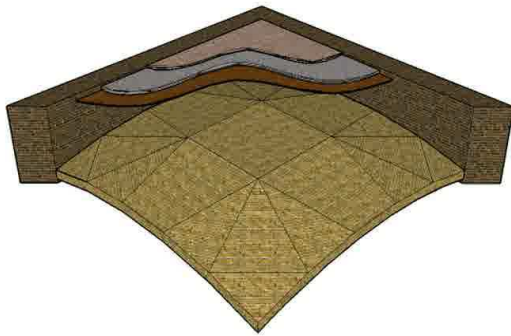
17. Disegni ed immagini delle fasciature all'estremità delle travi.

Il criterio adottato per il dimensionamento destina all'esistente solaio in c.a. il compito di sostenere i carichi accidentali e alla nuova struttura metallica il compito di sorreggere il peso proprio del solaio stesso. A tal proposito si è utilizzato un modello matematico ad elementi finiti che riproducesse il sistema, così da ottenere i diagrammi delle sollecitazioni interne degli elementi, andando a considerare la partecipazione delle varie componenti strutturali compartecipanti alla resistenza nei confronti delle sollecitazioni applicate.

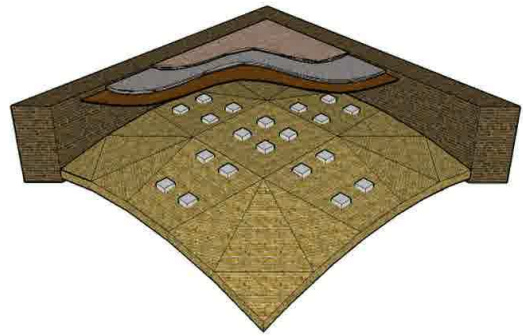


18. Modellazione del sistema.

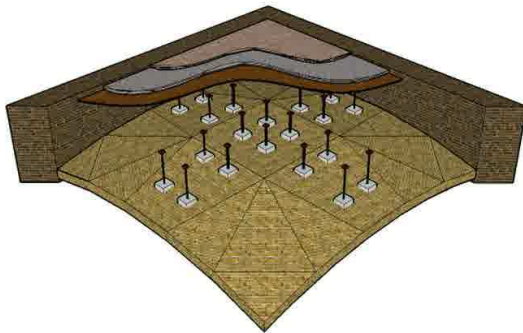
## EVOLUZIONE DEL SISTEMA STRUTTURALE DELLA TORRE SUD-OVEST.



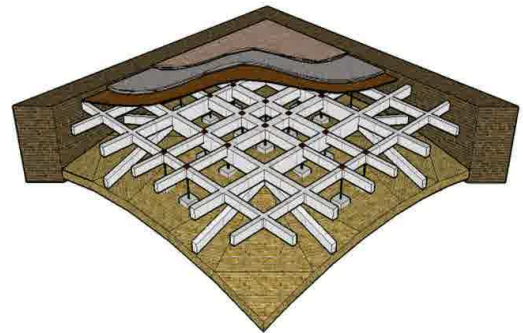
I. Struttura originaria, volta in muratura.



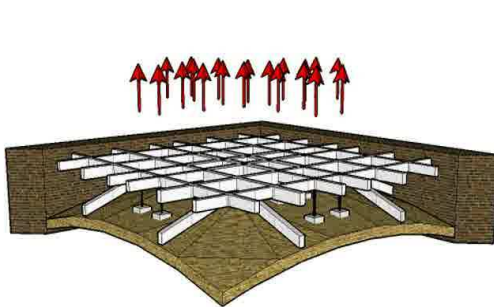
II. Inserimento di piastre di ancoraggio per i tiranti, nello spessore della volta (Annoni).



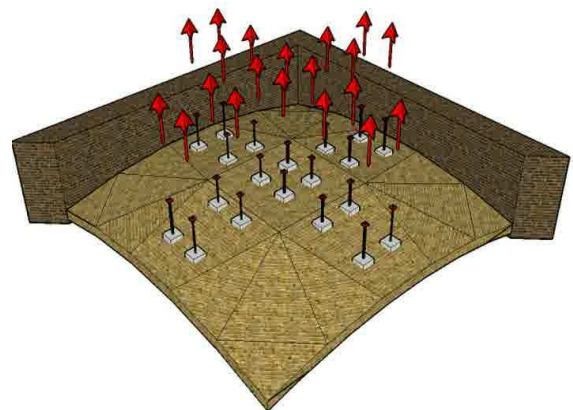
III. Inserimento dei tiranti di collegamento tra i graticcio e la volta (Annoni).



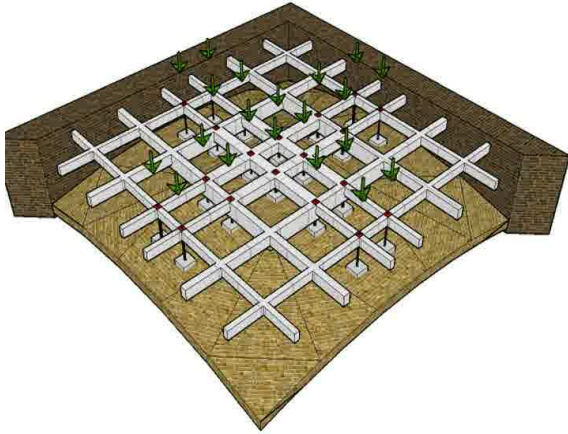
IV. Inserimento di un grigliato in cemento armato, atto a sostenere i carichi applicati al solaio e la volta (Annoni).



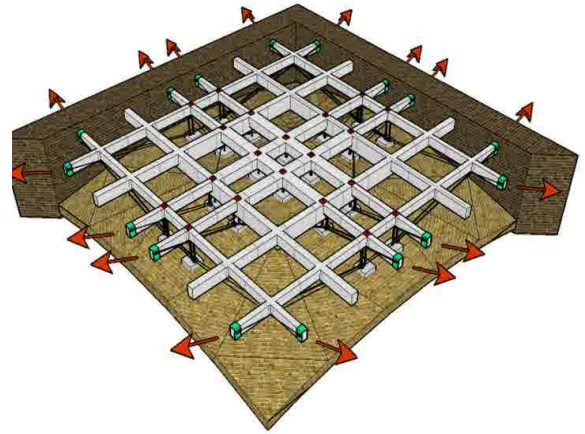
V. Il cedimento viscoso del grigliato in cemento armato, a fronte di un minore cedimento della volta, mette in compressione le barre introdotte (fissate con vincolo bilatero).



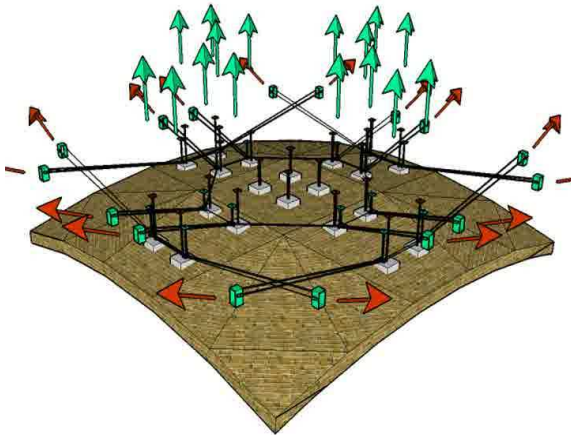
VI. Le barre (ipotizzate come tiranti) diventano compresse e si stabilizzano. Il solaio si inflette e le fibre superiori (le piastrelle) vengono compresse e si stabilizzano anch'esse, sollevandosi in più punti.



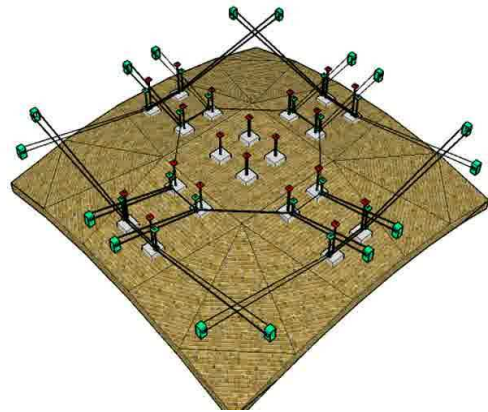
VII. Mediante un carotaggio della soletta, in corrispondenza delle teste dei tiranti, questi riacquistano l'originaria forma verticale.



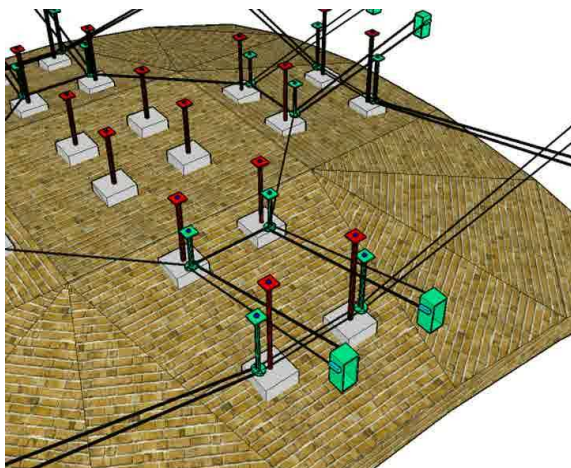
VIII. Il nuovo intervento rimovibile, costituito da cavi e puntoni telescopici, affianca la struttura esistente



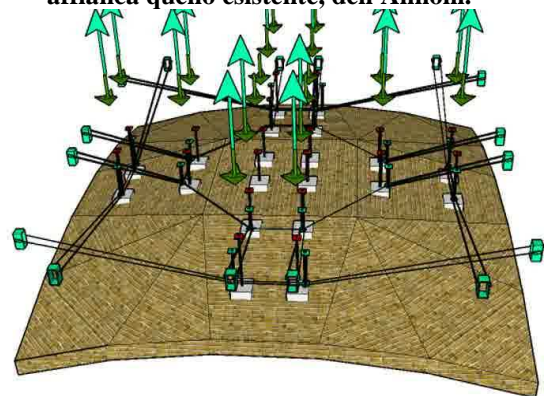
IX. Il nuovo sistema inserito collabora con le strutture già presenti.



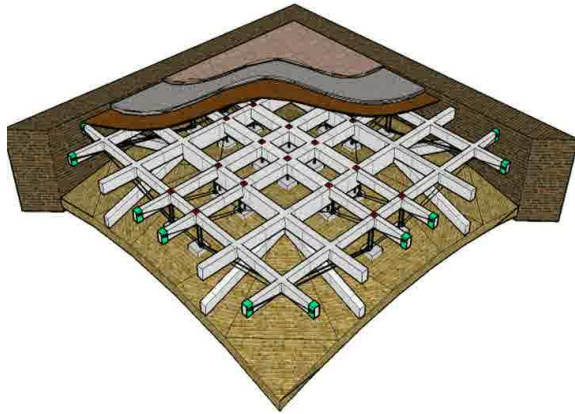
X. Il nuovo sistema costituito da cavi e puntoni, inserito nell'intercapedine tra la volta e il grigliato, affianca quello esistente, dell'Annoni.



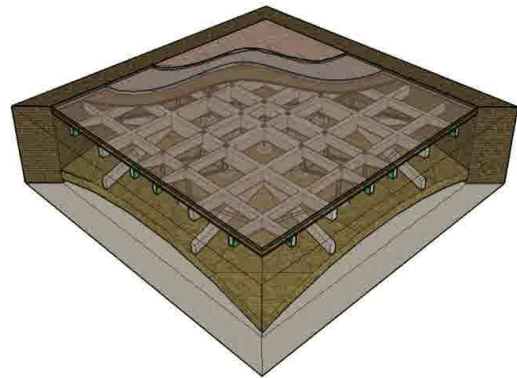
XI. I nuovi puntoni inseriti sono ubicati in prossimità dei tiranti esistenti.



XII. In caso di eventuale cedimento della volta, i due sistemi strutturali collaborano



**XIII. La scelta di posare un nuovo pavimento ligneo assicura leggerezza e flessibilità**



**XIV. I due sistemi convivono e collaborano strutturalmente, preservando la testimonianza storica.**

## CONCLUSIONI.

L'introduzione di una struttura in acciaio inox parallela a quello in cemento armato, rimovibile, e di tipo attivo, permette di eliminare il problema degli eventuali ulteriori cedimenti di tipo viscoso e contribuisce a migliorare la sicurezza globale, anche nei confronti dei carichi accidentali. La predisposizione di una botola per l'accesso nell'intercapedine e di un'illuminazione di sicurezza favorisce la visitabilità del luogo e la ispezionabilità completa di ogni parte della struttura. Ciò rende attuabile, in definitiva, la pratica della manutenzione programmata.



**19. Immagini della botola di accesso all'intercapedine tra solaio e volta.**

La realizzazione di semplici carotaggi all'estremità superiore degli originali tiranti metallici consente di ottenere un funzionamento di tipo monolatero, in modo che la volta in muratura viene sostenuta solo in caso di necessità, ma non viene sottoposta a carichi punzonanti indesiderati, dovuti ai movimenti del graticcio superiore, né a quelli legati a cedimenti viscosi o a carichi accidentali. L'adozione di un pavimento in legno favorisce la possibilità di assecondare limitati movimenti ulteriori, senza dar luogo a fenomeni di collasso localizzato, di tipo fragile, come quelli verificatosi nel recente passato.

Eseguendo una diligente e metodica manutenzione del sistema se ne garantisce il funzionamento corretto, dove ad ognuna delle componenti presenti è affidato un compito ben preciso: la volta sostiene il suo carico proprio, al graticcio in cemento armato è affidato il compito di sobbarcarsi i carichi accidentali e al nuovo sistema di tiranti e puntoni è affidato il compito di sostenere il peso

proprio del graticcio. L'integralità del sistema analizzato, garantisce una sicurezza strutturale nel caso si verifichi un indebolimento delle componenti, a partire dalla più fragile e antica. Se si dovesse verificare un cedimento della volta, questa si troverebbe ad essere aiutata, e quindi in parte sostenuta, dai tiranti introdotti dall'Annoni, che a loro volta sono collegati al graticcio, che a sua volta è sorretto, in parte, dal nuovo sistema di tiranti e puntoni.

Una funzione, certamente non strutturale ma interessante, che tutti i sottosistemi presenti svolgono è quella di preservare la memoria storica delle tecniche costruttive adottabili per trasferire carichi .

Si trovano infatti, collaboranti e condensate in uno spazio ridotto, tre diverse soluzioni geometriche (volte con curvatura verso il basso, travi con andamento orizzontale e tensostrutture con curvatura verso l'alto). Si trovano tre diversi materiali della tradizione costruttiva (mattoni per la volta, cemento armato per il graticcio e acciaio inox per la struttura in cavi) e si trovano tre diversi modi di "lavorare" che caratterizzano tali soluzioni (la volta lavora a compressione, il graticcio a flessione, i cavi a trazione).

La soluzione adottata per il consolidamento, in definitiva, ha previsto una integrazione, rispettosa delle preesistenze, adottando sia uno schema strutturale che un materiale contemporanei.

## **RINGRAZIAMENTI**

Si ringrazia l'arch. Michele Lodola per il materiale documentario messo a disposizione e la Direzione dei Musei Civici di Pavia per la fattiva e cordiale collaborazione in tutte le fasi del progetto. Il modello grafico della volta è stato elaborato dall'ing. Andrea A. Bassoli, che ringrazio.

L'intervento ha avuto per committente il Comune di Pavia e per progettista l'ing. Lorenzo Jurina, con la preziosa collaborazione dell'arch. Renata Demartini; la direzione lavori è stata affidata all'UTC; il costo complessivo dell'opera è stato di lire 114.434.800, i lavori hanno avuto inizio nel 1995 e sono terminati nel 1997 (durata effettiva dei lavori quattro mesi); le imprese esecutrici sono state la Pacchiarotti P. S.p.A., Belgioioso (PV), per le opere murarie, rivestimento e assistenza, la COMES, Senago (MI), per le strutture in acciaio.

## **NOTE E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

1. Si veda Archivio soprintendenza per i beni ambientali ed architettonici di Milano (d'ora in avanti ASBA), Castello Visconteo, Pavia, Cartella 114, 21 luglio 1921.
2. Si veda A. Barbieri, R. Fusi, Il Castello Visconteo di Pavia, Storia dei restauri ed ipotesi di conservazione, tesi di laurea, A.A. 1986-1987, facoltà di architettura, Politecnico di Milano, relatore A. Bellini.
3. Archivio storico civico Pavia, cartelle speciali 153, 21 ottobre 1925.
4. Si veda ASBA, Castello..., 1921.
5. Si veda ASBA, Castello..., 1921.
6. Si veda ASBA, Castello Visconteo, Pavia, cartella 114, 5 ottobre 1926. Prima di tale data sono previsti solo "innesti e rifacimenti di muratura, in sostituzione di quelle mancanti o deperite e colature con Cemento di "Casale", con sigillature", ASBA, Castello Visconteo, Pavia, Cartella 114, 21 ottobre 1925.
7. "A tutta prima, verrebbe fatto di pensare ad un suo rifacimento (della volta). Ma questo non è partito che si possa adottare, in causa delle pitture decorative. Esse si presentano sotto lo strato dei successivi sopraggiunti intonaci, assai fragili e delicati, ma non permette assolutamente il distacco delle parti a motivo araldico che si sfalderebbero (per quelle semplicemente di motivo geometrico ornamentale si sarebbe potuto pensare ad un rilievo ornamentale); D'altronde, la stessa mancanza dell'alto valore intrinseco (come sarebbe se fossero pitture figurative) e la caratteristica invece del valore storico-araldico, ne suggerisce la conservazione integrale", ASBA, Castello..., 1926.
8. Il totale di spesa ammonta a lire 43.200. Si veda ASBA, Castello..., 1926.
9. Opere per lire 24.500. Si veda ASBA, Castello..., 1921.
10. Si veda H. Balducci, I restauri del Castello Visconteo di Pavia, Pavia, 28 ottobre 1933, pp. 36-38; C. Calzecchi Oresti, "Il Castello Visconteo di Pavia", in Atti dell'Istituto di Architettura Militare, fascicolo 6, Roma, agosto 1934.