UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

"LA SAPIENZA"

PROGETTO STATICO PER IL RINFORZO E CONSOLIDAMENTO DELLA VOLTA DELLA "SALA DEGLI AFFRESCHI" SITA AL PRIMO PIANO DELLA FACOLTA' DI INGEGNERIA CIVILE E INDUSTRIALE
PROGETTO ESECUTIVO: SOLUZIONE A
IN VIA EUDOSSIANA, 18 – 00184 ROMA
(Codici: Edificio RM031; Piano P01; Locale L036)

RELAZIONE TECNICA

Ing. Bruno Enrico Mancini

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI RIETI
BRUNO ENRICO
MANCINI
INGEGNERE
civile ed ambientale
industriale
dell'informazione
A-135
SEZIONE A

Sommario

1 Premessa 3
2 Documentazione disponibile 3
3 Descrizione dei luoghi 4
4 Rilievo dello stato fessurativo e interpretazione del dissesto ……..……...11
5 Ispezioni visive, saggi e indagini ……..…… 18
6 Proposta di intervento di consolidamento .....**Errore. Il segnalibro non è definito.**20

1 Premessa

Forma oggetto della presente relazione l'analisi strutturale e lo studio per il rinforzo e consolidamento con tecniche tradizionali della volta di copertura della Sala detta degli Affreschi della Facoltà di Ingegneria civile e industriale dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza", sita in Via Eudossiana 18 in Roma, ad oggi sede di conferenze, mostre, convegni, tesi di laurea ed in generale ambiente di rappresentanza della Facoltà.

Lo studio progettuale tiene particolarmente conto del carattere storico artistico che la preesistenza riveste e che è stata recentemente (mesi di febbraio e marzo 2017) oggetto di un pronto intervento finalizzato a contenere temporaneamente gli effetti sulle pitture di un probabile aggravio dello stato di conservazione attribuibile agli ultimi eventi sismici verificatesi.

La relazione si basa quindi sulla documentazione esistente esaminata relativamente alle informazioni di carattere strutturale acquisite con sopralluoghi, saggi e rilievi, alla relazione tecnica sugli interventi effettuati dalla THEMIS Conservazione e Restauro Srl per stabilizzare lo stato delle pitture, da cui lo studio volto all'interpretazione del dissesto osservato nello stato di fatto, completo delle scelte progettuali relative agli interventi di consolidamento e messa in sicurezza dell'apparato costruttivo voltato e delle strutture ad esse correlate, con relativa illustrazione della metodologia conservativa proposta.

2 Documentazione disponibile

Nel corso del presente studio sono stati esaminati e/o prodotti a conclusione dei rilievi, e dei saggi effettuati nel corso della campagna di indagine i seguenti documenti:

- Progetto architettonico dell'edificio;
- Stralcio plano altimetrico dell'edificio storico;
- Rilievo dello stato fessurativo della volta;
- Rilievo fotografico dello stato fessurativo della volta;
- Rilievo fotografico della scala di sicurezza A4
- Relazione tecnica del pronto intervento effettuato sulle pitture (Themis srl).

3 Descrizione dei luoghi

La volta oggetto del presente studio è situata nel corpo originario del convento adiacente la basilica di San Pietro in Vincoli, oggi sede della Facoltà di Ingegneria Civile e industriale (Figura 3.1).

L'ambiente voltato, delle dimensioni di circa m 10,00 x 10,00 compresi i muri perimetrali, costituisce l'ultima cellula del braccio del chiostro esposto a Nord Est, della lunghezza di circa m 45,00 e largo circa m 15,00 considerando anche lo spessore degli ambienti ubicati sul prolungamento del porticato del chiostro a P.T. In generale il corpo edilizio, visto dalla parte del cortile interno, si sviluppa in altezza per tre livelli fuori terra più una copertura a due falde con colmo centrale, mentre dal lato del chiostro i livelli fuori terra si riducono a due più la copertura, in quanto le quote di calpestio del cortile e del chiostro sono sfalsate (Figura 3.2).

La sala sottostante la volta presenta tre grandi finestre sul fronte Est e due sul fronte Nord che affacciano verso il cortile e l'ortogonale passaggio interno, mentre sulla parete interna prospiciente il lato Est è ubicata una porta d'accesso centrale che comunica direttamente con l'ambiente disposto in continuazione del chiostro e che costituisce allo stato attuale parte del corridoio interno all'edificio per raggiungere il limitrofo fabbricato moderno, transitando davanti alla nuova scala esterna. Detto ambiente rettangolare è coperto con una doppia volta a crociera.

La restante parete interna della sala, prospiciente il lato Nord, confina con il vano scala interno.

In particolare il suddetto corridoio, dal quale si accede alla "Sala degli Affreschi", mette in comunicazione il chiostro cinquecentesco con la scala di sicurezza realizzata nei primi anni 80 del secolo scorso come via d'esodo per le aule per la didattica, per la sala Conferenze del Chiostro, gli uffici e gli ambienti dei vari Dipartimenti attestati in corrispondenza del corpo di fabbrica in esame.

La struttura voltata è intestata su una cellula muraria pressoché quadrata, con lati interni pari a circa m 7,90 x 8.00 m; la tipologia è quella di una volta *a schifo* con lunette perimetrali, costituita quindi da un quadrato centrale molto ribassato di lati pari a circa m 5,00 x 5.00 e da dodici lunette perimetrali, di cui tre disposte per ogni lato, e due in corrispondenza di ciascuno spigolo (Figura 3.3). La decorazione della Sala detta degli Affreschi, diversamente dalla sua denominazione, è composta da una superficie pittorica data "a secco" (Tempera) composta da pigmenti di polvere sciolti in acqua e legante di varia natura.

Dalla relazione redatta a cura della Themis srl allegata alla presente si legge: "*la decorazione probabilmente realizzata nei primi anni del Novecento del secolo scorso con un chiaro riferimento alla nuova vocazione dei luoghi, insiste sulla più antica struttura architettonica del chiostro di San Pietro in Vincoli…Nei motivi decorativi e nelle iscrizioni si vuole sottolineare la nuova funzione dell'ambiente, in antichità cucina, poi adibita allo studio delle scienze dell'Ingegneria. La*

decorazione segue la ripartizione della struttura architettonica della stanza, secondo uno schema geometrico e simmetrico. Nel grande ottagono centrale, scandito da motivi floreali su fondo bianco, sono raffigurati entro piccoli tondi, quattro importanti uomini di scienza, con relativa intestazione sottostante… le pareti verticali appaiono attualmente decorate solo nella parte superiore, adiacente le lunette con semplici motivi a conchiglia, racchiusi da motivi floreali."

Limitatamente alla cellula muraria su cui è impostata la volta in oggetto è stato realizzato, probabilmente nei primi anni del Novecento quando la struttura monastica è stata riconvertita in facoltà universitaria, un sovrastante solaio in "ferro e voltine" con calpestio a quota + 6,48; così come accertato in occasione della campagna dei saggi effettuati presso l'aula n. 15 soprastante la volta in esame (vedi foto n. 1, n. 1175, n. 1165, n. 1168), risultata quest'ultima autoportante in quanto nettamente separata dal solaio stesso (Figura 3.4).

La volta ha una struttura muraria irregolare in pezzame di tufo ricoperta da un intonaco di base confezionato con ogni probabilità con una malta composta di calce e pozzolana a granulometria medio grossa, steso in uno strato unico, con spessore variabile a seconda delle diverse porzioni, misurato, in occasione della campagna si saggi e rilievi effettuati in coordinamento con la Themis srl, da un minimo di 3 cm ad un massimo di 16 cm. (si veda pag. 2 e 3 Rel. Themis).

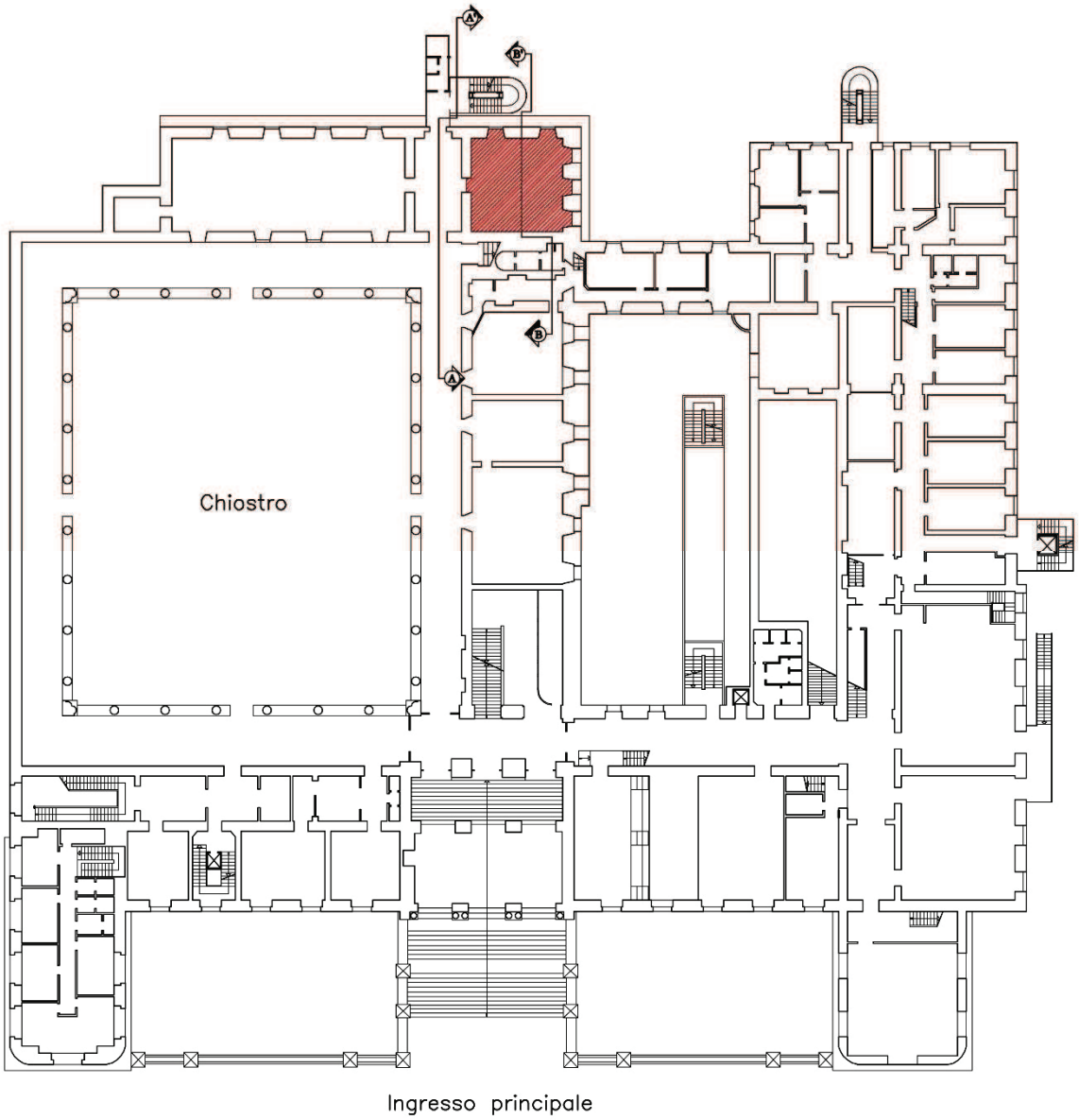

Figura 3.1 – Pianta del corpo principale della Facoltà di Ingegneria Civile e Industriale – Localizzazione dell'area di intervento

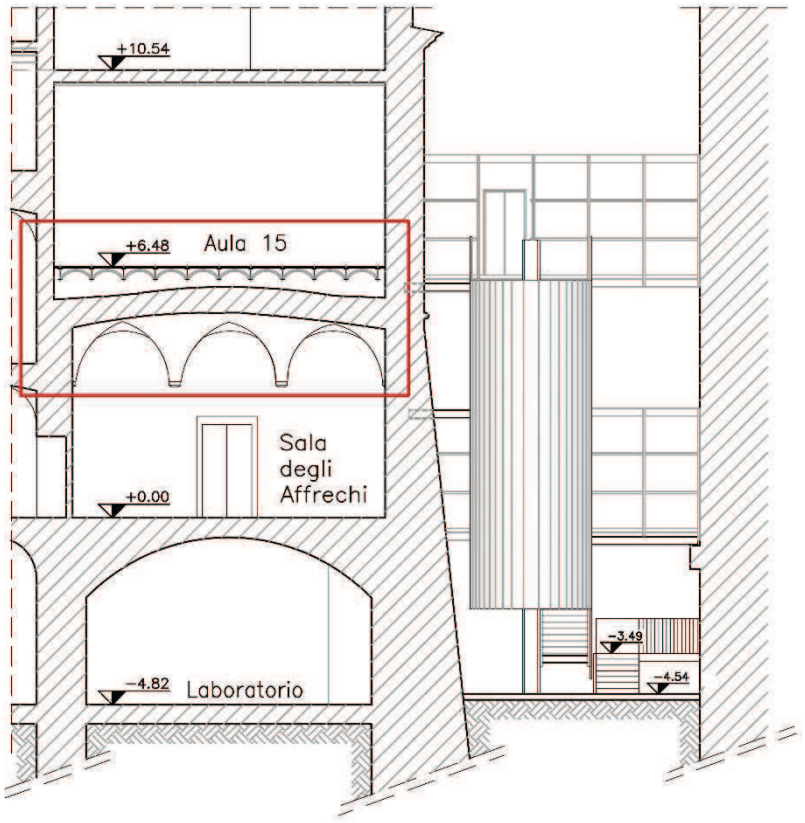

Figura 3.2 – Sezione B-B'

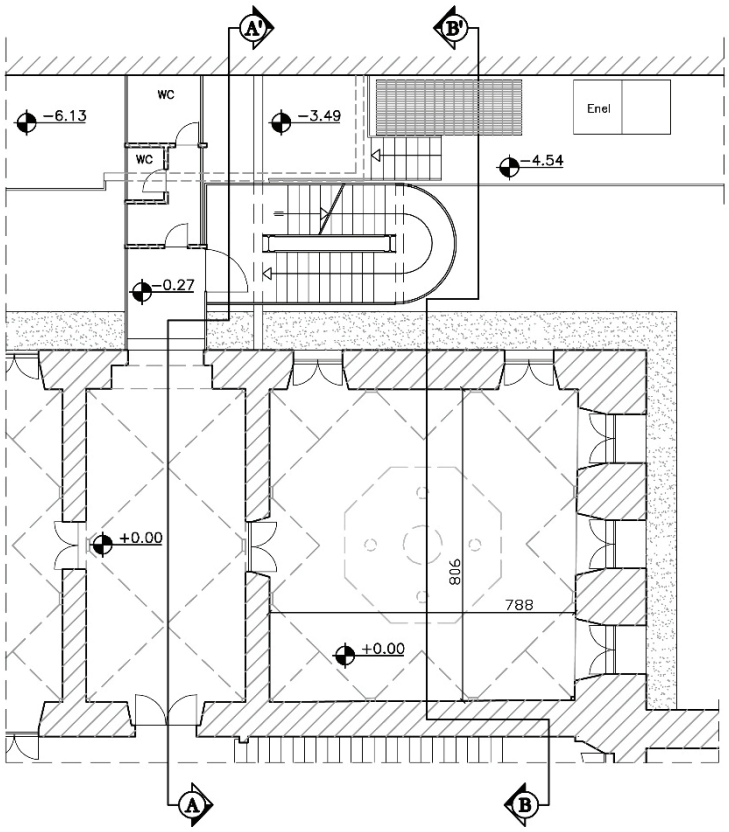

Figura 3.3 – Pianta della Sala degli Affreschi e scala A4

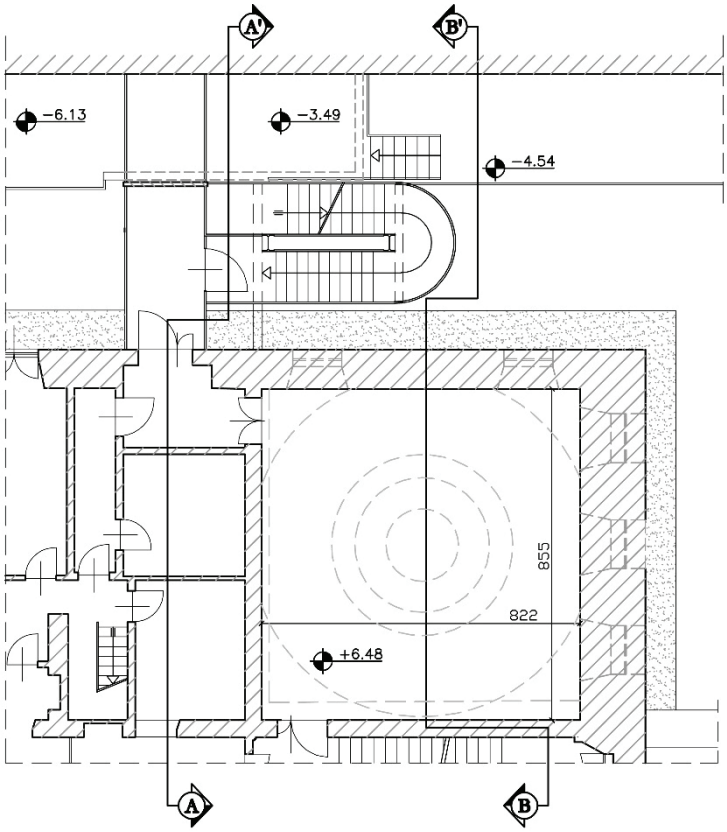

Figura 3.4 – Pianta Aula 15

Foto n. 1

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI RIETI
BRUNO ENRICO
MANCINI
INGEGNERE
civile ed ambientale
industriale
dell'informazione
A-135
SEZIONE A

Foto n. 1175

Foto n. 1165 Vista intradossale del solaio in travi NP 260 i= 82 cm. e voltine di mattoni

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI RIETI
BRUNO ENRICO
MANCINI
INGEGNERE
civile ed ambientale
industriale
dell'informazione
A-135
SEZIONE A

Foto n. 1168 vista estradossale della monta dell'area centrale della volta.

4 Rilievo dello stato fessurativo e interpretazione del dissesto

Nel corso diversi dei sopralluoghi effettuati dal sottoscritto, coadiuvato da collaboratori, sono stati condotti approfonditi rilievi plano altimetrici, controlli ed accertamenti dello stato dei luoghi, nel corso dei quali è stato registrato un significativo quadro fessurativo piuttosto diffuso (Figura 4.1, Figura 4.2), alcune riconducibili alla vetustà dell'apparecchiatura muraria e del relativo strato di finitura ad intonaco, altre individuate in corrispondenza delle costolature d'angolo, riconducibili a fenomeni di sofferenza statica, come quello caratterizzato dalle lesioni che dipartono dagli spigoli per riunirsi nella zona centrale, come quello registrato dalle lesioni L1 e L2 a seguire la costola posta tra le due lunette identificate dai cartigli dedicati a "B. Cavalieri" e "Venturoli", che dal piano d'imposta della volta (foto n. 0938_2, n. 0979_2) si estendono senza soluzione di continuità fino in chiave (foto n. 0980_2, n. 0981_2), per poi proseguire con minore ampiezza sulla diagonale opposta (foto n. 1247, n. 1252).

In particolare le fessurazioni in esame L1 e L2 dipartono dal maschio murario perimetrale interessato, a quota dell'imposta della volta, dal collegamento con il trasverso HEB 240 posto a presidio della scala di sicurezza esterna, il cui ultimo livello, posto a quota + 6,27 mt. è in corrispondenza dell'uscita di sicurezza dell'aula 15.

A mezzo del ponteggio mobile, è stato quindi possibile apprezzare, in corrispondenza della porzione centrale della volta (si veda foto n. 0981_2), l'estensione e l'entità della discontinuità di cui sopra, estesa oltre il ritratto di A. Volta collocato, a mezzo di supporti magnetici, su una porzione di intonaco distaccato ed attraversato da una lesione registrata nello spessore dell'intonaco dipinto, così come altresì accertato e documentato nella relazione della Themis srl allegata alla presente.

Va rilevato anche che le sollecitazioni che hanno determinato il manifestarsi delle lesioni ad andamento diagonale, in particolare quella individuata dalla lesione L1, possono trovare motivazione in parte nell'adeguamento dell'apparato voltato alla nuova configurazione d'equilibrio indotta sia dalla natura costitutiva del nucleo, realizzato con conci irregolari giustapposti grossolanamente, che dalle spinte indotte dalle murature verticali d'ambito, che fungono da spalle della volta stessa, caratterizzate sul perimetro esterno a quota d'imposta, da più modesti spessori rispetto a quelli misurati alla quota d'imposta della sottostante volta del laboratorio di strade.

E' significativo a tal proposito osservare che i contrafforti presenti nell'angolata a nord-est in corrispondenza della sala in oggetto, ispessiscono la sezione muraria, che alla base passa da circa 2,40 mt a circa 1,50 misurata a quota di calpestio della sala degli affreschi, per portarsi a circa 1,02 mt. a quota dell'imposta della volta della sala in esame.

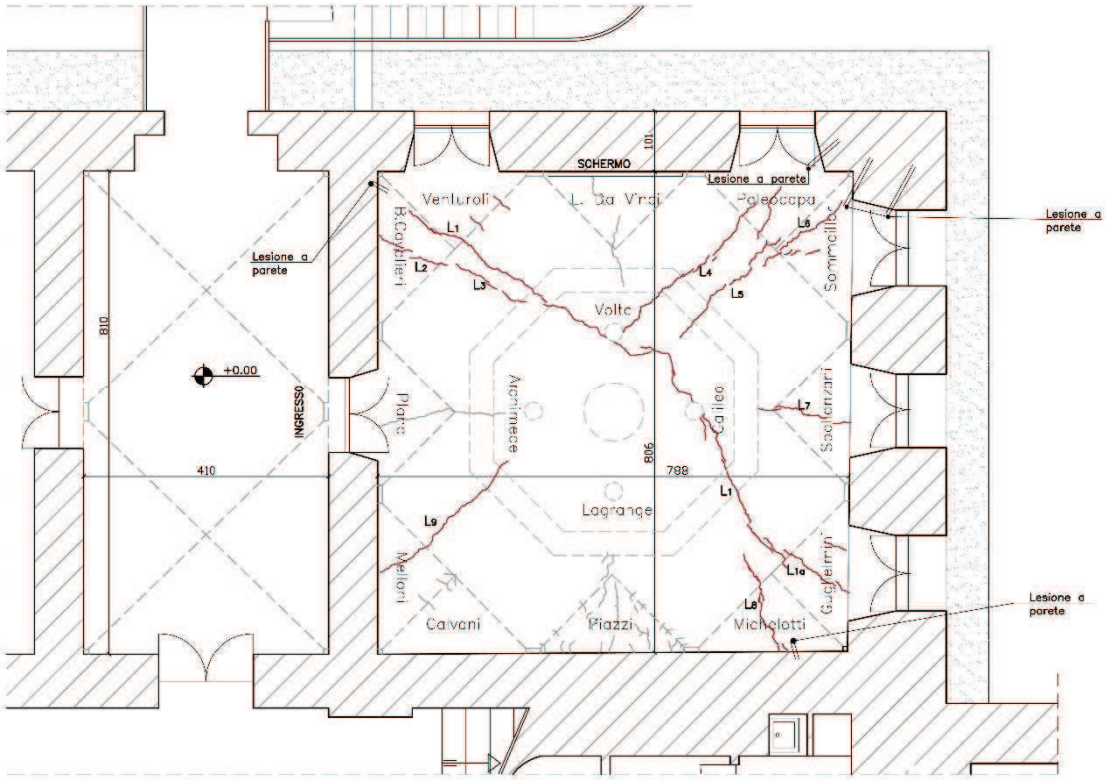

Figura 4.1 – Quadro fessurativo volta Sala degli Affreschi

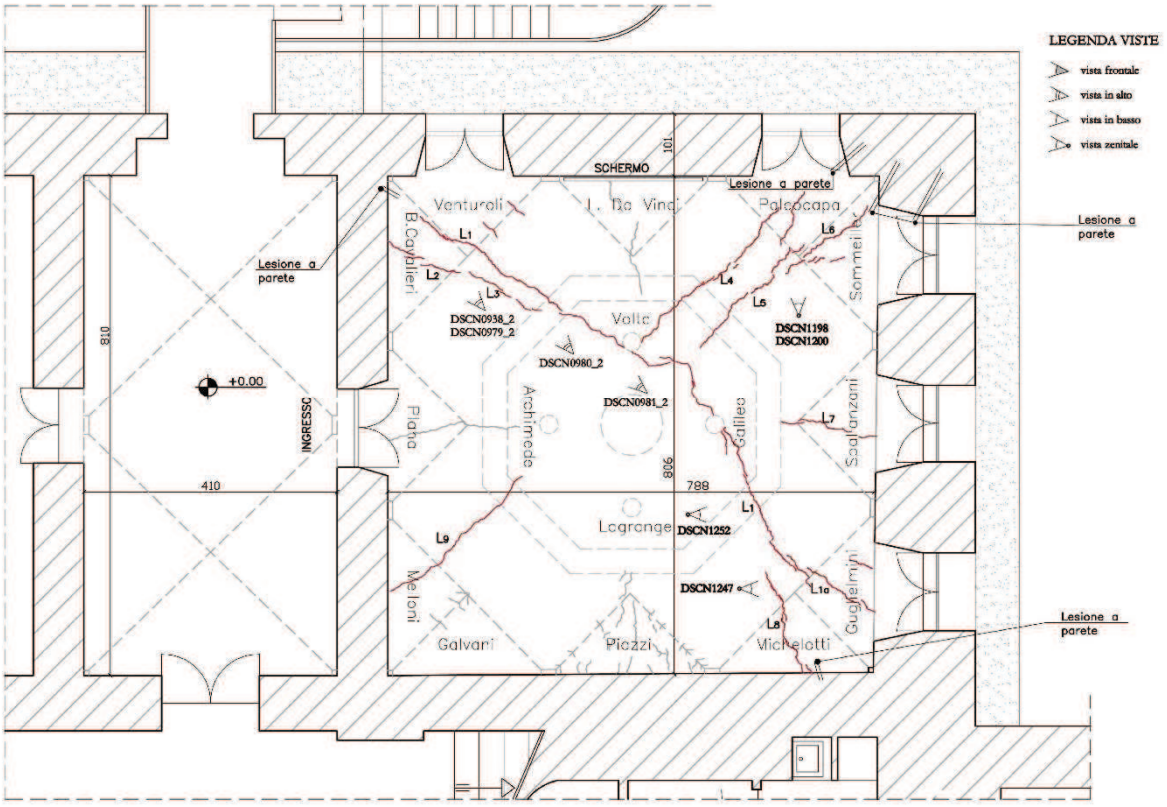

Figura 4.2 – Quadro fessurativo volta Sala degli Affreschi con indicazione dei punti di vista fotografici

Foto n. 0938_2

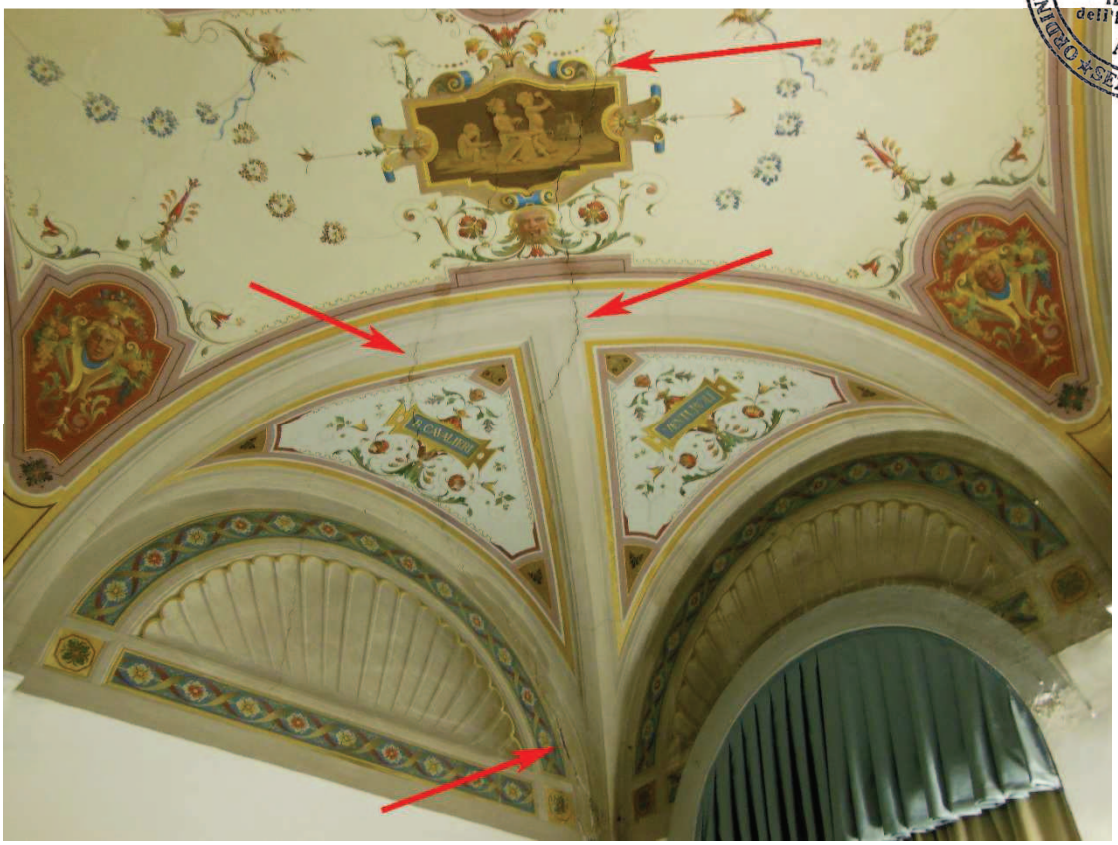

Foto n. 0979_2

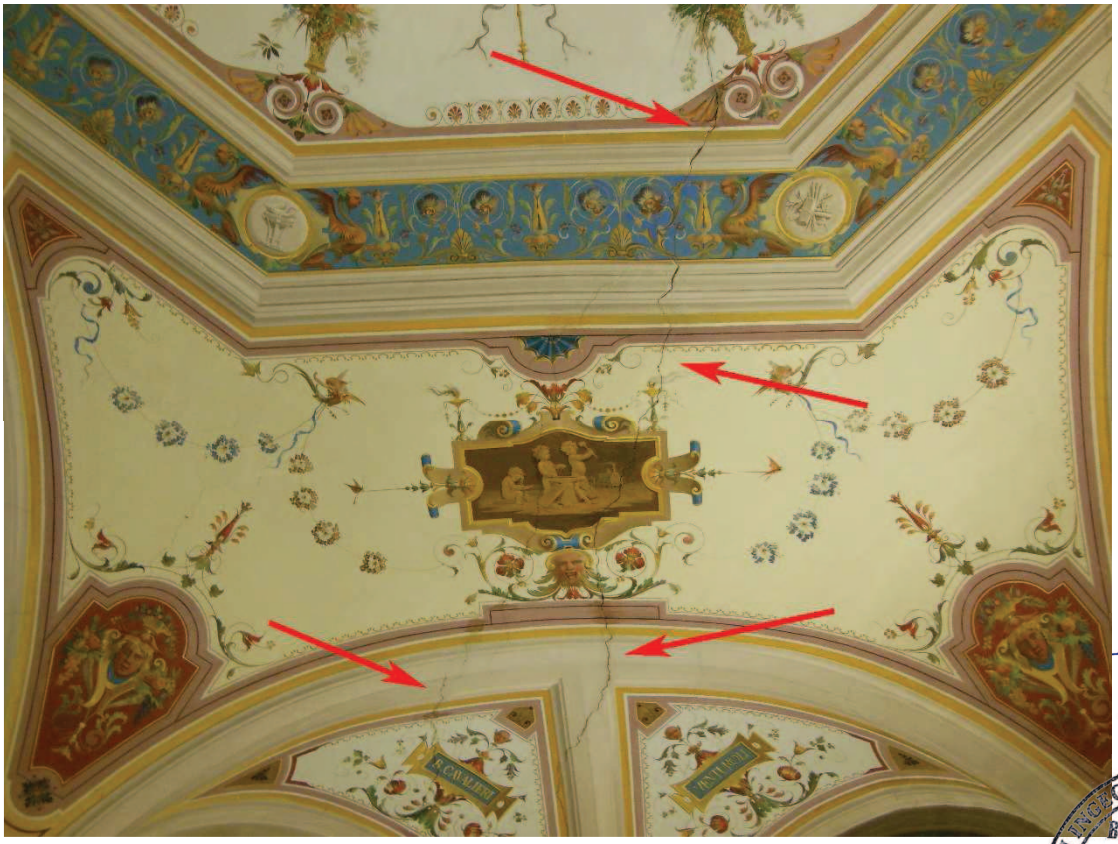

Foto n. 0980_2

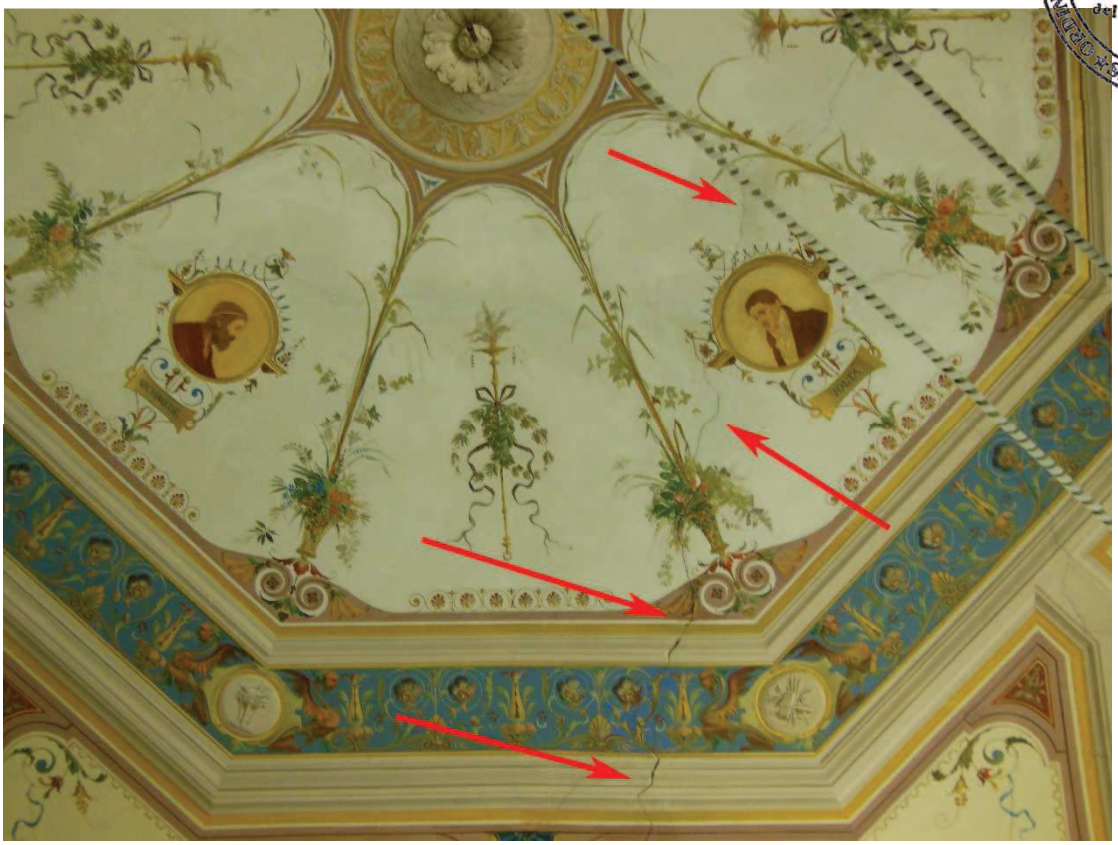

Foto n. 0981_2

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI RIETI
BRUNO ENRICO MANCINI
INGEGNERE
civile ed ambientale
industriale
dell'informazione
A-135
SEZIONE A

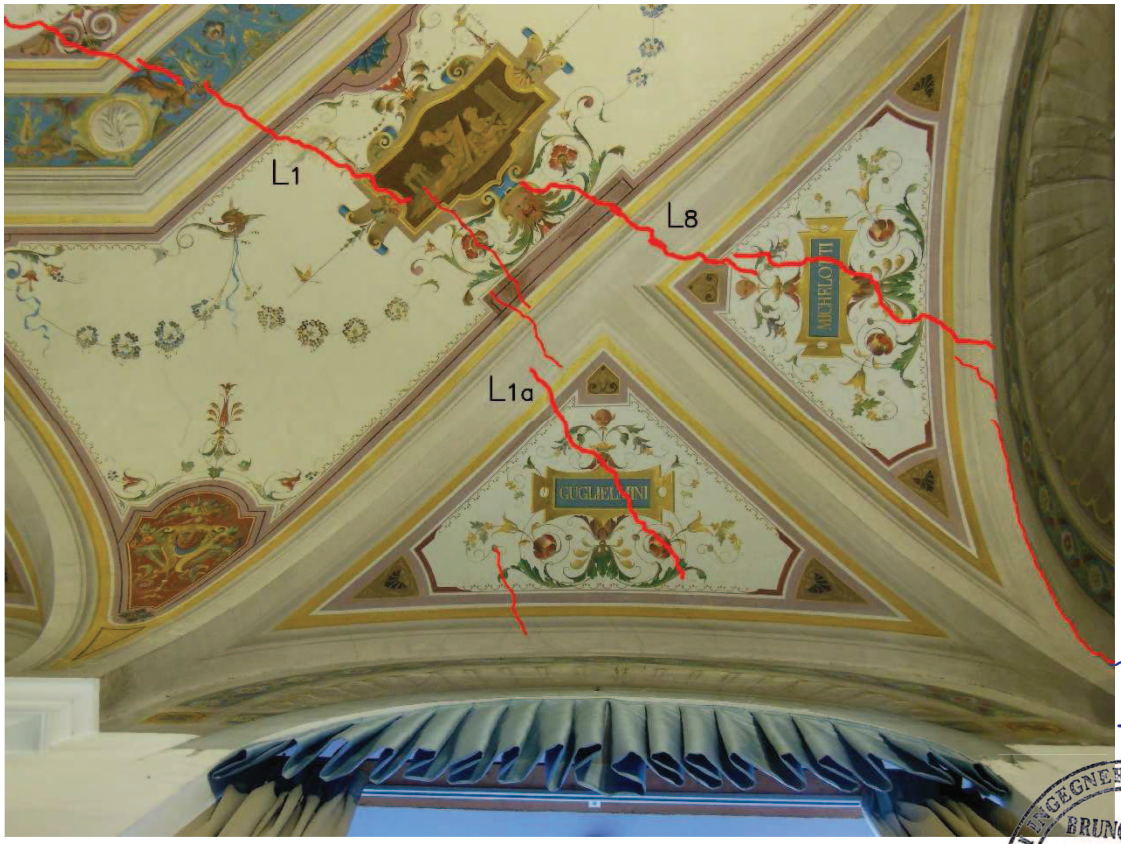

Foto n. 1247

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI RIETI
BRUNO ENRICO
MANCINI
INGEGNERE
civile ed ambientale
industriale
dell'informazione
A-135
SEZIONE A

Foto n. 1252

La realizzazione di tali elementi costruttivi potrebbero denotate un difetto costruttivo già manifestatosi in passato, cui si è cercato di porre rimedio mediante a realizzazione degli speroni su entrambi i lati del fabbricato storico in oggetto.

L'osservazione del maggiore spessore della lesione L1 misurata in corrispondenza della costola posta tra le lunette identificate dai cartigli dedicati a "B. Cavalieri" e "Venturoli, può trovare motivazione nell'ancoraggio della nuova scala esterna realizzata negli anni Ottanta, interposta tra il corpo di fabbrica del chiostro e il moderno edificio prospiciente; infatti, il collegamento realizzato tramite l'inserimento di una HEB 240 posto a livello dell'imposta della volta a presidio della scala, può aver agito in occasione di risentimenti sismici come elemento sollecitante considerata la maggiore flessibilità di quest'ultima rispetto al corpo di fabbrica in esame.

Le lesioni L4, L5 ed L6 (Foto n. 1198, n. 1200) individuate corrispondenza della costola posta tra le due lunette identificate dai cartigli dedicati a "Sommeiller -Paleocapa" trovano altresì motivazione nell'allentamento della volta in corrispondenza dell'angolata del fabbricato, conseguenza delle spinte indotte sulle murature perimetrali esterne che fungono da spalla della volta in esame.

Il quadro fessurativo osservato lascia supporre un probabile meccanismo di distacco della cellula muraria individuata in corrispondenza dell'angolo Nord Est (e del corpo di fabbrica). Si osserva altresì che la spinta offerta dalla volta, caratterizzata da uno specchio molto ribassato, costituisce certamente un'azione instabilizzante nei confronti dell'equilibrio della parete. Tale fenomeno è evidenziato, infatti, dal maggior numero di fessure nella zona d'angolo e dal fatto che l'entità dell'apertura tra i lembi è maggiore in corrispondenza dell'angolo sopra indicato.

Si rileva altresì la mancanza di catene atte a contenere la spinta della volta ed il fatto che gli altri due lati interni della sala risultano essere maggiormente vincolati, impediti cioè alla traslazione fuori piano delle pareti sulle quali è impostata la volta stessa, grazie alla rigidezza orizzontale offerta da un lato dal corpo scala interno e dall'altro dalle due volte a crociera del corridoio che oppongono spinte contrarie a quelle generate dalla volta in esame, le quali possono svolgere una maggiore azione di contrafforte rispetto allo sperone lato cortile.

Come ulteriori concause del dissesto osservato appaiono aver contribuito le parziali carenze dei collegamenti tra le pareti di controvento e la facciata, che in corrispondenza delle angolate risulta indebolita dalla presenza delle grandi finestre ed una possibile una limitata resistenza del tessuto murario.

Nelle pagine seguenti si riporta l'ipografia della volta con il rilievo del quadro fessurativo posto all'intradosso della stessa, con alcune foto di dettaglio delle lesioni.

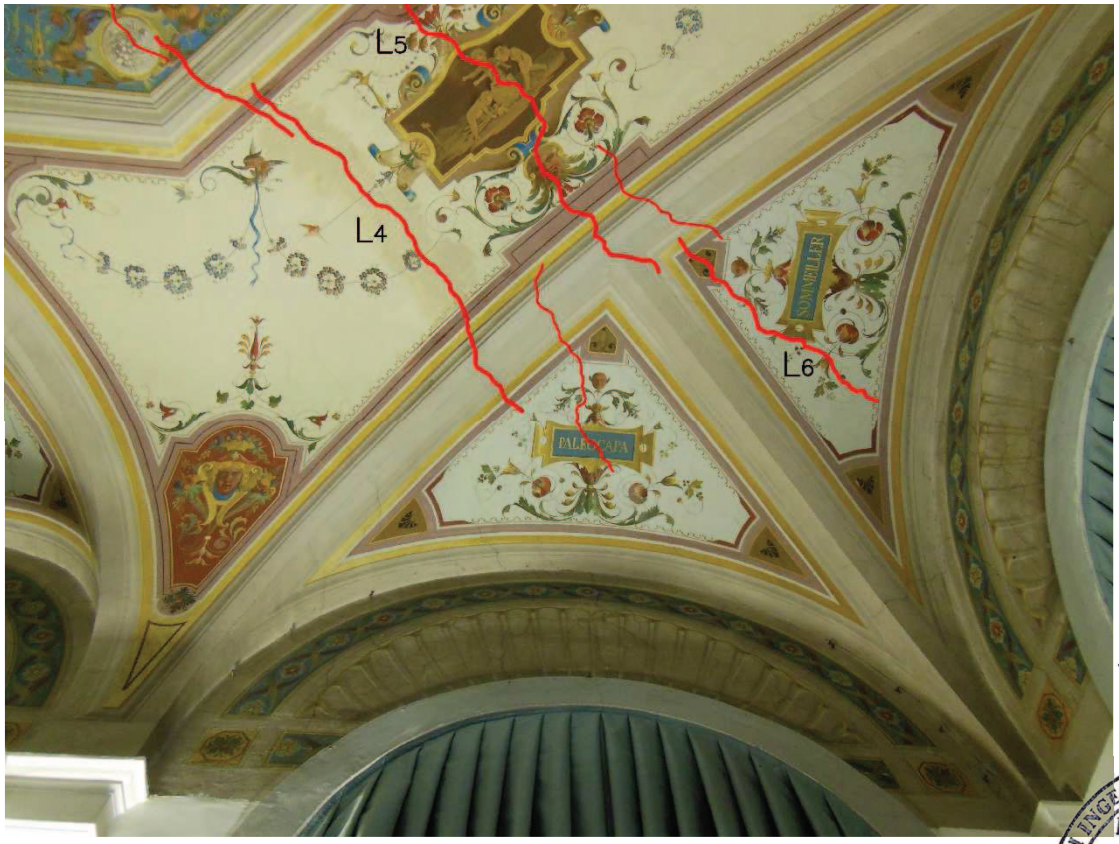

Foto n. 1198

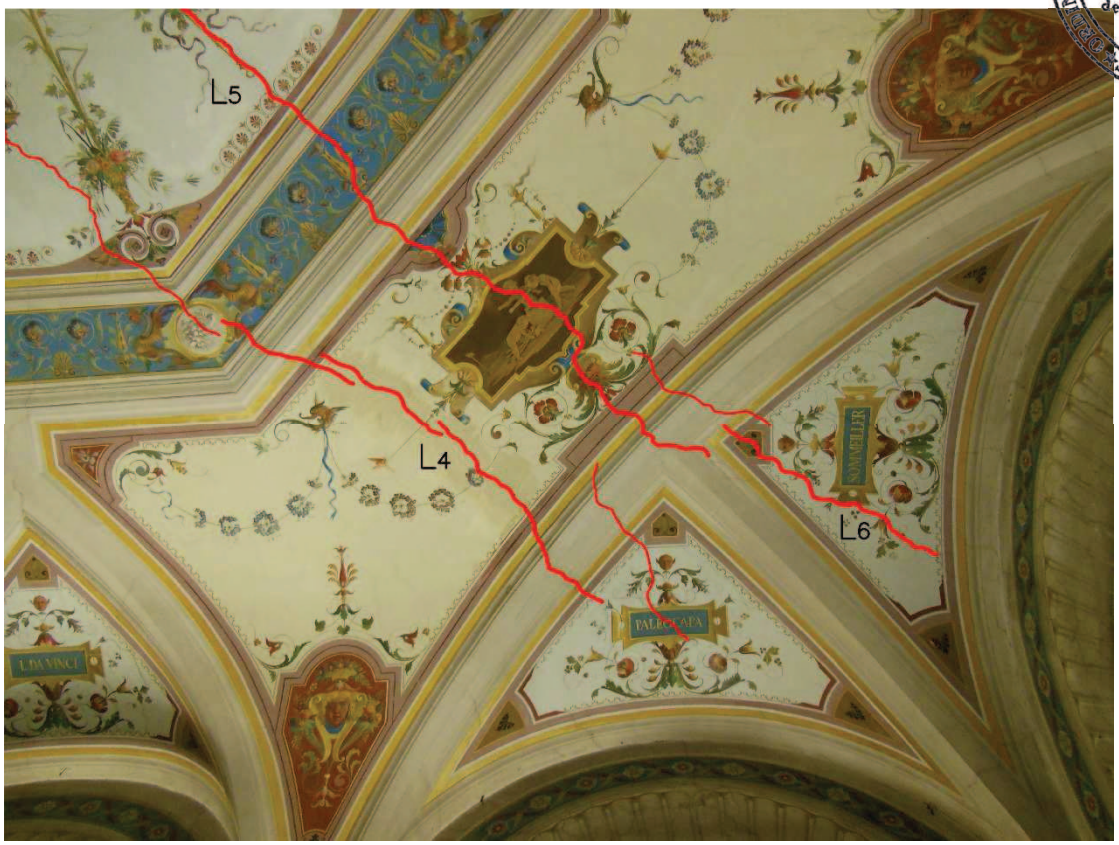

Foto n. 1200

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI RIETI
BRUNO ENRICO
MANCINI
INGEGNERE
civile ed ambientale
industriale
dell'informazione
A-135
SEZIONE A

5 Ispezioni visive, saggi e indagini

Nel seguito sono sintetizzati i risultati emersi a seguito dei sopralluoghi, dei saggi e delle indagini effettuati nel corso del presente studio.

Un primo saggio è stato effettuato nell'aula didattica n° 15 soprastante la volta in esame, (Foto n.1 n.1175) ove sotto la pavimentazione in marmittoni è stato individuato un solaio in "ferro e voltine di mattoni" molto probabilmente realizzato nei primi anni del Novecento quando la struttura monastica è stata riconvertita in facoltà universitaria, (vedi foto n. 1, n. 1175, n. 1165, n. 1168), con NP 260 poste ad interasse di circa 82 cm. adeguatamente solidarizzato alle murature d'ambito, risultato privo di imbarcamenti e inflessioni, nonché adeguatamente distanziato dalla sottostante volta, così come meglio rappresentato nella Sez. B-B' e documentato dalle foto nn.1165, 1168, risultata autoportante in quanto nettamente separata dal solaio stesso.

Le indagini, i cui risultati sono stati già ampiamente illustrati nei precedenti paragrafi 3 e 4, sono state di seguito integrati, vista l'inaccessibilità della volta all'estradosso e la finitura pittorica intradossale, da una serie di indagini con Georadar (GPR) finalizzate, per quanto possibile, ad accertare l'individuazione di anomalie e per la caratterizzazione stratigrafica dei materiali che la costituiscono. Le indagini, per quanto sopra, sono state effettuate in corrispondenza dei tratti della volta caratterizzati dalle discontinuità più significative, ovvero la lesione L1 individuata in corrispondenza dalla costola posta tra le lunette identificate dai cartigli dedicati a "B. Cavalieri" e "Venturoli, estesa oltre l'ottagono fino all'angolo opposto, nonché quelle individuate in corrispondenza delle lunette identificate dai cartigli "Paleopaca- Sommelier" limitrofe all'angolata.

I risultati in generale hanno dimostrato l'esistenza di due discontinuità principali, la prima individuata ad una profondità di circa 0,25 m. +/-0,05 m dall'intradosso della volta, la seconda a 0,70 m. +/- 0,10 m. di cui la prima riferibile all'interfaccia di due materiali differenti, ovvero il primo mezzo definito alla base della prima discontinuità si compone di circa 0,1 m. di materiale omogeneo riconducibile all'intonaco e allo strato di preparazione della pittura, cui seguono circa 0,1-0,2 m di materiale nel complesso omogeneo ma caratterizzato dalla presenza di discontinuità, piccoli vuoti e ammaloramento del materiale. Il secondo mezzo compreso fra la prima e la seconda discontinuità presenta anch'esso discontinuità lineari e anomalie puntuali, il cui spessore verso il centro della volta sembra diminuire rastremandosi, ciò a indicare la riduzione al centro dello spessore della cappa.

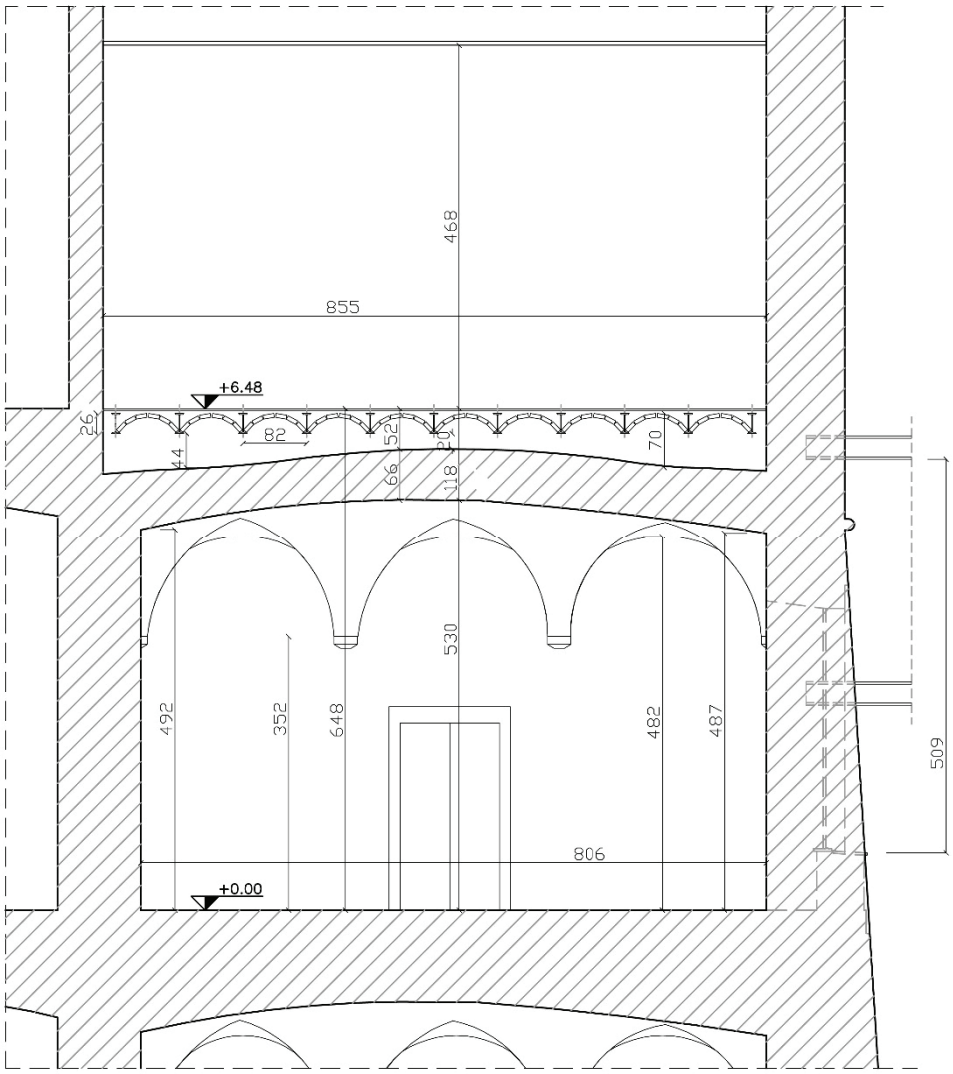

Figura 5.1 – Stralcio della sezione trasversale B-B' relativa alla Sala degli Affreschi e aula didattica n. 15

6. Proposta di intervento di consolidamento

Considerati i risultati dei saggi, accertamenti ed indagini svolte nello stato di fatto sulla struttura voltata e di quelle con essa interferenti e correlate, appare in primo luogo opportuno realizzare un intervento di consolidamento che si propone di migliorare le condizioni di sicurezza della volta, di rinforzare il solaio sovrastante relativo all'aula n° 15, di cerchiare ed incatenare la cellula muraria, nonché di svincolare la scala di sicurezza esterna dal fabbricato storico tramite un più efficace ancoraggio in fondazione.

In relazione alle cause che hanno determinato il dissesto e agli aspetti maggiormente critici l'intervento si propone i seguenti obiettivi:

- porre in opera un rinforzo estradossale mediante realizzazione di un impalcato di travi HEA 140 alloggiate in posizione intermedia tra l'estradosso della volta ed il solaio sovrastante di calpestio (a interasse di cm 82) , cui connettere barre filettate MA 14 inghisate al nucleo della volta e ancorate all'ala della putrella stessa mediante unione bullonata (Fig. 6.1 stralcio sez B-B'), previ interventi tradizionali di coesionamento del nucleo della volta stessa in modo da ottenere per quanto più possibile un comportamento d'insieme della volta con la struttura di rinforzo. Gli interventi tradizionali consistono, previa rimozione della pavimentazione in marmittoni, del relativo sottofondo, e delle voltine di mattoni interposte ogni 82 cm. tra le putrelle NP 260 del solaio in ferro oggetto in loco di controllo, revisione e trattamento antiossidante, nella rimozione della "cappa" sull'estradosso, ove necessario, nella regolarizzazione con ripresa a "cuci e scuci" o a "rincoccio" delle depressioni dell'estradosso medesimo, nella realizzazione di iniezioni tramite coli a gravità di boiacca idraulica tipo Mapei Antique I – Mapei, in perfori del diametro massimo di 25 mm (Figura 6.2 – Stralcio Part. costruttivi) e di iniezioni tramite coli a gravità per le discontinuità di maggiore spessore mediante malta idraulica tipo Mapei Antique I impastata con laterizio finemente frantumato, previa colatura di miscela tipo Mapei Antique I per facilitare la penetrazione il basso.
- Effettuare l'incatenamento dei due fronti Nord ed Est della cellula muraria tramite due catene del diametro di 26 cm. e la cerchiatura perimetrale della cellula muraria con profilati UPN 200 posti a quota dell'estradosso della volta adeguatamente inghisati al nucleo murario mediante barre filettate MA 16 di lunghezza variabile (da 35 a 100 cm.), posta ad interasse di 50 cm. (Figura 6.3) solidarizzata sui fronti Nord ed Est con la cerchiatura esterna sottotraccia con piatto zincato 150x10 mm (Figura 6.4), disposto in aderenza e a contrasto con la sottostante muratura, successivamente risarcita con la ricostruzione della porzione di intonaco analogo a quello esistente, in precedenza rimosso, il cui completo rifacimento esteso a tutte le facciate sarà oggetto di un successivo intervento.

- Realizzare il rafforzamento del solaio in "ferro e voltine" conservando in situ le putrelle NP 260 poste ad interasse di cm 82 e demolendo le voltine per sostituirle con lastre di lamiera grecata posta in opera su telai in tubolari metallici cm 50 x 50 x 4 saldati alle putrelle, (Figura 6.1 stralcio sez B-B') da utilizzare come cassaforme per solette in cls alleggerito tipo LECA armate con rete els di 6 mm di diametro e maglia di cm 10 x 10 adeguatamente solidarizzate alla muratura perimetrale mediante inghisaggio di barre fi 14/50 con malta tissotropica quindi collegate alla rete ELS come da esecutivo.
- Eliminare il collegamento esistente tra la scala esterna di sicurezza in carpenteria metallica, realizzata negli anni 80 del secolo scorso, ed il corpo di fabbrica dell'edificio storico, costituito dalla coppia di profilati HEB 240 per sostituirlo con la messa in opera di un telaio in carpenteria metallica solidarizzato alla scala di sicurezza, realizzato con 2 pilastri tubolari Φ 219,1 sp 12,5 mm. solidarizzati fuori terra da un sistema di travature diagonali Φ 168,3 sp 10 mm. parallele alle rampe della scala (Fig. 6.5 e Fig. 6.6), il tutto su fondazione indiretta costituita da due micropali in acciaio tubfix del diametro di 219,1 sp 12,5 mm di lunghezza pari a 15,00 m adiacente rispetto alla fondazione esistente della scala (Fig. 6.7 Stralcio Sezione B-B'), ed inseriti in un vano a traliccio interposto tra la scala di sicurezza e il moderno edificio prospiciente.
- Effettuare il restauro definitivo delle superfici dipinte della Sala degli Affreschi, che risultano adeguatamente protette dopo il pronto intervento realizzato (si veda relazione sintetica Themis conservazione e restauro S.r.l.), soprattutto rispetto alle lavorazioni da effettuare nella fase intermedia per consolidare i nuclei murari della volta e delle pareti della cellula muraria.

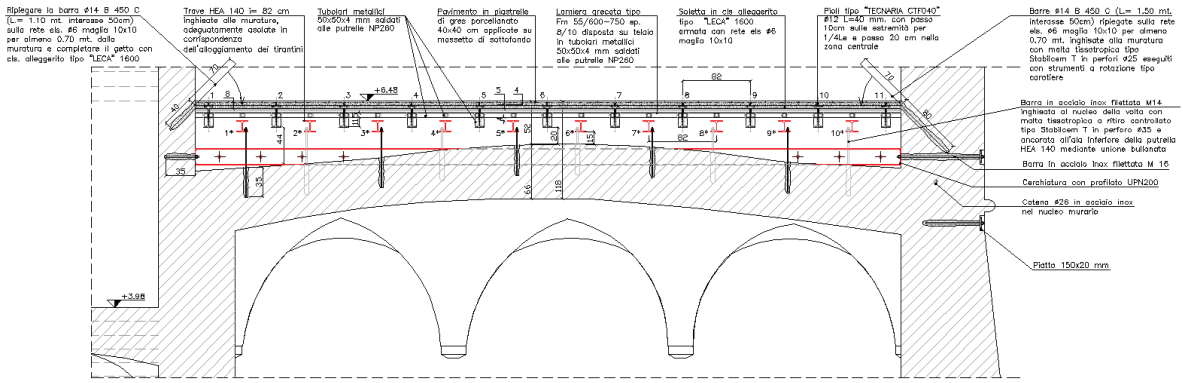

Fig. 6.1 stralcio sez B-B'

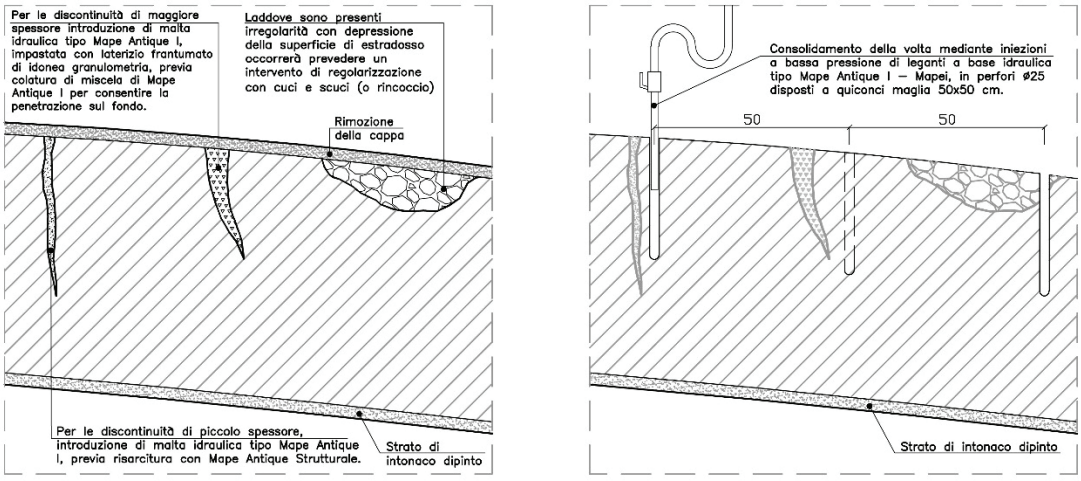

Fig. 6.2 – Stralcio Part. costruttivi

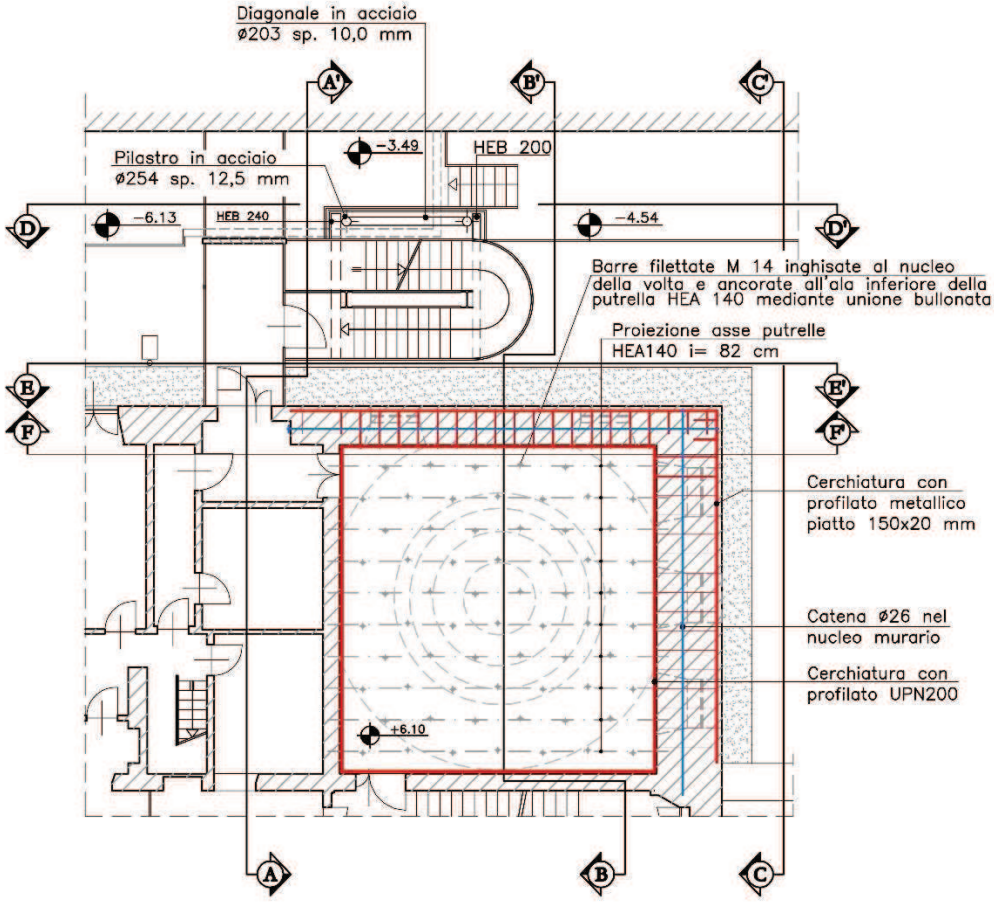

Fig. 6.3 – Pianta estradosso volta a q.ta +6.10 m

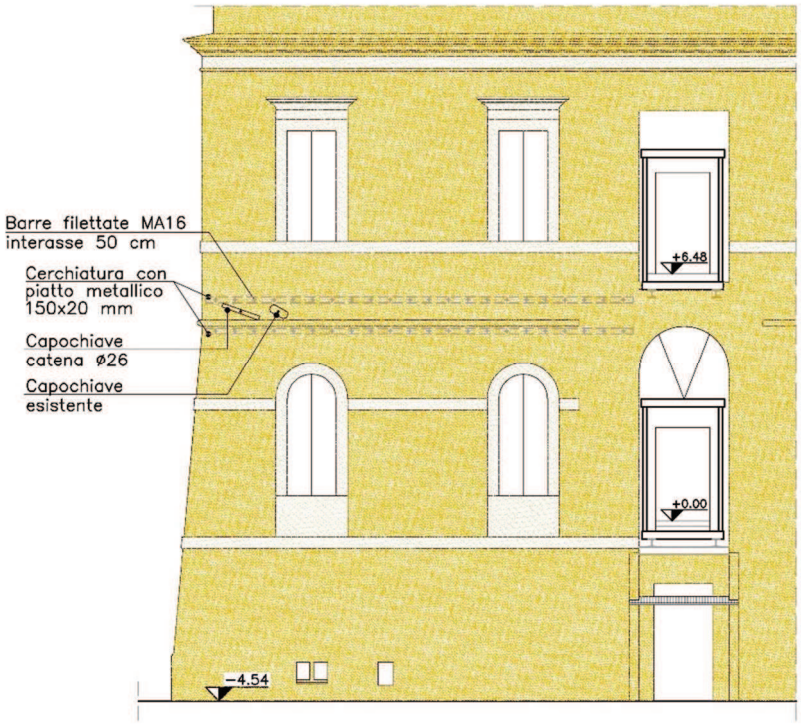

Fig. 6.4 – Sezione-prospetto E-E'

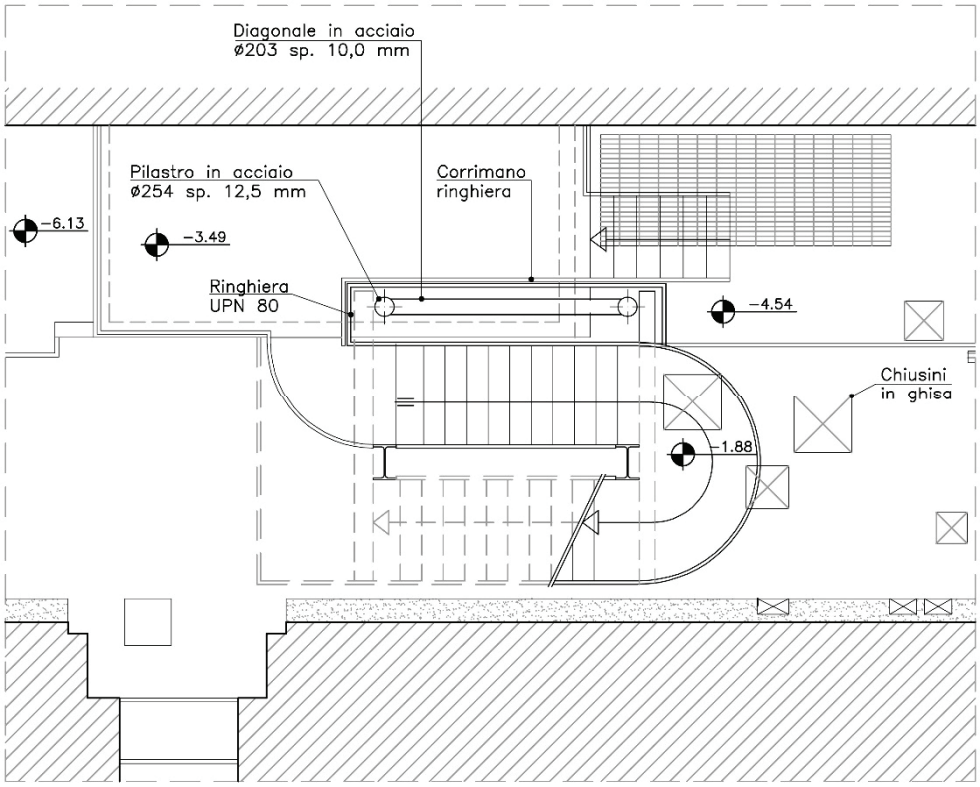

Fig. 6.5 – Pianta scala di sicurezza a q.ta -1,70 m

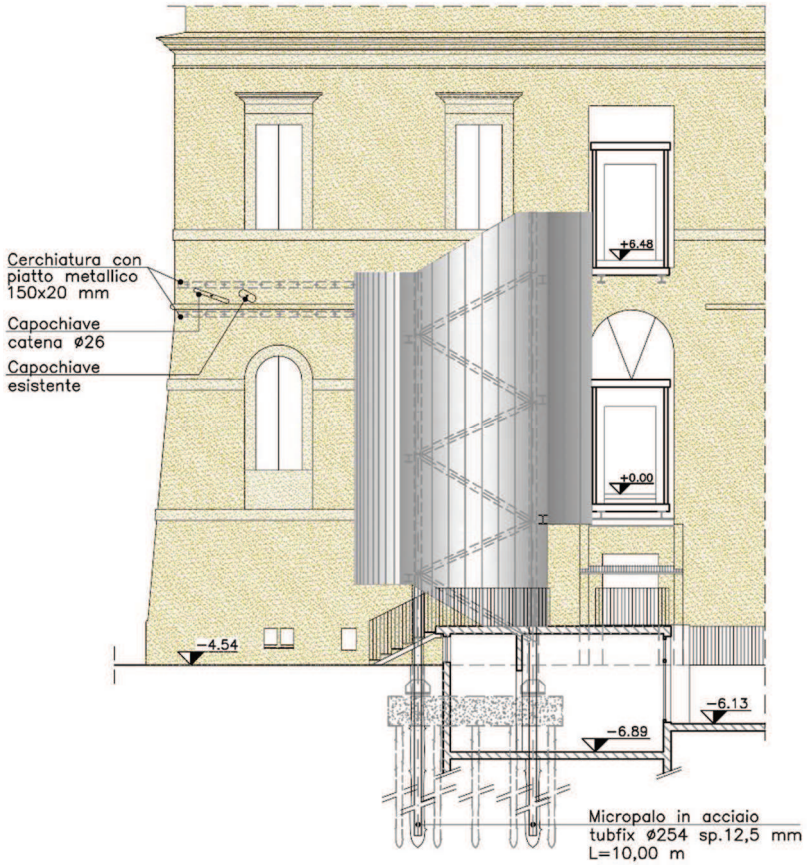

Fig. 6.6 – Sezione-prospetto D-D'

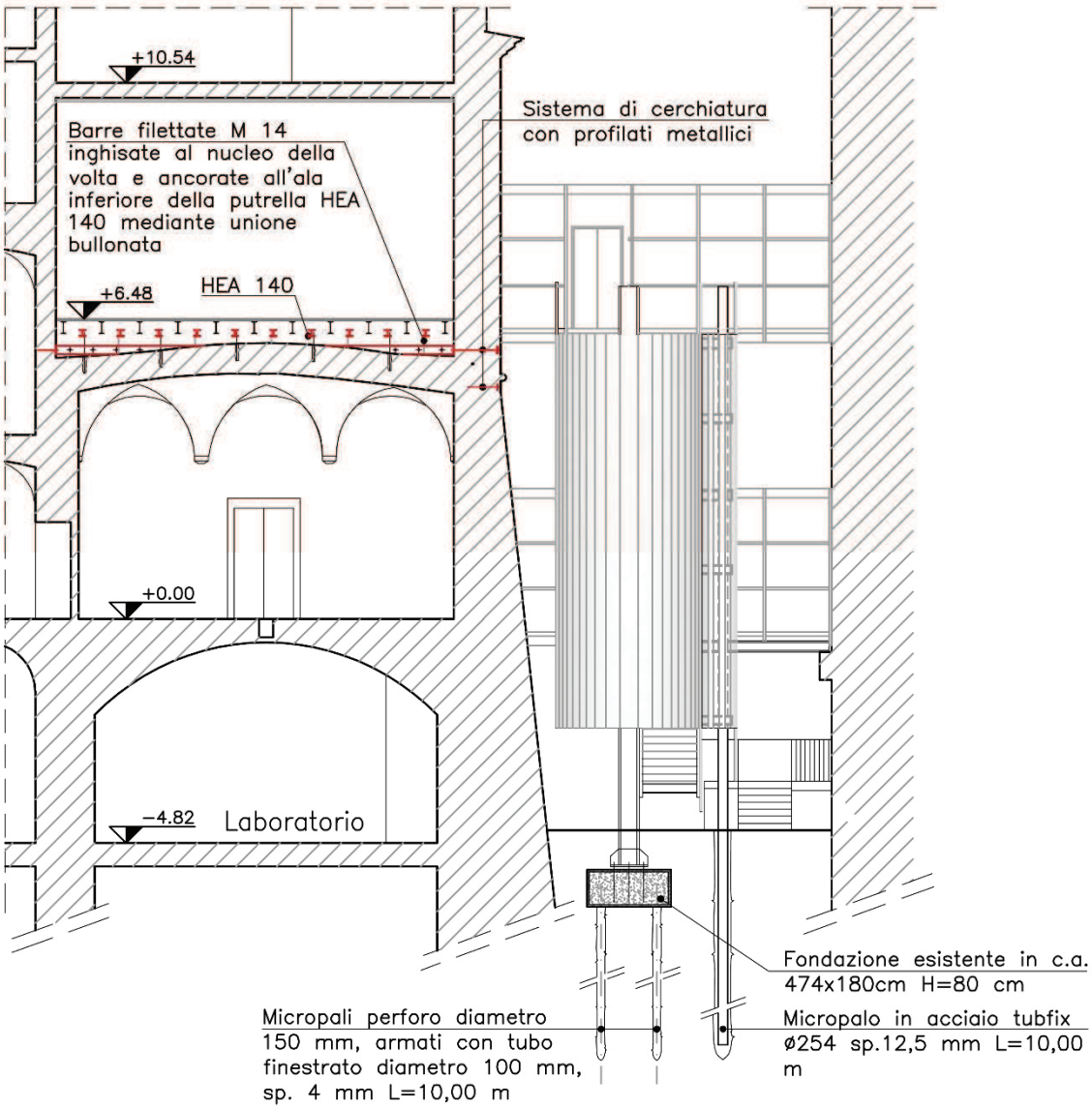

Fig. 6.7 – Stralcio Sezione B-B'