

*Agenzia del Demanio
Direzione regionale Emilia Romagna*

ANALISI DI VULNERABILITÀ SISMICA

FASE 1

5 – INDAGINI STRUMENTALI SULL'IMMOBILE

EX CONVENTO DEI TEATINI

Corso della Giovecca 60 – Ferrara (FE)



Firenze, lì 30.06.2017

SICURING srl
Il Direttore tecnico
Ing. Carlo La Ferlita



S I C U R I N G
s i c u r e z z a & i n g e g n e r i a

Indice

1.5.1 Relazione sulle indagini eseguite sull'immobile.....	2
Indagine termografica.....	3
Saggi.....	3
Endoscopie.....	5
Saggi di fondazione.....	10
1.5.2 Relazione sulle caratteristiche dei materiali.....	11
1.5.3 Relazione sugli approfondimenti conoscitivi a solai ed impianti.....	12





1.5.1 Relazione sulle indagini eseguite sull'immobile

Una volta definita la geometria dell'edificio (vedi rilievo architettonico ed impiantistico), indispensabile per la costruzione del modello tridimensionale, si è condotta una fase di indagini mirate. Esse sono state definite nel modo e nei luoghi in base alle deduzioni riconducibili alla conoscenza appresa per via visiva del manufatto, cercando di capire gli aspetti più importanti che lo compongono, come la tipologia costruttiva e dei dettagli nonché le caratteristiche dei materiali adoperati.

Più nel dettaglio le indagini sono consistite in (le numerazioni fanno riferimento alle planimetrie allegate al "Documento di progetto per l'esecuzione delle opere"):

- indagine **termografica**;

- **n.13 saggi**:

Piano Terra (n.5):

n.4 su pareti in muratura: S4, S5, S6, S11;

n.1 su architrave sopra porta: S7;

Piano Primo (n.8):

n.8 su pareti in muratura: S1, S2, S3, S8, S9, S10, S12, S13;

- **n.25 endoscopie**:

Piano Terra (n.5):

n.5 su pareti in muratura: E12, E13, E14, E15, E16;

Piano Primo (n.20):

n.1 su pianerottolo scala: E25;

n.1 su balconi esterni: E24;

n.5 su estradosso solaio di calpestio: E4, E5, E6, E7, E8;

n.13 su pareti in muratura: E1, E2, E3, E9, E10, E11, E17, E18, E19, E20, E21, E22, E23;

- **n.1 saggio di fondazione**:

Piano Terra (n.1): F1;



Indagine termografica

Per quanto concerne le modalità di esecuzione della prova si rimanda a quanto già descritto nel “Documento di progetto per l’esecuzione delle prove”.

Più nello specifico sono state eseguite n.54 riprese termografiche con le seguenti numerazioni **IR_11657–IR_11667 / IR 11767–IR 11851**, allegate digitalmente alle seguenti relazioni, per appurare la tipologia costruttiva dei paramenti murari esterni e l’orditura e la tipologia dei solai e/o dei controsoffitti ad ogni piano.

Saggi

I **saggi su elementi murari** sono stati effettuati rimuovendo una porzione di intonaco che ricopre la muratura portante al fine di mettere a nudo l’apparecchiatura muraria e quindi la sua tipologia costruttiva; in tal modo ci si può ricondurre alle tipologie di materiali impiegati che lo costituiscono.

A tal fine si è deciso di localizzare le indagini per ridurre al minimo il disturbo mettendo alla luce quanti più dubbi possibili. Sono stati localizzati generalmente nelle intersezioni murarie per verificarne l’ammorsamento (e l’eventuale differente tipologia).

Di seguito si riportano le indicazioni delle foto (allegate in formato digitale) relative ai saggi eseguiti sulle murature:

SAGGIO S1 (piano primo) – FOTO 3518-3521

Dalle foto si può apprezzare che l’apparecchiatura muraria delle pareti esterne su lato Via Cairoli e lato Chiesa, al piano primo, sono composte di mattoni pieni (di dimensione 25 cm x 12 cm x 5,5 cm) e malta di calce per uno spessore di circa 1,5cm, ed inoltre risultano essere ben ammorsate.

SAGGIO S2 (piano primo) – FOTO 3522-3525

Dalle foto si può apprezzare che l’apparecchiatura muraria della parete interna del corridoio e dei pilastri in muratura presenti nella stanza adibita a ripostiglio/magazzino lato Chiesa, al



piano primo, sono composte di mattoni pieni (di dimensione 25 cm x 12 cm x 5,5 cm) e malta di calce per uno spessore di circa 1,5cm, ed inoltre risultano essere ben ammorsate.

SAGGIO S3 (piano primo) – FOTO 3526-3529

Stesse osservazioni del SAGGIO S2.

SAGGIO S4 (piano terra) – FOTO 3649-3651

Da queste foto si osserva come entrambe le murature che confluiscono nel nodo d'angolo, al piano terra lato Corso della Giovecca, presentino una controparete in calcestruzzo, inoltre la parete lungo la strada presenta un'ulteriore controparete in mattoni forati. In corrispondenza di tale nodo non è stato possibile appurare l'effettiva ammorsatura dei paramenti murari.

SAGGIO S5 (piano terra) – FOTO 3652-3655

Dalle foto si può apprezzare che l'apparecchiatura muraria della parete esterna del piano terra, lato parcheggio frontale alla Chiesa, e della parete confinante con il vano scala, sono composte di mattoni pieni e malta di calce per uno spessore di circa 1-1,5cm, ed inoltre risultano essere ben ammorsate.

SAGGIO S6 (piano terra) – FOTO 3656-3659

Dalle foto si può apprezzare che l'apparecchiatura muraria di entrambe le pareti confluenti nel nodo d'angolo lato Corso della Giovecca, sono composte di mattoni pieni e malta di calce per uno spessore di circa 1-1,5cm, ed inoltre risultano essere ben ammorsate.

SAGGIO S7 (piano terra) – FOTO 3660-3663

Da questa foto si osserva come sia presente un architrave sopra la porta, costituito da profili in ferro distanti circa 32cm e mattoni pieni, per un'altezza di circa 10 cm.

SAGGIO S8 (piano primo) – FOTO 3665-3669

Stesse osservazioni, per il piano primo, del SAGGIO S5.



SAGGIO S9 (piano primo) – FOTO 3670.3673

Da queste foto si osserva come entrambe le murature che confluiscono nel nodo siano della stessa tipologia di mattoni pieni, e malta di calce. In corrispondenza di questo nodo le due pareti risultano parzialmente ammorsate a causa della presenza ravvicinata, sulla parete parallela a Corso della Giovecca, di una vecchia canna fumaria.

SAGGIO S10 (piano primo) – FOTO 3674-3677

Stesse osservazioni del SAGGIO S9.

SAGGIO S11 (piano terra) – FOTO 3680-3683

Da queste foto si osserva come su entrambe le murature (della stessa tipologia in mattoni pieni e malta di calce) che confluiscono nel nodo, sia presente una controparete in mattoni forati. Si osserva inoltre che tali pareti risultano essere ben ammorsate.

SAGGIO S12 (piano primo) – FOTO 3684-3688

Dalle foto si può apprezzare che l'apparecchiatura muraria di entrambe le pareti confluenti nel nodo d'angolo lato Via Bersaglieri del Po, sono composte di mattoni pieni e malta di calce per uno spessore di circa 1-1,5cm, ed inoltre risultano essere ben ammorsate.

SAGGIO S13 (piano primo) – FOTO 3689-3691

Da queste foto si osserva come entrambe le murature che confluiscono nel nodo (incrocio dei due corridoi principali) siano della stessa tipologia di mattoni pieni, e malta di calce. In corrispondenza di questo nodo le due pareti risultano però non essere ammorsate.

Endoscopie

Sono state inoltre eseguite n.25 endoscopie in distinte posizioni (come precedentemente elencato).

Per quanto concerne la localizzazione e le modalità di esecuzione della prova si rimanda a quanto già descritto nel "Documento di progetto per l'esecuzione delle prove".

Da tali indagini sono emersi più nel dettaglio i seguenti aspetti:



- la tipologia dei materiali costituenti le parete portanti, risultata solitamente in mattoni pieni a due o tre teste;
- la stratigrafia dell'elemento murario atto ad accertare la continuità e l'omogeneità dei materiali al suo interno, risultato costituito solitamente da uno o due paramenti murari per uno spessore di circa 45/50cm o di 30 cm;
- la stratigrafia dei solaio di interpiano e di calpestio, risultati essere di due tipologie come meglio descritte nella "Relazione descrittiva dell'immobile";
- la tipologia dei materiali costituenti le parete divisorie interne (tramezzi), risultata solitamente in mattoni forati;
- la tipologia dei materiali costituenti il solaio dei terrazzi/balconi, risultata essere una soletta piena di calcestruzzo;

I video registrati delle endoscopie sono allegati in digitale, alle seguenti relazioni, con i nominativi assegnati alle varie prove eseguite come indicato nel "Documento di progetto per l'esecuzione delle prove".

Endoscopia E1 (piano primo)

Eseguita sulla parete esterna ortogonale a Via Cairoli, all'interno di un aula del Conservatorio. Spessore parete 45cm circa, unico paramento murario con mattoni pieni.

Endoscopia E2 (piano primo)

Eseguita sulla parete interna del corridoio principale del Conservatorio. Spessore parete 30cm circa, unico paramento murario con mattoni pieni.

Endoscopia E3 (piano primo)

Eseguita sulla parete interna del corridoio principale del Conservatorio in corrispondenza del vano antistante l'ascensore. Spessore parete 30cm circa, unico paramento murario con mattoni pieni.

**Endoscopia E4 (piano primo)**

Eseguita a pavimento al centro del corridoio principale del Conservatorio, al di sotto della quale è presente un solaio, con volta in laterizio, spessore 30 cm di cui 11cm di massetto e pavimento.

Endoscopie E5, E6-1, E6-2, E7 (piano primo)

Eseguite a pavimento nel corridoio principale del Conservatorio, nelle vicinanze della porta d'ingresso al piano primo dal vano scala, al di sotto della quale è presente un solaio in legno spessore 28 cm di cui 11cm di massetto e pavimento.

Endoscopia E8 (piano primo)

Eseguita a pavimento al centro di un'aula al lato del corridoio principale del Conservatorio, al di sotto della quale è presente un solaio, con volta in laterizio, 30 cm di cui 18cm di massetto e pavimento.

Endoscopie E9, E11 (piano primo)

Eseguite su pareti di separazione fra due aule del Conservatorio (spessore parete 10 cm costituite da mattoni forati).

Endoscopie E10 (piano primo)

Eseguite su pareti di separazione fra due aule del Conservatorio (spessore parete 15 cm costituite da due paramenti di mattoni pieni con camera d'aria interna di circa 6cm).

Endoscopia E12 (piano terra)

Eseguita sulla parete esterna, al piano terra, sul lato del Cortile interno principale (spessore parete 33 cm costituita da due paramenti murati di mattoni pieni con una camera d'aria interna di circa 6cm).

**Endoscopia E13 (piano terra)**

Eseguita sulla parete esterna, al piano terra, sul lato del Cortile interno principale in corrispondenza di una lesena in muratura (spessore parete 48 cm costituita da due paramenti murati di mattoni pieni con un piccolo spazio di collegamento interno di circa 1-2cm).

Endoscopia E14 (piano terra)

Eseguita sulla parete di separazione fra due stanze al piano terra (spessore parete 33 cm costituita da due paramenti murari in mattoni pieni divisi da una camera d'aria interna di circa 10cm).

Endoscopia E15 (piano terra)

Eseguita sulla parete esterna al piano terra lato parcheggio antistante la Chiesa (spessore controparete in calcestruzzo pari a circa 14cm).

Endoscopia E16 (piano terra)

Eseguita sulla parete di separazione fra una stanza ed il vano scala in cui è presente materiale di riempimento utilizzato per chiudere una vecchia apertura ad arco.

Endoscopia E17 (piano primo)

Eseguita sulla parete esterna al piano primo lato parcheggio antistante la Chiesa (spessore parete 30cm costituito da un unico paramento murario in mattoni pieni).

Endoscopia E18 (piano primo)

Eseguita sulla parete esterna al piano primo lato Corso della Giovecca (spessore parete 40cm costituito da due paramenti murari in mattoni pieni con camera d'aria interna di circa 6cm).

Endoscopia E19 (piano primo)

Eseguita su pareti di separazione fra due stanze lato Corso della Giovecca (spessore parete 10 cm costituita da mattoni forati).

**Endoscopia E20 (piano primo)**

Endoscopia eseguita a pavimento ma non riuscita causa chiusura del foro da detriti.

Endoscopia E21 (piano primo)

Eseguita sulla parete di separazione fra una stanza ed il corridoio ortogonale al corridoio principale del Conservatorio (spessore parete 30 cm costituita da un unico paramento in mattoni pieni).

Endoscopia E22 (piano primo)

Eseguita su pareti di separazione fra due stanze al lato del corridoio ortogonale al corridoio principale del Conservatorio (spessore parete 10 cm costituita da mattoni forati).

Endoscopia E23 (piano primo)

Eseguita sulla parete esterna al piano primo lato corte secondaria (spessore parete 30cm costituito da due paramenti murari in mattoni pieni con camera d'aria interna di circa 6cm).

Endoscopia E24 (piano primo)

Eseguita a pavimento sul terrazzo lato corte secondario. Il solaio del terrazzo è costituito da una soletta piena di calcestruzzo con spessore di circa 15/20 cm.

Endoscopia E25 (piano primo)

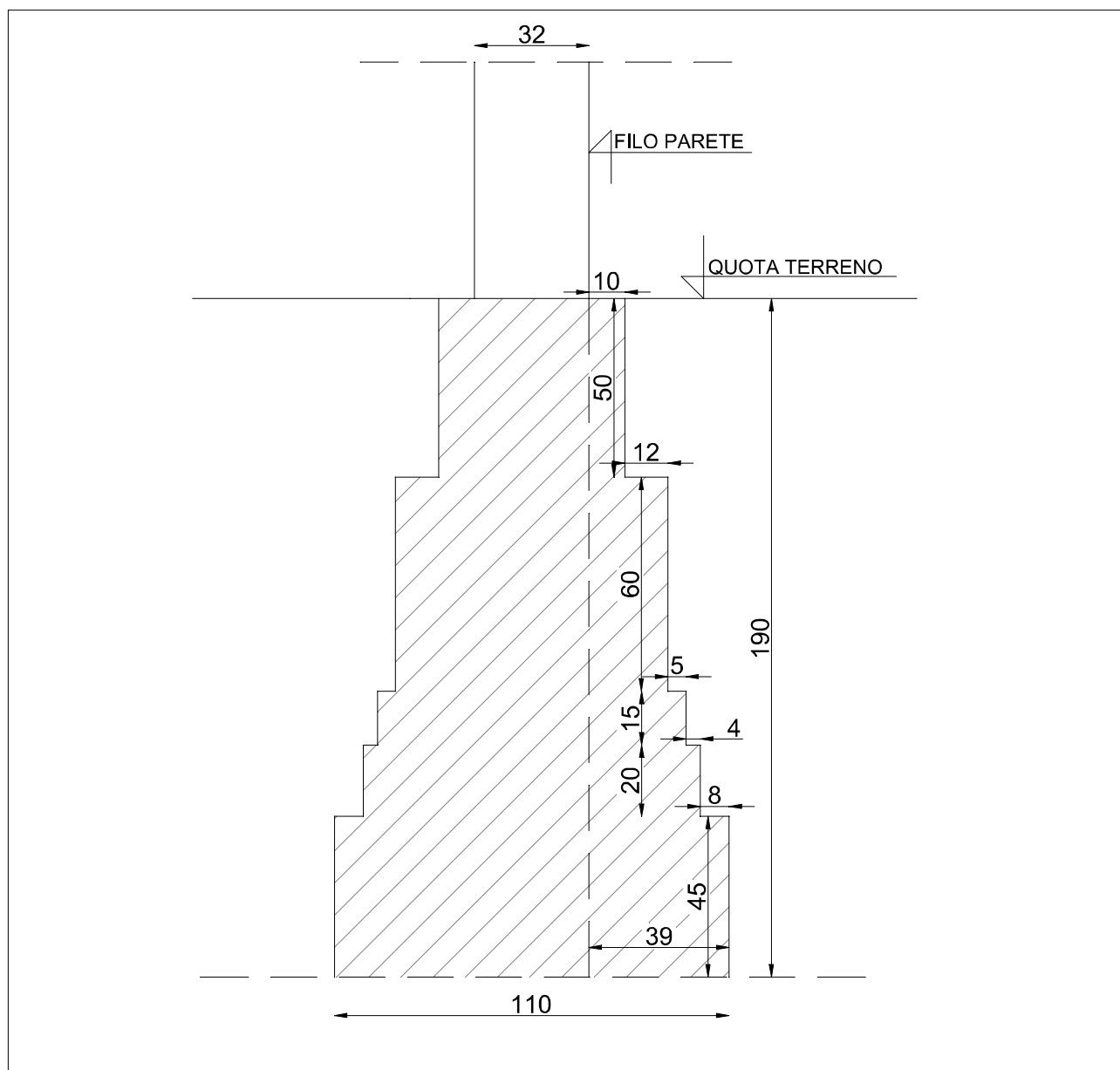
Eseguita a pavimento sul pianerottolo della scala secondario (lato via Cairolì) dalla quale non emerge con chiarezza la tipologia costruttiva e di materiali presenti. Si nota inoltre la presenza di un'ampia intercapedine al di sotto del pavimento.



Saggi di fondazione

È stato infine eseguito n.1 saggio di fondazione (Foto 3457-3462, 3539-3545), come precedentemente elencato, in corrispondenza dell'incrocio di due murature esterne, nel cortile principale dell'edificio (come meglio indicato nelle planimetrie del Documento di progetto per l'esecuzione delle prove".

Da tale saggio è emerso che le fondazioni sono del tipo "diretto" con un ingombro a forma di piramide con basamento di sporgenza pari a 39cm oltre al filo parete ad una profondità di almeno 190cm (quota a cui è stata rilevata la presenza della falda acquifera) il tutto come meglio descritto nella "Relazione descrittiva dell'immobile" al paragrafo 1.2.2.





1.5.2 Relazione sulle caratteristiche dei materiali

Per l'edificio in esame, il grado di conoscenza raggiunto è "LC1" secondo quanto stabilito dalle norme, assumendo quindi poi in fase di calcolo un fattore di confidenza, $FC = 1,35$ per la riduzione delle resistenza meccaniche dei materiali adoperati, secondo quanto previsto dalla norma vigente (NTC '08 – C8.A.1.1 allegato A)

Tabella C8A.1.1 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti valori dei fattori di confidenza per edifici in muratura

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Rilievo muratura, volte, solai, scale. Individuazione carichi gravanti su ogni elemento di parete Individuazione tipologia fondazioni. Rilievo eventuale quadro fessurativo e deformativo.	verifiche in situ limitate	Indagini in situ limitate Resistenza: valore minimo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1	Tutti	1.35
LC2		verifiche in situ estese ed esaustive	Indagini in situ estese Resistenza: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1.20
LC3			Indagini in situ esaustive -caso a) (disponibili 3 o più valori sperimentali di resistenza) Resistenza: media dei risultati delle prove Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 -caso b) (disponibili 2 valori sperimentali di resistenza) Resistenza: se valore medio sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, valore medio dell'intervallo di Tabella C8A.2.1; se valore medio sperimentale maggiore di estremo superiore intervallo, quest'ultimo; se valore medio sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore medio sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a). -caso c) (disponibile 1 valore sperimentale di resistenza) Resistenza: se valore sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, oppure superiore, valore medio dell'intervallo; se valore sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a).		1.00



Dai risultati delle indagini eseguite sulla **muratura**, è emerso che:

la muratura indagata è costituita da mattoni pieni a due o tre teste di dimensione 25cm x 12cm x 5,5cm, con giunti a malta di calce.

Per quanto riguarda la **malta** è risultata essere di buona consistenza, compatta e coesa, probabilmente a base cementizia, per uno spessore dei giunti orizzontali pari a circa 1,0 cm – 1,5 cm.

1.5.3 Relazione sugli approfondimenti conoscitivi a solai ed impianti

A seguito delle indagini eseguite (saggi, analisi visiva, endoscopie) è emerso che le tipologie di solaio sono principalmente due (come meglio descritto nella “Relazione descrittiva dell’immobile”).

Tipologia A: solaio in legno costituito da travi in legno principali, travetti in legno ortogonali, assiti in legno o pannelle in laterizio soprastanti.

Tipologia B: volta a crociera (nella maggior parte dei locali al piano terra) e/o a botte in mattoni pieni e giunti di malta (in alcuni locali del piano primo e nel piano ammezzato e nei vani scala)

In molti locali dell’edificio inoltre sono presenti controsoffitti di varie tipologie:

- con travetti in laterocemento e tavelloni di laterizio;
- controsoffitti con quadrotti in fibra ancorati al solaio sopostante con pendini in fil di ferro;
- controsoffitti in cartongesso ancorati al solaio sopostante con pendini metallici;
- controsoffitti in legno e intonaco;



In seguito a varie ispezioni visive nel complesso i solai in legno e le volte si presentano complessivamente in un stato di conservazione "accettabile" non evidenziando particolari segni di degrado o deperimento che facciano pensare ad un crollo o distacco imminente di porzioni di materiale, ad eccezione delle volte sul vano scala principale (già segnalate in precedenti occasioni) le quali presentano un quadro fessurativo evidente a causa del quale sono state eseguiti gli interventi di realizzazione della struttura di protezione a tubi Innocenti e giunti con un tavolato di copertura in legno.

Da far notare invece la presenza di molti controsoffitti pericolanti, sia in cartongesso sia in quadrotti di fibra, le cui strutture metalliche hanno subito vari distacchi dalla struttura portante a cui sono ancorati tramite pendinature metalliche o in fil di ferro, con il conseguente rischio di cedimento o crollo di porzioni del controsoffitto.

Per quanto riguarda gli **impianti**, si è osservata la presenza di alcune vecchie canne fumarie, in corrispondenza di alcuni nodi murari. Tali "cavedi" influiscono così sulle ammorsature delle pareti portanti in quanto interrompono il paramento murario creando a tutti gli effetti delle discontinuità strutturali, le quali hanno effetti negativi per la vulnerabilità sismica.

Le canne fumarie in questione sono state individuate (come precedentemente descritto) in seguito dell'esecuzione dei saggi "S9 (piano primo) ed S10 (piano primo)" come meglio individuati nelle planimetrie allegate al "Documento di progetto per l'esecuzione delle prove".