



SETTIMANA DELLA BIOARCHITETTURA E DELLA DOMOTICA

14 - 18 Novembre 2016 --- MODENA 15 / 11 / 2016

**RISANARE L'EDILIZIA ESISTENTE,
CASE HISTORY E STRATEGIE D'INTERVENTO**

**RICOSTRUZIONE E RESTAURO CONSERVATIVO DI
VILLA ALESSANDRINI DI STAGGIA**

San Prospero Sulla Secchia (MO) - Reggio Emilia

Ing. Maurizio Colombo

Slide Commentate

1 EFFETTI DEI TERREMOTI SULLE COSTRUZIONI

SLIDE 1 - COPERTINA



Prima di esporre le caratteristiche della Villa Alessandrini, i danneggiamenti che ha subito con il terremoto del 2012 ed infine i lavori fatti per ridarle la conformazione originaria, è utile un breve excursus sugli effetti dei terremoti sulle costruzioni, con un particolare riferimento a quanto sta accadendo nel centro Italia. Il terremoto pone in movimento gli edifici a partire dal contatto con il terreno; questi reagiscono diversamente a seconda della loro conformazione (altezza, pianta, regolarità) e, soprattutto della propria tecnologia costruttiva (in acciaio, c.a., legno o muratura).

1.1 SU EDIFICI IN C.A.

Le varie porzioni dell'edificio rispondono diversamente a questa sollecitazione che induce delle azioni d'inerzia legate alle masse in movimento: più sono in alto, più oscillano e più generano forze d'inerzia. Queste forze si sommano ai vari piani e vanno a scaricarsi sugli elementi immediatamente sopra le fondazioni, dove si hanno ovviamente i maggiori sforzi.

In questi contatti accade inoltre che le fondazioni si muovano seguendo il terreno, mentre invece la struttura si muove seguendo il proprio "modo di vibrare"; lo sfasamento tra questi due accentua ancora di più le sollecitazioni nei nodi strutturali.

In generale succede quindi che i movimenti più ampi si registrano in alto, mentre le porzioni più basse sono sede delle maggiori sollecitazioni.

Questo assunto è valido se la struttura dell'edificio è in grado di mantenere un adeguato grado di elasticità e di convogliare le azioni d'inerzia, trasferendole alla base, aspetto tipico delle strutture in c.a. e soprattutto in acciaio, dove i maggiori danni strutturali si hanno proprio alla base, o al livello del primo solaio.

In questo genere di strutture, i tavolati divisorii ed i tamponamenti, non posseggono le stesse doti di elasticità dello scheletro portante, e quindi anche se la struttura in sé non riporta danneggiamenti gravi, questi sono spesso sede di notevoli fessurazioni. Vi è da dire inoltre che i tamponamenti perimetrali giocano comunque un ruolo importante nell'evento sismico perché nel caso di grandi spostamenti "collaborano" con la struttura in c.a. garantendo una ulteriore riserva di resistenza che si oppone all'evento. Cioè sono i primi elementi che mettono in campo la loro riserva ultima; si fessurano, ma al contempo assorbono parte dell'energia che si sviluppa.

Tra le caratteristiche basilari per questo tipo di edifici sono essenzialmente la loro regolarità in pianta ed in altezza, non solo della struttura, ma anche delle tamponature (vedi il caso del piano pilotis).

2/36

EFFETTI DEI TERREMOTI SULLE COSTRUZIONI: EDIFICI IN C.A.



Amatrice:
Edificio in c.a.: danni alle tamponature esterne che hanno collaborato con la struttura in c.a. ad assorbire l'energia del terremoto.



Amatrice:
stesso Edificio in c.a., altro lato: si evidenziano minori danni



Edificio irregolare in altezza: "piano debole": la parte in elevazione "trasla" e spacca i nodi al primo piano.



Esempio rottura al piede di un pilastro con espulsione cls e piegatura dei ferri

SLIDE 2 – EDIFICI IN C.A.

1.2 SU EDIFICI IN MURATURA

Diverso è il caso degli edifici in muratura, dove la struttura generalmente non è sufficientemente elastica per assorbire gli elevati spostamenti dei piani superiori e spesso sviluppa qui i danneggiamenti più evidenti.

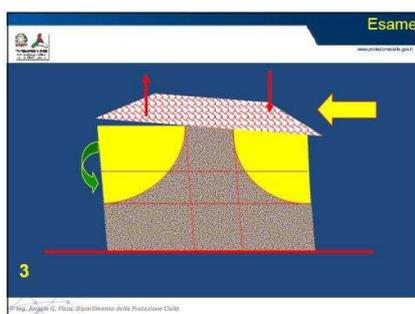
1.2.1 Murature: effetti globali

Nelle costruzioni in muratura, la diversità degli effetti "globali" indotti dal terremoto derivano proprio dalla diversa elasticità che le caratterizza rispetto agli edifici intelaiati.

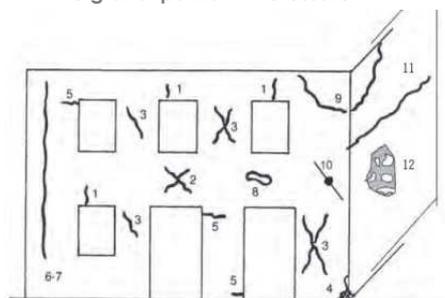
Queste azioni, nel loro andamento ciclico, tendono a sollecitare ampie parti murarie, che, se non sono sufficientemente resistenti o interconnesse, si fessurano secondo schemi tipici (v. alcune immagini tratte dai corsi tenuti dalla Protezione Civile), e, se non sono sufficientemente resistenti si rompono, oppure vengono letteralmente espulse dalla loro sede.

3/36

EFFETTI DEI TERREMOTI SULLE COSTRUZIONI: EDIFICI IN MURATURA



Andamento del moto nelle due direzioni con deformazioni anelastiche e grandi porzioni interessate



Schema tipico fessurazioni sismiche:
3 - ad "X" e cunei di distacco - 9

Conoscenza ed anamnesi
Livello di collegamento tra gli elementi

Strutture in muratura

Effetto scatola (L. B. Alberti: edificio = organismo)

Edificio in muratura sismicamente ben organizzato:

- ammassamenti tra muri ortogonali
- presenza di catene
- presenza di cordoli ai piani
- solai rigidi e resistenti nel proprio piano
- coperture non spingenti

Strutture in muratura	
A base di mattoni e di catene quali catene non quadrate, cordoli, ...	A base di mattoni e di buona qualità (blocco murario, pietra squadrata, ...)
Senza catene o cordoli	Senza catene o cordoli
Senza catene o cordoli	Senza catene o cordoli

Importanza dei collegamenti tra gli elementi: tiranti / nodi murari

Esame

Danno gravissimo D4/D5

Meccanismo fuori piano: crollo parziale delle pareti e conseguente crollo parziale del tetto e dei solai in c.a.

Montenegro - Jugoslavia, 1979

Esempio distacco di cunei d'angolo.

SLIDE 3 - ED. IN MURATURA EFFETTI GLOBALI

Tra i fattori che influiscono su questi effetti, i principali sono:

– **Conformazione dell'edificio;**

Una forma irregolare concentra le sollecitazioni; ad esempio la scuola di Amatrice, con forma ad "L" che è crollata all'incrocio delle due ali.

Anche l'irregolarità in altezza, come vedremo per Villa Alessandrini, concentra nei punti di contatto forti sollecitazioni per via del diverso movimento reciproco.

– **Presenza o meno di efficaci collegamenti di piano**

Tipicamente tiranti, catene e cordolature, che hanno la funzione di chiudere la "scatola"; due immagini della caserma dei Carabinieri di Amatrice, dove le tirantature in alto hanno sicuramente contribuito a mantenerla in piedi dopo la prima scossa.

– **Resistenza dei maschi murari**

Nella caserma dei Carabinieri, grazie al contenimento in alto, i paramenti murari hanno potuto mettere in campo la loro resistenza e si sono "solo" fessurati, secondo lo schema tipico ad "X". Interessante anche il fatto che spesso le fessurazioni murarie individuano la direzione prevalente della scossa.

Quando qualcuno o tutti questi fattori manca o è inefficiente la casa crolla. (casa vicino sia alla scuola che al palazzo di Amatrice).

4/36

EFFETTI DEI TERREMOTI SULLE COSTRUZIONI: EDIFICI IN MURATURA – EFFETTI GLOBALI



Amatrice - Caserma Carabinieri
Catene in sommità e fessurazioni ad "X"



Amatrice - Caserma Carabinieri
Nell'altra direzione si evidenziano meno danni



Scuola Amatrice: edificio al "L"
Crollo dell'angolo per concentrazione sollecitazione



Amatrice: Crollo di un edificio in prossimità della Scuola e del palazzo della slide 2

SLIDE 4 - ED. IN MURATURA DANNEGGIAMENTI

1.2.2 Murature: effetti locali

Accanto agli effetti globali, uno dei maggiori aspetti da tenere in conto per gli edifici in muratura è l'**irreversibilità degli spostamenti locali** dei mattoni o blocchi per l'effetto di scorrimento rispetto al letto di malta che li unisce.

Questi effetti locali si sviluppano per vari fattori dovuti essenzialmente al contatto tra la muratura e gli elementi portati o convergenti; ad esempio:

- Una trave in legno, se non adeguatamente vincolata alla muratura esercita su questa un effetto generalmente verso l'esterno il paramento: ad ogni ciclo del terremoto, la trave spinge in fuori il muro, ma non riesce a riportarlo nella posizione originaria perchè non è trattenuta; al successivo ciclo lo spostamento della trave si sommerà al precedente e così via, disarticolando sempre di più il paramento
- Questi aspetti sono ovviamente amplificati dallo schema eventualmente spingente dell'orizzontamento (tipicamente delle coperture), oppure semplicemente l'inclinazione della trave.
- Applicazione di carichi concentrati.
- Oppure ancora in un incrocio murario dove i due paramenti non siano efficacemente collegati, l'elemento convergente si comporta come un ariete che spinge l'altra fuori dal suo piano resistente, disarticolando il contatto.
- Un solaio in latero-cemento con un cordolo sulla muratura, rappresenta un elemento molto rigido che convoglia tutti gli spostamenti di piano e li trasferisce alla muratura; se questa non è in grado di assorbire questi spostamenti, il cordolo scorre e disgrega la connessione con la muratura.

Ovviamente quanto più la muratura è scadente e quanto più questi effetti diventano devastanti; una prima graduatoria delle tipologie murarie si ritrova nel DM2008; gli aspetti più importanti sono i blocchi formanti la muratura, la loro disposizione e la malta che li unisce:

- Per i blocchi si va dai blocchi stondati (ciottoli di fiume), ai blocchi sbozzati (o a spacco), ai mattoni pieni, alle murature in blocchi quadrati (piramidi).
- Per la tessitura si va dalla irregolare (come viene viene) alla regolare, con o senza ricorsi, con o senza collegamenti trasversali tra i paramenti (murature "a sacco")
- Per le malte si va da quelle di calce a quelle a base cementizia, ciascuna dotata di maggiore o minore resistenza.

In tutto ciò, un elemento che influisce notevolmente, specie sui giunti di malta è il degrado cui la muratura è sottoposta, sia per effetto delle condizioni ambientali (esposizione o meno al vento e/o all'azione dell'acqua), oltre che ovviamente al fattore tempo, che per alcuni elementi costituisce un vero e proprio acceleratore di degrado.

Capita così spesso di osservare che i corsi di malta tra gli blocchi siano quasi completamente deteriorati e inefficienti, con un consistenza più simile a quella che verrebbe definita "terra", rispetto alla malta originaria.

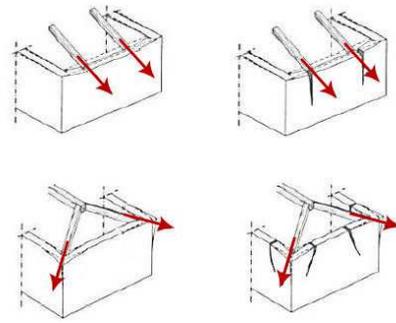
(nel corso dei sopralluoghi per il terremoto, non avendo niente per tastare il giunto di malta, mi è capitato di prendere una mezza molletta di plastica, e con questa scavare senza resistenza per oltre 10cm all'interno; sarebbe bastato l'unghia del dito e se abbastanza lungo si potrebbe arrivare a tutto lo spessore murario).



Villa Alessandrini – La trave in legno spinge in fuori il muro che non rientra più.



Villa Alessandrini – Effetto di carichi concentrati e contatto Torrette-Acetaia



Forme spingenti: per Villa Alessandrini situazione Acetaia e Torrette



**Villa Alessandrini
Espulsione mattoni nell'angolo.**

SLIDE 5 - ED. IN MURATURA ASPETTI LOCALI

1.2.3 Murature: effetti molto diversi a poca distanza

Riguardo alle murature un aspetto a mio avviso fondamentale per giudicarne l'adeguatezza o meno, vi è la **capacità di mantenere la forma dell'organismo** anche in assenza della malta interposta tra i blocchi.

Ad esempio, una muratura in mattoni, se anche venisse privata della malta interposta, riuscirebbe a mantenere la forma dell'edificio.

Viceversa, una muratura in pietre arrotondate, dal momento che le venisse tolta la malta interposta, verrebbe a disarticolarsi completamente, senza riuscire a mantenere la forma dell'edificio e crollerebbe (o "rotolerebbe") al suolo; i blocchi hanno contatti tendenzialmente sferici e così rotirebbero in tutte le direzioni solo per effetto del proprio peso.

In questo caso, l'effetto del terremoto, più che in termini di sollecitazioni orizzontali indotte nei paramenti, si fa sentire come effetto di scuotimento (vibrazionale), che disarticola la malta interposta, e, se si rompe anche l'intonaco esterno, gli elementi murari non restano più al loro posto, ma fuoriescono e si arriva quindi al crollo.

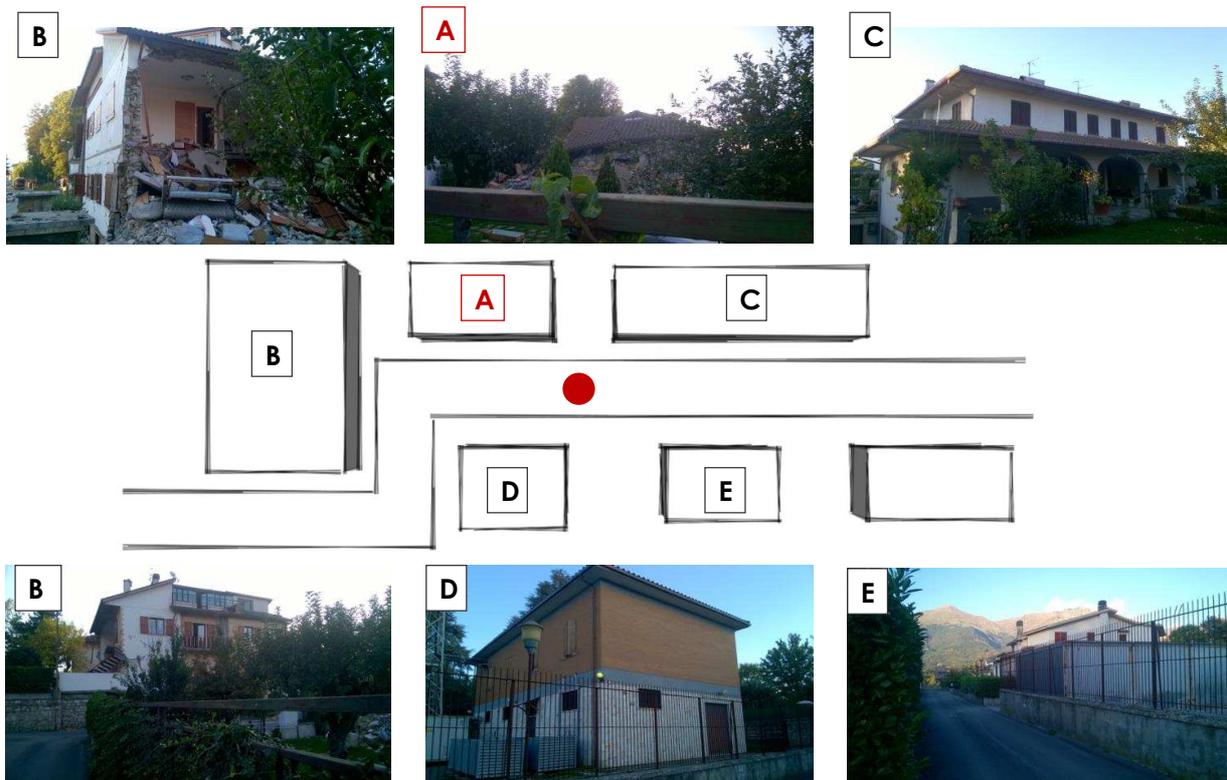
La differenza tra la qualità delle murature è fondamentale ed a mio avviso è uno dei primi elementi che può spiegare il fatto che a distanza di pochi metri, una casa crolli completamente, mentre le altre restino in piedi senza danni.

Si vedano le foto di Amatrice scattate ruotando in posto a 360° dove a distanza di pochi metri si ha:

- "C": casa perfettamente integra
- "A": casa completamente crollata; la distanza dalla casa "C" è di circa 10m: il corsello box.
- "B" casa sventrata parzialmente distante dalla casa A di circa 10m
- "D" edificio senza alcun danno esterno, separata dalla casa crollata della sola larghezza della stradina (6/8m)
- Tutto il resto della via con edifici senza danni.

6/36

EFFETTI DEI TERREMOTI SULLE COSTRUZIONI: ESEMPI



SLIDE 6 - ED. IN MURATURA EFFETTI DIVERSI A POCA DISTANZA

Un dettaglio della casa crollata.
Blocchi tondeggianti e irregolari
Terra (malta??)
Tetto che sembra integro (era stato rifatto in c.a. ?)

7/36

EFFETTI DEI TERREMOTI SULLE COSTRUZIONI: ESEMPI



SLIDE 7 - AMATRICE EDIFICIO CROLLATO

2 LA VILLA ALESSANDRINI

Villa Alessandrini è una delle più storiche della zona, ed è inserita nelle giornate del **F**ondo per l'**A**mbiente **I**taliano, che nella primavera del 2016 ha organizzato un percorso culturale nelle zone terremotate per verificare quanto è stato fatto per il recupero dei numerosi edifici storici che furono colpiti e gravemente danneggiati dall'evento sismico.

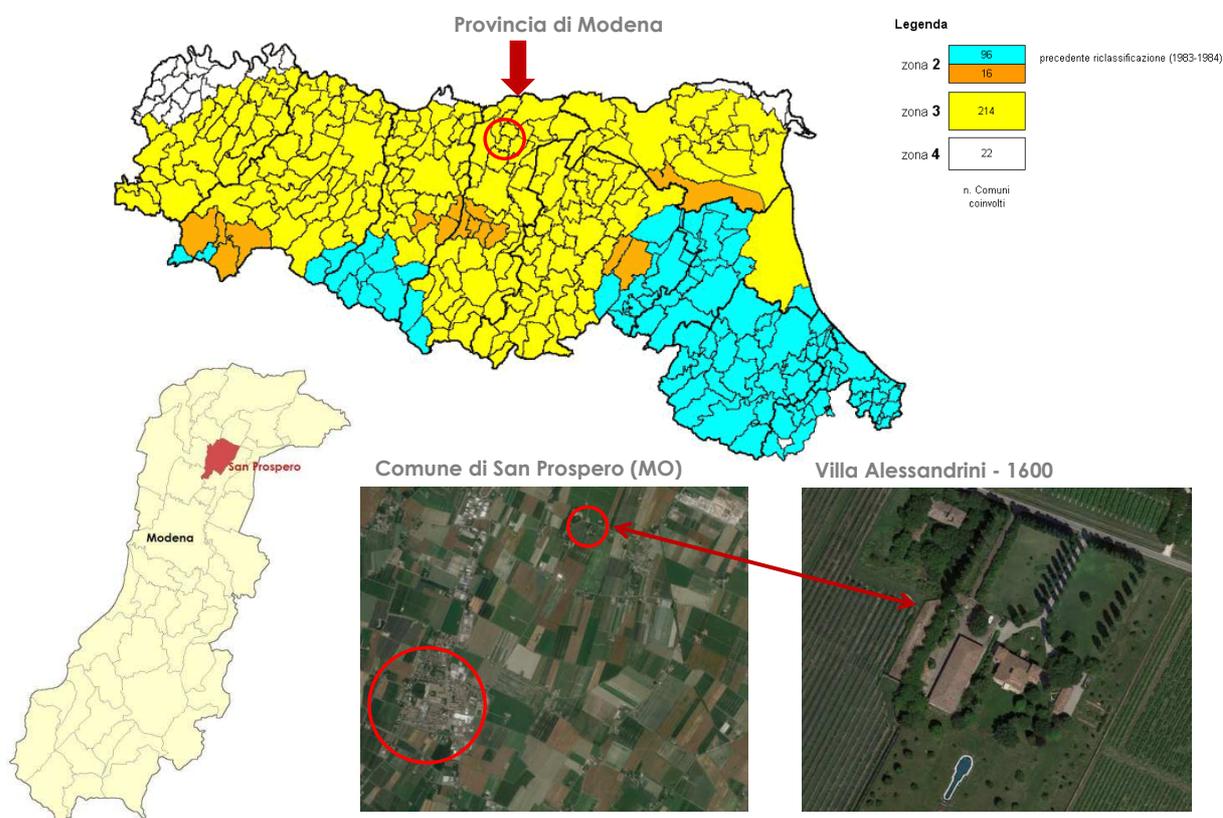
La villa è di origine seicentesca, caratterizzata dallo schema tipico "sala androne" nel rapporto visivo con la campagna circostante, anche detto a "cannocchiale".

La prospettiva è ben visibile e mette in allineamento il viale d'accesso, la pianta della Villa e la campagna (la piscina sottolinea la direzione della vista).

La villa non era vincolata, ma nello sviluppo e nell'impostazione degli interventi, ci si è comportati come se lo fosse, in special modo individuando interventi reversibili e non eccessivamente rigidi, caratteristiche comunemente richieste dagli uffici delle soprintendenze

8/36

INQUADRAMENTO TERRITORIALE



SLIDE 8 - LOCALIZZAZIONE

2.1 MURATURE / PIANTA

La porzione principale ha una pianta di circa 18x19m ed è organizzata su due livelli più sottotetto, mentre ai due lati sono presenti due torrette di 6x7m che si innalzano su un ulteriore livello.

Il piano terra, è accessibile dalla parte della campagna, mentre la sinuosa scala del fronte principale dà l'accesso al piano nobile, dove sono presenti numerose pareti e soffitti affrescati.

Nel sottotetto della parte frontale è presente l'acetaia, tipica della zona (quando abbiamo fatto il primo sopralluogo non sapevamo della sua presenza perché tutte le botti erano state portate via, ma, la sua presenza si sentiva..... nell'aria!).

La quota di gronda è di circa 8.0m per le parti a due piani, mentre nelle torrette sale a 12.5m.

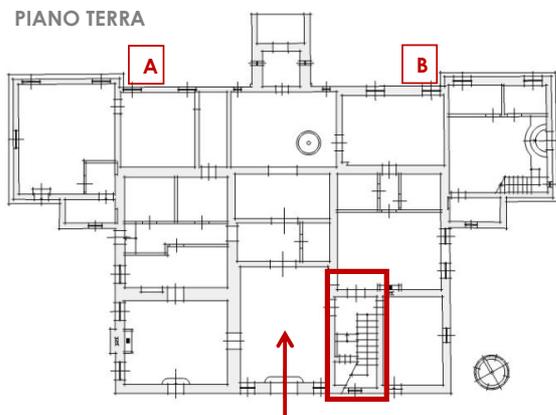
Le facciate sono impreziosite dai rosoni ellittici, dal profilo di gronda e dall'andamento a sperone dei muri delle torrette che ne sottolineano l'importanza.

Le murature sono in mattoni pieni con spessori molto variabili: da 60÷70cm al piano terra ai 30÷40cm in elevazione.

9/36

VILLA ALESSANDRINI: DISTRIBUZIONE INTERNA

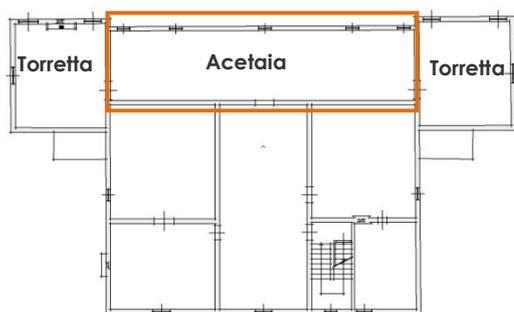
PIANO TERRA



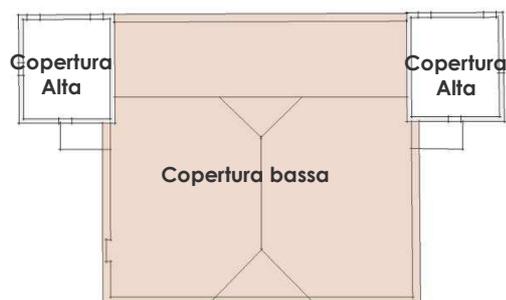
PIANO PRIMO



PIANO SECONDO



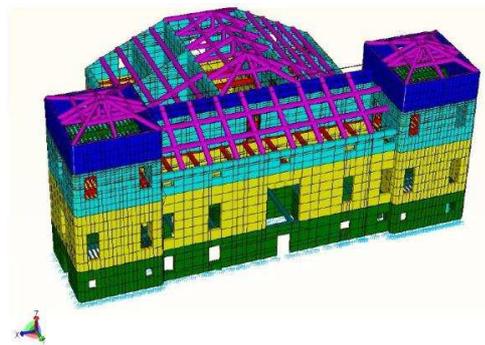
PIANO COPERTURA



SLIDE 9 – PIANTE – (POSIZIONE ACETAIA-TORRETTE-SCALA)



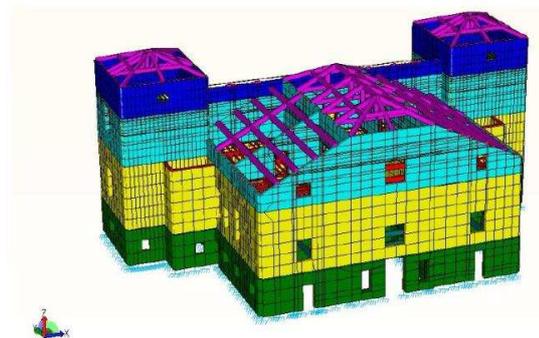
Villa Alessandrini - Prospetto Nord-Est



Modello 3D - Prospetto Nord-Est



Villa Alessandrini - Prospetto Sud-Ovest



Modello 3D - Prospetto Sud-Ovest

SLIDE 10 – FOTO E 3D

2.2 SOLAI / ORIZZONTAMENTI

Gli orizzontamenti sono tutti in legno, con travetti di dimensione variabile e travi principali anch'esse in legno dove gli ambienti erano eccessivamente lunghi per i travetti.

Da notare che tutti i piani di pavimentazione ed anche di copertura non sono posati su un assito in legno, ma, come tipico della zona su piastrelle in laterizio, tipologia questa, diffusa anche nelle zone del centro Italia colpite dal recente terremoto; caratteristica di questo tipo costruttivo è il peso non trascurabile.

Le travi principali di sottotetto sono inclinate nella zona dell'acetaia, dove si forma una sola falda, mentre nelle torrette sono a puntone diagonale.

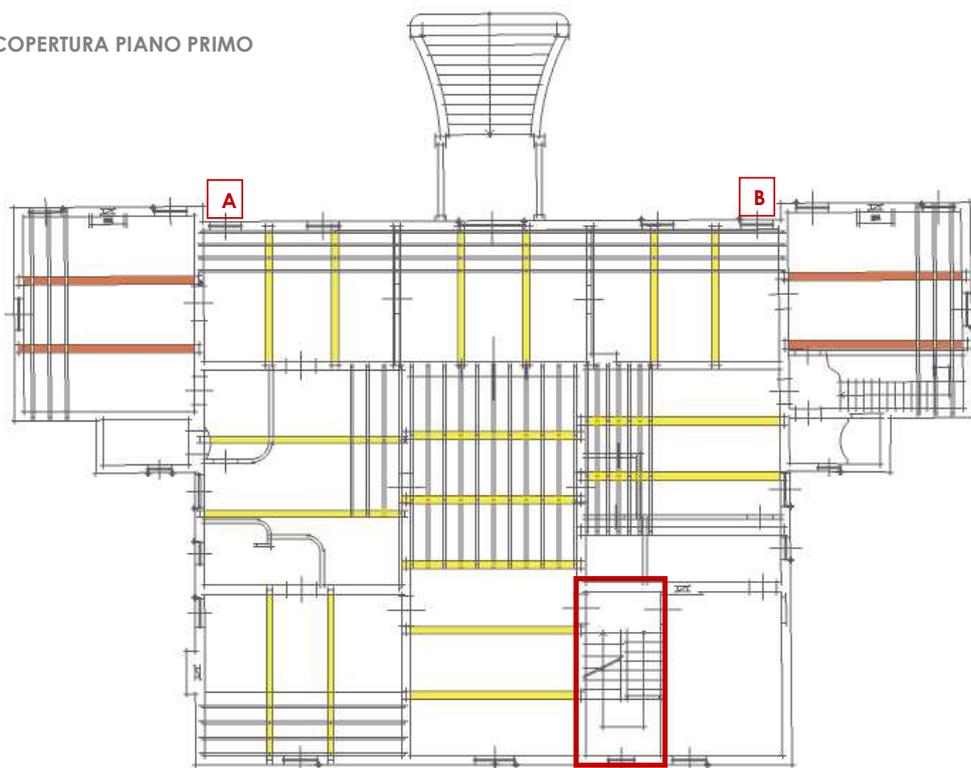
Infine erano presenti numerosi incatenamenti in entrambe le direzioni.

Il corpo scala interno è in realizzato con voltine in piastrelle sostenute da travi in legno e delimitato verso destra da un muro di piccolo spessore (15cm).

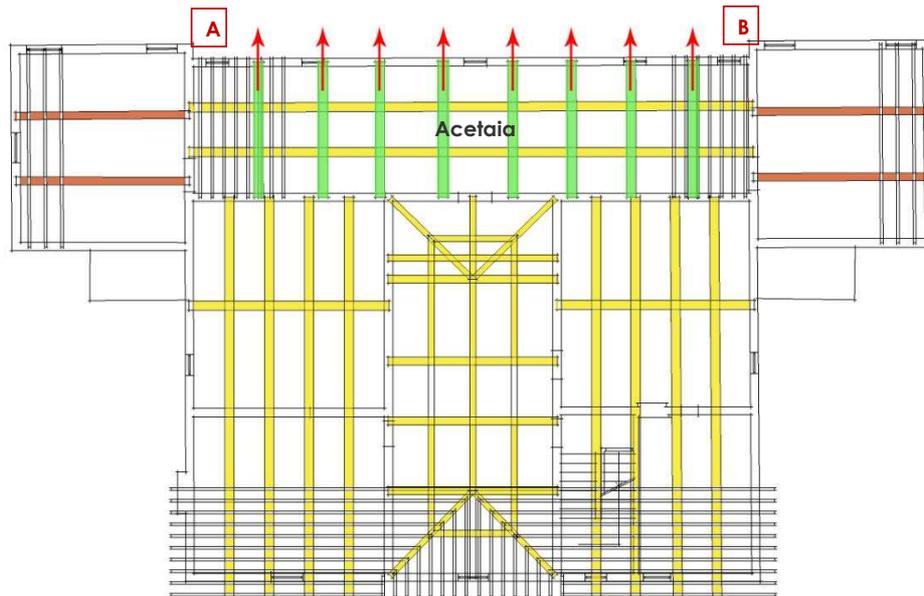
11/36

VILLA ALESSANDRINI: LA STRUTTURA

SOLAIO COPERTURA PIANO PRIMO

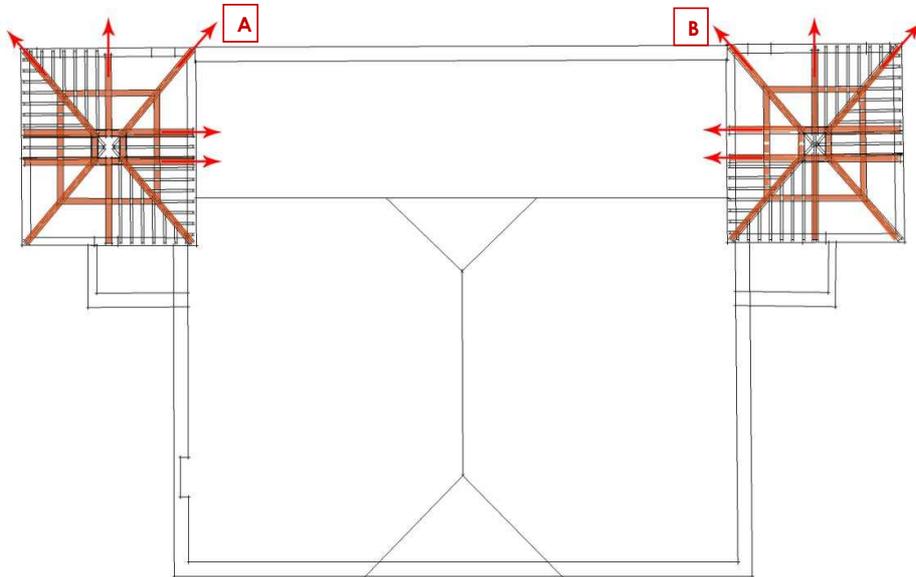


SLIDE 11 - COP. P.1



SLIDE 12 - Cop. P2°

COPERTURA TORRETTE



SLIDE 13 – COP. TORRETTE

3 GLI EFFETTI DEL TERREMOTO

Quello che abbiamo visto in precedenza circa le caratteristiche principali che influiscono sugli effetti del terremoto, si esplicano chiaramente nei danneggiamenti che ha subito la Villa.

3.1 CONFIGURAZIONE DELLA VILLA E PARTICOLARI

La configurazione della Villa, con la presenza delle due torrette laterali di rigidità e comportamento diverso dalla porzione principale, ha indotto punti di importante concentrazione delle sollecitazioni; non è infatti un caso che i maggiori danneggiamenti si siano sviluppati nelle porzioni di contatto.

Anche la conformazione delle travi di copertura ha giocato un ruolo importante nel danneggiamento della villa.

Importanti infatti sono stati i danni

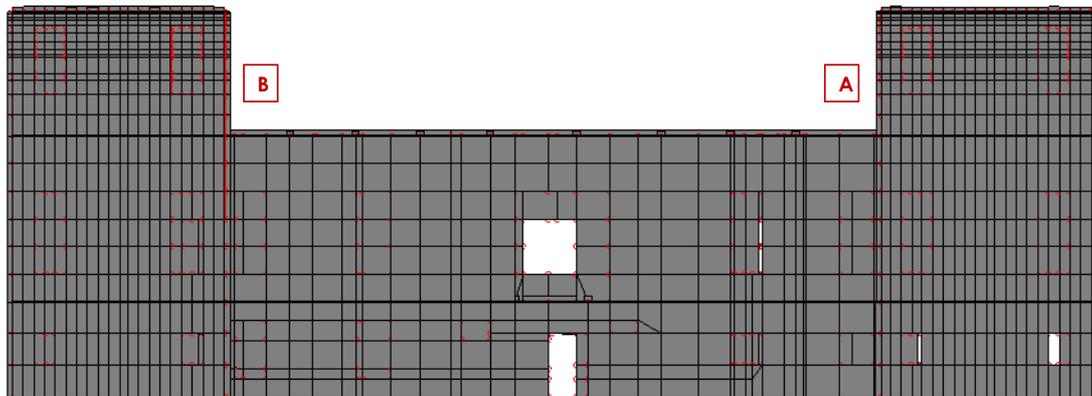
- sia all'imposta delle travi inclinate dell'acetaia dove la porzione frontale è stata molto sollecitata e ha evidenziato disallineamenti e fuori piombo importanti
- sia all'imposta delle travi delle torrette, che, data la loro configurazione spingente hanno spinto notevolmente sugli angoli, creando un principio di espulsione dell'angolo

Per il resto, le murature hanno fatto il loro dovere, assorbendo le sollecitazioni e fessurandosi nei punti più delicati, ma riuscendo comunque a mantenere in piedi la struttura.

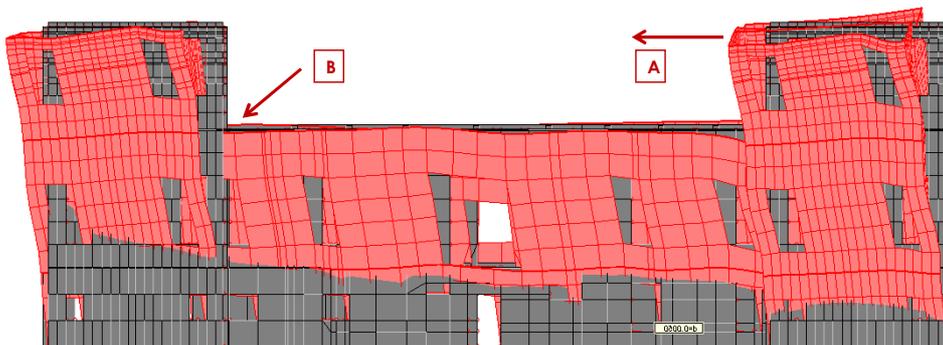
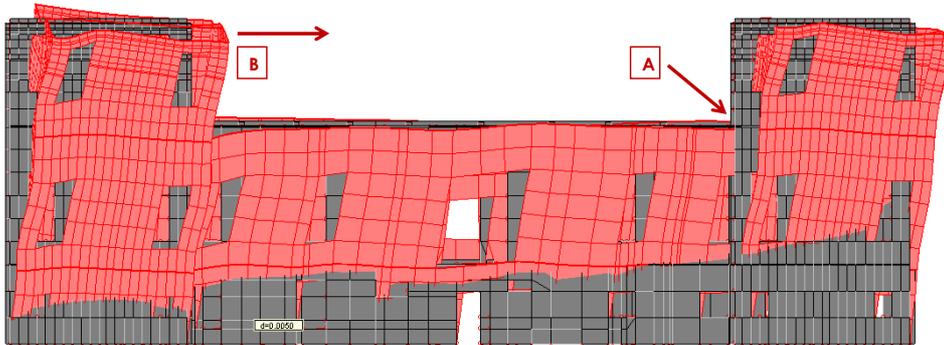
Ciò è senz'altro dovuto sia alla buona resistenza intrinseca dei mattoni impiegati, al corretto spessore delle murature e, non da ultimo alla presenza dei firanti impiegati.

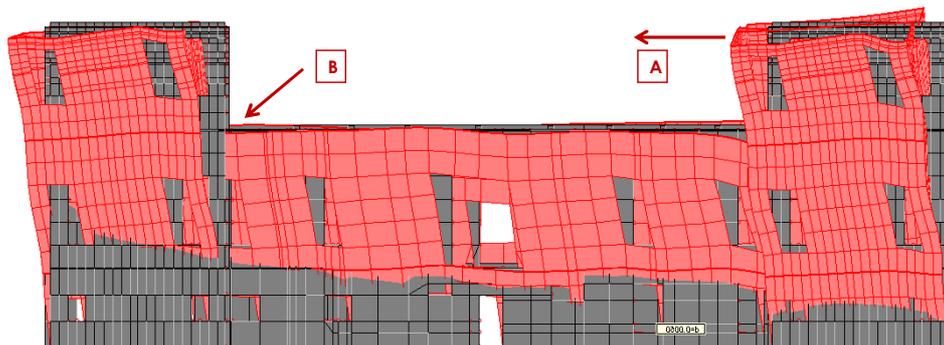
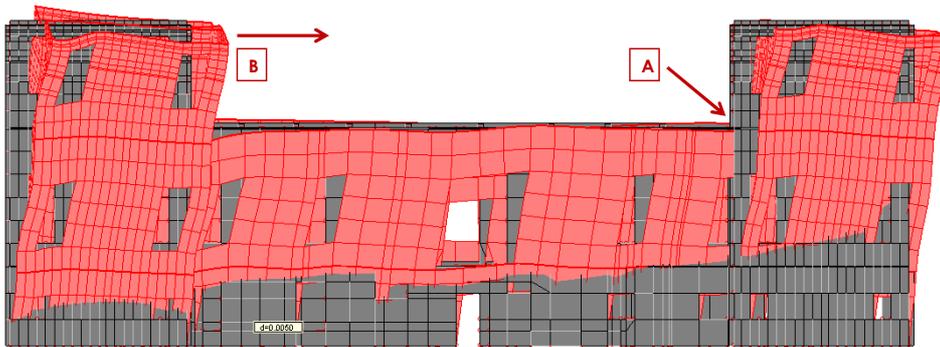
14/36

VILLA ALESSANDRINI: GLI EFFETTI DEL TERREMOTO



SLIDE 14 (FERMA) - SLIDE 15..18 MOVIMENTO DX/SX





3.2 I DANNI SUBITI

Grazie alla buona fattura delle murature e ad altri particolari costruttivi la Villa non ha subito crolli.

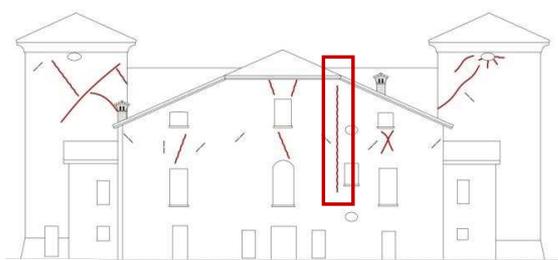
Le fessurazioni sono state però molto importanti ed hanno evidenziato, con la loro distribuzione ed intensità, i punti di debolezza della costruzione; molti di loro potevano già essere intuiti dopo un'analisi sommaria dell'edificio (torrette, effetti spingenti delle travi), altri invece sono stati messi a nudo dal terremoto stesso che, in ultima analisi, è come una sorta di collaudo molto, molto gravoso per un edificio.

Qui emerge tutto ciò che magari poteva passare inosservato ad un esame "umano"; ad esempio la scala interna aveva una conformazione muraria molto esile, e non in grado di compensare il vuoto del solaio.

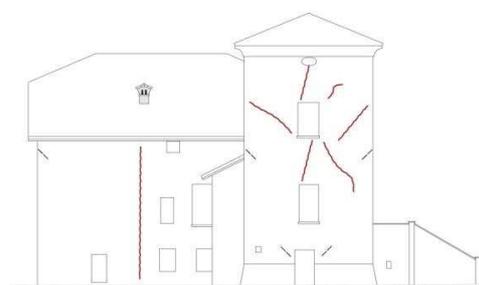
Ed infatti, anche qui si sono sviluppate forti fessurazioni sia nella scala stessa che nelle murature (evidenziare la fessurazione verticale nel fronte sud/ovest).

19/36

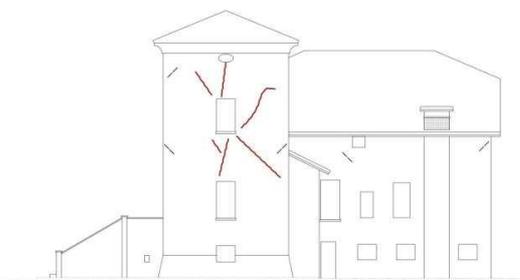
VILLA ALESSANDRINI: QUADRO FESSURATIVO



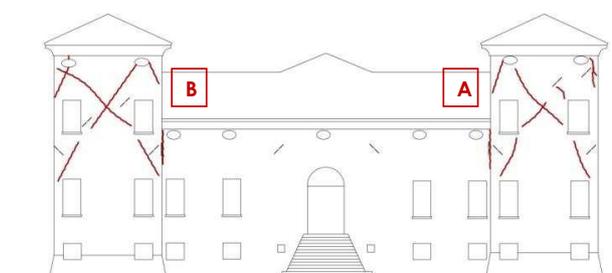
Prospetto Sud-Ovest



Prospetto Sud-Est

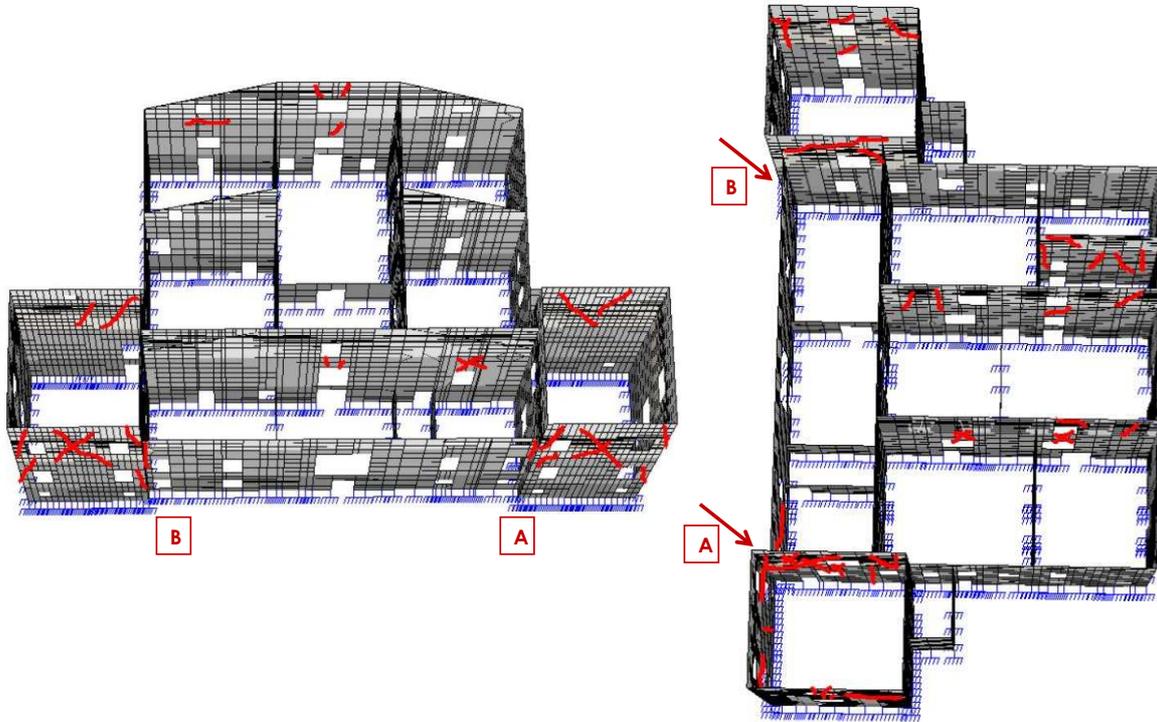


Prospetto Nord-Ovest



Prospetto Nord-Est

SLIDE 19 FESSURAZIONI DISEGNO



SLIDE 20 FESSURAZIONI 3D



Villa Alessandrini
Solaio imbarcato e fessurazione muri



Villa Alessandrini - Fessurazioni
ed effetto carichi concentrati



Villa Alessandrini -
Spigolo torrette



Villa Alessandrini
Importanti fessurazioni e crolli locali



Villa Alessandrini
Innesto di una trave in legno e tetto



Villa Alessandrini
Principio di espulsione

SLIDE 21 DANNI (FOTO FESSURAZIONI)

3.3 L'INTERVENTO DI MESSA IN SICUREZZA

Appena visitati i luoghi, e preso atto delle fessurazioni che si erano sviluppate, si è deciso di mettere in sicurezza le torrette, che rappresentavano uno dei punti più delicati.

Questo è stato fatto con l'inserimento di tre/quattro ordini di tiranti a trefoli, collocati all'esterno e posati sulle murature per mezzo di angolari metallici con piastre per la tesatura.

Oltre a questi sono stati puntellati i muri della zona di contatto tra le torrette e l'edificio principale che presentavano pericolose fessurazioni e fuori piombo.

Questo genere di interventi hanno lo scopo di preservare il bene, mettendolo in grado di assorbire al meglio eventuali ulteriori scuotimenti, e si rivelano spesso di fondamentale importanza nel caso di uno sciame sismico particolarmente esteso.

Si parla spesso in questi giorni dell'inerzia nell'attuare questo tipo di interventi sui beni storici, che hanno poi causato notevoli crolli nelle zone colpite dal sisma del centro Italia.

22/36

VILLA ALESSANDRINI: GLI INTERVENTI

FASE 0: MESSA IN SICUREZZA



Villa Alessandrini
posa cerchiature provvisorie



Villa Alessandrini
Posa cerchiature provvisorie



Villa Alessandrini
ultimazione cerchiature



Villa Alessandrini
puntellazione muro acetaia



Villa Alessandrini
puntellazione arco ingresso



Villa Alessandrini
puntellazione voltino piano nobile

SLIDE 22 MESSA IN SICUREZZA

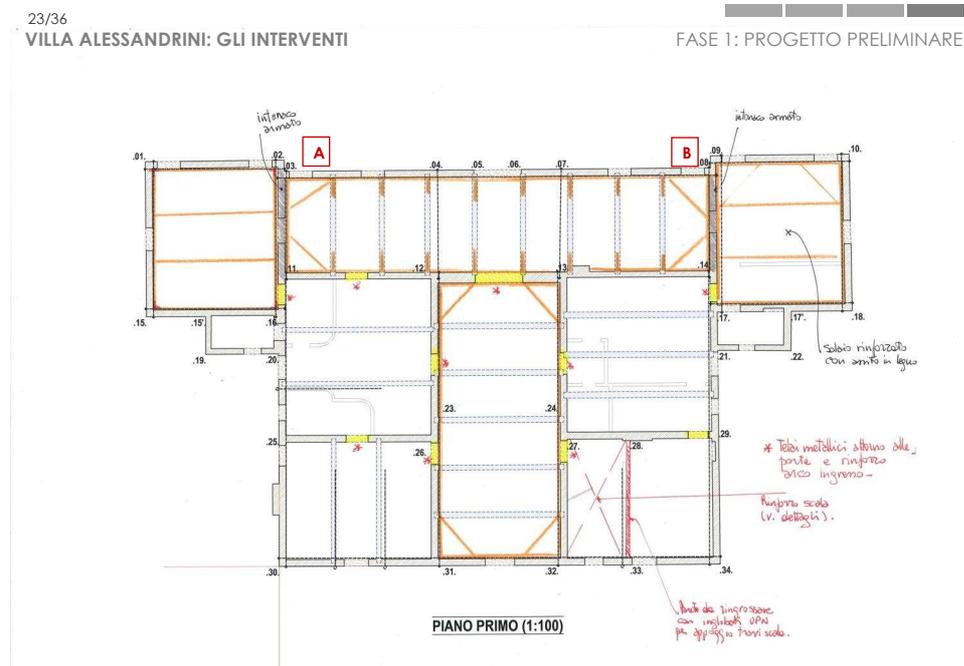
4 GLI INTERVENTI EFFETTUATI

4.1 PRIMA FASE: INDIVIDUAZIONE PROBLEMATICHE E PRELIMINARE

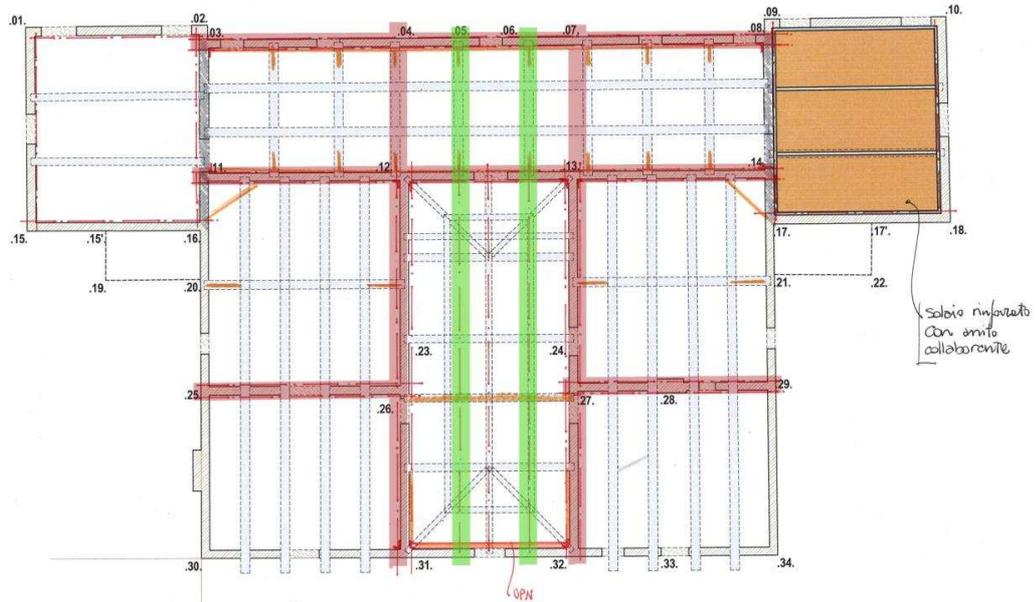
Lo studio dei danneggiamenti subiti e delle criticità emerse nell'impianto strutturale della Villa, sono stati il primo indicatore su come impostare l'intervento che si è da subito concentrato in questi aspetti:

1. Eliminare ed assorbire le spinte degli elementi di copertura sia dell'acetaia sia delle torrette: per questo sono stati realizzati **telai metallici e migliorato il collegamento travi-murature**.
2. Inserimento di **nuove tirantature** soprattutto nel collegamento a telaio acetaia-corpo centrale e torrette-corpo centrale.
3. Aumentare la resistenza della muratura nel punto di contatto torrette-edificio: **pareti con intonaco armato**
4. Rinforzare i solai dotandoli al contempo di un collegamento efficace con le murature: **nuovo assito in legno collaborante e angolari al contorno inghisati alle murature**; qui si è preferito non impiegare il classico sistema con la cappetta in cls per non introdurre elementi troppo rigidi.
5. Migliorare il collegamento tra i maschi murari incidenti: **barre incrociate**
6. Miglioramento dei giunti tra i mattoni; **ristilatura dei giunti** e del complesso murario in generale con **scuci-cuci**
7. Ripristino della scala interna e rinforzo della muratura adiacente
8. **Cerchiatura aperture** ammalorate con profili metallici
9. Miglioramento della **funzione di piano della copertura**: collegamento e chiodatura travetti-terzere e collegamento assito

Questi elementi sono stati raggruppati in un'idea preliminare che ha costituito il primo passo per quantificare l'intervento ed ha poi costituito il canovaccio per gli studi successivi.

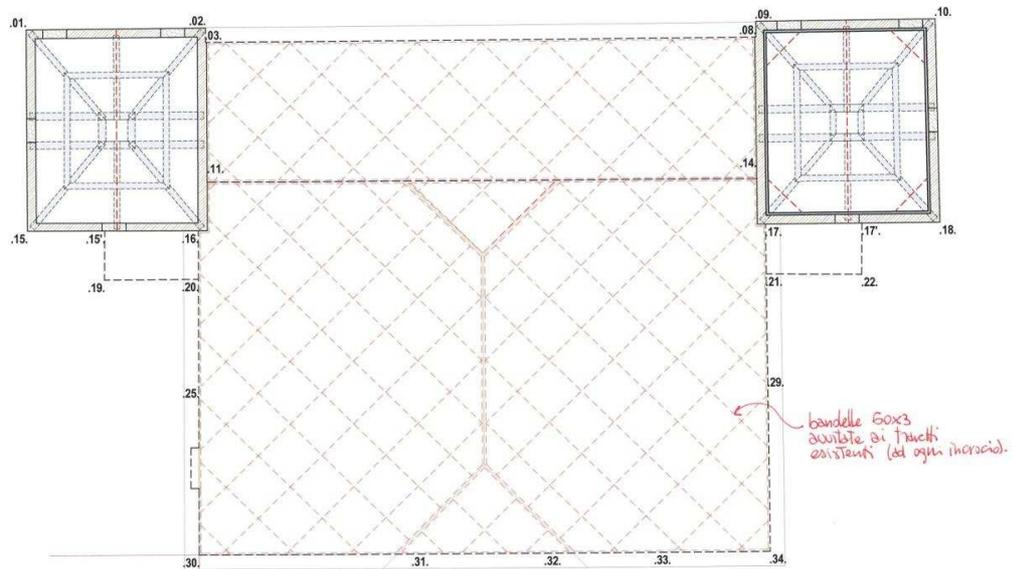


SLIDE 23 – P.1°



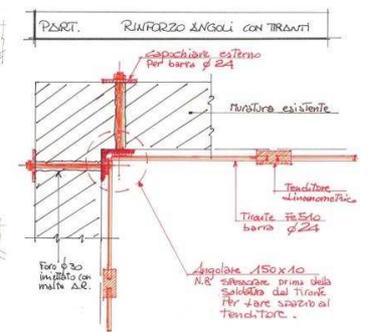
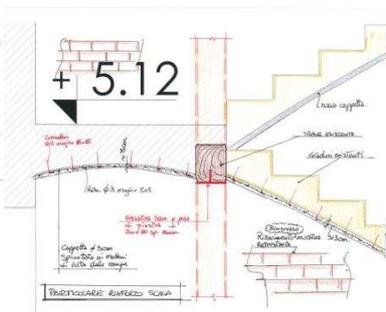
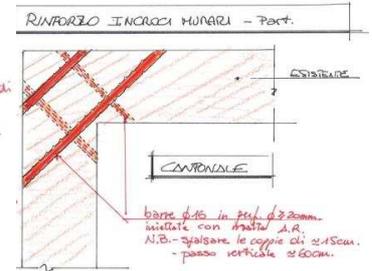
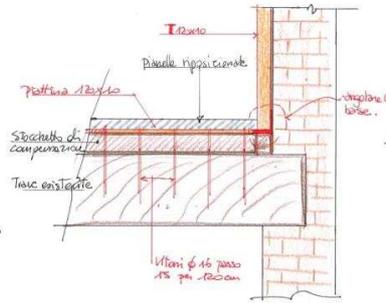
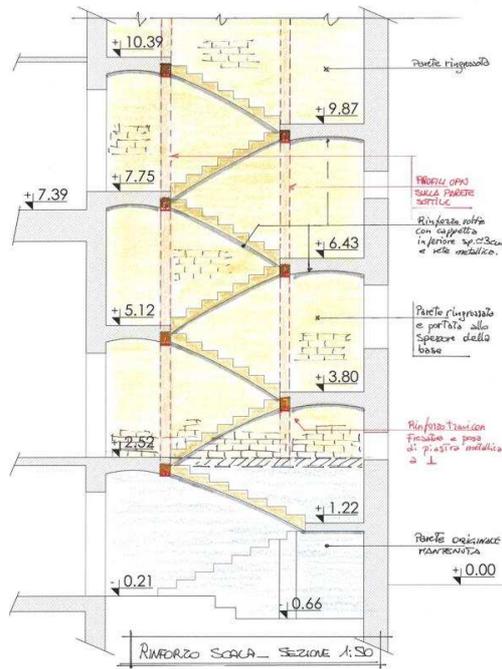
PIANO 2° (sottotetto) (1:100)

SLIDE 24 – P.2° (SOTTOT.)



PIANO 3° (Torri) e copertura corpo principale (1:100)

SLIDE 25 – COPERTURA



SLIDE 27 - DETTAGLI

4.2 SECONDA FASE – ANALISI DI DETTAGLIO ED ESECUTIVO

Il primo passo è stato quello di modellare l'edificio, in modo avere riscontri oggettivi circa gli effetti che si sono effettivamente verificati all'atto dell'evento.

Si è avuto in questo modo riscontro, sia in termini di sollecitazioni che, soprattutto, di deformazioni dell'aderenza della modellazione effettuata rispetto alla risposta della costruzione all'evento sismico.

Successivamente le operazioni principali d'intervento (tirantature, collegamenti, telai), sono state schematizzate ed inserite nel modello di calcolo per confrontare i risultati della nuova configurazione rispetto alla precedente.

Anche in questo caso si è avuto un ottimo riscontro, accertando in primo luogo che le deformazioni attese si riducevano a meno della metà di quelle originarie.

Vi è da dire inoltre che le miglione di gran parte degli interventi posti in essere non sono direttamente schematizzabili in sede di analisi (specialmente gli aspetti locali come ad esempio i collegamenti murari dai nodi) e quindi l'efficacia è ancora superiore a quella risultante dal calcolo.

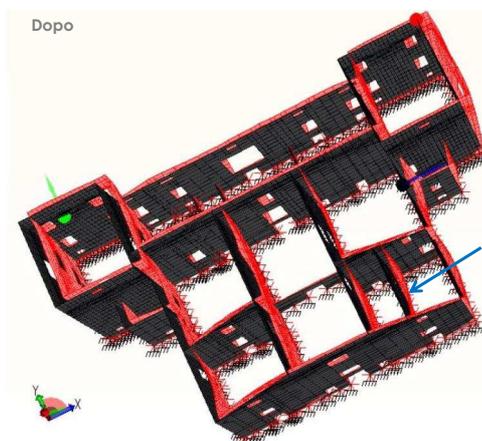
Soprattutto non sono schematizzabili i comportamenti anelastici dei collegamenti reciproci, quindi gli spostamenti sono solo qualitativi ed indice della reale distribuzione di quelli effettivamente avuti, che sono stati sicuramente maggiori.

Avuti i necessari riscontri di calcolo, si sono quindi sviluppati/migliorati/integrati i dettagli esecutivi e si è passati alla fase di esecuzione.

SPOSTAMENTI LUNGO ASSE X



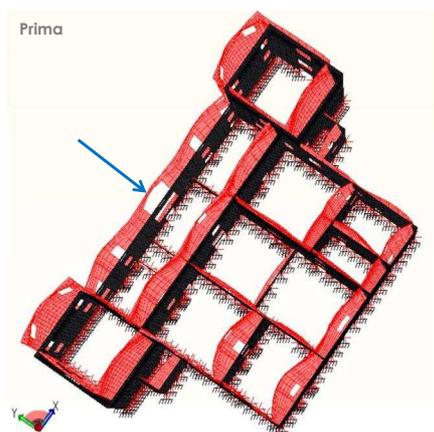
Modellazione Stato di Fatto:
Spostamenti importanti nel muro della scala interna,
spanciamento muri e movimento torrette



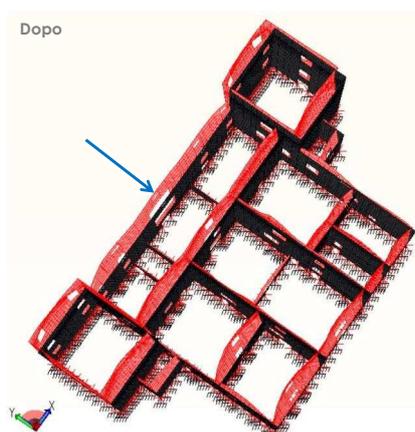
Modellazione dopo gli Interventi:
Grande riduzione spostamento muro scala interna e di
tutte le altre quantità.

SLIDE 28 – SPOSTAMENTI X – PRE-POST

SPOSTAMENTI LUNGO ASSE Y



Modellazione Stato di Fatto:
Spostamenti importanti nel muro dell'acetaia e
delle torrette e spanciamenti murari



Modellazione dopo gli Interventi:
Notevole riduzione dello spostamento del muro
dell'acetaia e diminuzione generalizzata.

SLIDE 29 – SPOSTAMENTI Y – PRE-POST

4.3 TERZA FASE – ESECUZIONE DEGLI INTERVENTI

Ponteggi

1. telai metallici e collegamento travi-murature.
2. Inserimento di nuove firantature
3. Pareti con intonaco armato
4. Rinforzo solai con pannelli sp.2.5 collegati ai travetti e angolari al contorno
5. barre incrociate agli angoli
6. ristilatura dei giunti.
7. Ripristino della scala interna
8. Cerchiatura porte
9. Miglioramento della funzione di piano della copertura: collegamento travetti-terzere e collegamento assito

30/36

VILLA ALESSANDRINI: GLI INTERVENTI

FASE 3: ESECUZIONE DEI LAVORI



Villa Alessandrini
Ponteggio



Villa Alessandrini
ponteggio

SLIDE 30 – PONTEGGI

TELAJ METALLICI E COLLEGAMENTO TRAVI-MURATURE



Villa Alessandrini
Telai acetaia



Villa Alessandrini
telai e collegamento trave acetaia



Villa Alessandrini
Telai e Tiranti Torrette

INSERIMENTO DI NUOVE TIRANTATURE



Villa Alessandrini
Tiranti salone (prosec. acetaia)



Villa Alessandrini
Fondo salone profilo aggancio tiranti



Villa Alessandrini
Tirante a pavimento

SLIDE 31 – TELAJ E TIRANTI

RINFORZO SOLAI



Villa Alessandrini
solai acetaia



Villa Alessandrini
rinforzo solai

CERCHIATURE DELLE PORTE



Villa Alessandrini
telai porte

RISTILATURA DEI GIUNTI



Villa Alessandrini
Scaffitura giunti di malta



Villa Alessandrini
ristilatura giunti



Villa Alessandrini
Voltino scalfito e ristilato

SLIDE 32 – SOLAI E STILATURA

4.4 QUARTA FASE – FINITURE E RECUPERI ARTISTICI

33/36

VILLA ALESSANDRINI: GLI INTERVENTI

FASE 4: FINITURE E RECUPERI ARTISTICI



SLIDE 33 – FOTO GROSSA

34/36

VILLA ALESSANDRINI: GLI INTERVENTI

FASE 4: FINITURE E RECUPERI ARTISTICI



Villa Alessandrini – pavimento finito



Villa Alessandrini – pavimento finito



Villa Alessandrini
telai acetiaia



Villa Alessandrini
pav. salone in piastrelle



Villa Alessandrini –
pavimento finito

SLIDE 34 – FOTO SOLAI

35/36

VILLA ALESSANDRINI: GLI INTERVENTI

FASE 4: FINITURE E RECUPERI ARTISTICI



SLIDE 35 – DIPINTI



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ing. Maurizio Colombo

36