

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA

Facoltà di Ingegneria “Enzo Ferrari”
Corso di Laurea Triennale
in Ingegneria Civile

**Verifica dello stato di fatto
di un edificio in muratura**

Relatore:
Prof. Ing. Andrea Nobili

Studente:
Niccolò Setti
Mat. 57691

**Anno Accademico
2013/2014**

INDICE:

1. INTRODUZIONE	pag. 1
- Planimetrie	pag. 2
2. STORIA DELL'EDIFICIO	pag. 7
- Generalità	pag. 9
- Descrizione storica	pag. 11
- Documenti vari	pag. 15
- Approfondimenti	pag. 15
- Alcune curiosità	pag. 16
3. CREAZIONE DEL MODELLO - 3MURI	pag. 19
- Aspetti generali	pag. 19
- Comportamenti e parametri dell'edificio	pag. 22
- Creazione del modello	pag. 25
- Particolarità costruttive del modello	pag. 30
4. ANALISI SISMICA PUSH-OVER	pag. 31
- Analisi sismica Push-Over di alcune pareti-maschi murari	pag. 32
- Parete P3	pag. 32
- Considerazioni sulla parete P3	pag. 39
5. ANALISI STATICA – CARICHI VERTICALI	pag. 40
- Analisi statica parete P3	pag. 40
- Considerazioni sulla parete P3	pag. 45
6. ANALISI MODALE	pag. 46
- Parete P3	pag. 46
- Considerazioni parete P3	pag. 49
7. CONCLUSIONI	pag. 50
8. BIBLIOGRAFIA	pag. 52

1. INTRODUZIONE

L'obiettivo della seguente tesi consiste nel documentare le diverse capacità di reazione di un edificio in muratura dopo l'azione sismica generata virtualmente dal software di calcolo utilizzato, 3Muri, e fornire due tipi di analisi dell'intera struttura, la prima di carattere statica e la seconda di modalità Push-Over.

L'edificio oggetto dello studio, del quale sono stato incaricato, è l'attuale STB (Servizio Tecnico di Bacino del fiume Po) situato a Reggio Emilia in via Emilia Santo Stefano 25, angolo Via Mazzini.

Inizialmente viene argomentata l'aspetto storico dell'edificio attraverso le diverse fasi evolutive accadute nel corso dei secoli con immagini fotografiche e alcuni importanti documenti che testimoniano i cambiamenti di destinazione d'uso.

L'edificio prende il nome di Palazzo “EX DOGANA DUCALE” proprio per il suo insediamento dopo il passaggio da Convento nell'anno 1799, assorbendo da quel momento la cultura illuministica che prende il posto delle idee e pensieri dell'età Medievale.

Lo sviluppo dell'indagine storica viene seguita da quella di carattere tecnico, che consiste nella modellazione e sviluppo di una parte dell'edificio utilizzando il programma di calcolo 3MURI (versione 5.6.201 gentilmente concesso dalla ditta STA.DATA Torino), il quale ci indica i parametri delle analisi locali e Push-Over ottenute con l'attribuzione delle proprietà tecniche alla struttura.

L'analisi statica e l'analisi Push-Over verranno spiegate in modo più approfondito e dettagliato nei capitoli successivi.

Sono seguite alle analisi sopra citate ulteriori analisi di tipo statico e modale delle pareti in muratura, perchè rappresentano in modo più evidente gli stati di danneggiamento e deformazione dell'immobile.

Lo studio svolto vuole altresì portare a conoscenza agli addetti ai lavori un contributo di conoscenze tecniche utili per interventi successivi all'edificio storico sopracitato.

Di seguito vengono mostrate quattro planimetrie dei diversi piani dell'edificio utilizzate per la creazione del modello.

Fig. 1.1 - Planimetria piano terra H.4,40 - (disegno fuori scala)

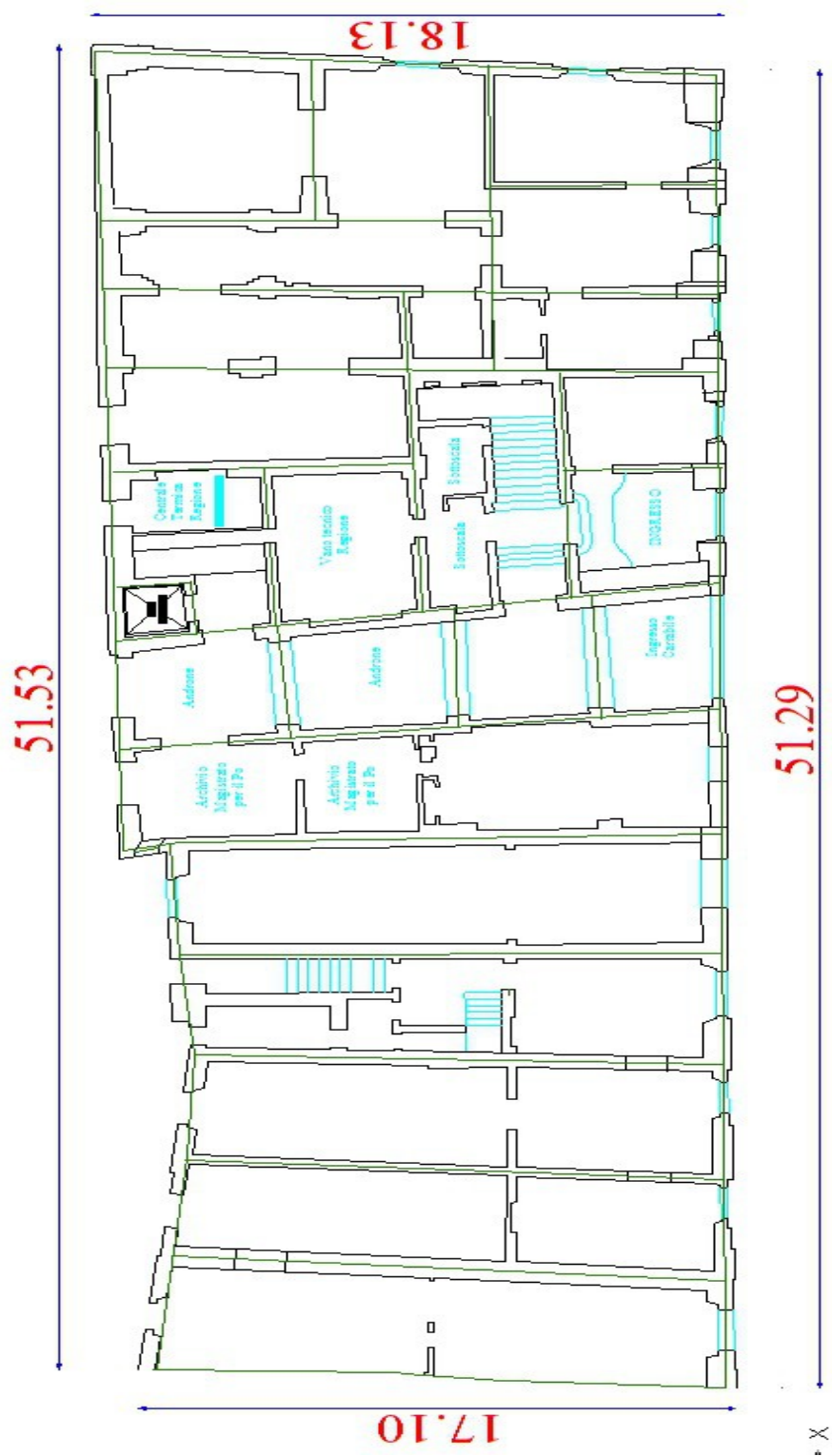


Fig.1.2 - Planimetria piano primo H.4,30 – (disegno fuori scala)

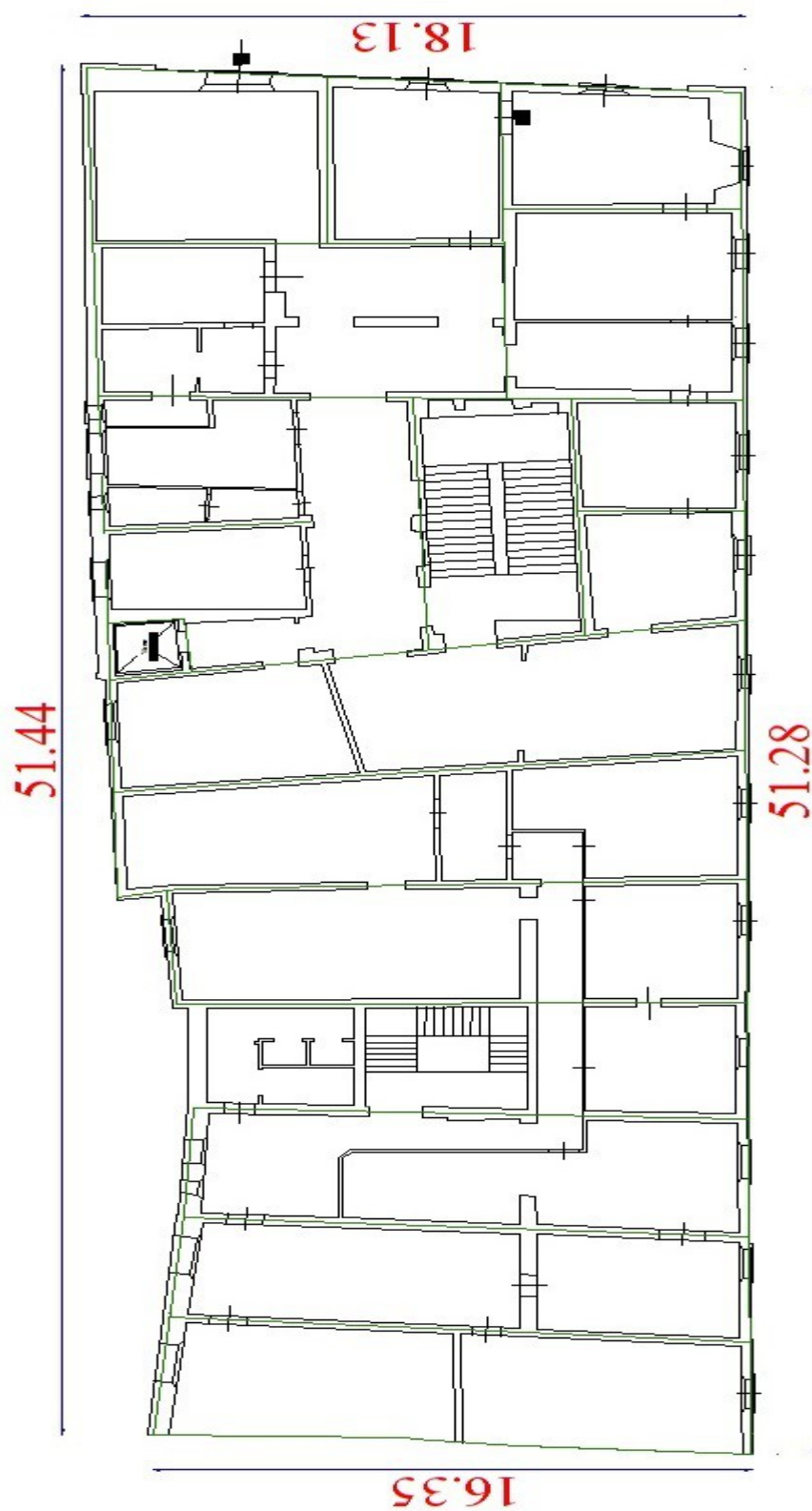


Fig. 1.3 – Planimetria piano secondo H.4,20 – (disegno fuori scala)

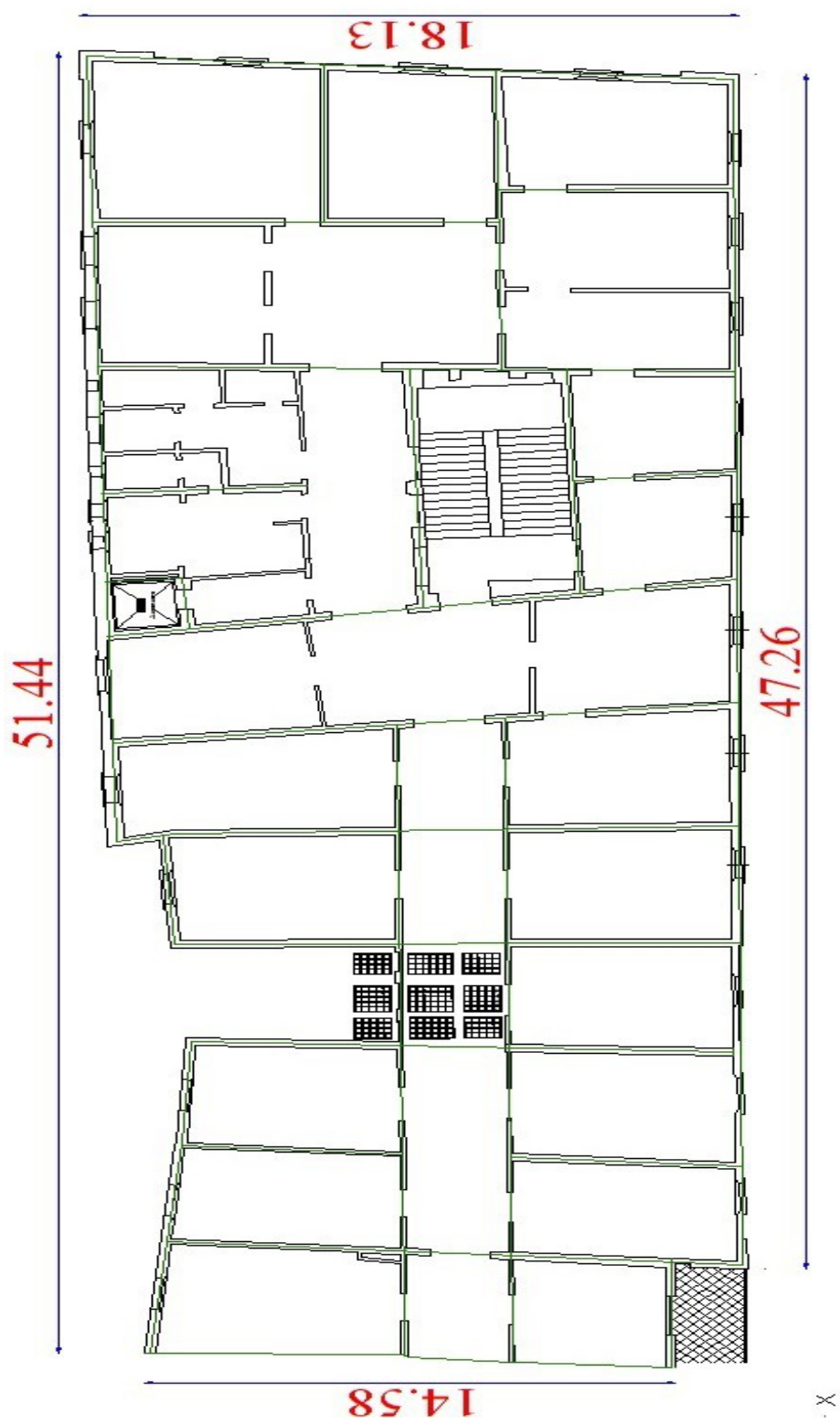
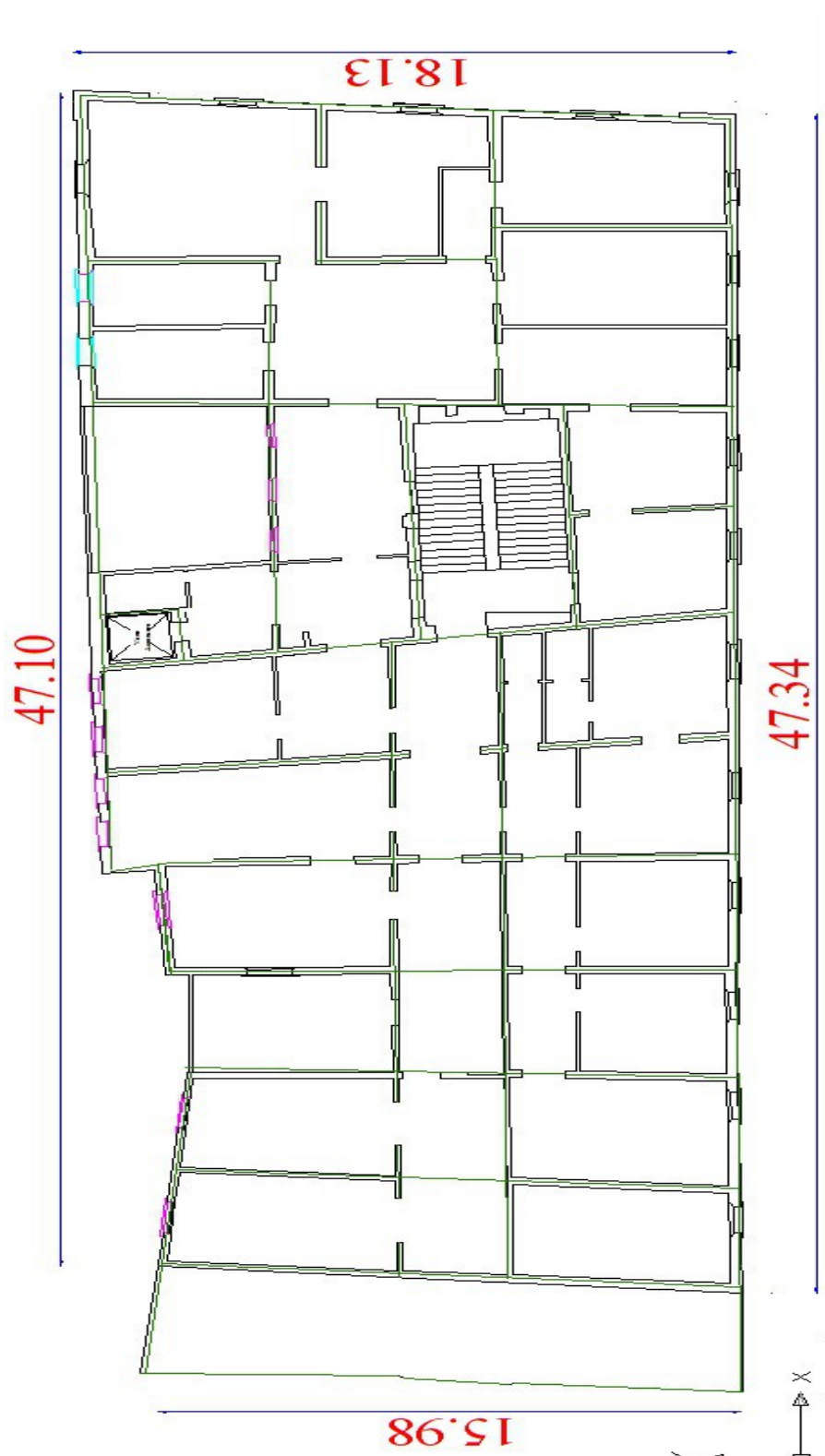


Fig. 1.4 – Planimetria piano terzo H.3,15 (disegno fuori scala)



2. STORIA DELL'EDIFICIO

2.1 GENERALITÀ

Il Palazzo si caratterizza per i diversi cambiamenti di destinazione d'uso e per le varie ristrutturazioni che testimoniano l'influenza dell'evoluzione sul piano urbanistico nella cultura di Reggio Emilia già dal secolo tredicesimo.

Ad oggi nell'edificio trovano sede l'STB (Servizio Tecnico di Bacino di Reggio Nell'Emilia), la Guardia di Finanza, l'ex Genio Civile e la Guardia Forestale.

L'immobile si presenta con uno stile Neoclassico su quattro livelli, dopo l'ultima ristrutturazione del 1843 eseguita dall'Ing. Arch. Luigi Croppi (1781-1865 Reggio Nell'Emilia) su disegno dell'Arch. Domenico Marchelli (Graglisco di Veddasca 1764 – Reggio E. 1832).



Fig. 2.1 – Palazzo Ex Dogana Ducale (angolo Via Emilia S.Stefano – Via Mazzini)



Fig. 2.2 Vista laterale della facciata su Via Emilia Santo Stefano



Fig. 2.3 Ingresso su Via Emilia

Fig. 2.4 Antica rampa delle scale

2.2 DESCRIZIONE STORICA

Grazie alle ricerche svolte presso l'Archivio di Stato di Reggio E., sono riuscito ad elaborare una cronologia storica dei cambiamenti più significativi sul piano urbanistico della città nel corso dei secoli.

La prima urbanizzazione è decollata con i lavori di Guido Fogliani nel 1209 per realizzare un edificio religioso in onore di Sant'Antonio dove venivano ospitati poveri pellegrini e bastardini.

Un intervento che ha comportato la deviazione del torrente Crostolo, che percorreva nella zona di edificazione, fuori dalle mura che circondavano la città con una forma esagonale quasi unica in tutta l'Europa del tempo.

Nell'anno 1209 la Chiesa fu luogo di un consiglio di intendenza nel quale i vescovi e i sacerdoti presenti elessero canonista Guido Azzari.

Intorno alla metà del XIII secolo, la Chiesa divenne Priorato di Commenda con l'unificazione all'edificio abitato dalle Suore Francescane più comunemente chiamate Suore di Santa Chiara.

Le suore si insediarono definitivamente nell'edificio nel 1329 dopo aver superato le divergenze con il Comune proprietario che dimostrò negli anni successivi una certa generosità fornendo fondi per l'aiuto ai bisognosi.

Il Convento di Santa Chiara venne unificato nel 1545 a fianco della Chiesa di Sant'Antonio Abate e dell'omonimo ospizio riconosciuto come unico ente.

La Chiesa fu ricostruita su iniziativa del Cardinale Pico Commendatore del Priorato nel 1734 in collaborazione del progettista e direttore dei lavori Arch. Giovan Maria Ferraroni (1662-1755 Reggio E.), personaggio noto a quell'epoca per i numerosi lavori di costruzione e ristrutturazione di edifici religiosi svolti nella provincia di Reggio Emilia.

Nel 1744 il cardinale Tamburini fece abbellire e ornare la facciata della Chiesa con particolari in oro quali maniglie e stipiti dei grandi portoni.

Nel 1783 il Palazzo, dopo che furono allontanate dal monastero anche le ultime monache Convertine, divenne luogo di proprietà del Demanio nel potere dei Repubblicani.

Nel 1819 l'ex monastero divenne sede della Fabbrica della Finanza o Dogana Nuova come magazzino di sale.

La direzione e ristrutturazione dei lavori furono seguiti e coordinati dall'architetto Domenico Marchelli i cui disegni e planimetrie ancora oggi sono inaccessibili per motivi di sicurezza di Stato. Da lì a pochi anni la Chiesa di Sant'Antonio Abate, ormai chiusa da tempo, passò sotto la Diocesi di San Pietro e nel 1842 venne definitivamente sotterrata. Nel 1843 l'architetto reggiano Luigi Croppi fu chiamato a seguire i lavori di restauro del Palazzo che non cambiò la sua destinazione d'uso. Da quel momento fino ad oggi il Palazzo non è stato oggetto di nessun tipo di opere di manutenzione straordinaria.

2.3 DOCUMENTI STORICI

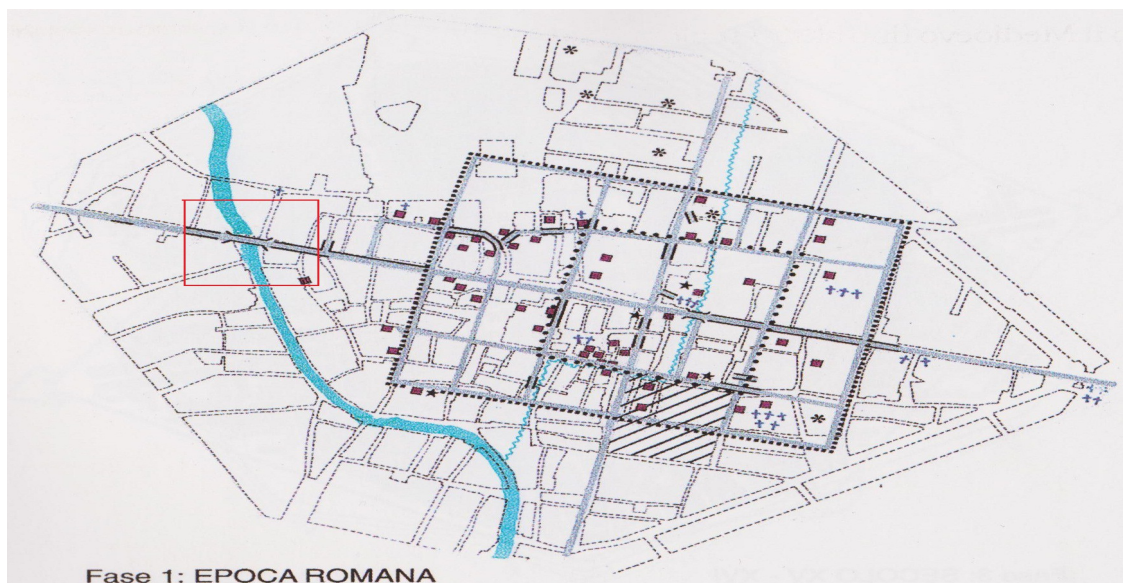


Fig. 2.1 Planimetria di Reggio E. in età Romana.

- La planimetria mostra il passaggio del fiume Crostolo proprio nella zona in cui oggi si trova il Palazzo Ex Dogana Ducale.

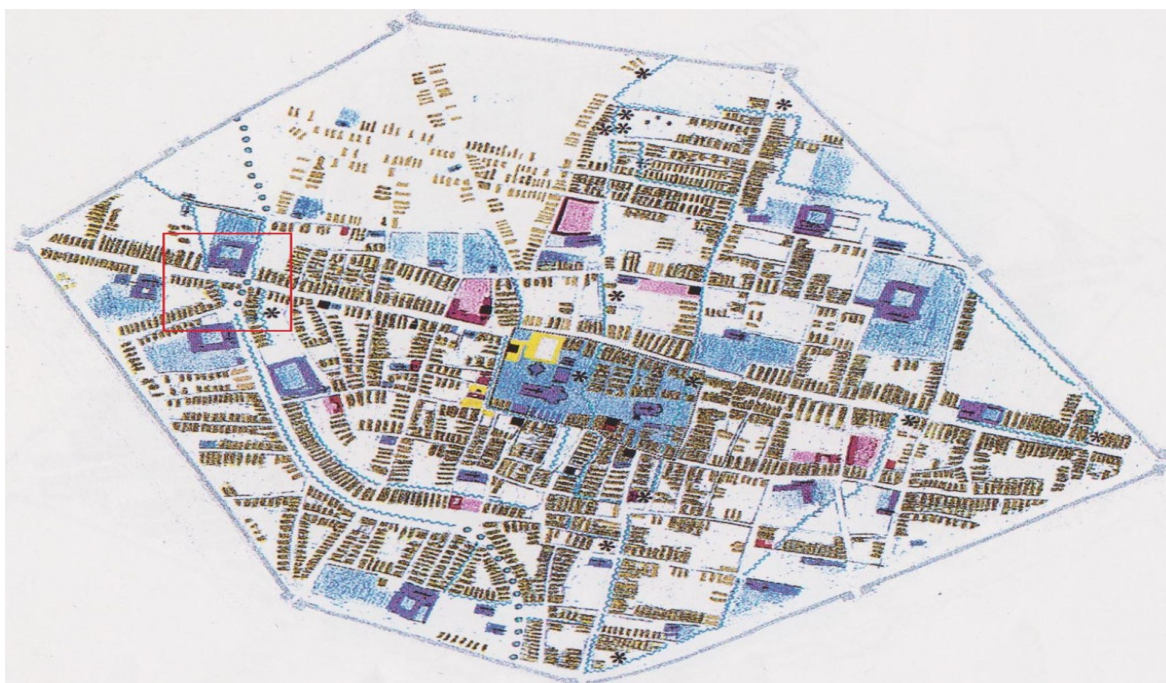


Fig. 2.2 Planimetria della città di Reggio E. in età Medioevale.

- Nel riquadro rosso è indicato la presenza dell'allora Chiesa di Sant'Antonio Abate.

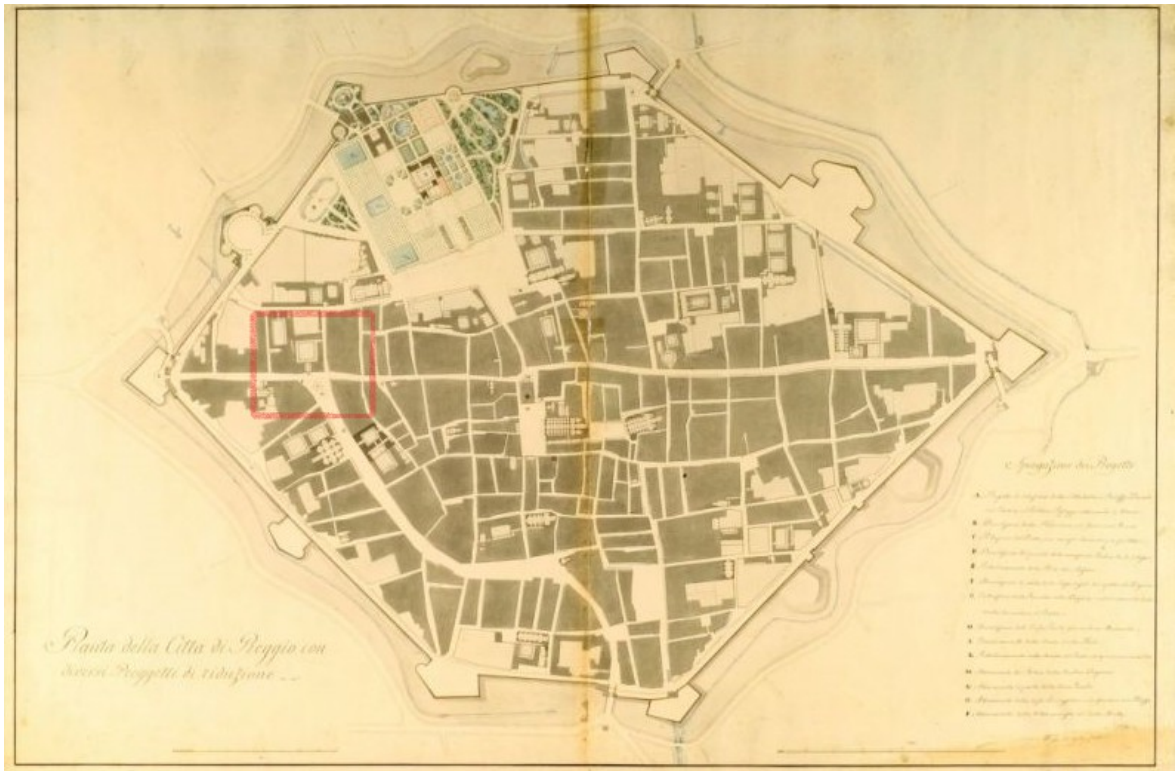


Fig. 2.3 Planimetria di Reggio E. metà XV sec.
 - Sviluppo della città, si nota come gli edifici cominciano ad assumere forme più regolari.



Fig.2.4 Planimetria della città di Reggio E. anno 1591.

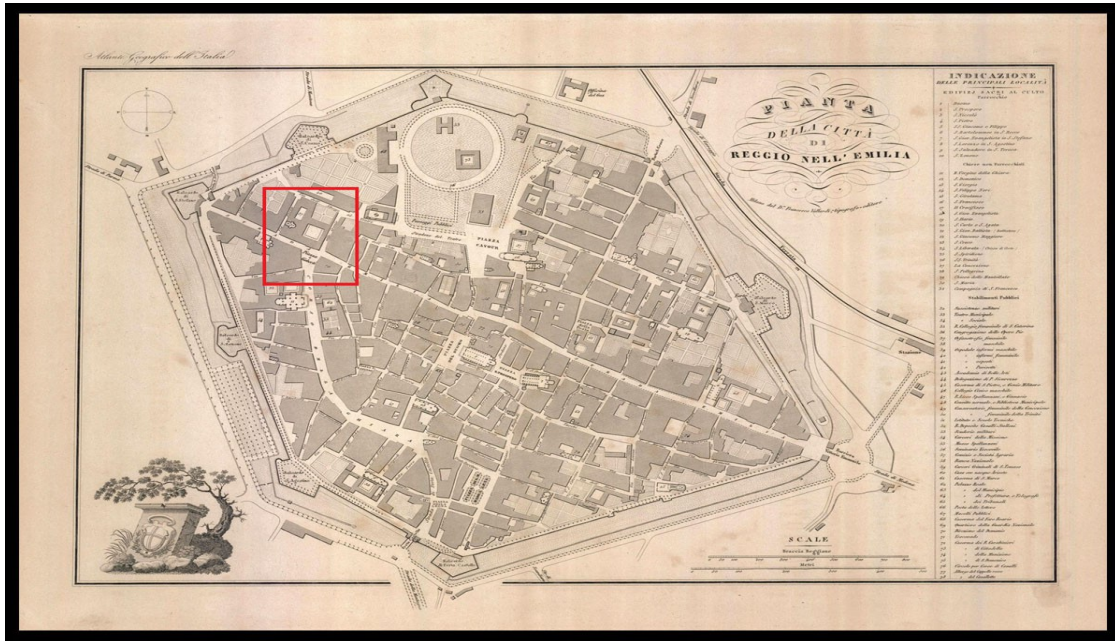


Fig. 2.5 Città di Reggio E. nell'anno 1720

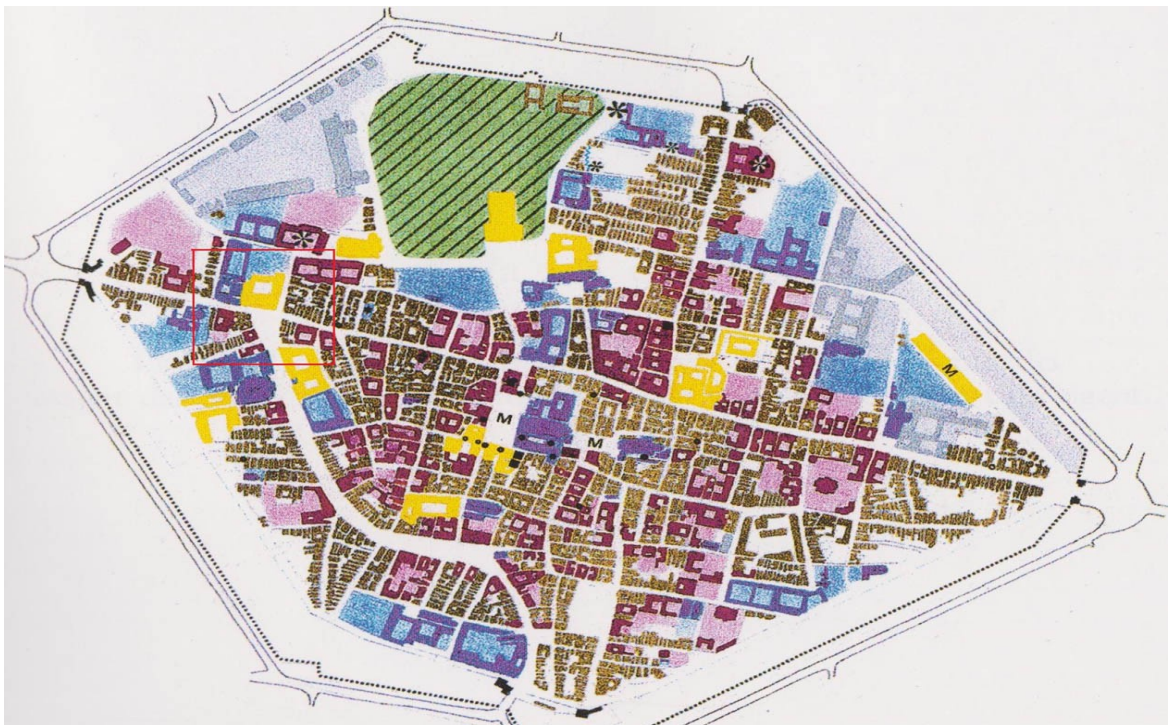


Fig. 2.6 Planimetria della città di Reggio E. metà XIX secolo.



Fig. 2.7 Planimetria della città di Reggio E. durante il XX secolo.

Dall'Archivio Storico di Reggio nell'Emilia si prende visione del Libro del Catasto Estense anno 1799:

Di seguito viene riportata e scritta la richiesta di cambiamento di destinazione d'uso del Palazzo da parte del Comune di Reggio E. nell'anno 1799 (Fonte Amm.ne Dipartimentale del Crostolo prot. 10 n°578):

Regolatore di Finanza di R.E. scrive:

Domanda che fino date le opportune disposizioni perché gli venghi fatta vedere la Chiesa del sopreglio Convento di S. Chiara destinata per Dogana all'occasione della prossima Fiera.

Prefettura di Roma, risponde:

Si risponde aver dato gli ordini al nostro aach. Marchelli acciocchè si concerni seco per locale di S. Chiara da convertire da uso d'Emporio per la Fiera.

Materia: Finanza.

2.4 APPROFONDIMENTI

In questa sezione vengono riportate tutte le informazioni e curiosità sull'edificio, in particolare si vuole focalizzare l'attenzione sui modi di costruire durante il 1700 e sull'Arch. Domenico Marchelli progettista iniziale dell'edificio.

La città di Reggio nella seconda metà del Settecento ripropone un organismo urbanistico derivato sostanzialmente dalla matrice Medievale. Allo sviluppo “irrazionale” si opponeva ora un nuovo atteggiamento razionale e scientifico della cultura illuministica.

La mancanza di un'organizzazione imprenditoriale privata portò a pochi interventi negli edifici di proprietà mentre maggiori furono quelli agli edifici pubblici, indispensabili alla riorganizzazione patrimoniale e finanziaria di molte istituzioni e, alla riorganizzazione degli edifici religiosi confiscati ai vari ordini monastici.

I maggiori interventi vennero svolti dalla famiglia di architetti Marchelli che si occupò del restauro di circa venti conventi tra cui quello di Santa Chiara, sede oggi dell'STB.

La ragione e la logica costruttiva e lineare dei Marchelli trascura qualsiasi preesistenza artistica e stilistica per favorire la razionalità, dove i lavori più significativi vennero svolti lungo la Via Emilia, in particolare la parte terminale del corso della Ghiara con la costruzione del Palazzo della Dogana e Palazzo Ducale. Questa fase storica della città di Reggio è chiamata di Riqualficazione.

Il successo che ebbe Domenico Marchelli è spiegato dal fatto che le sue innovazioni furono non solo architettoniche ma anche di rimaneggiamento radicale e ricostruzioni ex novo.

Uno dei principali risultati, come sopra scritto, fu nella realizzazione dell'edificio sorto sull'area dell'ex convento di Santa Chiara da cui nacque la Fabbrica della Finanza o Dogana Nuova (1819). Gli interventi che vennero eseguiti dal Marchelli sul Palazzo furono la riduzione del corpo di facciata rivolto a nord del S. Monte di Pietà, dove venne arretrato e mosso dall'aggetto di un corpo porticato per dare maggiore importanza e valore sia all'attuale piazza Gioberti che alla strada principale: la Via Emilia.

L'obiettivo principale delle nuove tipologie di costruzione dell'idea Marchelliana è quello di segnalare con immediatezza il peso funzionale e il ruolo prospettico delle costruzioni,

così da evidenziare la singola rilevanza spaziale incrementando la potenzialità di impatto ambientale. Questi caratteri di rinnovamento, oltre a quelli dell'aggiornamento culturale e degli interessi nei confronti del rinnovamento architettonico furono per gli architetti Marchelli un punto fondamentale nella loro rinascita costruttiva, che cominciò intorno alla metà del 1700 a Reggio E.

La via intrapresa dagli architetti Marchelli non è solo quanto citato prima, ma anche la cura progettuale, la meticolosità nella scelta dei materiali e l'attitudine a risolvere razionalmente gli impianti strutturali, come avvenne nella ristrutturazione del PALAZZO EX DOGANA DUCALE dove oltre a porte e finestre, anche gli esercizi commerciali inizialmente insediatesi videro l'affaccio sulla strada principale.

Concludendo, va certamente ascritto all'architetto Domenico Marchelli il merito di avere destinato gran parte dei suoi studi con l'importanza dei suoi primi interventi a un ruolo, anche scenografico, poi pienamente raggiunto, di signorilità, di eleganza e di comodità residenziali.

2.4.1 ALCUNE CURIOSITÀ

È importante sottolineare come le misure e rilievi effettuati su buona parte dello stabile sono stati effettuati dai due laureandi N.Setti e L.Berchicci, gentilmente accompagnati dal prof. Ing. L.Vincenzi del dipartimento di Ingegneria E. Ferrari di Modena, su accordi presi dal prof. Ing. A.Nobili con i responsabili dei diversi enti che oggi occupano lo stabile.

Con questo si vuole evidenziare che il processo di conoscenza e di studio dell'edificio è stato svolto sia sul versante operativo che quello teorico-analitico.

Di seguito alcune immagini su aspetti particolari dell'edificio.



Fig. 2.8 Porzione del fabbricato su Via Mazzini (sede oggi GdF ex Monastero di S. Chiara)



Fig. 2.8.1 Antica apertura (probabile ingresso della Chiesa di Sant'Antonio Abate)

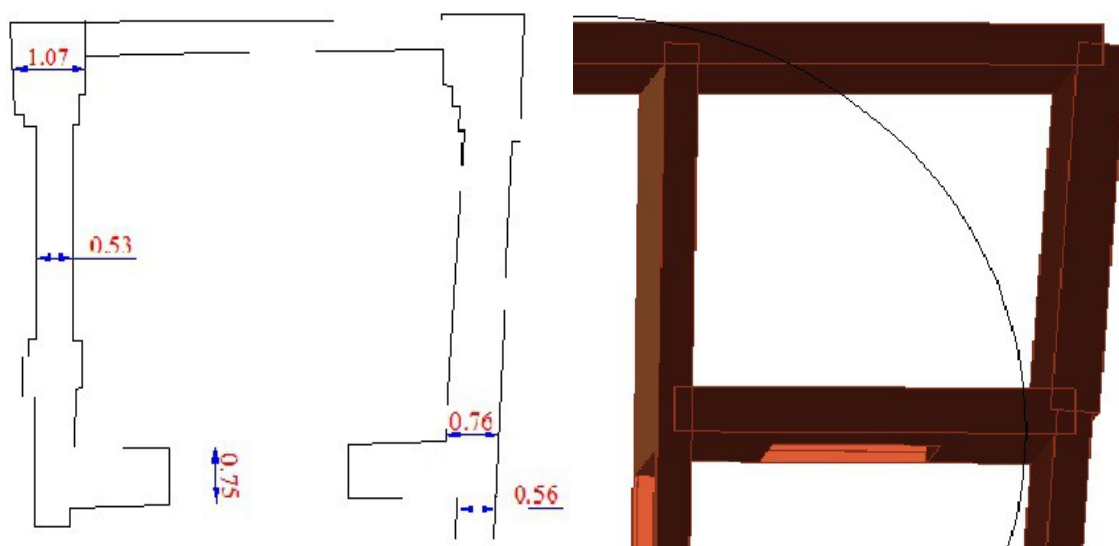


Fig. 2.8.2 Muro di spessore 75cm con apertura (probabile muro della Chiesa di S. Antonio)



Fig. 2.8.3 Antiche vetrate in cemento

3. CREAZIONE DEL MODELLO – 3MURI

3.1 ASPETTI GENERALI

La creazione dei file in formato .DXF è avvenuta mediante il salvataggio dal programma AutoCad (Prodotto AutoDesk), da formato .DWG a .DXF.

Successivamente si è trasferito il file sul programma 3MURI utilizzato per la creazione del modello.

Questo nuovo programma di calcolo sismico per le strutture in muratura secondo la N.T.C. 08 è propedeutico per esaminare piccole e grandi strutture in muratura con la presenza di elementi in c.a., acciaio, legno, con l'obiettivo di creare virtualmente una struttura solida simile ad un unico “telaio equivalente” (vedi Fig.3.1), definito macroelemento.

Dal macroelemento più comunemente chiamato modello, il quale permette di comprendere quali sono i comportamenti di risposta della struttura dopo l'azione del sisma. I dati forniti aiutano il progettista a meglio comprendere quali interventi di ripristino è possibile effettuare alle parti strutturali.

Per calcolare le diverse strutture e comportamenti, il software adotta il metodo FME (Frame by Macro Elements) basandosi sullo studio dei comportamenti di edifici danneggiati dal sisma.

Infine il telaio equivalente consente di ben rappresentare il comportamento delle strutture in muratura (come in questo caso l'edificio proposto), semplificando le analisi in base alla riduzione dei gradi di libertà.

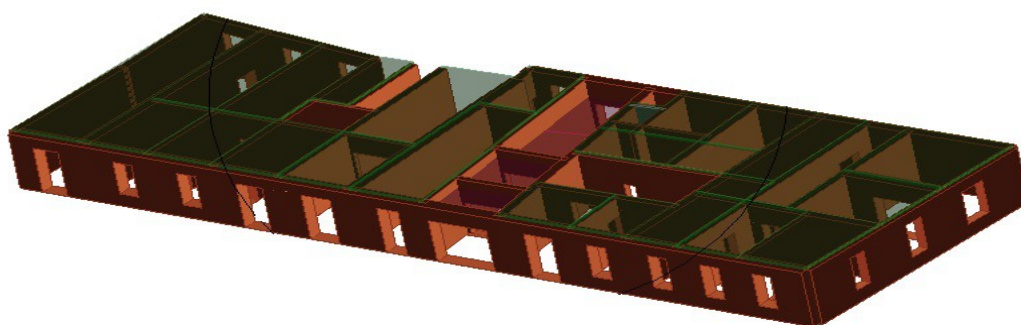


Fig. 3.1 Livello 1 (piano terra) dell'edificio con visualizzazione 3D

Il software 3Muri, nella prima fase di rappresentazione grafica permette il tracciamento delle pareti mediante l'utilizzo di alcuni comandi quale “INSERIMENTO PARETI” con molteplici proprietà. La fase successiva consiste nell'attribuire a ogni elemento murario le caratteristiche mediante il comando “ASSEGNA PROPRIETÀ” che definisce i parametri della muratura e degli altri elementi presenti come porte, finestre, solai e elementi in c.a.. Dopo avere attribuito e definito tutte le proprietà degli elementi della struttura si passa all'analisi “MESH PARETI e SOLAI” (vedi fig. 3.2.1) dove si analizzano i requisiti minimi per poter effettuare i calcoli sul modello.

La fase di analisi è fornita dal comando “ANALISI PUSH-OVER”, in cui si calcolano: il comportamento della struttura, quali sono le diverse parti murarie che rimangono integre (strutturalmente parlando) e quali, invece si deformano o rompono. I risultati vengono indicati in un'apposita tabella che specifica i comportamenti meccanici degli elementi colpiti dall'onda sismica.

Il modello viene poi completato con l'inserimento dei carichi sui solai, i vincoli cinematici e le eventuali (nel nostro caso non sono considerate) caratteristiche del terreno.

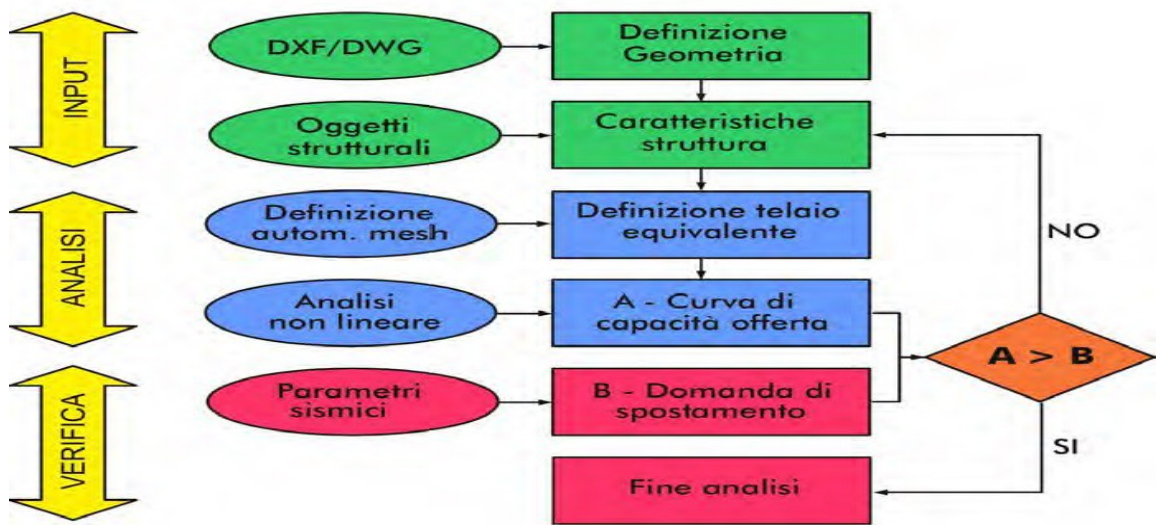


Fig. 3.2 Fase procedurale di esecuzione del programma

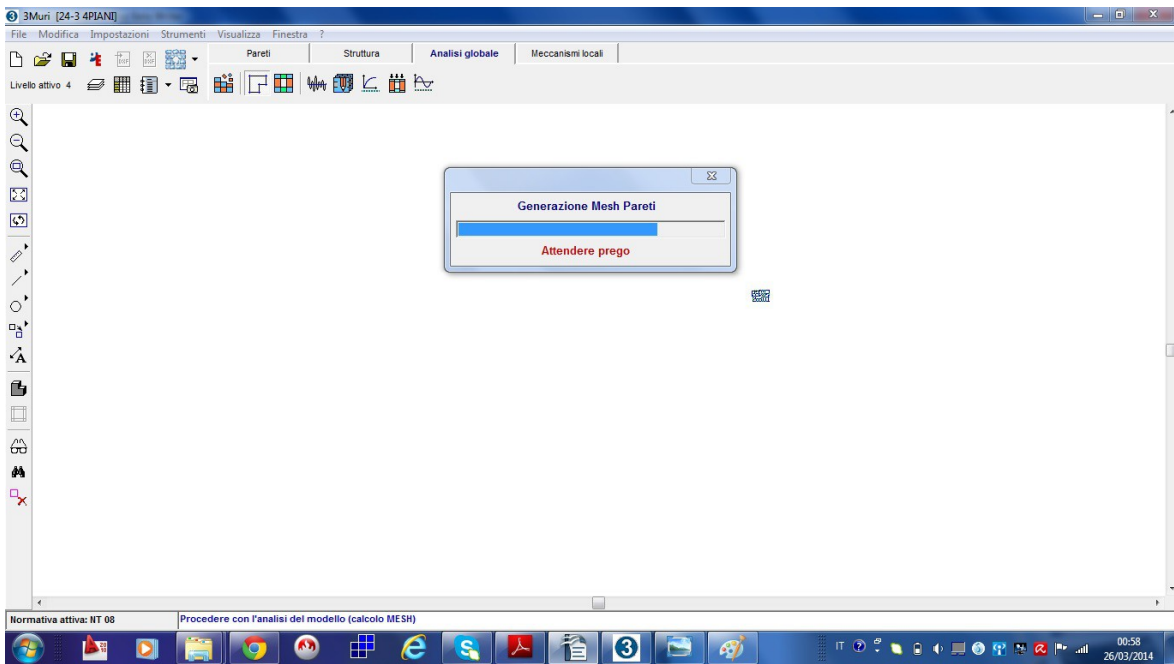
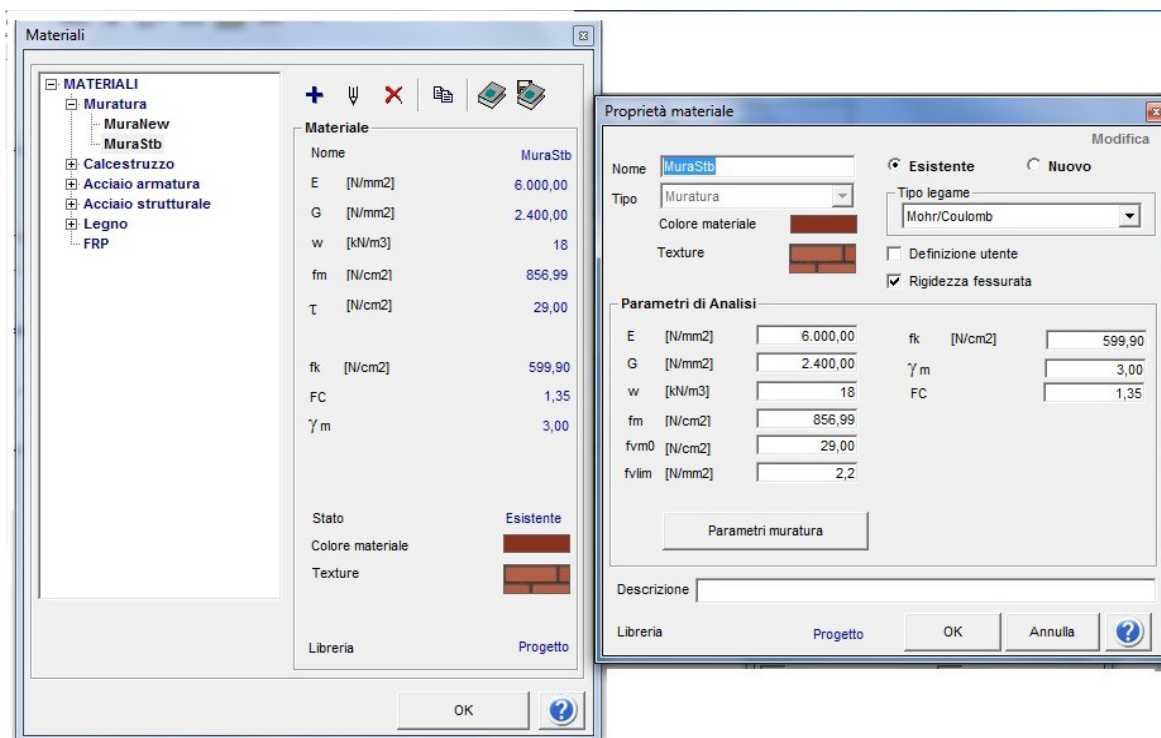


Fig. 3.2.1 Fase di analisi – Generazione Mesh Pareti -

3.2 COMPORTAMENTI E PARAMETRI DELL'EDIFICIO

MURATURA



Muratura					
Nome	E [N/mm ²]	G [N/mm ²]	Peso specifico [kN/m ³]	f _m [N/cm ²]	Resistenza taglio [N/cm ²]
MuraStb	1.500,00	500,00	18	177,78	4,44

Fig. 3.2 Dettagli muratura in mattoni pieni e malta di calce

Sull'attuale edificio per diversi motivi non è stato possibile effettuare analisi approfondite alle murature, con questo vincolo si deve ritenere questo studio di carattere qualitativo. Nota l'età dell'edificio e i dati in mio possesso, mi permettono di adottare, come parametri di calcolo, una muratura portante in mattoni pieni e malta di calce M5. I diversi valori della muratura, che sono riportati in tabella, sono opportunamente calcolati in automatico dal programma (3Muri) mediante una elaborazione automatica iniziale.

CALCESTRUZZO

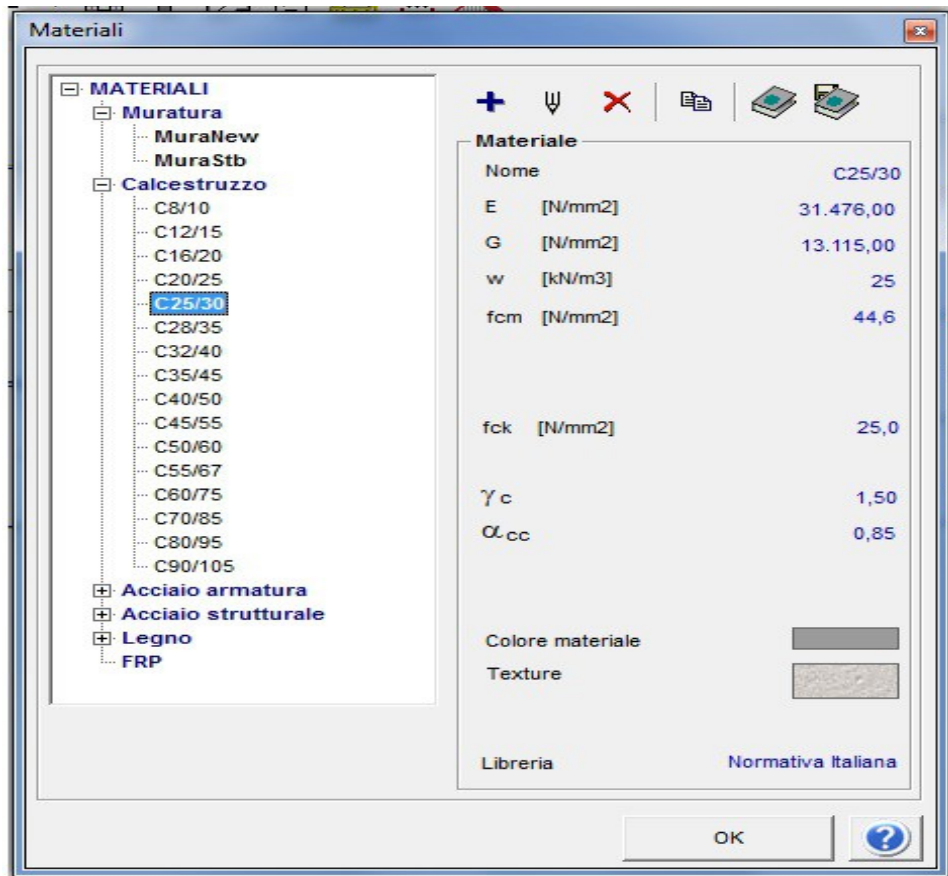


Fig. 3.3 Dettagli del Calcestruzzo utilizzato nello studio del modello

Il tipo di calcestruzzo che si è scelto di adottare nello studio del modello, secondo quanto rilevato e osservato è C 25/30. La N.T.C. 08 riporta i valori nell'immagine qui sopra con il comando (basso destra – punto interrogativo).

SOLAI

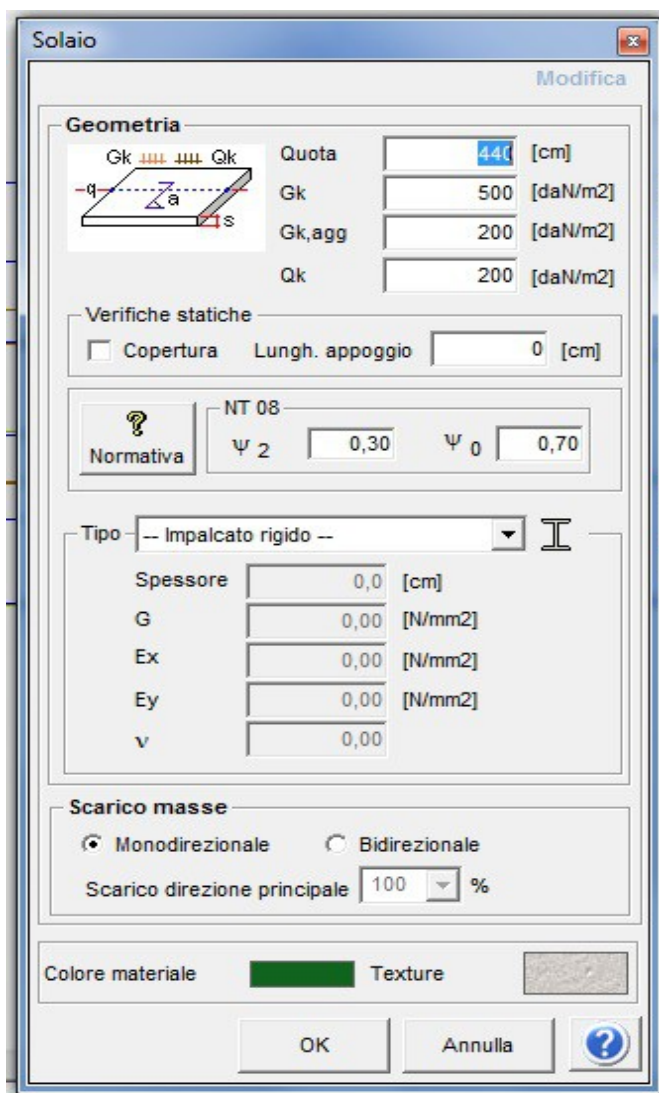


Fig. 3.4 Dettagli delle proprietà dei solai

Il solaio scelto per il calcolo del modello ha le caratteristiche di IMPALCATO RIGIDO. Questi tipi di solai scaricano il proprio peso alle murature sui quali poggiano secondo un'unica direzione come indicato nel comando “Scarico masse” mono-direzionale. Dalla foto si vede come il peso proprio permanente strutturale è assunto pari a 500 N/m^2 e il carico accidentale o variabile pari a 200 N/m^2 . Dalle planimetrie è possibile notare che le murature portanti sono parallele all'asse Y e l'orditura dei solai parallela all'asse X per quasi tutti i diversi ambienti dell'edificio.

3.3 CREAZIONE DEL MODELLO

Lo studio svolto solo su una parte dell'edificio è stato fatto per facilitarne l'apprendimento comportamentale dei meccanismi della struttura qualora fosse soggetta ad azione sismica nelle due direzioni del piano X e Y.

Di seguito vengono riportate le planimetrie in formato .DXF delle quattro porzioni di livello dell'elemento studiato.

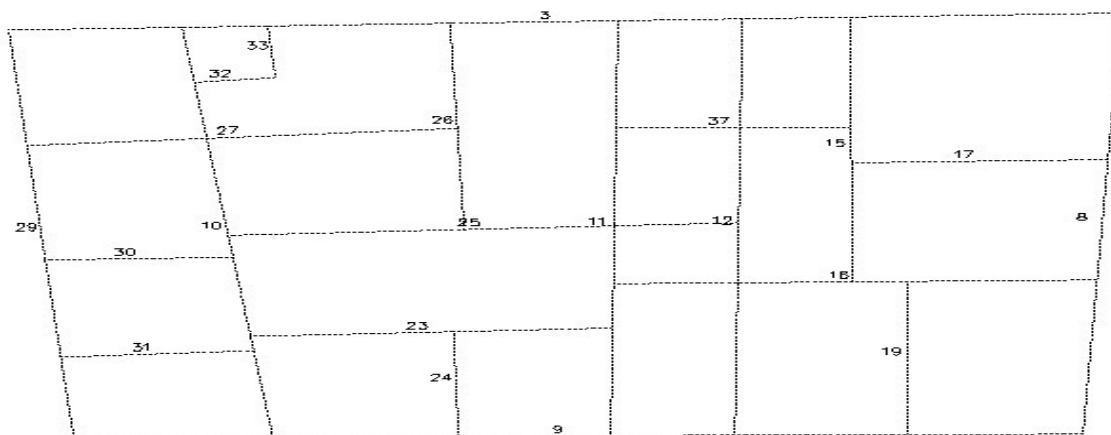


Fig. 3.3 .DXF piano terra

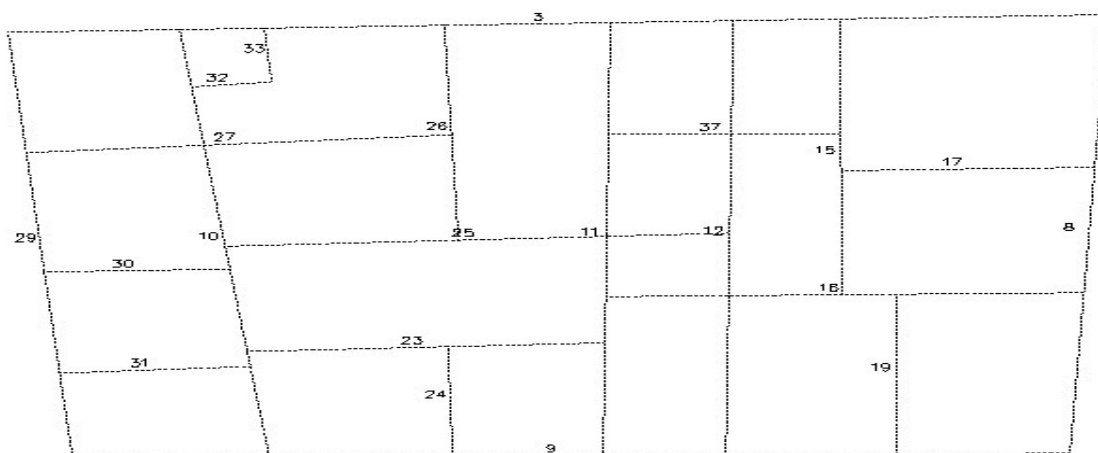


Fig. 3.4 .DXF piano primo

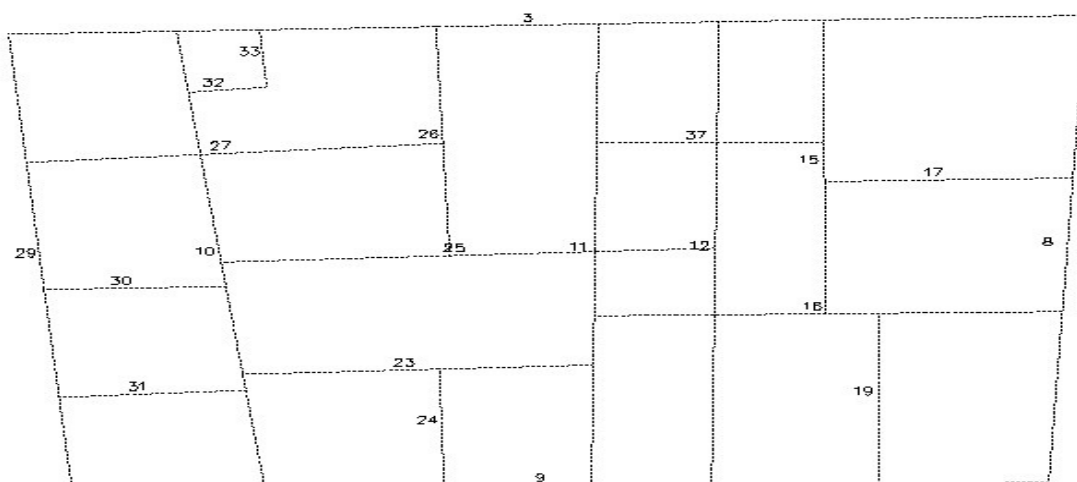


Fig. 3.5 .DXF piano secondo

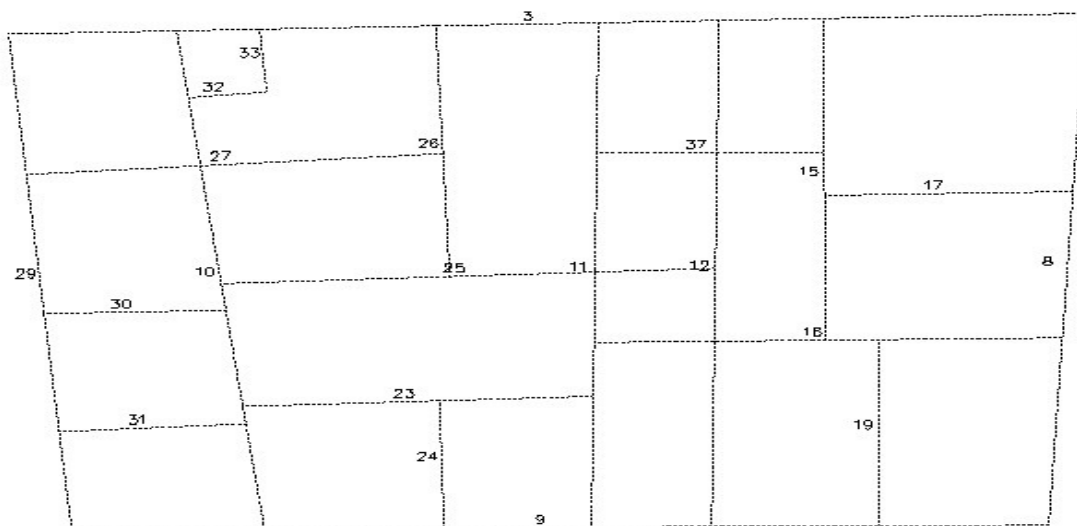


Fig. 3.6 .DXF piano terzo

Si riportano le immagini dei diversi livelli della porzione di edificio studiata ottenuta con la modellazione tramite il software 3Muri.

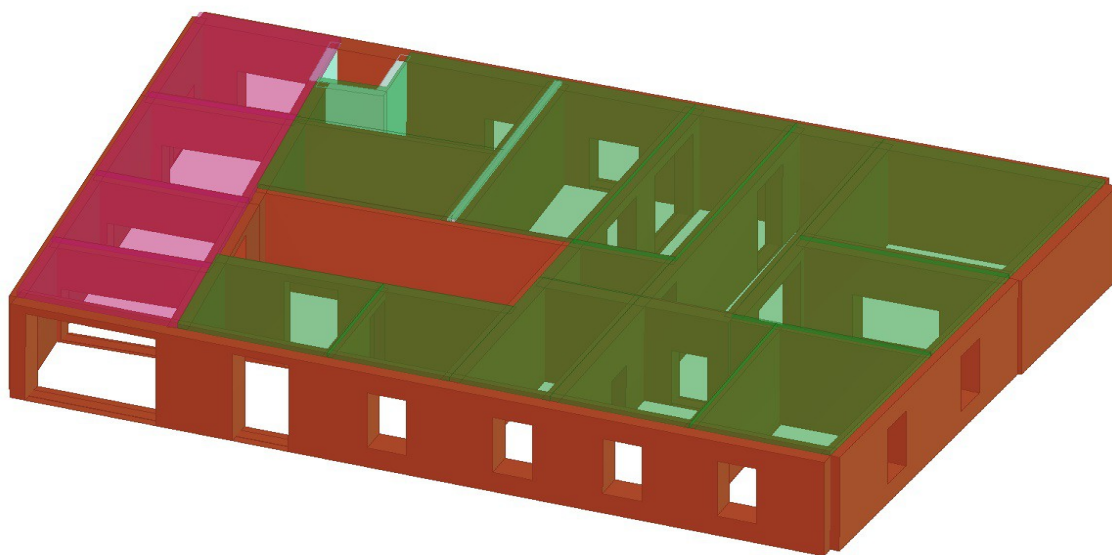


Fig. 3.7 Vista 3D piano terra con andamento dei solai e volte

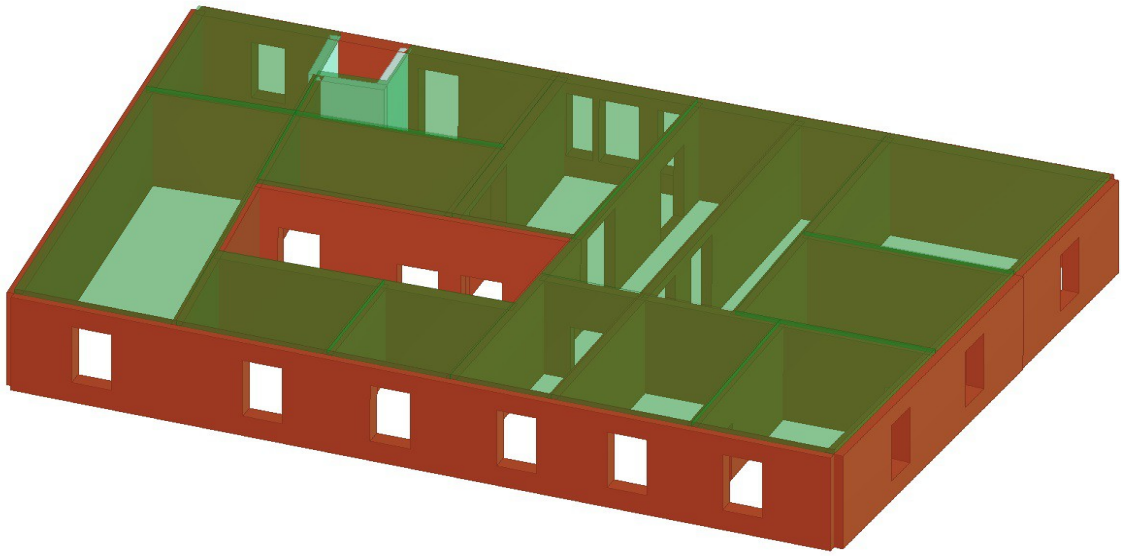


Fig. 3.8 Vista 3D piano primo con solai

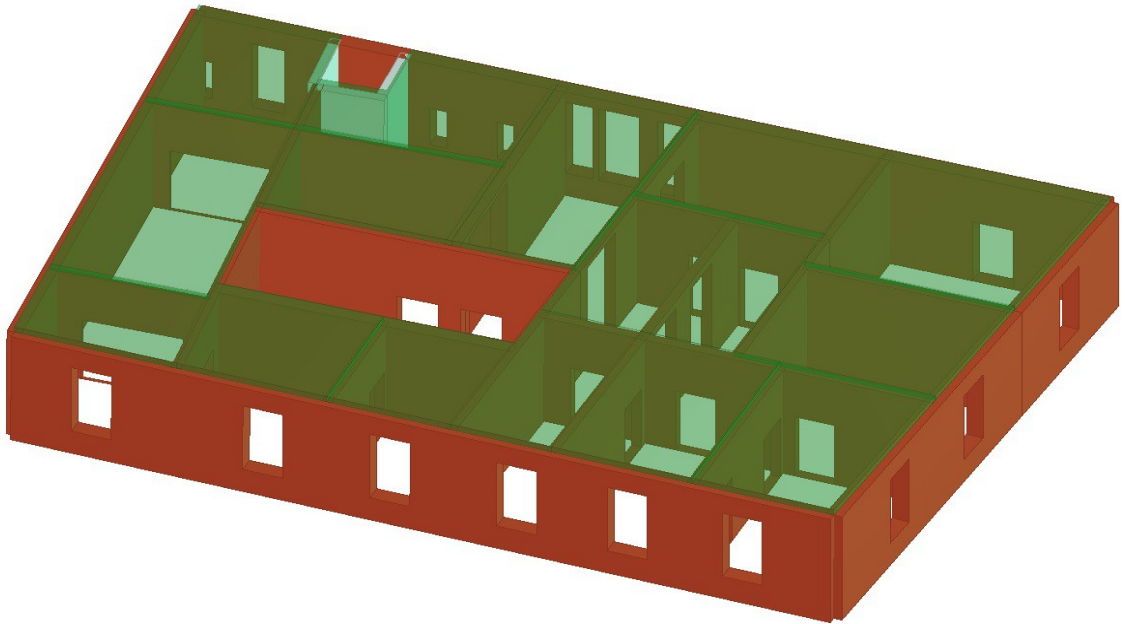


Fig. 3.9 Vista 3D piano secondo con solai

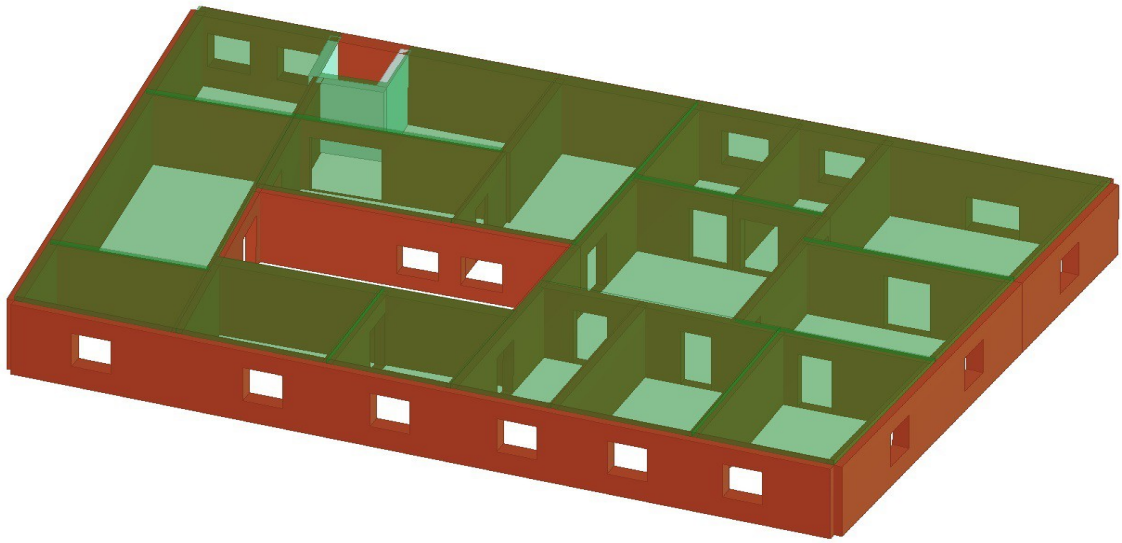


Fig. 3.9 Vista 3D piano terzo con solai

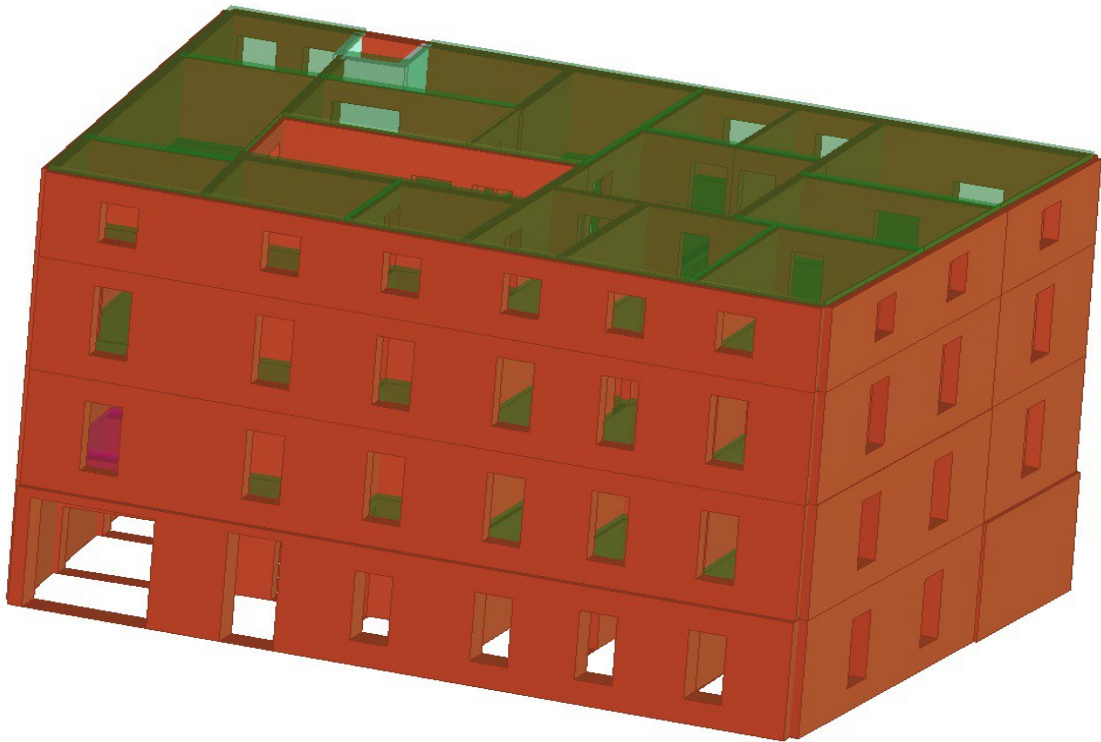


Fig. 3.10 Vista 3D del modello (angolo destro tra Via Emilia S.Stefano e Via Mazzini)

3.3.1 PARTICOLARITÀ COSTRUTTIVE DEL MODELLO

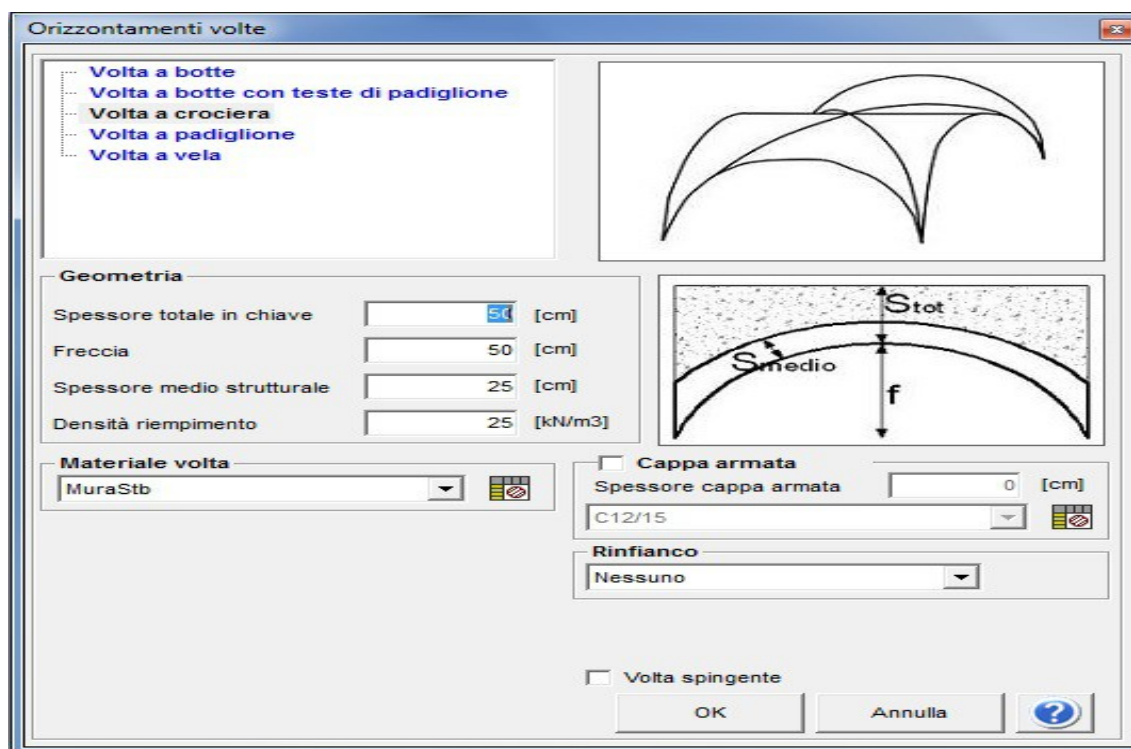


Fig. 3.11 Scheda tecnica delle volte

L'ingresso all'edificio su Via Emilia è caratterizzato da un solaio di tipo “volta a crociera”, probabilmente uno dei pochi particolari strutturali rimanenti dell'antica Chiesa di Sant'Antonio Abate. I parametri inseriti sono stati scelti in maniera identificativa senza alcuna analisi, quindi da non considerarsi come valori esatti.

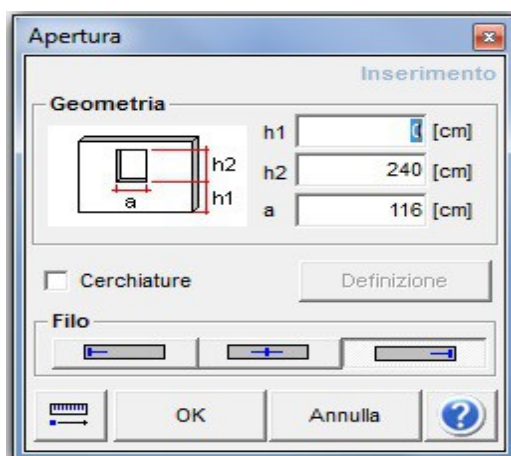


Fig. 3.12 Dettaglio di comando inserimento delle aperture nella muratura

4. ANALISI SISMICA PUSH-OVER

L'analisi sismica non lineare definita Push-Over, svolta in automatico dal programma secondo l'attuale N.T.C. 08 (Normativa Tecnica delle Costruzioni 2008) [1], dopo una prima fase di generazione delle MESH (vedi figura 4.1), in cui vengono verificati i parametri minimi sia dalle murature che dei solai in seguito alla modellazione dell'elemento permette di restituire i risultati in forma tabellare.

L' "analisi statica non lineare" viene spiegata attraverso un diagramma dove vengono rappresentate due tipi di curve, quella più a destra definita bilineare equivalente mentre la curva di colore rosso, più a sinistra, fornisce lo spostamento minimo richiesto dalla normativa. Se quest'ultimo valore della curva risulta inferiore al limite destro della curva bilineare, allora la verifica è soddisfatta.

Per definire una struttura resistente al carico sismico bisogna vedere se il valore D_{max} (spostamento richiesto dalla normativa) risulta inferiore al valore D_u (spostamento ultimo della struttura).

Lo studio dell'analisi Push-Over per i quattro livelli dell'edificio mette subito in evidenza i gravi squilibri e cedimenti con conseguenti comportamenti di tipo plastico, taglio, deformazione presso flessione delle pareti murarie, oggetto di studio.

Fino dal livello 1 o livello terreno, le pareti murarie sono soggette a valori di deformazione parecchio elevati, questo perché le indagini e parametri tecnici, strutturali a noi forniti e successivamente inseriti nel modello di calcolo non sono sufficienti per poter considerare lo studio sufficientemente esaustivo perciò infatti l'analisi è da considerarsi come un'ottima base di partenza ma non come un elaborato definitivo.

4.1 ANALISI PUSH-OVER DI ALCUNE PARETI-MASCHI MURARI

4.1.1 PARETE P3

Nell'analizzare e commentare i comportamenti “non lineari” delle pareti che compongono la parte di edificio studiata, si è deciso di inserire le tabelle che meglio rappresentano e spiegano le analisi e i comportamenti statici in seguito all'azione generata dal sisma.

In particolare si fa riferimento alla porzione di parete della facciata principale che si apre su Via Emilia Santo Stefano. Lo studio viene effettuato con direzione del sisma lungo l'asse X parallelo alla facciata P3, si considerano nulle le eccentricità e si impone uno spostamento medio massimo dei nodi di 5 cm (vedi tabella 4.1.1).

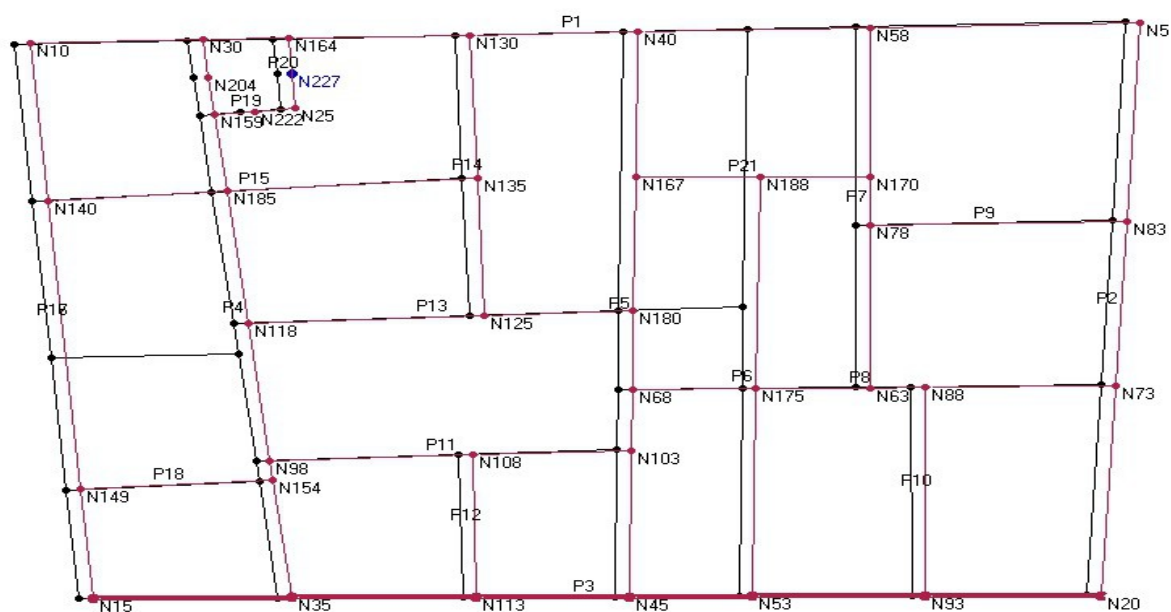


Fig. 4.1 Pianta pareti, in evidenza la porzione di parete P3 (rosso) della facciata frontale

N.	Inserisci in relazione	Dir. sisma	Carico sismico proporzionale	Ecc. [cm]	Dmax SLV [cm]	Du SLV [cm]	q* SLV	Dmax SLD [cm]	Dd SLD [cm]	Dmax SLO [cm]	Do SLO [cm]	Alfa u	Alfa e
1	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	Masse	0,0	3,41	4,04	2,341	1,31	3,04	1,01	3,04	1,177	2,297
2	<input checked="" type="checkbox"/>	+X	1° modo	0,0	4,09	3,86	2,685	1,54	2,66	1,17	2,66	0,945	1,723
3	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	Masse	0,0	3,62	3,89	2,524	1,39	2,60	1,05	2,60	1,073	1,869
4	<input checked="" type="checkbox"/>	-X	1° modo	0,0	4,24	4,24	2,717	1,60	3,07	1,21	3,07	1,000	1,921

Verificato
 Non verificato
 Non converge a p.p.
 Analisi più gravosa

Piano-Soil

Fig. 4.1.1 Tabella delle analisi delle pareti lungo l'asse +X

NT 08: Verifica SLU non soddisfatta - Verifica SLD soddisfatta

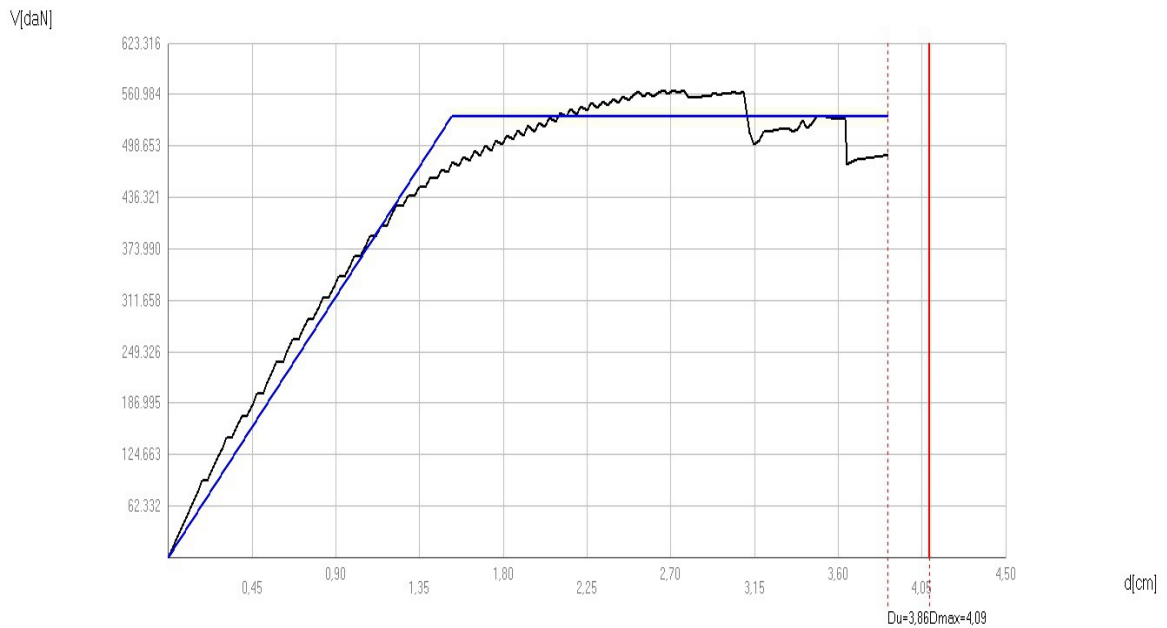


Fig. 4.2 Diagramma dell'analisi Push-Over per la parete P3

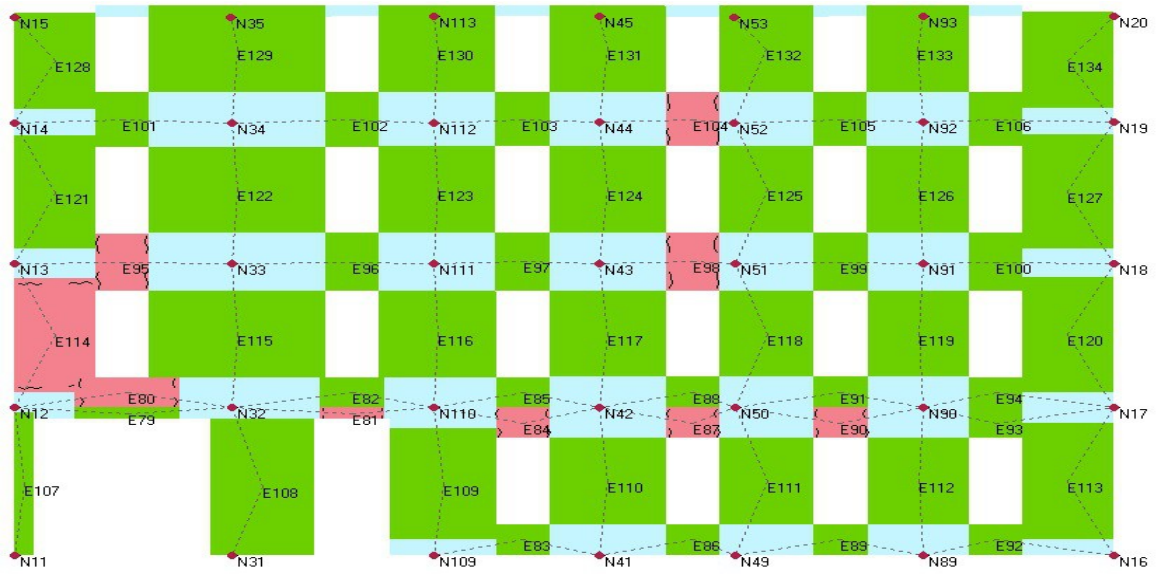


Fig. 4.3 Prima fase del danneggiamento della porzione di facciata su Via Emilia S.Stefano

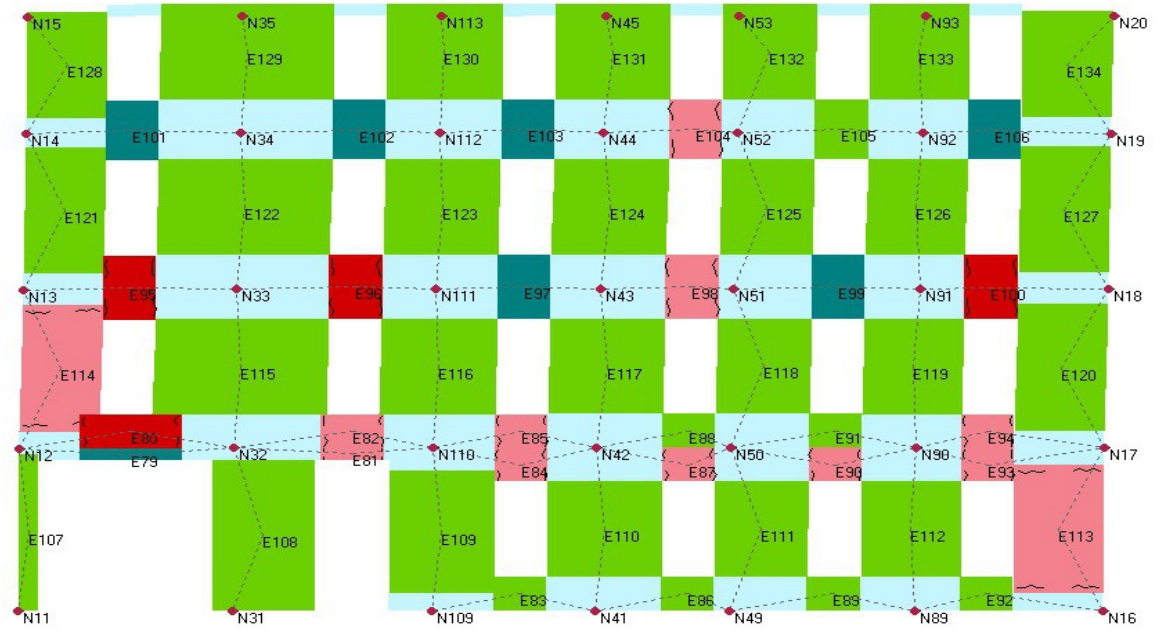


Fig. 4.3.1 Seconda fase del danneggiamento della facciata su Via Emilia S.Stefano

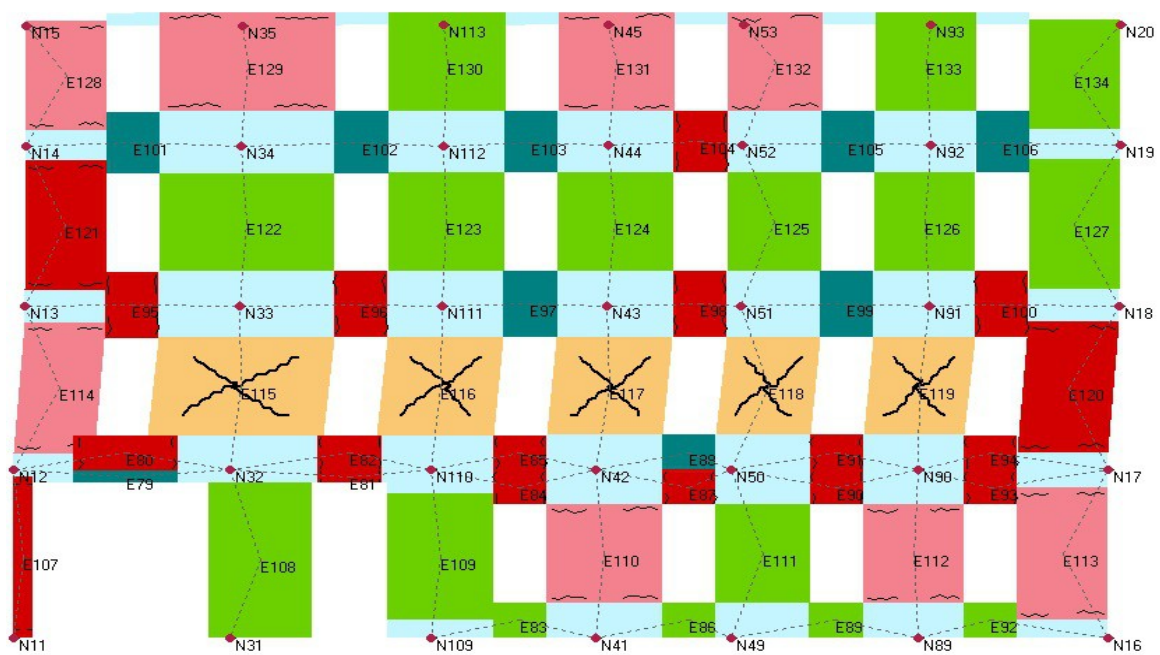


Fig. 4.3.2 Terza fase del danneggiamento della facciata su Via Emilia S. Stefano

Legenda	
Muratura	
	Integro
	Plastico per taglio
	Rottura per taglio
	Plastico presso flessione
	Rottura presso flessione
	Rottura per compressione
	Rottura per trazione
	Rottura in fase elastica
C.A.	
	Integro
	Rottura per taglio
	Plastico presso flessione
	Rottura presso flessione
	Rottura per compressione
	Rottura per trazione
	Rottura per taglio (armatura diagonale carente)
Acciaio	
	Integro
	Plastico presso flessione
	Plastico per compressione
	Plastico per trazione
	Elemento non efficace
	Ritorno in fase elastica
Legno	
	Integro
	Rottura presso flessione
	Rottura per compressione
	Rottura per trazione

Fig.4.3.3 Tabella con attribuiti i colori degli stati di rottura

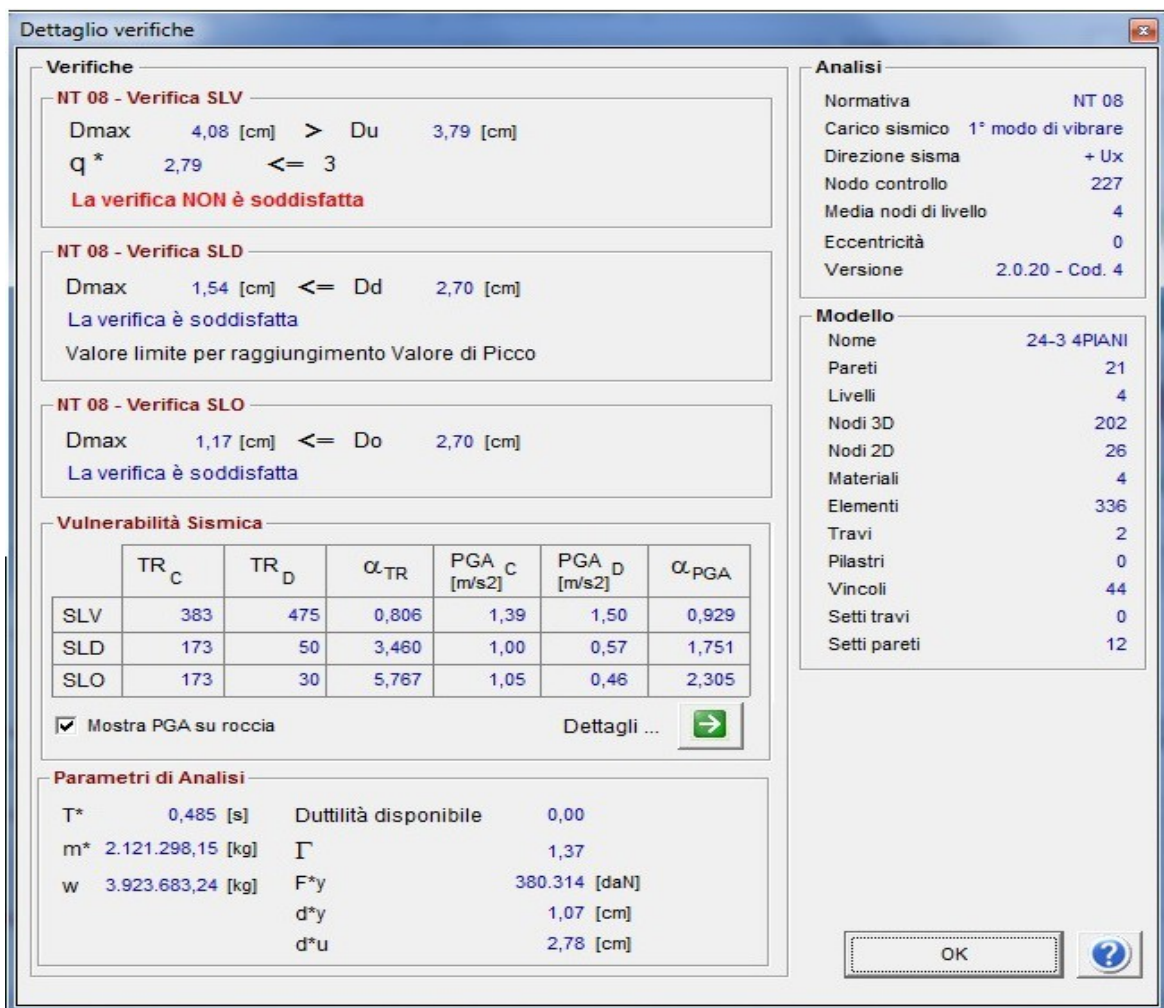


Fig.4.4 Tabella di verifica degli SLV, SLD e SLO

Vulnerabilità Sismica

	TR _C	TR _D	α_{TR}	PGA _C [m/s ²]	PGA _D [m/s ²]	α_{PGA}
SLV	357	475	0.752	1.86	2.56	0.726
SLD	129	50	2.580	1.53	1.02	1.499
SLO	129	30	4.300	1.51	0.77	1.953

Mostra PGA su roccia Dettagli ...

Fig. 4.4.1 Tabella dei parametri di Vulnerabilità Sismica

Vulnerabilità Sismica

					TR _C			TR=cost		
	TR _C	TR _D	α _{TR}	PGA _D [m/s ²]	PGA _C (TR) [m/s ²]	F ₀ (TR)	T _C ^{*(TR)}	α _{PGA} (TR)	PGA _C [m/s ²]	α _{PGA}
SLV	405	475	0,853	1,50	1,40	2,39	0,29	0,935	1,42	0,945
SLD	167	50	3,340	0,57	0,96	2,46	0,28	1,686	0,98	1,723
SLO	167	30	5,567	0,46	0,96	2,46	0,28	2,099	1,04	2,268


OK 

Fig. 4.4.2 Tabella dei parametri sismici del comando Dettagli

$\alpha_{PGA} = PGA_C / PGA_D$; $\alpha_{TR} = TR_C / TR_D$

PGA_C: Accelerazione di capacità limite per ciascuno degli stati limite (indipendente dallo spettro sismico).
 PGA_D: Accelerazione spettrale per ciascuno degli stati limite (dipendente dallo spettro sismico).
 TR_C: Periodo di ritorno dell'azione sismica di capacità limite per ciascuno degli stati limite.
 TR_D: Periodo di ritorno spettrale per ciascuno degli stati limite.

Nell'area denominata "Parametri di Analisi" compaiono i seguenti fattori:
 T^{*}: Periodo del sistema equivalente
 m^{*}: massa del sistema equivalente
 W: massa totale
 Duttilità disponibile: rapporto tra spostamento ultimo e spostamento limite elastico
 Γ: fattore di partecipazione modale [C.7.3.5]
 F_y^{*}: forza di plasticizzazione del sistema equivalente [C.7.3.4]
 d_y^{*}: spostamento di plasticizzazione del sistema equivalente [C.7.3.4]
 d_u^{*}: spostamento ultimo del sistema equivalente

[2]

Fig. 4.4.3 Legenda dei parametri presenti nelle tabelle di Vulnerabilità Sismica

Nodo	Fx [daN]	Fy [daN]	Fz [daN]	Mx [daNcm]	My [daNcm]
11	11	0	29.367	3.534	-656.519
16	1.703	2.896	117.024	10.242.621	4.459.520
31	-7.718	-42	85.661	38.953	-7.235.409
41	-4.265	-23	85.476	18.974	-3.524.410
49	-2.400	2.699	137.290	10.591.557	-7.207.809
89	-914	1.375	94.407	1.118.947	-220.306
109	-4.009	329	116.331	4.372.201	-3.172.857

Fig.4.4.4 Tabella delle REAZIONI VINCOLARI ai CARICHI VERTICALI della facciata

Nodo	Ux [cm]	Uy [cm]	Uz [cm]	Rot X [rad]	Rot Y [rad]	Nodo	Ux [cm]	Uy [cm]	Uz [cm]	Rot X [rad]	Rot Y [rad]
1	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	54	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000
2	0,01	-0,02	-0,13	0,0001	0,0000	55	0,01	-0,01	-0,14	0,0002	0,0000
3	0,01	-0,08	-0,25	0,0002	0,0000	56	0,01	-0,06	-0,27	0,0004	0,0000
4	0,01	-0,14	-0,33	0,0002	0,0000	57	0,00	-0,10	-0,34	0,0005	0,0000
5	0,00	-0,18	-0,35	0,0003	0,0000	58	0,00	-0,13	-0,37	0,0006	0,0000
6	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	126	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000
7	0,00	0,01	-0,21	0,0000	0,0001	127	0,01	0,00	-0,09	0,0001	0,0001
8	0,01	0,01	-0,35	0,0001	-0,0002	128	0,01	-0,02	-0,23	0,0002	0,0001
9	0,00	0,02	-0,43	0,0001	-0,0002	129	0,00	-0,05	-0,31	0,0004	0,0002
10	-0,01	0,02	-0,46	0,0001	-0,0002	130	0,00	-0,06	-0,32	0,0005	0,0002
26	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	160	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000
27	0,01	0,00	-0,01	0,0000	0,0001	161	0,01	0,00	-0,03	-0,0001	0,0001
28	0,01	0,00	-0,03	0,0000	0,0000	162	0,01	-0,01	-0,03	0,0000	0,0000
29	0,00	-0,01	-0,03	0,0000	0,0000	163	0,00	-0,02	-0,04	0,0000	0,0000
30	0,00	-0,01	-0,03	0,0000	0,0000	164	0,00	-0,03	-0,03	0,0000	0,0000
36	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	189	0,01	0,00	-0,16	0,0000	-0,0001
37	0,01	-0,01	-0,16	0,0013	0,0000	190	0,00	0,00	-0,26	0,0000	-0,0002
38	0,01	-0,04	-0,30	0,0007	0,0000	191	0,01	0,00	-0,29	0,0000	0,0000
39	0,00	-0,07	-0,37	0,0007	0,0000	192	0,01	0,00	-0,23	0,0000	-0,0003
40	0,00	-0,09	-0,40	0,0010	0,0000	193	0,00	0,00	-0,34	0,0000	-0,0002
46	0,00	0,00	0,00	0,0000	0,0000	194	0,00	0,00	-0,36	0,0000	-0,0001
47	0,01	-0,01	-0,15	0,0001	0,0000	195	0,01	0,00	-0,25	0,0000	-0,0003
48	0,01	-0,05	-0,28	0,0003	0,0000						

Fig.4.4.5 Tabella degli spostamenti e rotazioni della parete P3

4.1.2 CONSIDERAZIONI SULLA PARETE P3:

Grazie all'analisi e grafici ottenuti dal programma 3Muri è possibile fare alcune brevi osservazioni di carattere strutturale.

1. In primo luogo è possibile vedere come le diverse fasi o step di danneggiamento della parete P3, disposta lungo l'asse +X con azione del sisma parallela alla parete, portano ad avere uno stato di danneggiamento finale della facciata principale di notevole entità.

2. I principali danni avvengono nei vari maschi murari presenti al primo livello della struttura, i quali subiscono una deformazione di tipo plastico per taglio nella zona centrale del pannello murario priva di aperture, mentre due tipi di deformazioni: rottura per presso flessione e rottura in fase elastica nelle zone al di sotto delle aperture.

Una spiegazione concreta a questo comportamento non trova facile risposta, pertanto ci si limita nel supporre alcuni possibili casi quale il restringimento dello spessore della muratura del livello 1 (90 cm) a uno fortemente minore (50 cm), relativo al livello 2 e ai piani successivi.

La variazione in altezza dello spessore della facciata può portare a questi spostamenti lievemente fuori piano dell'intera struttura.

3. Inoltre la curva di analisi Push-Over (fig. 4.2) ci mostra come la curva **D_{max}** sia maggiore della **D_u** e, come detto in precedenza, la verifica agli SLV non risulta verificata (vedi tabella 4.4) perché il “fattore di struttura calcolato” [q^*] risulta essere inferiore dello spostamento ultimo della struttura **D_u**.

4. Nelle tabelle (4.4.1, 4.4.2, 4.4.4, 4.4.5) sono riportati i parametri di Vulnerabilità Sismica calcolati dal programma secondo il D.M. 87 [3] (aggiornato a oggi nella N.T.C. 08 [1]), con particolare riferimento alla tabella (4.4.4) delle Reazioni Vincolari.

Nella tabella vengono mostrate le intensità delle reazioni nei nodi con particolare attenzione alla forza di reazione di -4009N lungo l'asse X al nodo 109, che partecipa nell'opporsi allo scorrimento verso destra dell'intero piano.

Infine si può osservare che le deformazioni più significative, con azione sismica parallela alla parete muraria in esame, possano essere agevolate dall'assenza di cordoli in c.a. che permettono il collegamento tra i vari livelli della struttura.

5. ANALISI STATICA – CARICHI VERTICALI

L'analisi statica viene effettuata dal programma attraverso le normative vigenti per le pareti più gravose, che si è deciso di studiare della porzione di edificio.

Con questa analisi si vuole evidenziare il calcolo in tre differenti sezioni (inferiore, centrale, superiore) delle eccentricità di ogni maschio murario soggetto a rottura in seguito all'azione sismica. Tutte le verifiche vengono eseguite mediante le diverse combinazioni dei carichi statici, in base a quanto prescritto dalla normativa vigente attiva al momento del calcolo.

Successivamente saranno mostrate le analisi statiche svolte dal programma, per la porzione di parete P3 della facciata principale.

5.1 ANALISI STATICA PARETE P3

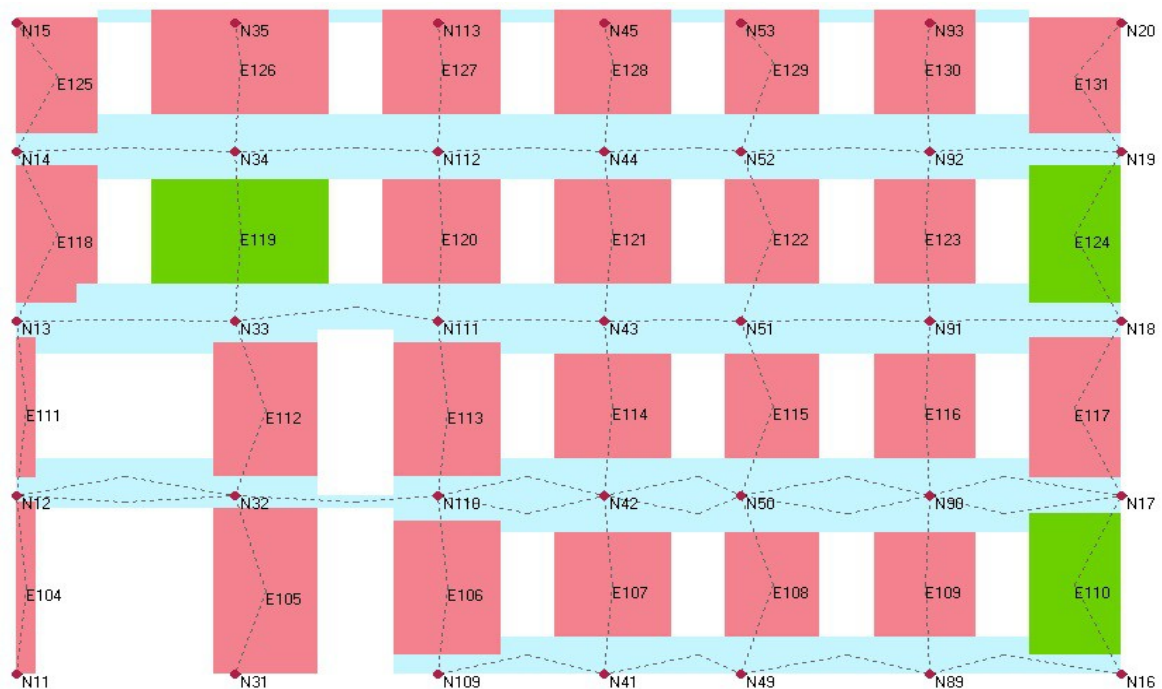


Fig. 5 Mesh delle deformazioni statiche della parete P3

Parete ▲	Maschi rotti	Nd / Nr Max	h0 / t Max	e1 / t Max	e2 / t Max
1	16	1,57	8,60	0,532	0,194
2	17	2,34	8,60	0,532	0,205
3	25	3,07	8,60	0,518	0,186
4	8	2,83	14,33	0,416	0,171
5	12	3,76	13,87	0,502	0,219
6	13	4,59	14,33	0,129	0,072
7	11	3,72	14,33	0,492	0,209
8	13	5,89	14,67	0,511	0,219
9	5	2,27	14,33	0,503	0,201
10	8	2,34	14,67	0,084	0,073
11	3	1,53	10,00	0,130	0,061
12	6	1,95	14,67	0,104	0,073
13	11	3,69	10,00	0,457	0,198
14	6	2,03	9,15	0,530	0,220
15	8	1,14	42,00	0,245	0,210
16	4	1,90	10,23	0,360	0,127
17	2	1,45	7,33	0,046	0,037
18	6	1,59	42,00	0,339	0,210
21	6	10,98	14,00	0,529	0,235

Fig. 5.1 Tabella dei valori resistenti e non resistenti delle pareti

Controllo di snellezza :	$h_0/t \leq 20$
	<i>h₀: lunghezza libera di inflessione del muro pari a $\rho \cdot h$</i> <i>t: spessore del muro</i>
Controllo di eccentricità dei carichi:	$e_1/t \leq 0.33$ $e_2/t \leq 0.33$
	$e_1 = e_s + e_a $; $e_2 = \frac{e_1}{2} + e_v $ <i>e_s: eccentricità totale dei carichi verticali;</i> <i>e_a: eccentricità dovuta a tolleranze di esecuzione;</i> <i>e_v: eccentricità dovuta al vento;</i>
Verifica ai carichi verticali:	$N_d \leq \Phi f_d A$
	<i>N_d: carico verticale agente di calcolo alla base del muro;</i> <i>A: area della sezione orizzontale del muro al netto delle aperture;</i> <i>f_d: resistenza di calcolo della muratura;</i> <i>Φ: coefficiente di riduzione della resistenza del muro.</i>

Fig. 5.1.1 Legenda dei parametri presenti nelle tabelle precedenti

Maschio	104	Fattore laterale di vincolo	1
Spessore	90,0 [cm]	h0	440 [cm]
Larghezza	44,8 [cm]	ea	2,2 [cm]
Altezza setto murario	440 [cm]	Mv	0 [daNcm]

Sezione	es [cm]	ev [cm]	e1 [cm]	e2 [cm]	Nd [daN]	Φ	Nr [daN]
Superiore	-11,0	0,0	13,2	6,6	26.138	0,59	14.081
Centrale	-10,2	0,0	12,4	6,2	28.101	0,75	18.051
Inferiore	-9,6	0,0	11,8	5,9	30.063	0,62	14.814

OK

Fig. 5.1.2 Tabella dei Dettagli di Verifica di un Maschio murario

ID ▲	Nd / Nr Max	Superiore			Centrale			Inferiore		
		Nd [daN]	Nr [daN]	Nd / Nr	Nd [daN]	Nr [daN]	Nd / Nr	Nd [daN]	Nr [daN]	Nd / Nr
104	2,03	26.138	14.081	1,86	28.101	18.051	1,56	30.063	14.814	2,03
105	1,46	107.873	84.477	1,28	117.660	102.516	1,15	127.448	87.206	1,46
106	1,27	98.627	88.152	1,12	106.805	106.077	1,01	114.983	90.639	1,27
107	1,28	117.100	100.058	1,17	124.056	118.284	1,05	131.012	102.655	1,28
108	1,27	90.723	79.018	1,15	96.386	94.714	1,02	102.049	80.654	1,27
109	1,30	101.794	85.540	1,19	107.846	102.042	1,06	113.899	87.654	1,30
110	0,97	65.855	80.230	0,82	73.235	93.981	0,78	80.615	83.419	0,97
111	3,07	19.002	6.512	2,92	19.887	8.709	2,28	20.771	6.767	3,07
112	2,14	74.551	37.686	1,98	78.993	48.248	1,64	83.436	38.927	2,14
113	1,88	65.607	38.323	1,71	70.150	49.268	1,42	74.693	39.801	1,88
114	1,81	71.299	42.471	1,68	75.163	54.214	1,39	79.028	43.730	1,81
115	2,09	66.364	33.831	1,96	69.510	43.519	1,60	72.657	34.802	2,09
116	1,92	65.577	36.512	1,80	68.940	46.817	1,47	72.302	37.595	1,92
117	1,29	37.325	33.581	1,11	41.367	43.080	0,96	45.408	35.328	1,29
118	1,08	17.519	16.159	1,08	21.065	31.900	0,66	24.612	22.891	1,08
119	0,95	44.290	52.029	0,85	50.143	75.025	0,67	55.996	59.087	0,95
120	1,17	36.116	33.288	1,08	40.011	49.176	0,81	43.907	37.637	1,17
121	1,19	36.993	33.619	1,10	40.858	49.004	0,83	44.722	37.689	1,19
122	1,32	32.705	26.256	1,25	35.851	39.358	0,91	38.997	29.553	1,32
123	1,23	33.371	28.992	1,15	36.733	42.503	0,86	40.095	32.497	1,23
124	0,84	18.541	26.278	0,71	22.523	39.196	0,57	26.506	31.692	0,84
125	0,83	7.229	n / d	n / d	10.227	26.229	0,39	13.224	15.887	0,83
126	0,41	7.941	n / d	n / d	13.794	64.569	0,21	19.647	48.189	0,41
127	0,61	8.011	n / d	n / d	11.906	39.743	0,30	15.802	25.756	0,61
128	0,38	5.175	n / d	n / d	9.039	43.858	0,21	12.903	33.651	0,38
129	0,59	6.211	n / d	n / d	9.357	32.347	0,29	12.504	21.222	0,59
130	0,58	6.438	n / d	n / d	9.800	34.641	0,28	13.163	22.867	0,58
131	0,27	2.197	n / d	n / d	5.563	38.173	0,15	8.928	33.586	0,27

Fig. 5.1.3 Tabella valori sezione (inf., cent., sup.) dei maschi murari della parete P3

Parametri calcolo statico	
Coefficienti	
γ_G	1.30
$\gamma_{G,agg}$	1.50
γ_Q	1.50
$\gamma_{Q,vento}$	1.50
$\gamma_{Q,neve}$	1.50
$\Psi_{0,vento}$	0.60
Carico dominante	
<input checked="" type="radio"/>	Q destinazione d'uso
<input type="radio"/>	Q neve
<input type="radio"/>	Q vento
OK Annulla ?	

Fig. 5.1.4 Tabella dei parametri statici

γ_G : Moltiplicatore dei carichi permanenti strutturali

$\gamma_{G,agg}$: Moltiplicatore dei carichi permanenti portati

γ_Q : Moltiplicatore dei carichi accidentali da destinazione d'uso del locale

$\gamma_{Q,vento}$: Moltiplicatore dei carichi vento

$\gamma_{Q,neve}$: Moltiplicatore dei carichi neve

$\Psi_{0,vento}$: Moltiplicatore dei carichi vento

Con il termine "Carico dominante" si intendere il carico " Q_{k1} " come da indicazioni normative.

Fig. 5.1.5 Legenda dei parametri statici

5.1.1 CONSIDERAZIONI PARETE P3:

L'analisi statica sulla parete P3 permette di osservare, come la maggior parte dei maschi murari che compongono la facciata non resistano all'azione dei carichi verticali.

1. I diversi maschi murari (vedi fig.5) hanno colorazioni differenti in base al tipo di deformazione, plastica o di rottura, a cui sono soggetti. Il colore rosso indica la non resistenza o la non completa stabilità e verifica degli elementi componenti la parete interessata, al contrario gli elementi di colore verde rappresentano la completa integrità e stabilità dopo l'azione del carico applicato.

2. I diversi calcoli ottenuti dalle analisi del programma 3Muri e riportate nelle tabelle (5.1, 5.1.3), indicano quali elementi della parete resistono e rimangono integri (colore cella verde) e quali non sono verificati (cella rossa).

I valori limite sono stati ottenuti dall'analisi del programma e, le diverse formule di calcolo vengono rappresentate nelle tabelle (5.1.1 e 5.1.2), secondo la N.T.C. 08.

3. La principale formula di verifica è ottenuta dal rapporto tra la reazione verticale agente, indicata con **Nd** e, la reazione verticale reagente **Nr** nei diversi nodi (numero tre) di ogni singolo elemento: la formula descritta è $Nd/Nr \leq 1$.

6. ANALISI MODALE

6.1 PARETE P3

Viene indicata anche una breve analisi dei modi di vibrare della parete P3.

La struttura dal comportamento scatolare, come previsto dal programma per la sua corretta analisi di tutte le fasi, tra cui quella modale fornisce uno schema il più corretto possibile sui comportamenti nelle diverse fasi di vibrazione della struttura.



Fig. 6 Modalità di vibrazione della parete fase 20

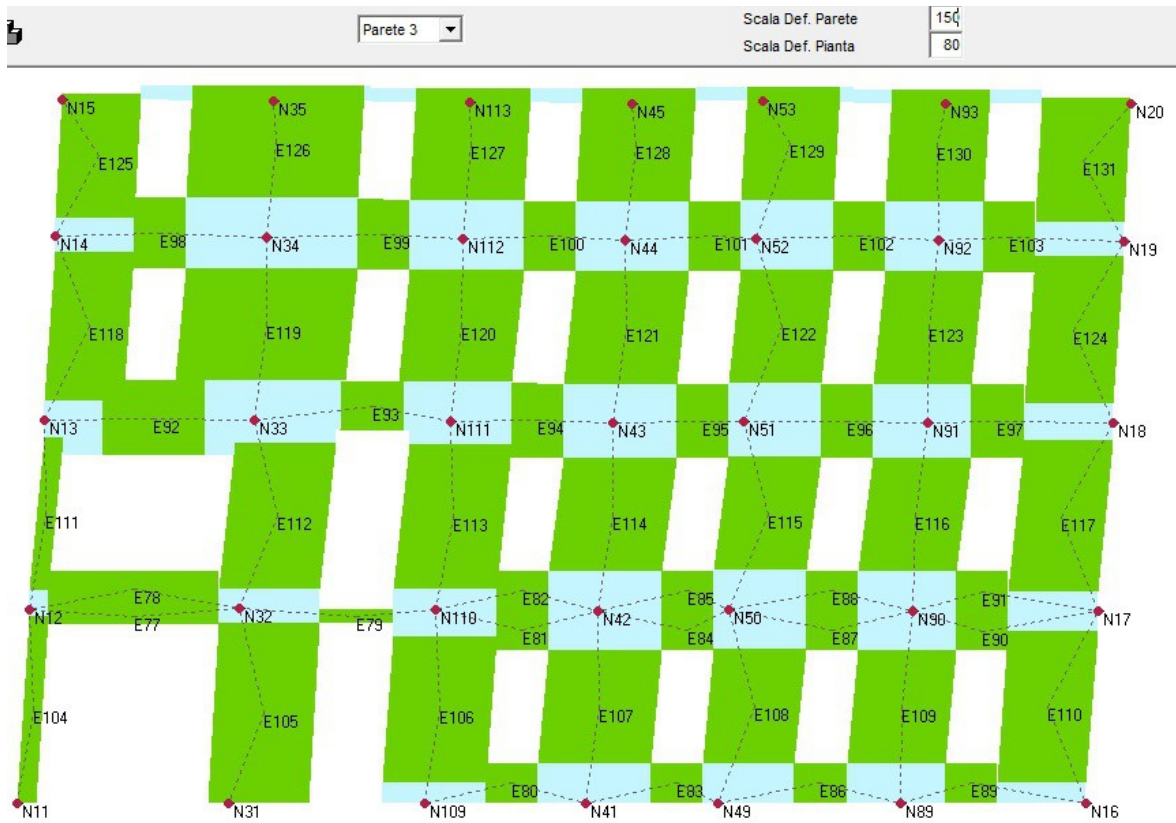


Fig. 6.1 Modalità di vibrazione della parete fase 150

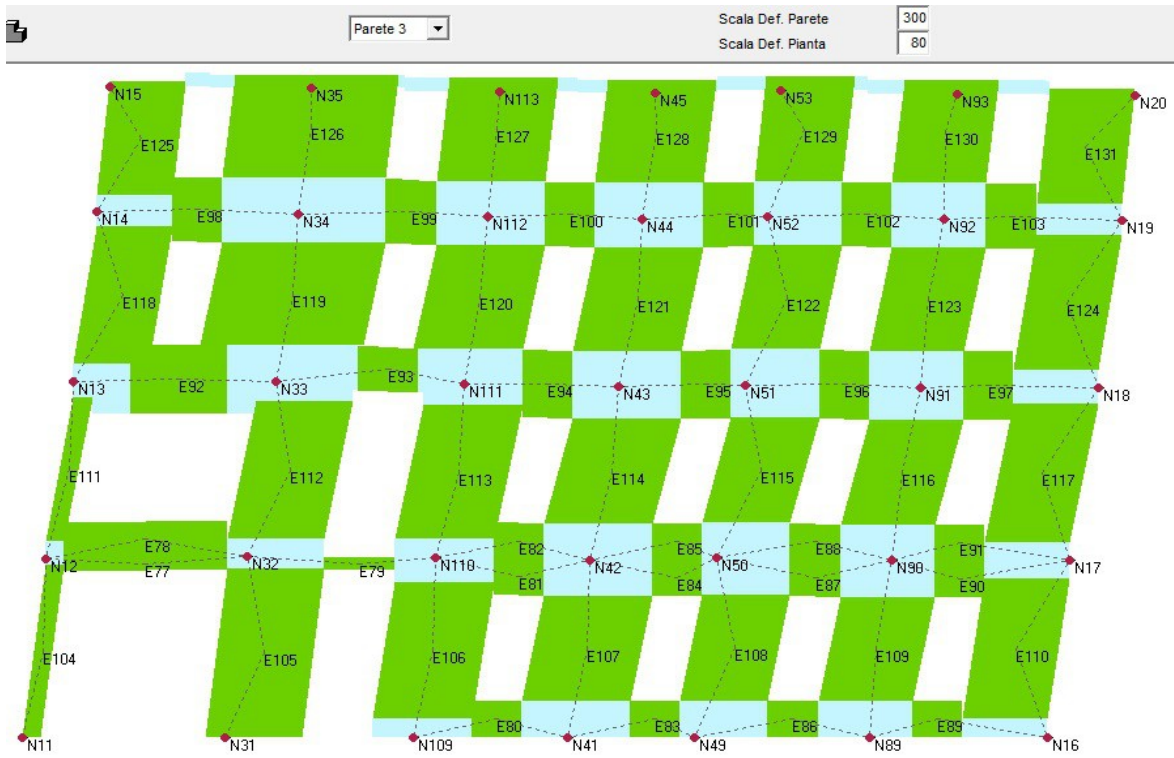


Fig. 6.2 Modalità di vibrazione della parete fase 300

Modo	T [s]	mx [kg]	Mx [%]	Analisi modali [%]		mz [kg]	Mz [%]
				my [kg]	My [%]		
1	0,42642	1.331.662	37,43	1.094.985	30,77	835	0,02
2	0,40149	1.471.409	41,35	1.211.310	34,04	39	0,00
3	0,32329	40.042	1,13	379.766	10,67	297	0,01
4	0,17394	10.021	0,28	1.633	0,05	201.543	5,66
5	0,16260	3.997	0,11	730	0,02	21.292	0,60
6	0,15355	327.279	9,20	207.644	5,84	6.632	0,19
7	0,14310	233.305	6,56	315.847	8,88	14.101	0,40
8	0,12196	2.473	0,07	109	0,00	1.802.047	50,64
9	0,11910	3.842	0,11	1.592	0,04	16.115	0,45
10	0,11807	9.335	0,26	5.745	0,16	437.712	12,30
11	0,11397	7.897	0,22	127.894	3,59	54.619	1,54
12	0,10976	327	0,01	14.694	0,41	127.014	3,57
13	0,10680	2.499	0,07	14.892	0,42	503	0,01
14	0,10329	139	0,00	7.229	0,20	1.623	0,05
15	0,09671	181	0,01	42	0,00	209	0,01
16	0,09276	1.017	0,03	863	0,02	35.265	0,99
17	0,09180	6.956	0,20	81.965	2,30	10.851	0,30
18	0,09041	1.289	0,04	11.068	0,31	920	0,03
19	0,08626	5	0,00	337	0,01	52.681	1,48
20	0,08487	3	0,00	10.670	0,30	7.768	0,22
21	0,08380	55.453	1,56	9.845	0,28	1.420	0,04
22	0,08227	0	0,00	1.382	0,04	62	0,00
23	0,08168	355	0,01	2.804	0,08	1.224	0,03
24	0,07952	15.458	0,43	267	0,01	24.030	0,68
25	0,07797	18.505	0,52	1.800	0,05	15.355	0,43
26	0,07616	74	0,00	803	0,02	2.105	0,06
27	0,07211	358	0,01	5.866	0,16	34	0,00
28	0,07115	182	0,01	156	0,00	696	0,02
29	0,06997	0	0,00	4	0,00	4.888	0,14
30	0,06643	1.034	0,03	834	0,02	3.583	0,10
31	0,06567	953	0,03	21.299	0,60	5.879	0,17
32	0,06486	4.057	0,11	1.315	0,04	1.799	0,05
33	0,06311	0	0,00	283	0,01	1.658	0,05
34	0,06304	89	0,00	92	0,00	1.371	0,04
35	0,06254	292	0,01	1	0,00	6.049	0,17

Fig. 6.3 Tabella parametri dei modi di vibrazione della parete P3

La tabella è così realizzata:

Modo: Numero identificativo della forma modale

T[s]: Periodo fondamentale

mx[kg]: Massa partecipante direzione X

Mx[%]: Percentuale di massa partecipante direzione X

my[kg]: Massa partecipante direzione Y

My[%]: Percentuale di massa partecipante direzione Y

mz[kg]: Massa partecipante direzione Z

Mz[%]: Percentuale di massa partecipante direzione Z

6.2 CONSIDERAZIONI PARETE P3

La parte mostra nei suoi 300 modi di vibrare, opportunamente scelti per mostrare l'andamento delle oscillazioni, un imponente spostamento dei piani superiori con comportamento di scorrimento dei livelli gli uni sugli altri.

7. CONCLUSIONI

Questa ricerca intende portare a conoscenza le tre verifiche applicate in un edificio strategico: la prima di carattere sismico, la seconda di tipo statico e la terza di genere modale.

La prima analisi, quella di Push-Over o analisi di spinta, consiste in una procedura statica non lineare impiegata per determinare il comportamento degli edifici a fronte di una precisa azione (forza o spostamento) applicata.

La seconda analisi, quella relativa ai comportamenti statici dove si applica l'analisi di calcolo agli elementi verticali.

La terza analisi consiste in una breve descrizione delle forme modali di vibrazione.

Nello stabile oggi trovano sede l'STB (Servizio Tecnico di Bacino di Reggio Emilia), la Guardia di Finanza e l'AIPO (Associazione Italiana controllo acque del fiume Po).

Le analisi sono state svolte su una porzione di edificio, esattamente quella posta in angolo tra Via Emilia S. Stefano e Via Mazzini, sede nei secoli antichi della Chiesa di Sant'Antonio Abate.

Ho voluto focalizzare l'attenzione dello studio svolto sulla porzione di parete che si apre su Via Emilia, perché si nota con evidenza il raggiungimento dello stato di collasso della parete dopo l'azione sismica nella direzione parallela alla facciata.

Il risultato finale dell'analisi mostra come la parete sia soggetta a un forte stato di deformazione con il raggiungimento della rottura per taglio nei maschi murari, privi di apertura, nel livello 1 (piano primo del fabbricato) e di rottura per presso-flessione nelle zone superiori e inferiori delle aperture allo stesso livello.

Questa prima fase di analisi permette di osservare come tali sgravi possono essere dovuti alla mancanza di continuità costante in altezza degli spessori nella muratura. Inoltre la probabile assenza di collegamenti di tipo strutturale, tra i diversi livelli, può concorrere nel favorire tali comportamenti. Questa spiegazione può trovare risposta dal fatto che dall'ultima ristrutturazione eseguita al Palazzo nel 1843 dall'Ing. L. Croppi, non sono stati realizzati interventi di manutenzione straordinaria al Palazzo.

La successiva fase di analisi statica lineare permette di osservare che la maggior parte di

elementi, quali i maschi murari, non rispettano i requisiti minimi per la loro verifica statica, in quanto i valori delle loro eccentricità superano il valore stabilito. Le componenti che agiscono, come reazioni vincolari su ogni maschio murario, possono non essere equamente bilanciate e generare la non verifica dei risultati finali.

L'analisi modale mostra forti oscillazioni della struttura dovute, si ipotizza, all'elevata altezza della parete oltre i 16m. Sicuramente questi studi dovranno essere oggetto di un approfondimento in quanto disponiamo di indagini incomplete.

Tutte le analisi sopracitate sono state svolte con il programma di calcolo strutturale 3MURI, il quale adotta i parametri della N.T.C. 08, gentilmente concesso dalla ditta STA.DATA con sede a Torino.

A conclusione di questo studio voglio informare che i dati e valori acquisiti sono da considerarsi prevalentemente sotto l'aspetto qualitativo piuttosto che definitivi dato che non è stato possibile effettuare indagini di valore scientifico sulle parti strutturali e nei collegamenti ma solamente di rilievo architettonico della divisione degli ambienti interni di alcuni piani dello stabile.

In ogni caso ho cercato di rappresentare il più fedelmente possibile lo stato attuale del Palazzo con i dati in mio possesso.

8. BIBLIOGRAFIA

- Luoghi e case in serie - Schedario Nironi, Archivio di Stato di Reggio E.
- Le Chiese di Reggio – Mons. P. Sovrani, Archivio di Stato di Reggio E.
- Amm.ne Dipartimentale del Crostolo anno 1799 – Prot. 10 n°578, Archivio di Stato di Reggio E.
- Manuale di utilizzo 3Muri, STA.DATA, Torino.
- D.M. 14/01/2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni – Ministero dei Lavori Pubblici.
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Bozza di app.ne costr. delle n.t.c.