ING. SAVERIO ZINGARELLI
UNIVERSITÀ DI PISA
Unità Gestione Tecnica del Patrimonio Immobiliare
Direzione Affari Legali e Generali
Lungarno Pacinotti, 43/44 - 56126 Pisa
Tel.: 050 2212920 - Fax.: 050 2212906 - E-mail: saverio.zingarelli@unipi.it

REGIONE TOSCANA
Ufficio Tecnico del Genio Civile
Area vasta Li-Lu-Pi Sede di Pisa

LAVORI NEL COMUNE DI PISA

---

ex art. 81 - D.P.R. n° 616/77 e D.P.R. n° 383/94 e ss.mm.ii.

Richiesta di attivazione della procedura per l'ottenimento della conformità urbanistica edilizia "ora per allora" per l'immobile denominato "F02 - Appartamento Via San Frediano", sito in via San Frediano n. 20

RELAZIONE TECNICA SULLE STRUTTURE

Ing. SAVERIO ZINGARELLI
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA
N° 2678 Sezione A
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE
INDUSTRIALE, DELL'INFORMAZIONE

ISTANTE	:	UNIVERSITÀ DI PISA
UBICAZIONE	:	Via S. Frediano 20 - 56126 Pisa
ISTANZA	:	ex art. 81 - D.P.R. n° 616/77 e D.P.R. n° 383/94 e ss.mm.ii.
NORMATIVA OSSERVATA	:	D.M. INFRASTRUTTURE 17.01.18

INDICE

1) RELAZIONE TECNICA GENERALE

1.1) DESCRIZIONE DELL'IMMOBILE

1.1.1) DESCRIZIONE GENERALE
1.1.2) STATO LEGITTIMO
1.1.3) STATO ATTUALE
1.1.4) STATO DI PROGETTO

1.2) DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

1.2.1) DESCRIZIONE GENERALE DELLE STRUTTURE
1.2.2) STATO LEGITTIMO DELLE STRUTTURE
1.2.3) STATO ATTUALE DELLE STRUTTURE
1.2.4) STATO DI PROGETTO DELLE STRUTTURE

2) RELAZIONE DI CALCOLO

2.1) NORMATIVA DI RIFERIMENTO

2.2) CLASSIFICAZIONE DELL'INTERVENTO (PUNTO 8.4 NTC 17.01.18)

2.3) VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

2.3.1) ANALISI STORICO-CRITICA
2.3.2) RILIEVO
2.3.3) CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI
2.3.4) LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA
2.3.5) AZIONI
2.3.6) VERIFICHE DI SICUREZZA

3) RELAZIONE SUI MATERIALI

4) PIANO DI MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE

4.1) MANUALE D'USO

4.2) MANUALE DI MANUTENZIONE

4.3) PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

ALLEGATO: *FASCICOLO DEI CALCOLI*

VERIFICA DELLE MURATURE

METODO
VERIFICA

Ing. SAVERIO ZINGARELLI
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA
N° 2678 Sezione A
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE
INDUSTRIALE, DELL'INFORMAZIONE

1) RELAZIONE TECNICA GENERALE

Ing. SAVERIO ZINGARELLI
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA
N° 2678 Sezione A
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE
INDUSTRIALE, DELL'INFORMAZIONE

1.1) DESCRIZIONE DELL'IMMOBILE

1.1.1) DECRIZIONE GENERALE

Oggetto della presente relazione è l'immobile denominato "Appartamento Saltarelli", collocato al piano primo (secondo fuori terra) di un maggior fabbricato situato al civico 20 di Via San Frediano, nel centro storico di Pisa. L'edificio si trova nell'isolato delimitato a ovest dalla stessa Via San Frediano, a nord da Piazza dei Cavalieri, a est da Via Ulisse Dini e Via del Castelletto, a sud da Via Tavoleria.

Localizzazione dell'immobile

Il fabbricato, complessivamente composto da quattro livelli fuori terra, per un totale di 5 u.i.u., è a prevalente uso residenziale e di proprietà private.
All'appartamento si compone di 6 vani utili, più bagno, w.c., disimpegni ed ingresso e presenta affacci sia sul fronte in Via San Frediano (3 finestre) che sul retro (una finestra, due balconi ed un piccolo corpo aggiunto) e sui cortili e gli orti racchiusi nell'isolato. L'accesso avviene da un ingresso comune con portoncino.

Il bene risulta attualmente sottoposto a dichiarazione di interesse storico-artistico, ai sensi del D.Lgs. 42 del 22/01/2004 "Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137" e ss.mm.ii. L'intera area, inoltre, trovandosi all'interno del perimetro delle mura urbane, risulta essere sottoposta a vincolo archeologico.

1.1.2) *STATO LEGITTIMO*

A seguito di ricerche svolte presso gli archivi di Ateneo, del Comune di Pisa e presso dell'ex Genio Civile di Pisa non sono state trovate pratiche edilizie che attestino l'esecuzione di opere interne.
Constatata tale assenza di pratiche, si è utilizzata come unica fonte per lo stato legittimo la planimetria catastale del 25/04/1939 scheda n. 12386028, attualmente in atti.
In questo modo si è proceduto alla comparazione con lo stato attuale e alla verifica delle modifiche eseguite nel tempo.

Allo stato attuale, rispetto all'assunto stato legittimo, si riscontrano modeste modifiche, consistenti in opere interne finalizzate ad un miglioramento dell'efficienza dei disimpegni tra locali e, conseguentemente, della funzionalità degli stessi locali.

Per la comprensione di dettaglio, si rinvia anche agli elaborati grafici allegati (tavola architettonica - 1 Arch.).

1.1.3) *STATO ATTUALE*

Allo stato attuale, rispetto all'assunto stato legittimo, l'immobile presenta modeste modifiche interne, senza variazione di sagoma, superfici complessive, altezze e volumi.
Nello specifico, sono state realizzate tramezzature, al fine di disimpegnare i locali in modo più efficiente e per la realizzazione di un nuovo bagno-wc, di dimensioni idonee e dotato di aspirazione elettromeccanica. Inoltre, sono state realizzate due nuove aperture su pareti e eseguite opere di tamponamento di altre due aperture già esistenti.

Per la comprensione di dettaglio, si rinvia anche agli elaborati grafici allegati (tavola architettonica - 1 Arch.).

1.1.4) STATO DI PROGETTO

In questa sede, con lo scopo prioritario del ripristino, si propongono tre interventi:

- uno atto a ripristinare la conformità allo stato legittimo, sia architettonica che strutturale (vedi allineamento 2-X dell'elaborato strutturale);
- un secondo utile ad un miglioramento strutturale localizzato (vedi allineamento 3-X dell'elaborato strutturale);
- un terzo (vedi allineamento 2-Y dell'elaborato strutturale) idoneo a ripristinare le condizioni di sicurezza strutturale allo stato preesistente (legittimo).

Per la descrizione di dettaglio di detti interventi si rinvia anche agli altri elaborati grafici allegati (tavole architettoniche 2 Arch. e 3 Arch. e tavole strutturali 2 Str. e 3 Str.) e al prossimo paragrafo, specificamente dedicato agli aspetti strutturali.

1.2) DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

1.2.1) DESCRIZIONE GENERALE DELLE STRUTTURE

La costruzione, anche dal punto di vista strutturale, è composta da quattro livelli fuori terra.

Gli elementi strutturali verticali sono costituiti, generalmente, da muratura mista a mattoni pieni e pietrame, tipica degli edifici storici del Pisano. Le murature di minor spessore (una testa) da soli mattoni pieni.

I solai presenti sono in parte lignei, con travi, travicelli e mezzane, ed in parte a volte ribassate in muratura. La copertura è lignea a falda inclinata.

I vani dell'unità immobiliare oggetto della presente sono quasi tutti coperti da volte ribassate in muratura.

1.2.2) STATO LEGITTIMO DELLE STRUTTURE

A seguito di ricerche svolte presso gli archivi di Ateneo, del Comune di Pisa e presso dell'ex Genio Civile di Pisa non sono state trovate pratiche edilizie che attestino l'esecuzione di opere interne.
Constatata tale assenza di pratiche, come detto, si è utilizzata come unica fonte per lo stato legittimo la planimetria catastale del 25/04/1939 scheda n. 12386028, attualmente in atti, in modo da poter fare comparazione con lo stato attuale e verificare le modifiche eseguite nel tempo.

Allo stato attuale, rispetto all'assunto stato legittimo, si riscontrano modeste modifiche, consistenti in opere interne localizzate. Si veda anche gli l'elaborato grafico strutturale allegato (tavola 1 Str.).

1.2.3) STATO ATTUALE DELLE STRUTTURE

Rispetto all'assunto stato legittimo, dal punto di vista strutturale, risultano esserci due modifiche localizzate, come descritto di seguito, con riferimento all'elaborato grafico strutturale (tavola 1 Str.):

- ***Allineamento 2-X*** - rispetto allo stato preesistente (legittimo), è stata realizzata un'apertura su una parete portante;
- ***Allineamento 4-Y*** - rispetto allo stato preesistente (legittimo), è stata realizzata un'apertura su una parete portante, in prossimità dell'allineamento 3-X; il tamponamento realizzato sullo stesso allineamento, in prossimità di quello 4-X (vedi elaborato grafico architettonico), non ha caratteristiche strutturali.

Trattandosi, quelle descritte, di modifiche locali, limitate ad alcune parti del complesso strutturale, le indagini conoscitive si sono concentrate sugli elementi interessati.

Le murature che costituiscono gli elementi strutturarli direttamente interessati dalle modifiche sono costituite da mattoni pieni.

1.2.4) STATO DI PROGETTO DELLE STRUTTURE

In questa sede, con lo scopo prioritario del ripristino della sicurezza allo stato preesistente (legittimo) e del miglioramento di quella allo stato attuale, si propongono i seguenti interventi:

- ***Allineamento 2-X*** - si provvede a ripristinare le condizioni corrispondenti allo stato legittimo, attraverso la chiusura dell'attuale apertura, con muratura realizzata in materiali compatibili a quelli esistenti, efficacemente ammorsata alla stessa muratura esistente e con caratteristiche tali da potervi collaborare e costituire ripristino della continuità strutturale; visto il ripristino delle condizioni preesistenti (legittime), non si rende necessaria l'esplicitazione di alcuna verifica numerica.
- ***Allineamento 3-X*** - si provvede a chiudere l'aperura in prossimità dell'allineamento 4-Y, in maniera da aumentare la consistenza della muratura in prossimità dell'incrocio murario 3-X/4-Y; osservato che tale intervento interessa un allineamento murario decisamente lungo (essendo longitudinale al caseggiato), vista, pertanto, la modesta influenza dell'intervento stesso in termini di variazione di rigidezza e considerato l'evidente miglioramento della sicurezza, non si è ritenuto necessaria l'esplicitazione di alcuna verifica numerica.
- ***Allineamento 4-Y*** - si lascia aperto il vano in prossimità dell'allineamento 3-X, dotandolo di architrave metallico efficacemente ammorsato, e si provvede al ripristino della sicurezza attraverso la demolizione dell'attuale tamponamento (non strutturale) dell'apertura in prossimità del martello murario con l'allineamento 4-X (facciata) e la successiva ricostruzione di una tamponatura in muratura portante, realizzata in materiali compatibili a quelli esistenti, efficacemente ammorsata alla stessa muratura esistente e con caratteristiche tali da potervi collaborare e costituire ripristino della continuità strutturale. Il ripristino della sicurezza strutturale viene esplicitato tramite una verifica numerica, che viene riportata nell'allegato fascicolo dei calcoli. L'intervento descritto risulta apprezzabile anche perché consente di incrementare l'effetto di controventamento della facciata sui cortili e orti (allineamento 4-X) al pericolo di ribaltamento fuori piano verso l'esterno.

Per la comprensione degli interventi descritti, si rinvia anche all'allegato elaborato grafico strutturale (tavole strutturali 2 Str. e 3 Str.).

I provvedimenti strutturali proposti sono tali che, rispetto allo stato legittimo:

- le rigidezze delle pareti modificate non differiscono da quelle allo stato legittimo per non più del 15% (punto 1.2 "Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o riparazione in edifici esistenti", Delibera Giunta Regionale n. 606 del 21/06/2010);
- il rapporto tra l'area complessiva delle murature resistenti allo stato di progetto e quella allo stato legittimo, valutato nelle due direzioni principali, risulta superiore all'85% (punto 1.4 "Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o riparazione in edifici esistenti", Delibera Giunta Regionale n. 606 del 21/06/2010).

Rispetto alla configurazione legittima, non vengono quindi prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti della struttura nel suo insieme.

2) RELAZIONE DI CALCOLO

Ing. SAVERIO ZINGARELLI
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA
N° 2678 Sezione A
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE
INDUSTRIALE, DELL'INFORMAZIONE

2.1) NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- **D.M. del 17/01/2018 - Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni".**
- **Circolare 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP - "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".**
- **Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 09/02/2011 – "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008".**
- **D.M. del 14/01/2008 - "Norme Tecniche per le Costruzioni".**
- **Circolare 02/02/2009 n. 617 C.S.LL.PP. – "Circolare esplicativa delle Norme Tecniche per le costruzioni".**

2.2) CLASSIFICAZIONE DELL'INTERVENTO (PUNTO 8.4 NTC 17.01.18)

Rispetto allo stato legittimo, le modifiche che, nel tempo, anno interessato l'immobile in oggetto costituiscono intervento su costruzione esistente.

Per le costruzioni esistenti il D.M. 17/01/2018 individua le seguenti categorie di intervento:

- ***interventi di riparazione o locali***, che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti;
- ***interventi di miglioramento***, atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3;
- ***interventi di adeguamento***, atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza fissati al § 8.4.3.

Gli interventi in oggetto:

- riguardano singole parti ed elementi della struttura;
- interessano porzioni limitate della costruzione;
- non producono significative modifiche al comportamento delle altre parti della costruzione ed a quello globale.

L'intervento può quindi essere considerato come INTERVENTO di RIPARAZIONE o LOCALE, secondo il punto 8.4.1 del D.M. Infrastrutture del 17/01/2018.

A supporto della classificazione di cui sopra, in questa sede, si ritiene opportuno fare riferimento, in riguardo ai principali interventi strutturali descritti al precedente 1.2.4 (stato di progetto delle strutture), ad alcuni punti degli "Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti", redatti dal comitato tecnico scientifico in materia di rischio sismico, istituito con Delibera Giunta Regionale n. 606 del 21/06/2010.

In riguardo agli interventi di nuova apertura/chiusura vani in pareti portanti si cita il rispetto dei seguenti requisiti:

- la rigidezza della parete modificata non differisce da quella allo stato iniziale per più del 15% (punto 1.2);
- il rapporto tra l'area complessiva delle murature resistenti allo stato di progetto e quella allo stato preesistente, valutato nelle due direzioni principali, risulta superiore all'85% (punto 1.4).

2.3) VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Trattandosi di INTERVENTO di RIPARAZIONE o LOCALE su edificio esistente, la valutazione della sicurezza è riferita alle sole parti ed elementi interessati.

La procedura utilizzata per la valutazione della sicurezza è quella indicata al punto 8.5 del D.M. 17/01/2018, che prevede le seguenti fasi:

- analisi storico-critica;
- rilievo;
- caratterizzazione meccanica dei materiali;
- livelli di conoscenza e fattori di confidenza;
- azioni;
- verifiche di sicurezza.

2.3.1) ANALISI STORICO-CRITICA

Grazie a ricerche storiche, è stato possibile ricostruire, almeno nelle tappe principali, l'evoluzione costruttiva dell'edificio e dell'unità immobiliare in oggetto. Di seguito, insieme a qualche cenno storico, si riportano gli eventi principali che hanno interessato la costruzione sino allo stato in cui si trova attualmente.

Per le fonti storiche si è fatto riferimento alla relazione Storico-Artistica allegata al Decreto n. 379/2006 di dichiarazione d'interesse storico-artistico ai sensi del D.Lgs. 42 del 22/01/2004.

Il fabbricato, per la sua particolare posizione, sorge su preesistenze molto antiche e strutture murarie medievali. L'attuale conformazione è il risultato di interventi successivi.
La più importante trasformazione urbanistica della zona è stata attuata nel XVI secolo, ad opera dell'arch. Giorgio Vasari, con la creazione della piazza dei Cavalieri, attraverso la costruzione di nuovi palazzi e della monumentale Chiesa conventuale, per le esigenze del Sacro Militare Ordine Marittimo dei Cavalieri di Santo Stefano (istituito da Cosimo I de 'Medici il 09/01/1562).
Testimonianza dell'originaria appartenenza dello stabile alle proprietà dell'Ordine dei Cavalieri si trova sul concio di chiave dell'arco in pietra del portale d'ingresso di epoca cinque/seicentesca, dove è scolpita la croce stefaniana, simbolo dell'Ordine.
Si presume che, fin dall'origine, il fabbricato in oggetto facesse parte del complesso della canonica, con ingresso indipendente su via San Frediano. Infatti, il fabbricato è attualmente confinante proprio con il palazzo già destinato a Canonica dei Cavalieri Cappellani dell'Ordine Stefaniano; la costruzione, iniziata su disegno del Vasari nel 1566 e terminata solo negli anni 1592-'94, aveva incorporato le fabbriche preesistenti, per creare un organismo unitario, con facciata regolare e simmetrica e planimetria ispirata ai modelli conventuali (estesa su tre lati, tra via San Frediano, piazza dei Cavalieri e via Ulisse Dini, con duplice loggiato nella parte posteriore dell'edificio, che dava accesso a singole ed indipendenti unità abitative affacciate sull'orto della Canonica). Da un rilievo della Piazza dei Cavalieri e sue adiacenze, redatto nel 1725 dall'ing. Giovanni Domenico Rinaldi, il fabbricato risulta incorporato nella Canonica dei Cappellani e destinato a residenza dell'Ill.mo Sig. Segretario alla Sacra Religione di S. Stefano.

All'Archivio di Stato di Firenze è stata rintracciata anche la pianta della Casa del Segretario, documento attribuito a Giovanni Michele Piazzini, databile attorno alla metà del XVIII secolo e secondo cui la casa era allora costituita da tre livelli fuori terra: Piano Terra, Primo e Secondo.
Dopo la definitiva soppressione dell'Ordine dei Cavalieri, avvenuta nel 1859, il fabbricato è passato alla proprietà demaniale, poi a quella privata ed è stato oggetto di intervento complessivo di ristrutturazione ed ampliamento databile, a giudicare dalle finiture del vano scala e dell'interno dell'appartamento del piano primo (pavimentazioni e decorazione delle superfici), tra la fine dell'Ottocento ed i primi del Novecento.
Dal confronto della pianta attuale con il rilievo databile 1750 si può osservare che sono state conservate le murature portanti perimetrali, mentre sono state demolite le scale originarie e ricostruite in posizione trasversale, probabilmente per una migliore distribuzione interna degli appartamenti.
Nel 1927, con contratto del notaio Rossini di Pisa (rep.14808 del 06/10/1927), i Sig.ri proprietari Ottorino e Giuseppe Ciabattini vendevano il piano primo alla Sig.na Generosa Saltarelli ed il piano secondo ad altro proprietario.
Attualmente, all'interno dell'appartamento del piano primo, che ha conservato finiture dei primi del Novecento, sono leggibili altri limitati interventi di adeguamento funzionale (inserimento del bagno, di paretine divisorie ed apertura/chiusura di porte), presumibilmente realizzati negli anni Cinquanta.
L'appartamento del piano primo è divenuto in possesso dell'Università di Pisa per volontà testamentaria della Sig.na G. Saltarelli, con l'obbligo di vendita per l'istituzione di borse di studio a favore degli studenti; le procedure di accettazione dell'eredità e di successione a favore dell'Ateneo si sono concluse nel febbraio del 2006.

Vista la tipologia e l'entità degli interventi che, nel tempo, hanno interessato l'unità immobiliare, si ritengono le informazioni storiche e sul processo costruttivo sopra riportate sufficienti agli scopi della presente relazione.

2.3.2) RILIEVO

Per quanto riguarda la consistenza dell'unità immobiliare, si è proceduto ad un rilievo interno completo, facendo utile riferimento, come già detto, anche alla planimetria catastale del 25/04/1939 scheda n. 12386028, attualmente in atti.

Ai fini architettonici, la consistenza globale dell'unità immobiliare è stata rilevata attraverso la misurazione delle dimensioni in pianta e in altezza di tutti i vani.

Ai fini delle valutazioni di cui alla presente (strutturali), trattandosi di opere localizzate, si è eseguito l'approfondimento geometrico-strutturale del rilievo delle sole parti di costruzione interessate dagli interventi (strutturali); sono state misurate le dimensioni in pianta dei vani interessati, l'altezza di interpiano, le larghezze e le altezze delle aperture esistenti, gli spessori delle murature, il tutto al netto dell'intonaco, e indagata la tipologia di muratura esistente. Il rilievo eseguito, grazie anche all'ausilio di alcuni saggi in situ, è stato sufficiente a raccogliere le informazioni necessarie all'identificazione dell'organismo resistente, la definizione della geometria, dei vincoli e dei carichi per la messa a punto dei modelli di valutazione della sicurezza.

Non sono stati individuati quadri fessurativi significativi.

Le indagini effettuate sono quelle necessarie ad acquisire un livello di conoscenza della geometria e dei dettagli costruttivi almeno pari a LC1.

2.3.3) CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

La conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro eventuale degrado si è basata, in assenza di documentazione disponibile, su alcuni saggi e indagini visive *in situ.*

Per quanto riguarda le murature oggetto degli interventi, la caratterizzazione è stata effettuata tramite riconoscimento a vista e assunzione di valori dei parametri già disponibili per murature simili. Considerato che, al momento, non sono evidenti apprezzabili quadri fessurativi legati ad una scarsa qualità o consistenza del materiale muratura, che gli interventi realizzati nel tempo sulle stesse murature sono stati di modesta importanza e che la valutazione della sicurezza non viene effettuata in termini assoluti, ma tramite semplice confronto tra stato preesistente (legittimo) e stato di progetto, si è ritenuto di poter rinunciare ad indagini sperimentali.

Sulla base di quanto detto, per i parametri meccanici delle murature si è fatto utile riferimento ai valori alla Tabella C8.5.I della Circolare 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP*., "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"*.

I valori assunti alla base della valutazione della sicurezza sono riportati al successivo capitolo 3 (relazione sui materiali).

2.3.4) LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Trattandosi di intervento classificabile come ***intervento di riparazione o locale***, ai sensi punto **8.4.1 del DM Infrastrutture del 17/01/2018**, le indagini conoscitive si sono concentrate solo sulle strutture interessate da interventi. Il livello di approfondimento è stato calibrato in funzione dell'elemento strutturale oggetto di intervento, della tipologia di intervento stesso e delle modalità di valutazione della sicurezza.

Come detto, al fine di individuare compiutamente le caratteristiche geometrico-meccaniche (geometria, dettagli costruttivi e materiali) delle strutture oggetto di intervento, è stato eseguito un rilievo geometrico-strutturale ed alcuni saggi ed indagini visive *in situ.*

Premesso quanto sopra e sottolineato che ***le indagini svolte sono state atte a garantire un livello di conoscenza almeno pari a LC1***, in questa sede si intende fare alcune osservazioni:

- si è ritenuto sufficiente garantire un livello di conoscenza minimo, pari a LC1, in considerazione del fatto che gli interventi strutturali, <u>riguardanti le sole murature</u>, sono stati di modesta importanza, che, allo attuale, non sono evidenti apprezzabili quadri fessurativi e che la valutazione della sicurezza non viene effettuata in termini assoluti (sollecitazione≤resistenza), ma tramite semplice confronto tra stato

preesistente (legittimo) e stato di progetto;

- per le stesse <u>murature</u>, proprio perché la valutazione della sicurezza non viene effettuata in termini assoluti, ma tramite semplice confronto tra capacità resistenti, prima e dopo l'intervento, non si è ritenuto opportuno esplicitare il fattore FC, che, altrimenti, sarebbe comparso, discutibilmente, ai due membri della disuguaglianza di verifica.

2.3.5) AZIONI

Riguardando gli interventi realizzati nel tempo soltanto alcune murature portanti, la determinazione delle azioni si è concentrata soltanto sulla definizione di quelle necessarie ai fini della valutazione della sicurezza locale delle murature oggetto d'intervento. Pertanto, <u>le analisi di carico che seguono sono da ritenersi adottabili soltanto per la determinazione delle azioni verticali sulle murature oggetto d'intervento e in nessun modo per la verifica locale degli orizzontamenti</u>.

<u>ANALISI DEI CARICHI</u>

SECONDO SOLAIO SU MURI PIANO PRIMO			
Solaio a volte in muratura			
TOTALE PERMANENTI	**G1+G2**	**9,55**	**kN/m²**
ESERCIZIO	**Q**	**2,00**	**kN/m²**
TOTALE	**TOTALE G1+G2+Q**	**11,55**	**kN/m²**
COMBINAZIONE SISMICA	**G1+G2+0.3xQ**	**10,15**	**kN/m²**

TERZO SOLAIO SUI MURI PIANO SECONDO			
Solaio e copertura in travicelli e mezzane			
TOTALE PERMANENTI	**G1+G2**	**3,65**	**kN/m²**
ESERCIZIO	**Q**	**2,00**	**kN/m²**
TOTALE	**TOTALE G1+G2+Q**	**5,65**	**kN/m²**
COMBINAZIONE SISMICA	**G1+G2+0.3xQ**	**4,25**	**kN/m²**

SOLAIO DI SOTTOTETTO E COPERTURA SUI MURI PIANO TERZO			
Solaio e copertura in travicelli e mezzane			
TOTALE PERMANENTI	**G1+G2**	**2,30**	**kN/m²**
ESERCIZIO	**Q**	**0,50**	**kN/m²**
TOTALE	**TOTALE G1+G2+Q**	**2,80**	**kN/m²**
COMBINAZIONE SISMICA	**G1+G2+0.0xQ**	**2,30**	**kN/m²**
MURATURA			
Muratura in mattoni pieni			
TOTALE PERMANENTI	**G1**	**18,00**	**kN/m³**
INTONACI (su due lati)	**G2**	**0,60**	**kN/m²**

2.3.6) VERIFICHE DI SICUREZZA

Riguardando gli interventi realizzati nel tempo soltanto alcune murature portanti e l'insieme stesso degli interventi classificabile come "intervento di riparazione o locale", si è provveduto alla valutazione della sicurezza locale delle sole murature oggetto d'intervento. Nello specifico, come già riportato al punto 1.2.4 (cui si rinvia), si è proceduto come segue:

- ***Allineamento 2-X*** - provvedendo, secondo progetto, al ripristino delle condizioni corrispondenti allo stato preesistente (legittimo), non si è resa necessaria l'esplicitazione di alcuna verifica numerica;
- ***Allineamento 3-X*** - vista la modestia dell'influenza dell'intervento di progetto sulla rigidezza del lungo allineamento murario e considerato l'evidente miglioramento della sicurezza, non si è ritenuto necessaria l'esplicitazione di alcuna verifica numerica;
- ***Allineamento 4-Y*** - la dimostrazione del ripristino (ed il miglioramento) della sicurezza strutturale allo stato preesistente (legittimo), a seguito dell'intervento di progetto, è stata effettuata tramite una verifica numerica esplicita, che si provvede a riportare nel fascicolo dei calcoli allegato.

3) RELAZIONE SUI MATERIALI

Ing. SAVERIO ZINGARELLI
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA
N° 2678 Sezione A
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE
INDUSTRIALE, DELL'INFORMAZIONE

CARATTERISTICHE MATERIALI ESISTENTI

MURATURE

Come già descritto nel punto relativo alla caratterizzazione meccanica dei materiali, per i valori caratteristici delle murature esistenti si è fatto riferimento alla Tabella C8.5.I della Circolare 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP.*, "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"*.
Considerato che la valutazione della sicurezza non viene effettuata in termini assoluti (sollecitazione≤resistenza), ma tramite semplice confronto tra stato preesistente (legittimo) e di progetto, come valori di riferimento dei parametri meccanici si sono assunti quelli medi indicati dalla stessa tabella.
Essendo le murature oggetto di intervento costituite da mattoni pieni, si è ritenuto che i parametri più rappresentativi del loro comportamento fossero quelli relativi alla seguente tipologia della Tabella C8.5.I della Circolare 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP.*:*

Muratura a mattoni pieni e malta di calce

Resistenza media a compressione	**f**	3,45 N/mm^2
Resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento al meccanismo di taglio-trazione)	τ_0	0,09 N/mm^2
Resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento al meccanismo di taglio-scorrimento)	f_{v0}	0,20 N/mm^2
Valore medio del modulo di elasticità normale	**E**	1500 (750 fess.) N/mm^2
Valore medio del modulo di elasticità tangenziale	**G**	500 (250 fess.) N/mm^2
Peso specifico medio	**w**	18 kN/m^3

CARATTERISTICHE MATERIALI NUOVI

MURATURE RICOSTRUZIONI

Blocchi semipieni e malta cementizia (poroton), oppure mattoni semipieni (doppio-UNI) e malta cementizia, oppure mattoni pieni e malta cementizia.
Per i materiali in oggetto, essendo essi compatibili con quelli esistenti, avendo un comportamento simile, essendo utilizzati per modeste porzioni di muratura ed avendo, pertanto, un'influenza trascurabile sul comportamento della costruzione, sia a scala di singolo elemento strutturale, sia, a maggior ragione, a scala dell'intera costruzione, non si ritiene necessario esplicitare e/o far riferimento ad alcun parametro meccanico. Pertanto,

alle modeste porzioni di muratura utilizzate per le ricostruzioni sono state estese le caratteristiche, sopra riportate, relative alle murature esistenti.

ARCHITRAVI METALLICHE

Acciaio S275

Resistenza di snervamento caratteristica	f_{yk}	275 N/mm^2
Resistenza di rottura caratteristica	f_{tk}	430 N/mm^2
Modulo di elasticità normale	**E**	210000 N/mm^2
Coefficiente di Poissov	ν	0,3 N/mm^2

4) PIANO DI MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE

Ing. SAVERIO ZINGARELLI
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA
N° 2678 Sezione A
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE
INDUSTRIALE, DELL'INFORMAZIONE

Il presente piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera è redatto ai sensi D.M. del 17/01/2018, *"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"*.

Il piano di manutenzione delle strutture è il documento complementare al progetto strutturale che ne prevede, pianifica e programma, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi dell'intera opera, l'attività di manutenzione dell'intervento, al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

Il piano di manutenzione assume contenuto differenziato in relazione all'importanza e alla specificità dell'intervento, ed è costituito dai seguenti documenti operativi:

- il manuale d'uso;
- il manuale di manutenzione;
- il programma di manutenzione.

Sarà cura della proprietà conservarlo, insieme a quello generale della costruzione, cui è coordinato, e metterlo a disposizione degli utilizzatori.

Il manuale d'uso contiene l'insieme delle informazioni atte a permettere all'utente di conoscere le modalità di fruizione del bene, nonché tutti gli elementi necessari per limitare, quanto più possibile, i danni derivanti da un'utilizzazione impropria, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo al fine di sollecitare interventi specialistici.

Il manuale di manutenzione si riferisce alla manutenzione delle parti più importanti del bene. Esso fornisce, in relazione alle caratteristiche dei materiali o dei componenti interessati, le indicazioni necessarie per la corretta manutenzione, nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio.

Il programma di manutenzione prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze temporalmente o altrimenti prefissate, al fine di una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni.

4.1) MANUALE D'USO

Unità strutturali

- ***STRUTTURE MURARIE***
- ***ARCHITRAVI METALLICHE***

STRUTTURE MURARIE

Descrizione
Elementi strutturali in blocchi e malta a sviluppo superficiale verticale.

Funzione
Resistenza a carichi verticali e orizzontali. Sostegno degli orizzontamenti.

Modalità d'uso corretto
Le murature in blocchi sono concepite per resistere ai carichi di progetto della struttura in elevazione. Non ne deve essere compromessa l'integrità e la funzionalità. Controllo periodico del grado di usura con contestuale rilievo di eventuali anomalie.

ARCHITRAVI METALLICHE

Descrizione
Elementi strutturali metallici a sviluppo longitudinale orizzontale.

Funzione
Sostegno delle murature sovrastanti le aperture nelle murature e degli orizzontamenti di competenza, con funzione di trasferimento di detti carichi agli elementi strutturali verticali costituiti dalle murature laterali alle aperture.

Modalità d'uso corretto
Gli architravi metallici sono concepiti per resistere ai carichi e alle sollecitazioni di progetto, contrastando l'insorgenza di eventuali deformazioni e cedimenti. Le caratteristiche dei materiali non devono essere inferiori a quanto stabilito nel progetto strutturale.

4.2) MANUALE DI MANUTENZIONE

Unità strutturali

- ***STRUTTURE MURARIE***
- ***ARCHITRAVI METALLICHE***

STRUTTURE MURARIE

Livello minimo di prestazioni

Le murature devono garantire le specifiche prestazioni indicate nel progetto strutturale, comunque non inferiori alle prestazioni prescritte dalle normative vigenti.

Anomalie riscontrabili

- Distacchi
- Fessurazioni
- Comparsa di macchie di umidità
- Eccessiva deformazione
- Difetti di verticalità
- Sbandamenti fuori piano
- Polverizzazione della malta

Controlli

- Periodicità: annuale
- Esecutore: personale tecnico specializzato
- Forma di controllo: visivo, integrato da eventuali prove non distruttive

Interventi manutentivi

Esecutore: personale tecnico specializzato

ARCHITRAVI METALLICHE

Livello minimo di prestazioni

Gli architravi metallici devono garantire le specifiche prestazioni indicate nel progetto strutturale, comunque non inferiori alle prestazioni prescritte dalle normative vigenti.

Anomalie riscontrabili

- Bolle o screpolature
- Corrosione o presenza di ruggine
- Deformazioni o distorsioni

Controlli

- Periodicità: annuale
- Esecutore: personale tecnico specializzato
- Forma di controllo: visivo, integrato da eventuali prove non distruttive

<u>Interventi manutentivi</u>
Esecutore: personale tecnico specializzato

4.3) PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

<u>Unità strutturali</u>

- ***STRUTTURE MURARIE***
- ***ARCHITRAVI METALLICHE***

PROGRAMMA DEI CONTROLLI

L'esito di ogni ispezione deve formare oggetto di uno specifico rapporto da conservare insieme alla relativa documentazione tecnica. A conclusione di ogni ispezione, inoltre, il tecnico incaricato deve, se necessario, indicare gli eventuali interventi a carattere manutentivo da eseguire ed esprimere un giudizio riassuntivo sullo stato d'opera.

<u>Controlli</u>

- Periodicità: annuale. In caso di eventi eccezionali procedere al controllo
- Esecutore: personale tecnico specializzato
- Forma di controllo: visivo, integrato da eventuali prove non distruttive

<u>ALLEGATO</u>: *FASCICOLO DEI CALCOLI*

VERIFICA DELLE MURATURE

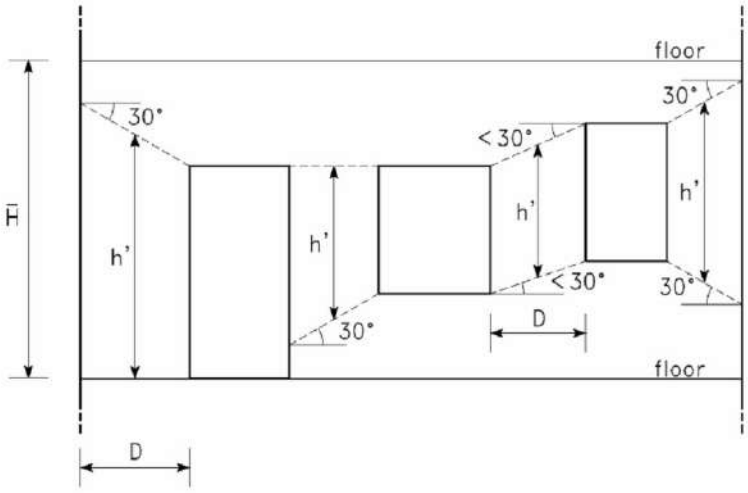
Ing. SAVERIO ZINGARELLI
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA
N° 2678 Sezione A
INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE
INDUSTRIALE, DELL'INFORMAZIONE

METODO

Si controlla che, a seguito dell'intervento di modifica delle aperture e/o dell'inserimento di nuove, il comportamento della parete non sia sostanzialmente modificato in termini di rigidezza e peggiorato in termini di resistenza allo stato ultimo di collasso del primo setto, di capacità di spostamento e duttilità.
Di seguito sono descritti i procedimenti adottati per le verifiche.

1) Valutazione dell'altezza deformabile e di verifica dei maschi murari

L'altezza deformabile H_{eff} dei singoli maschi murari viene determinata come descritto nella figura seguente, secondo la procedura prevista dal diffuso metodo SAM per l'analisi delle costruzioni in muratura.



$$H_{eff} = h' + \tfrac{1}{3} D(\overline{H} - h')/h' \qquad \overline{H} = \text{altezza interpiano}$$

2) Verifica della rigidezza della parete

Si controlla che la rigidezza dell'intera parete non risulti modificata in modo sostanziale.
Il procedimento è sintetizzato nei seguenti passi:

2.1) Si calcolano le rigidezze dei singoli setti che costituiscono la parete, sia allo stato iniziale (preesistente) sia allo stato finale (modificato) con la seguente espressione:

$$K_i = \frac{GAEI^2}{C H_{eff}^3 G + 1{,}2 H_{eff} E I^2}$$

dove: K_i = rigidezza i-esimo setto;
E, G = moduli di elasticità normale e tangenziale della muratura;

l = larghezza del maschio murario;
H_{eff} = altezza efficace del maschio murario;
A= l t = area del maschio (con t=spessore del maschio);
C = coeff. che dipende dal modello adottato per descrivere il comportamento del singolo maschio murario (C = 1 per modello shear-tipe; C = 4 per modello a mensola).

2.2) Si calcola la rigidezza complessiva dell'intera parete allo stato iniziale, come somma delle singole rigidezze dei setti, con la seguente espressione:

$K_{in,} = K_1 + K_2 + ... = \Sigma K_j$

2.3) Si calcola la rigidezza complessiva dell'intera parete allo stato finale, come somma delle rigidezze dei singoli setti, tenuto conto di eventuali interventi di consolidamento della muratura (iniezioni di malta, lastre di placcaggio ecc.) e presenza di cerchiature dei vani mediante telai metallici o in c.a., secondo la seguente espressione:

$K_{fin,} = K_{mod,} + K_T \geq K_{in,}$

dove: $K_{mod,} = K_1 + K_2 + ... = \Sigma K_k$ (somma delle rigidezze dei setti allo stato modificato)
$K_T = 12xE_sx\sum(J_{T,z}/h_{T,z}^3)$ (rigidezza totale dei telai)
E = modulo elastico del materiale costituente i piedritti;
$J_{T,z}$ = momenti d'inerzia dei singoli piedritti (possono essere due o più);
h_T = altezza dei singoli piedritti (possono essere due o più).

2.4) Si esegue la verifica controllando che risulti:

$$0.85\ K_{in,} \leq K_{fin,} \leq 1.15\ K_{in,}$$

<u>3) Verifica della resistenza a taglio della muratura</u>

Si controlla che la resistenza della parete allo stato ultimo di collasso del primo setto non sia ridotta.
Il procedimento è sintetizzato nei seguenti passi:

3.1) Ipotizzando un comportamento elasto-plastico, si calcola la resistenza ultima a taglio dei singoli setti murari, sia allo stato iniziale (preesistente) sia allo stato finale (modificato) con la seguente espressione:

$V_u = \min (V_{S.u}; V_{T.u}; V_{TMu})$

dove:

- $V_{S.u}$ = resistenza ultima a taglio per trazione diagonale definita come:

$$V_{s.u} = l\,t\,1,5\frac{\tau_0}{b}\sqrt{1+\frac{\sigma_0^c}{(1,5\tau_0)}}$$

(C8.7.1.16 NTC2018)

dove: t = spessore del pannello;

l = larghezza del maschio murario;
H_{eff} = altezza efficace del maschio murario;
σ^c_0 = tensione normale media di compressione, riferita all'area totale della sezione, in corrispondenza del centro del pannello;
τ_0 = resistenza a taglio di riferimento desunto da prove di compressione diagonale;
b = coefficiente correttivo legato alla distribuzione delle tensioni tangenziali sulla sezione, dipendente dalla snellezza della parete (si può assumere b = H_{eff}/l, comunque non superiore a 1,5 e non inferiore a 1).

- $V_{S.u}$ = resistenza ultima a taglio per scorrimento definita come:
  $V_{S.u}$ = l' t f_{Vd} (7.8.3 NTC2018):
  dove: t = spessore del pannello;
  l' = lunghezza dell'area resistente del maschio murario nell'ipotesi di distribuzione triangolare delle tensioni normali, se $\sigma^b_{Max} \leq f_d$, o rettangolare (stress-block), negli altri casi
  f_{Vd} = f_{Vm0} + 0,4 σ^b_n (resistenza a taglio di calcolo),
  con f_{Vm0} (resistenza a taglio in condizioni di compressione nulla),
  $\sigma^b_n = N^b/(tl')$ (tensione normale di compressione, riferita all'area resistente della sezione, in corrispondenza della base del pannello),
  $f_{Vd} \leq f_{V,lim} = 0.065\ f_b / 0.7$,
  con f_b (resistenza a compressione del blocco normalizzata).

La verifica a taglio per scorrimento viene eseguita solo per le murature che possono presentare piani di scorrimento orizzontali (apparecchiatura regolare).

- $V_{M.u}$ = resistenza ultima a taglio dovuta al collasso per pressoflessione definita come:
  $V_{M.u} = D\ M_u/H_{eff}$

dove: D = coeff. che dipende dal modello adottato per descrivere il comportamento del singolo maschio murario (D = 2 per modello shear-tipe; D = 1 per modello a mensola).

$$M_u = t\, l^2 \frac{\sigma^b_0}{2}\left(1 + \frac{\sigma^b_0}{0.85 f_d}\right)$$

(punto 7.8.2.2.1 NTC2008)

dove: t = spessore del pannello;
l = larghezza del maschio murario;
σ^b_0 = tensione normale media di compressione, riferita all'area totale della sezione, in corrispondenza del centro del pannello, in corrispondenza della base del pannello);
f_d = resistenza a compressione di calcolo.

La verifica a pressoflessione viene eseguita solo per i pannelli snelli, ovvero con $H_{eff}/l > 2$.

3.2) Si calcola spostamento al limite elastico e al limite ultimo, sia allo stato iniziale sia allo stato finale, dell'intera parete secondo le seguenti espressioni:

$d_e = \min (d_{e.i})$
dove: d_e = spostamento al limite elastico intera parete
$d_{e.i} = V_u/K_i$ (spostamento al limite elastico i-esimo setto)

$d'_u = \min (d_{u.i})$

dove: d_u = spostamento al limite ultimo intera parete
$d_{u.i}$ = spostamento al limite ultimo i-esimo setto calcolato come segue (punto C8.7.1.3.1.1 NTC2018):
$d_{u.i} = 0.005\ H_{eff}$ (collasso per taglio);
$d_{u.i} = 0.01\ H_{eff}$ (collasso per pressoflessione per $\nu = \sigma^b_0/f_d \leq 0.2$);
$d_{u.i} = 0.0125\ (1 - \nu)\ H_{eff}$ (collasso per pressoflessione per $\nu = \sigma^b_0/f_d > 0.2$).

3.3) Si calcolano le resistenze al limite elastico e al limite ultimo della parete allo stato iniziale e allo stato finale, tenuto conto di eventuali interventi di consolidamento della muratura e presenza di cerchiatura dei vani:

$V_{e.in.} = \Sigma \min (d_{e.in.}\ K_j\ ;\ V_{u.j})$

$V_{.e.fin} = \Sigma \min (d_{e.fin.}\ K_k;\ V_{u.k}) + \min (\ d_{e.fin.}\ K_T\ ;\ V_{e.T})$

$V_{u.in.} = \Sigma \min (d'_{u.in.}\ K_j\ ;\ V_{u.j})$

$V_{u.fin.} = \Sigma \min (d'_{u.fin.}\ K_k;\ V_{u.k}) + \min (\ d'_{u.fin.}\ K_T\ ;\ V_{u.T})$
dove: $d_{e.in.}$, $d_{e.fin.}$ = spostamento al limite elastico intera parete, rispettivamente, allo stato iniziale e finale;
$d'_{u.in.}$, $d'_{u.fin.}$ = spostamento al limite ultimo intera parete, rispettivamente, allo stato iniziale e finale;
K_j , $V_{u.j}$ = rispettivamente, rigidezza e resistenza ultima a taglio j-esimo setto allo stato iniziale;
K_k , $V_{u.k}$= rispettivamente, rigidezza e resistenza ultima a taglio k-esimo setto allo stato finale;
K_T = rigidezza dei telai;
$V_{u.T} = 2 x f_d x \Sigma(W/h_T)$ (resistenza ultima a taglio dei telai, ipotizzando un comportamento elasto-plastico indefinito), con f_d = resistenza di calcolo acciaio, W = modulo di resistenza della sezione del singolo piedritto, h_T = altezza singolo piedritto.

3.4) Si esegue la verifica controllando che risulti:

$\boldsymbol{V_{u.fin.} \geq V_{u.in.}}$

<u>4) Verifica dello spostamento ultimo della parete</u>

Si controlla che la capacità di spostamento non sia ridotta.
Il procedimento è sintetizzato come segue:

4.1) Si procede, sia per lo stato iniziale che per lo stato finale, alla costruzione della curva forza-spostamento V-d (tipo pushover), considerando il degradare progressivo dei singoli maschi murari e/o delle cerchiature, fino ad un abbattimento della resistenza pari al 20% di quella massima; il corrispondente spostamento viene assunto come quello ultimo dell'intera parete ($d_{u.in.}$ o $d_{u.fin.}$). Se $d_{u.in.} > d_{u.fin.}$, cosi come sopra definiti, ma la curva forza-spostamento V-d relativa allo stato modificato si mantiene sopra quella allo stato attuale, in considerazione del fatto che le prestazioni allo stato finale (modificato) sono comunque migliori di quelle allo stato iniziale (preesistente) il calcolo procede sin tanto si mantiene tale condizione; in tal caso si assume come spostamento ultimo allo stato modificato $d_{u.fin.}$ il minimo tra quello corrispondente all'intersezione delle due curve (iniziale-finale) e quello corrispondente alla crisi del primo maschio dello stato modificato successivo al superamento dello spostamento ultimo allo stato attuale $d_{u.in.}$.

4.2) Si esegue la verifica controllando che risulti:

$$d_{u.fin.} \geq d_{u.in.}$$

5) Verifica della duttilità della parete

Definita la duttilità come $\mu_{in.} = d_{u.in.}/d_{e.in.}$ e $\mu_{fin.} = d_{u.fin.}/d_{e.fin.}$, rispettivamente, per lo stato iniziale e per lo stato finale, si controlla che:

$$\mu_{u.fin.} \geq \mu_{u.i}$$

VERIFICA

VERIFICA RIPRISTINO RIGIDEZZA DELLA PARETE (Allinamento 4Y)

STATO INIZIALE

Altezza interpiano	H (m) =	3,95
Apparecchiatura muraria	regolare	

SETTO	f_d	τ_{0d}	f_{V0}	$f_{V,lim}$	E	G	w	Modello	t	l	h'	H_{eff}	K	Trazione σ_0^c	Trazione b	Trazione $V_{T,u}$	Scorrimento l'	Scorrimento σ_n	Scorrimento $V_{S,u}$	Pressoflessione σ_0^b	Pressoflessione M_u	Pressoflessione $V_{M,u}$	V_u	d_0	d_u	Tipologia
	N/cm²	N/cm²	N/cm²	N/cm²	N/mm²	N/mm²	kN/m³	deformativo	m	m	m	m	kN/m	N/cm²		kN	m	N/cm²	kN	N/cm²	kNm	kN	kN	mm	mm	Collasso
1	345	9,0	20,0	73,0	750	250	18,00	shear-tipe	0,15	0,56	2,68	2,77	812	79,0	1,50	19,8	0,19	234,6	33,2	81,5	14	10,0	10,0	12,3	26,4	pressoflessione
2	345	9,0	20,0	73,0	750	250	18,00	shear-tipe	0,15	4,70	2,64	3,42	37475	54,3	1,00	213,2	3,62	74,4	270,4	57,3	no	no	213,2	5,7	17,1	trazione
3	345	9,0	20,0	73,0	750	250	18,00	shear-tipe	0,15	0,86	3,01	3,10	1882	72,6	1,50	29,3	0,28	234,6	47,2	75,4	31	20,1	20,1	10,7	30,3	pressoflessione
							Rigidezza totale iniziale della parete					$K_{in.}$	40168													

STATO FINALE

Altezza interpiano	H (m) =	3,95
Apparecchiatura muraria	regolare	

SETTO	f_d	τ_{0d}	f_{V0}	$f_{V,lim}$	E	G	w	Modello	t	l	h'	H_{eff}	K	Trazione σ_0	Trazione b	Trazione $V_{T,u}$	Scorrimento l'	Scorrimento σ_n	Scorrimento $V_{S,u}$	Pressoflessione σ_0^b	Pressoflessione M_u	Pressoflessione $V_{M,u}$	V_u	d_0	d_u	Tipologia
	N/cm²	N/cm²	N/cm²	N/cm²	N/mm²	N/mm²	kN/m³	deformativo	m	m	m	m	kN/m	N/cm²		kN	m	N/cm²	kN	N/cm²	kNm	kN	kN	mm	mm	Collasso
1	345	9,0	20,0	73,0	750	250	18,00	shear-tipe	0,15	4,29	3,05	3,47	32669	48,7	1,00	186,5	2,96	75,0	222,4	51,8	no	no	186,5	5,7	17,4	trazione
2	345	9,0	20,0	73,0	750	250	18,00	shear-tipe	0,15	1,05	2,42	2,64	4505	86,7	1,50	38,6	0,40	234,6	68,1	89,1	51	38,8	38,6	8,6	13,2	trazione
3	345	9,0	20,0	73,0	750	250	18,00	shear-tipe	0,15	0,86	3,01	3,10	1882	72,6	1,50	29,3	0,28	234,6	47,2	75,4	31	20,1	20,1	10,7	30,3	pressoflessione
							Rigidezza totale finale della parete					$K_{mod.}$	39055													

TELAIO	n	f_d			E_s	J_e	W_p					H_T	K_T	V_u	d_0	d_u
		N/mm²			N/mm²	cm⁴	cm³					cm	kN/m	kN	mm	mm
1	0	0			2E+05	0	0	ASSENTE				2	0	0,0	#DIV/0!	#DIV/0!
							Rigidezza totale dei telai					K_T	0			

Rigidezza totale finale della parete + telai	$K_{fin.} = K_{mod.} + K_T$ (kNm)	39055

0,85 <	$K_{fin.} / K_{in.}$ =	0,97	< 1,15
VERIFICA SODDISFATTA			

VERIFICA RIPRISTINO RESISTENZA DELLA PARETE (Allinamento 4Y)

STATO INIZIALE

Spostamento e resistenza al limite elastico

Spostamento al limite elastico $d_{e.in.}$		**5,7**	**mm**
Contributi alla resistenza			
Setto N°	1	4,6	kN
Setto N°	2	213,2	kN
Setto N°	3	10,7	kN
Resistenza totale parete $V_{e.in.}$		**228,6**	**kN**

Resistenza allo stato limite ultimo di collasso del primo setto

Spostamento $d'_{u.in.}$		17,1	mm
Contributi alla resistenza			
Setto N°	1	10,0	kN
Setto N°	2	213,2	kN
Setto N°	3	20,1	kN
Resistenza totale parete $V_{u.in.}$		**243,3**	**kN**

Spostamento limite ultimo corrispondente alla riduzione del 20% della forza massima

Spostamento ultimo $d_{u.in.}$		**17,1**	mm
Contributi alla resistenza			
Setto N°	1	10,0	kN
Setto N°	2	0,0	kN
Setto N°	3	20,1	kN
Resistenza totale parete		**30,1**	**kN**
Duttilità $\mu_{in.}$		**3,0**	

STATO FINALE

Spostamento e resistenza al limite elastico

Spostamento al limite elastico $d_{e.fin.}$		**5,7**	**mm**
Contributi alla resistenza			
Setto N°	1	186,5	kN
Setto N°	2	25,7	kN
Setto N°	3	10,7	kN
Telaio N°	**1**	**0,0**	**kN**
Resistenza totale parete $V_{e.fin.}$		**223,0**	**kN**

Resistenza allo stato limite ultimo di collasso del primo setto

Spostamento $d'_{u.fin.}$		13,2	mm
Contributi alla resistenza			
Setto N°	1	186,5	kN
Setto N°	2	38,6	kN
Setto N°	3	20,1	kN
Telaio N°	**1**	**0,0**	**kN**
Resistenza totale parete $V_{u.fin.}$		**245,2**	**kN**

Spostamento limite ultimo corrispondente alla riduzione del 20% della forza massima

Spostamento ultimo $d_{u.fin.}$		**17,4**	mm
Contributi alla resistenza			
Setto N°	1	0,0	kN
Setto N°	2	0,0	kN
Setto N°	3	20,1	kN
Telaio N°	**1**	**0,0**	**kN**
Resistenza totale parete		**20,1**	**kN**
Duttilità $\mu_{fin.}$		**3,0**	

$V_{u.fin.}/V_{u.in.}$ =	**1,01**	**> 1**
$d_{u.fin.}/d_{u.in.}$ =	**1,02**	**> 1**
$\mu_{fin.}/\mu_{in.}$ =	**1,01**	**> 1**
VERIFICA SODDISFATTA		