

Verifica sismica di un edificio pubblico vincolato, consolidato con il sistema Inietta&Consolida

Ing. Paolo Bettagno. Studio Ing. Enzo Puleo

Il Problema

Riportiamo di seguito l'esperienza diretta, di un professionista esterno all'azienda, che si è trovato ad affrontare il problema della verifica sismica di un Edificio Pubblico (Scuola Elementare di 1° grado) ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008.

La normativa attuale

La normativa che impone la verifica sismica di edifici strategici risale al 2003 e più precisamente è l'Ordinanza P. C. dei M. n. 3274 del 20 marzo 2003, art. 2 comma 3). Non è un problema nuovo quindi ma è un problema che non si è ancora deciso di affrontare in modo strutturale, stanziando fondi o quantomeno permettendo alle amministrazioni che hanno nel loro portafoglio la possibilità economica di affrontare certi interventi di sfiorare il patto di stabilità (qualcosa si è mosso col decreto del fare – Letta e Renzi ma per importi ancora non sufficienti).

L'edificio: storia e descrizione

L'immobile insiste in un'area di circa 4500 m² posta tra l'argine destro del fiume Tramigna e Viale della Vittoria n. 65, a circa 250 metri a sud delle mura scaligere; il fabbricato, adibito ad uso scolastico ed intitolato a Ippolito Nievo, è costituito da due piani fuori terra con cortili interni. Lo sviluppo della pianta è ad U con la facciata principale sul lato Ovest dove è ubicato l'ingresso; i prospetti laterali si affacciano sul lato nord e sud prospicienti i piazzali adibiti a parcheggio.

Il fronte principale a salienti è caratterizzato al piano terra da fasce in finto bugnato mentre la porzione centrale, i cui ingressi si collocano su una scalinata di sei gradini, è percorsa da un lungo ballatoio balaustrato mentre le finestre rettangolari del primo piano sono sormontate da cimasa classica e dotate di davanzali sorretti da mensole. Le strutture verticali, perimetrali e divisorie sono costituite da murature in pietra con legante in malta di calce dello spessore variabile da 40 a 60 centimetri; le strutture orizzontali sono costituite da solai in laterocemento mentre la copertura è sostenuta da travi principali in legno massello di sezione pressoché quadrata che poggiano su capriate in legno e pilastri in muratura portante a base quadrata di lato 40 centimetri e da un'orditura secondaria costituita da travetti di sezione rettangolare che costituiscono l'appoggio dei tavelloni in laterizio su cui poggiano le tegole di tipo marsigliese. Il progetto dell'opera fu redatto dall'Ingegnere Ugo Lissandrini di Soave nell'anno 1923, sotto l'amministrazione guidata dal podestà Menotti De Vido. Le 14 aule ospitavano al piano rialzato le classi elementari ed al piano superiore il corso biennale d'avviamento professionale, soppresso successivamente con l'istituzione della scuola media unificata nel 1960. L'edificio fu solennemente inaugurato il 28 ottobre 1931 alla presenza di numerose autorità politiche. Imponente per la sua mole a linee sobrie senza sovrastrutture è una delle opere più importanti compiute dal fascismo in Soave.

L'immobile fu oggetto di ristrutturazione nell'anno 1984 con la realizzazione dei solai in laterocemento del piano secondo in sostituzione dei vecchi solai in legno fatiscenti ed il soffitto in canniccio smaltato, tutto per una funzionalità più consona alle esigenze scolastiche e soprattutto per migliorare e dotare l'organismo edilizio di nuove strutture previste dalle norme antinfotunistiche del tempo come la realizzazione delle scale di emergenza, di un'aula magna per le riunioni, di un'aula per le attività manuali

e pratiche, il risanamento del tetto e la sostituzione degli infissi esterni. L'edificio è da sempre adibito ad uso scolastico e viene utilizzato anche quale sede per le votazioni delle varie elezioni politiche amministrative. L'edificio nonostante gli interventi cui è stato sottoposto, presenta interesse culturale in quanto rappresenta un'importante testimonianza di edilizia pubblica realizzata nel periodo fascista nel Comune di Soave secondo sistemi legati alla tradizione classica tipica dell'area veneta e per questo è stato inserito dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali nella Direzione Regionale per i Beni culturali e Paesaggistici del Veneto nell'anno 2010 come edificio di interesse culturale ai sensi dell'art. 10 del D, Lgs. N. 42/2004.

La normativa: capitolo 8, edifici esistenti

La normativa prevede la valutazione della sicurezza sismica di un edificio ogni volta che si esegue un intervento strutturale e impone di calcolare il livello di sicurezza della struttura prima e dopo l'intervento. Il progettista poi deve esplicitare i livelli già presenti, quelli conseguiti con l'intervento nonché le eventuali conseguenti limitazioni da imporre nell'uso della costruzione. Si riportano alcuni paragrafi della normativa fondamentali per le analisi di edifici esistenti.

Il Capitolo 8 del D. M. 14 gennaio 2008 introduce i concetti di LIVELLO DI CONOSCENZA (relativo a geometria, dettagli costruttivi e materiali) e FATTORE DI CONFIDENZA (che modificano i parametri di capacità in ragione del livello di conoscenza); la valutazione della sicurezza ed il progetto degli interventi sono normalmente affetti da un grado di incertezza diverso da quello di una struttura di nuova progettazione.

L'esistenza di fatto della struttura comporta la possibilità di determinare le effettive caratteristiche meccaniche dei materiali e delle diverse parti strutturali, che possono avere anche notevole variabilità nell'ambito della struttura stessa e non possono essere imposte come dati progettuali da conseguire in fase costruttiva, come avviene con le strutture nuove; tuttavia, una corretta e accurata valutazione riduce le incertezze che in una nuova costruzione sono insite nel passaggio dal dato di progetto alla realizzazione. Nelle costruzioni esistenti è cruciale la conoscenza della struttura intesa come geometria, dettagli costruttivi e dei materiali che la costituiscono (calcestruzzo, acciaio, mattoni e malta). È per questo che viene introdotta la categoria dei FATTORI DI CONFIDENZA, strettamente legati al livello di conoscenza conseguito nelle indagini conoscitive e che vanno preliminarmente, se necessario, a ridurre i valori medi di resistenza dei materiali della struttura esistente per ricavare i valori da adottare nella verifica. Per la valutazione della sicurezza si intende un procedimento che può avere due scopi:

- stabilire se una struttura esistente è in grado o meno di resistere alle combinazioni delle azioni di progetto contenute nelle NTC;
- determinare l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, che la struttura è capace di sostenere con i margini di sicurezza richiesti dalle NTC, definiti dai coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sui materiali.

Per quanto riguarda l'edificio in esame si andrà a determinare l'entità massima delle azioni, considerate nelle combinazioni di progetto previste, che la struttura è capace di sostenere con i margini di sicurezza richiesti dalle NTC, definiti dai coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sui materiali.

Per gli edifici in muratura si considera lo Stato Limite di salvaguardia Vita (SLV) e si applica quanto riportato al Par. 2.4 delle NTC relativamente a Vita Nominale (VN), Classi d'Uso (CU) e periodo di riferimento per l'azione sismica (VR).

L'edificio in esame ricade nella Classe d'Uso III (Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi...) a cui si associa un valore del Coefficiente d'uso $CU = 1,50$.

Classe d'uso →	I	II	III	IV	
	Coeff. C _U →				
	0,70	1,00	1,50	2,00	
TIPI DI COSTRUZIONE	V _N	V _R			
Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	10	35	35	35	35
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	50	35	50	75	100
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	100	70	100	150	200

Tabella C8.1 – Periodo di riferimento dell'azione sismica

OPERE CON V _N =50									
classe uso →		I	II	III	IV	I	II	III	IV
P _{VR} ↓		T _R				P _{T=50}			
SLO	0,81	21	30	45	60	91%	81%	67%	56%
SLD	0,63	35	50	75	100	76%	63%	48%	39%
SLV	0,1	332	475	712	949	14%	10%	7%	5%
SLC	0,05	682	975	1462	1950	7,1%	5,0%	3,4%	2,5%

Tabella C8.2

Nella tabella C8.2 vengono riportati il Periodo di ritorno dell'azione sismica (TR) per i diversi stati limite e la Probabilità di superamento (PVR) nel Periodo di riferimento (VR) e la Probabilità di superamento dell'azione sismica (PT=50) riferito ad un Periodo di riferimento.

Classe d'uso	Vita V _N [anni]	Coeff. Uso	Periodo V _R [anni]	Periodo T _R [anni]	Probabilità P _{VR}	Probabilità P _{T=50}
III	50.0	1.5	75.0	712	0,1	7%

Tabella C8A.0.1

Come già detto, la normativa prevede con riferimento al livello di conoscenza e di confidenza acquisito, la possibilità di definire dei coefficienti che vanno ad incidere sulle azioni in gioco e sui parametri dei materiali secondo quanto segue:

- LC3 livello di conoscenza raggiunto quando siano stati effettuati il rilievo geometrico, verifiche in situ estese ed esaustive sui dettagli costruttivi, indagini in situ esaustive sulle proprietà dei materiali; il corrispondente livello di confidenza è FC=1;
- LC2 livello di conoscenza raggiunto quando siano stati effettuati il rilievo geometrico, verifiche in situ estese ed esaustive sui dettagli costruttivi, indagini in situ estese sulle proprietà dei materiali; il corrispondente livello di confidenza è FC=1,2;
- LC1 livello di conoscenza raggiunto quando siano stati effettuati il rilievo geometrico, verifiche in situ limitate sui dettagli costruttivi, indagini in situ limitate sulle proprietà dei materiali; il corrispondente livello di confidenza è FC=1,35.

La Tabella C8A.1.1 riporta i livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e i conseguenti valori dei fattori di confidenza per gli edifici in muratura. Il livello di conoscenza raggiunto per l'edificio in esame è LC2 e un conseguente fattore di confidenza FC=1,2.

Livello di conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC		Verifiche in situ limitate	Indagini in situ limitate. Resistenza: valore minimo di tabella c8a.2.1. Modulo classico: valore medio intervallo tabella c8a.2.1		1.35
LC2			Indagini in situ estese. Resistenza: valore medio intervallo di tabella c8a.2.1. Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di tabella c8a.2.1		1.20
LC3	Rilievo muratura, volte, solai, scale. Individuazione carichi gravanti su ogni elemento di parete. Individuazione tipologia fondazioni. Rilievo eventuale quadro fessurativo e deformativo.	Verifiche in situ estese ed esaustive	Indagini in situ esaustive CASO A: disponibili 3 o più valori sperimentali di resistenza Resistenza: media dei risultati delle prove. Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di tabella c8a.2.1. CASO B: disponibili 2 valori sperimentali di resistenza Resistenza: - se il valore medio sperimentale compreso in intervallo di tabella c8a.2.1. valore medio dell'intervallo stesso; - se valore medio sperimentale maggiore di espremo superiore intervallo, quest'ultimo; - se valore medio sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore medio sperimentale. Modulo elastico: come LC3 caso a. CASO C: disponibile 1 valore sperimentale di resistenza Resistenza: - se il valore medio sperimentale compreso in intervallo di tabella c8a.2.1 o superiore, valore medio dell'intervallo; - se valore medio sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore medio sperimentale. modulo elastico: come LC3 caso a.	Tutti	1.00

La Tabella C8A.1.1 riporta i livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e i conseguenti valori dei fattori di confidenza per gli edifici in muratura. Il livello di conoscenza raggiunto per l'edificio in esame è LC2 e un conseguente fattore di confidenza FC=1,2.

Classificazione della muratura

La conoscenza della costruzione in muratura oggetto della verifica è di fondamentale importanza ai fini di una adeguata analisi e può essere conseguita con diversi livelli di approfondimento, in funzione dell'accuratezza delle operazioni di rilievo, dell'analisi storica e delle indagini sperimentali.

Si è per prima cosa appurata la conoscenza della geometria strutturale dell'edificio tramite rilievo che ha compreso le misurazioni piano per piano di tutti gli elementi in muratura, incluse nicchie, cavità, canne fumarie, dei solai, della copertura e delle scale individuandone la tipologia strutturale.

Si è inoltre eseguita una prima ricognizione per annotare l'eventuale quadro fessurativo e deformativo; la struttura si è presentata in ottime condizioni, non ha evidenziato fessurazioni rilevabili a occhio nudo nè evidenti fuori piombo o rigonfiamenti degli elementi murari.

Particolare attenzione si è quindi successivamente prestata all'individuazione della tipologia della muratura che costituisce l'edificio in esame procedendo con la rimozione di parti dell'intonaco così da mettere in luce in maniera inequivocabile la tessitura muraria; si è osservato come la struttura portante verticale dell'edificio sia costituita da muratura in sasso di medie dimensioni legata con malta di calce.

I sassi provengono come rinvenuto nel progetto originario a firma dell'Ing. Ugo Lissandrini dalla cava in Via San Lorenzo nel Comune di Soave e sono stati ottenuti frantumando rocce sedimentarie di tipo calcareo.

La muratura perimetrale esterna ha al piano terra e al piano primo uno spessore di circa 60 cm mentre al piano sottotetto la muratura ha uno spessore di 50 cm; la muratura interna ha uno spessore di circa 45 cm.

La muratura dell'atrio di ingresso e al piano primo della palestra ha invece uno spessore di circa 60 cm.

La muratura ad un primo esame visivo si è presentata con una buona tessitura sia nella parte esterna che in quella interna; i blocchi in pietra a spacco sono legati da una malta a base di calce con scadenti caratteristiche meccaniche come ci si aspetta da una muratura che può essere classificata come storica. I giunti comunque sempre ad un attento esame visivo non sono proprio sottili e in alcuni punti delle murature esterne si sono notati dei ricorsi o delle listature con mattoni (fig. 01 e fig. 03) che regolarizzano la tessitura ed in particolare l'orizzontalità dei corsi migliorando le caratteristiche meccaniche della muratura secondo le regole dell'arte.

In Tabella C8A.2.1 vengono riportati i valori di riferimento dei parametri meccanici (minimi e massimi) e peso specifico medio per le diverse tipologie di muratura, riferiti alle seguenti condizioni: malta di caratteristiche scarse, assenza di ricorsi o listature, paramenti semplicemente accostati o mal collegati, muratura non consolidata e tessitura a regola d'arte. Il nostro caso ricade nelle murature in pietre a spacco con buona tessitura, caso numero tre, di cui riassumiamo le caratteristiche meccaniche, considerando in fase cautelativa il livello inferiore.



Particolare della muratura esterna priva di intonaco



Particolare della muratura interna priva di intonaco



Muratura esterna priva di intonaco dove si nota la listatura in mattoni

Tipologia di muratura	f_m	T_0	E	G	w (kN/m ₃)
	(N/cm ²)	(N/cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	
	min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	690 1050	230 350	19
Muratura a conci sbozzati, con parametro di limitato spessore e nucleo interno	200 300	3,5 5,1	1020 1440	340 480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260 380	5,6 7,4	1500 1980	500 660	21
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140 240	2,8 4,2	900 1260	300 420	16
Muratura a blocchi lapidei squadriati	600 800	9,0 12,0	2400 3200	780 940	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240 400	6,0 9,2	1200 1800	400 600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)	500 800	24 32	3500 5600	875 1400	15
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 40%)	400 600	30,0 40,0	3600 5400	1080 1620	12
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 40%)	300 400	10,0 13,0	2700 3600	810 1080	11
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150 200	9,5 12,5	1200 1600	300 400	12
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (perc. foratura < 45%)	300 440	18,0 24,0	2400 3520	600 880	14

Tabella C8A.2.1

Classificazione tipologica: prove sperimentali

La classificazione tipologica della muratura è stata eseguita mediante prove sperimentali come richiesto dalle NTC; in particolare si sono commissionate al laboratorio prove della società Veneta Engineering s.r.l. n.3 prove di martinetti doppi piatti per la valutazione della resistenza meccanica a compressione e il modulo elastico e n.10 prove soniche per valutare l'omogeneità della tessitura della muratura.

Le prove in situ sulla muratura ci hanno permesso di raggiungere un livello di conoscenza esteso della muratura come indicato dalla normativa.

Le prove con i martinetti doppi piatti sono servite a studiare la muratura oggetto dell'analisi. In particolare, si sono fatte delle misurazioni sullo stato tensionale e deformativo della parete muraria sollecitata con opportuni cicli di carico e scarico.

Si sono innanzitutto individuate delle zone da un metro per un metro in cui si sono successivamente effettuate le prove; nella figura sotto sono riportate le aree oggetto di analisi per le tre prove in situ.

Individuata la zona è stato quindi rimosso l'intonaco e si sono effettuati due tagli orizzontali in corrispondenza di un livello di malta ad una distanza di circa un metro uno dall'altro; si sono inseriti i due martinetti fissati con del cemento a presa rapida; si sono predisposti dei sensori di spostamento nella zona centrale e si è iniziata la prova caricando l'elemento murario eseguendo più cicli di carico e scarico e a step con misura per ogni singolo intervallo

dei valori di deformazione; la pressione di rottura viene individuata mediante l'analisi dei grafici dei sensori di spostamento posti tra i due martinetti. In tabella vengono riassunti i valori ottenuti.

Tipologia di muratura	f_m (N/cm ²)	T_0 (N/cm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
Muratura in pietre a spacco di buona tessitura	260	5,6	1500	500	21

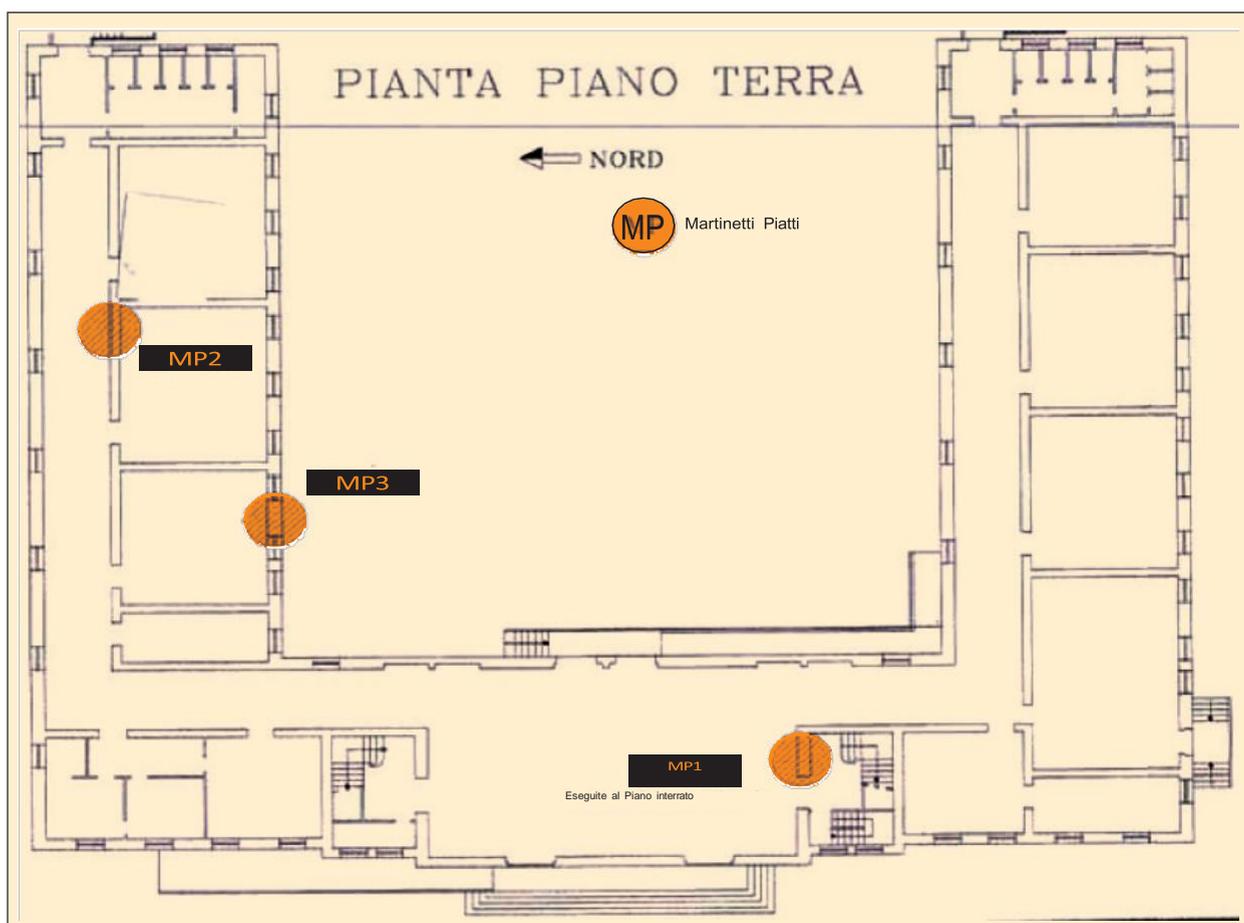


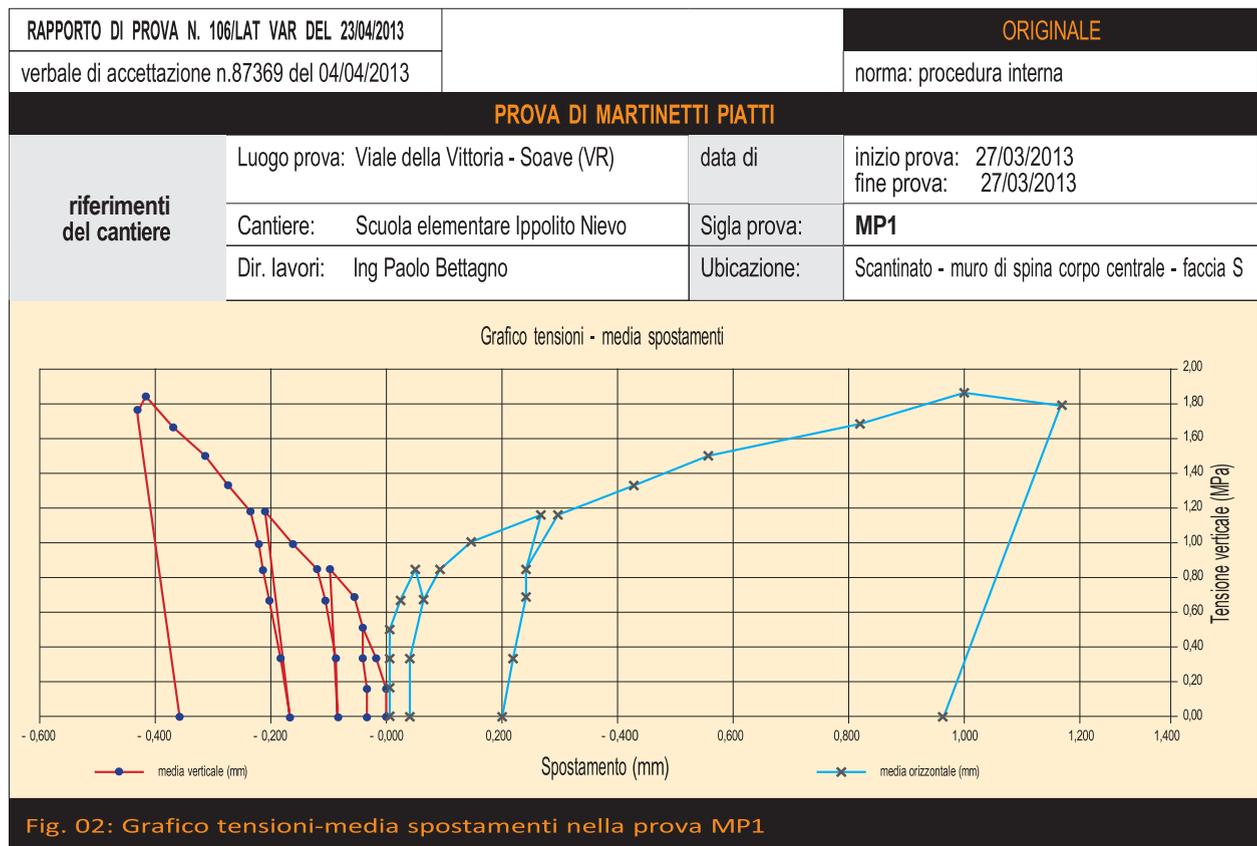
Fig.01: Localizzazione delle aree di prove per i martinetti piatti

I risultati delle prove effettuate con i martinetti piatti

Si può osservare come i valori a rottura rilevati siano inferiori ai valori minimi riportati in tabella C8A.2., tuttavia bisogna considerare le prove eseguite non per i valori quantitativi forniti bensì per i valori qualitativi dei grafici sforzi deformazioni ottenuti, in quanto i valori di tensione a rottura che si ottengono con questo tipo di prova su murature costituite da blocchi in pietra a spacco, sono sempre inferiori a quelli riportati in letteratura. Infatti le dimensioni dei martinetti contenute rispetto le dimensioni dei blocchi in pietra che abbiamo osservato costituire la muratura oggetto di analisi, e l'area di prova limitata rispetto le dimensione dei maschi murari coinvolti non sono tali da produrre dei risultati quantitativi sulla reale tensione a rottura del complesso muratura nel suo insieme in quanto vanno a sollecitare in maniera preponderante i legami in malta che quindi vanno a costituire l'elemento debole della muratura e quindi della prova escludendo quei meccanismi di mutuo incastro che una muratura in pietra a spacco può sviluppare.

Si può osservare come la prova MP1 abbia dato dei risultati migliori per la presenza di una malta qualitativamente migliore di quella presente nelle murature fuori terra e caratterizzate dalle prove MP2 ed MP3; inoltre, si può osservare come le prove MP2 ed MP3 abbiano lo stesso tipo di comportamento caratterizzato da una malta scadente che oltre un certo livello tensionale che possiamo ipotizzare come limite elastico della muratura ad un minimo incremento del carico produce ampi spostamenti. Tuttavia, da sottolineare è l'omogeneità del comportamento della muratura nelle tre prove.

	MP1	MP2	MP3
Tensione di rottura f_u [Mpa]	1,85	1,01	1,36
Modulo Elastico Secante E [Mpa]	1147	210	363



RAPPORTO DI PROVA N. 107/LAT VAR DEL 23/04/2013		ORIGINALE
verbale di accettazione n.87369 del 04/04/2013		norma: procedura interna

PROVA DI MARTINETTI PIATTI

riferimenti del cantiere	Luogo prova: Viale della Vittoria - Soave (VR)	data di	inizio prova: 27/03/2013 fine prova: 27/03/2013
	Cantiere: Scuola elementare Ippolito Nievo	Sigla prova:	MP2
	Dir. lavori: Ing Paolo Bettagno	Ubicazione:	Piano terra- ala N - muro di spina faccia N

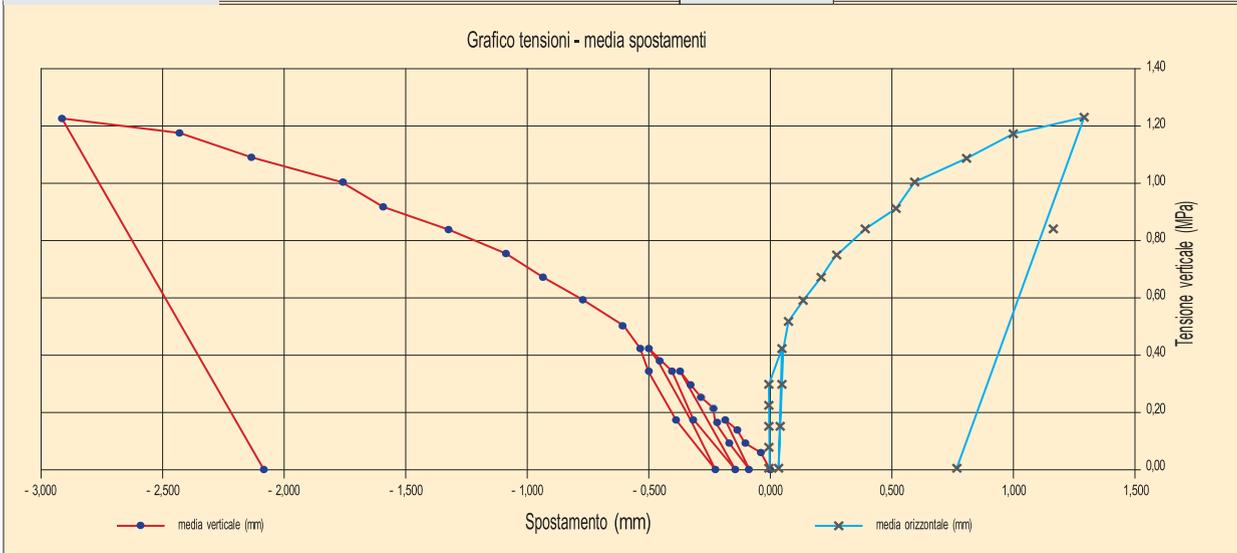


Fig. 03: Grafico tensioni-media spostamenti nella prova MP2

RAPPORTO DI PROVA N. 108/LAT VAR DEL 23/04/2013		ORIGINALE
verbale di accettazione n.87369 del 04/04/2013		norma: procedura interna

PROVA DI MARTINETTI PIATTI

riferimenti del cantiere	Luogo prova: Viale della Vittoria - Soave (VR)	data di	inizio prova: 28/03/2013 fine prova: 28/03/2013
	Cantiere: Scuola elementare Ippolito Nievo	Sigla prova:	MP3
	Dir. lavori: Ing Paolo Bettagno	Ubicazione:	Ala N - muro esterno S - faccia S

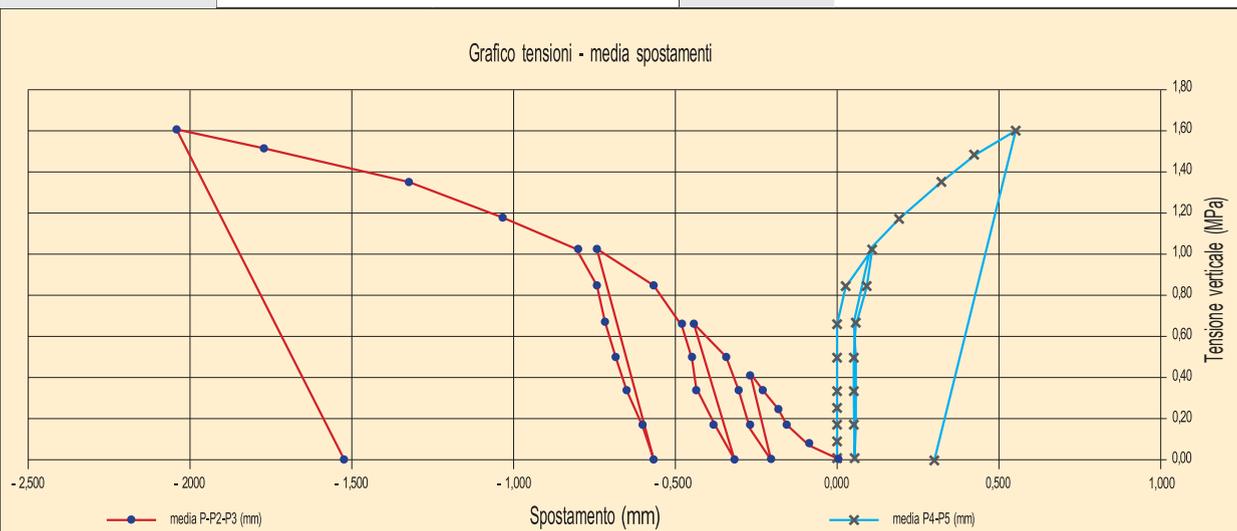


Fig. 04: Grafico tensioni-media spostamenti nella prova MP4

Successivamente si sono eseguite anche delle prove soniche mediante rilevazione dei tempi di propagazione di un'onda di compressione attraverso l'elemento murario. Le prove soniche sono delle prove che si fanno in situ, in modalità di trasmissione diretta. La velocità di propagazione viene correlata alle caratteristiche del materiale quali densità, omogeneità, presenza di vuoti e microfessurazioni.

La tecnica si basa sulla generazione di un impulso meccanico mediante un martello strumentato e sulla rilevazione dei tempi di propagazione delle onde approssimativamente semisferiche di compressione e di taglio, rilevate

Da seguito si riportano i valori del modulo elastico statico e dinamico ottenuti nelle prove

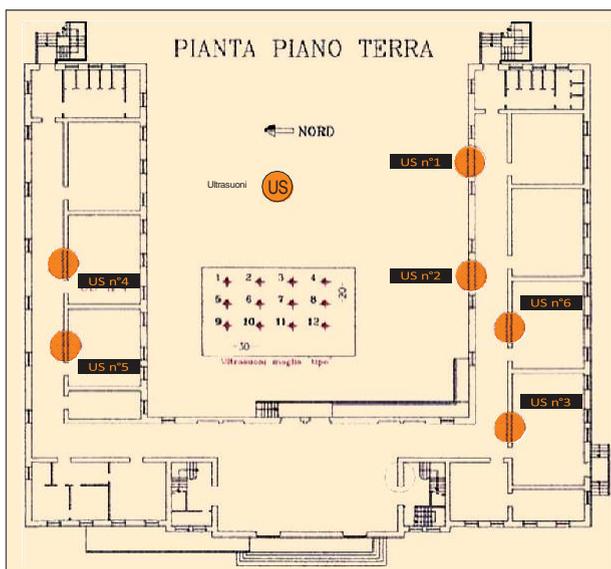
Sigla prova	ρ kN/m ³	E_s MPa	E_d Mpa
US1	24,00	14104	14978
US2	24,00	17077	18136
US3	24,00	14080	14953
US4	24,00	13656	14503
US5	24,00	10309	10949
US6	24,00	16728	17765
US7	24,00	10806	11476
US8	24,00	7582	8052
US9	24,00	4589	4873
US10	24,00	18158	19284

Tab. 02: Risultati delle prove soniche

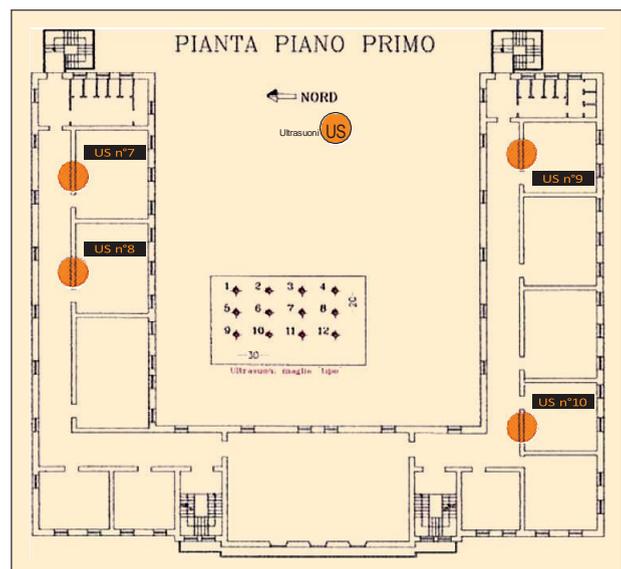
Tutti i risultati delle prove eseguite, sia con i martinetti doppi piatti, che quelle soniche, sono riportati nell'Allegato n.1 della relazione di calcolo.

da un accelerometro. Sono le onde di compressione, quelle generalmente sfruttate nelle prove soniche, per la loro maggiore velocità rispetto a quelle di taglio e per la loro maggiore energia nella direzione d'impatto. Ogni singola battuta consta quindi di una lettura puntuale, localizzata intorno alla regione di materiale dove stazione trasmittente e stazione ricevente sono posizionate. I dati acquisiti ed espressi in forma tabellare possono poi essere presentati in varie maniere grafiche, anche come mappe di velocità soniche.

Di fondamentale importanza la prova in quanto ha permesso di evidenziare l'assenza di microfessurazioni e fessurazioni nella muratura tali da danneggiarne il comportamento confermando scientificamente quello che già si era notato dopo l'esame visivo; in particolare questo lo si può notare dalle misurazioni riportate del modulo elastico che per tutte le pareti in cui è stata misurata la velocità dell'onda si è praticamente rilevato essere della stessa grandezza.



Localizzazione delle aree di prove soniche al Piano Terra

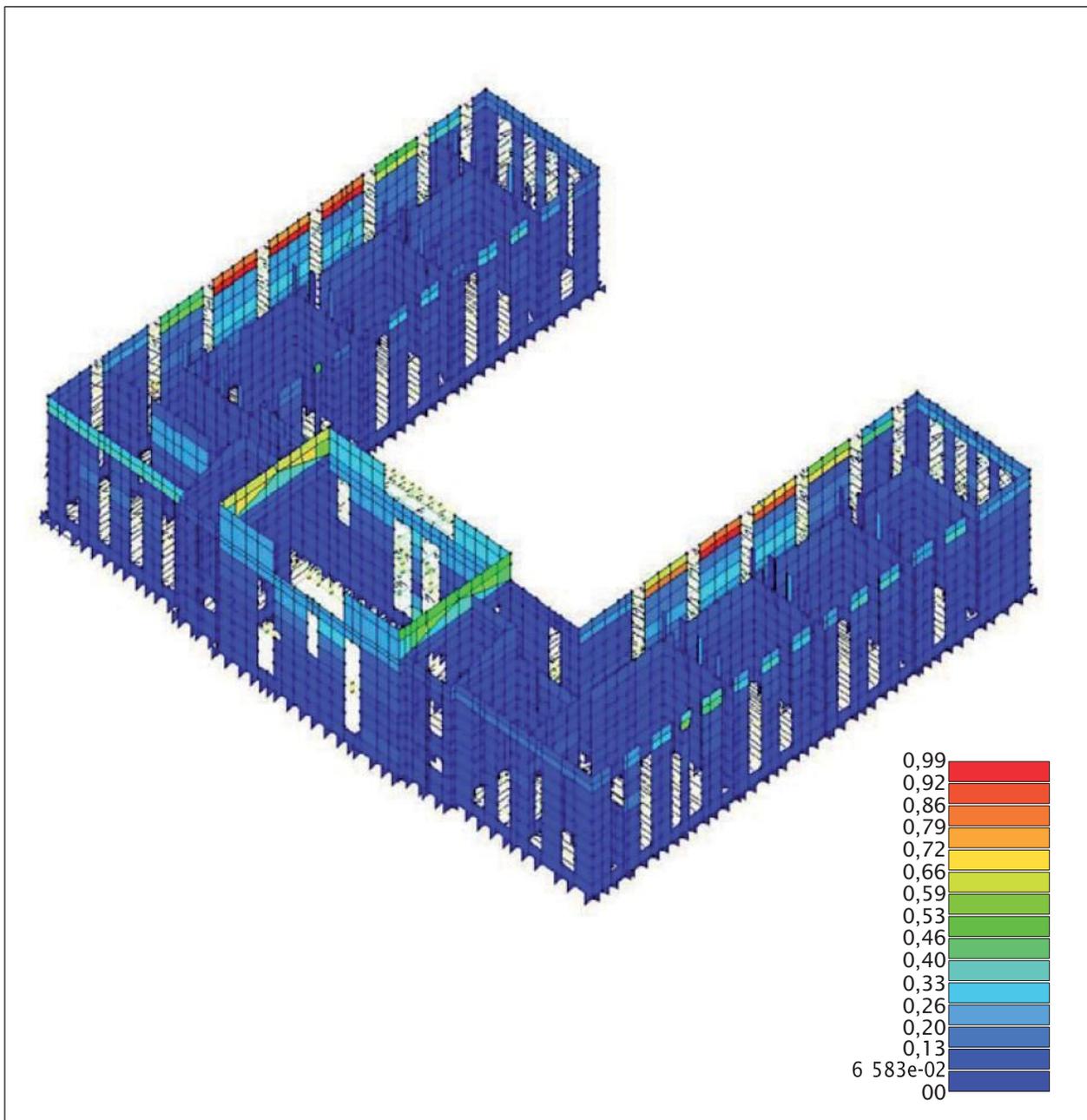


Localizzazione delle aree di prove soniche al Primo Piano

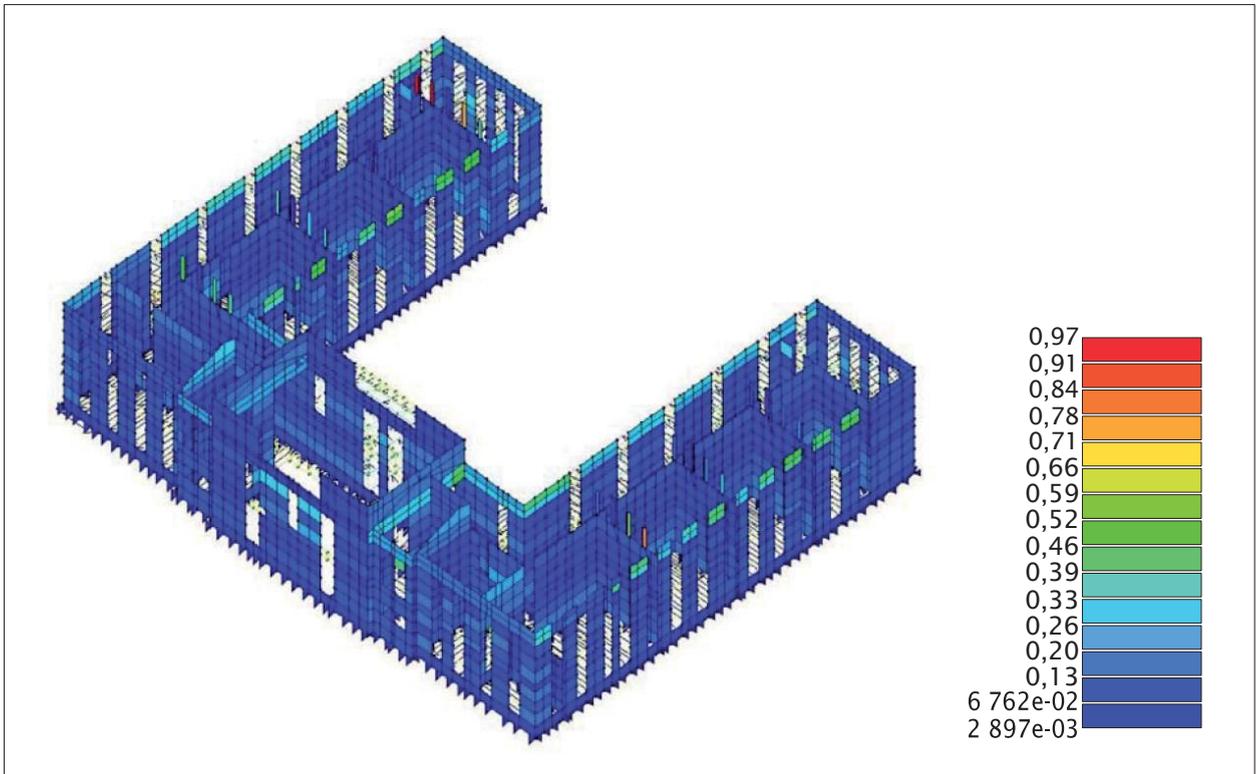
Verifica della struttura esistente con sisma

Le forze orizzontali così come determinate dalle NTC non verificano la struttura; si deve quindi ripetere l'analisi in modo iterativo abbassando il valore dell'accelerazione orizzontale massima del terreno il che equivale ad aumentare la probabilità di accadimento P_{ver} riducendo il Periodo di Ritorno T_r del sisma.

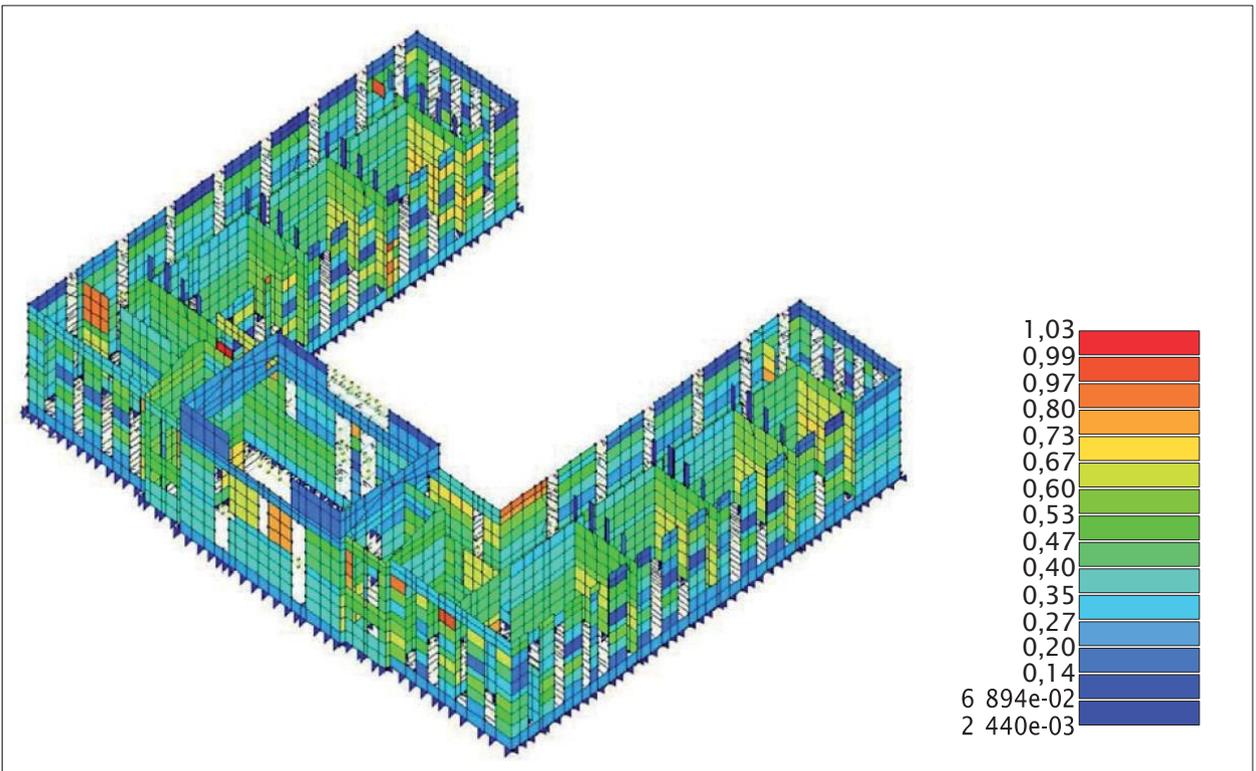
Visualizzazione mediante mappa di colore del massimo valore del rapporto tra il momento agente perpendicolare al piano del muro e il momento corrispondente al collasso per flessione, effettuato per le combinazioni di carico in presenza di sisma. Se il valore risulta inferiore a 1 la verifica è soddisfatta.



Il valore massimo dell'accelerazione al piede deve essere ridotto al 40% per verificare le murature esistenti.



Visualizzazione del rapporto tra il carico normale di calcolo dovuto all'azione flettente delle forze orizzontali agenti nel piano del muro e all'azione dei carichi verticali e il carico limite della muratura effettuata per tutte le combinazioni. Se il valore risulta inferiore a 1 la verifica è soddisfatta.



Visualizzazione del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, ottenuto mediante la resistenza a taglio di calcolo della muratura e il coefficiente di parzializzazione della sezione effettuata per tutte le combinazioni. Se il valore risulta inferiore a 1 la verifica è soddisfatta.

Intervento di miglioramento

Soluzioni proposte: Il sistema “Inietta&Consolida®”

Considerato che la criticità della muratura dell'edificio esistente è dovuta alla malta di calce di scarsa qualità in accordo con le “Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale” si è deciso di adottare come metodo di consolidamento della muratura l'iniezione di miscele leganti che mirino al miglioramento delle caratteristiche meccaniche della muratura da consolidare; in particolare si dovrà prestare attenzione alla scelta della miscela da iniettare, curandone la compatibilità chimico fisica e meccanica con la tipologia muraria oggetto di intervento, considerando che malte a base cementizia possono produrre danni alle murature e in particolare alle superfici, per la produzione di sali; l'affioramento di sali solubili dalla malta provoca efflorescenze sulla superficie della muratura.

Nel caso specifico in esame, si è considerato l'impiego delle boiacche specifiche “Inietta&Consolida®” a base di leganti idraulici micronizzati ad alta resistenza, unitamente ad elementi sferoidali e resine reticolanti in grado di aumentare oltre la resistenza a “compressione” anche quella relativa al “taglio diagonale” e a quella di trazione conseguentemente all'incollaggio strutturale generato.

Caratteristiche dei componenti della miscela:

- Componente A TRN 100®: il componente A è composto da leganti idraulici micronizzati ad alta resistenza con elementi sferoidali in grado di favorire lo scorrimento e la penetrazione capillare all'interno delle cavità delle murature; fortemente desalinizzato e stabile nel tempo può essere impiegato su tutte le tipologie costruttive delle diverse tessiture murarie;
- Componente B TRB 308®: il componente B è realizzato con l'impiego di un promotore di aggregazione reticolante a base acrilica che oltre ad aumentare la resistenza a compressione dello speciale legante idraulico TRN 100, conferisce allo stesso elevate caratteristiche di permeabilità al vapore evitando zone di condensazione indesiderate; l'impiego del TRB 308® nell'impasto evita tutte le operazioni di lavaggio preventivo che vengono solitamente effettuate per questo tipo di lavoro, garantendo una perfetta adesione per la presenza di polveri e sostanze grasse. Per il contenimento della miscela è sufficiente operare con gli intonaci preesistenti ancora in essere.

Non essendoci tuttavia in letteratura valori che permettessero quantificare gli incrementi delle caratteristiche tecniche una volta consolidata la parete si è realizzato il consolidamento parziale di una parte di muratura su cui successivamente si è andata ad eseguire una prova a taglio diagonale per la valutazione numerica della resistenza a taglio della muratura.

Il consolidamento: le fasi operative

Si è innanzitutto provveduto al consolidamento di una parte della muratura su cui successivamente si è andati ad eseguire una prova a taglio diagonale per la valutazione delle resistenza meccanica a taglio della struttura. Come detto, non essendoci in letteratura dei valori per quantificare l'incremento di prestazioni ottenuto con l'iniezione di miscele leganti, la prova commissionata al laboratorio prove della società Veneta Engineering s.r.l. si è rivelata estremamente preziosa. Per avere la possibilità di un confronto dei risultati si è valutato essere opportuno eseguire il consolidamento dove precedentemente si era eseguita una delle prove con i martinetti doppi piatti così da avere la possibilità di confrontare i valori ottenuti sperimentalmente.

La prova con i martinetti piatti doppi che si è ritenuta più significativa al fine di un confronto è stata la numero due, che era stata eseguita al piano terra dell'ala nord del fabbricato, nel muro che divide le aule dai corridoi; si è quindi individuata una zona di dimensioni quadrate di lato 150 cm per andare a consolidare la muratura. Si è innanzitutto realizzata una vasca con del cemento a presa rapida così da evitare la dispersione delle malte leganti una volta iniettate come da Fig. 01.



Fig. 01: Preparativi per la prova: Realizzazione di una "vasca di contenimento" per evitare la dispersione della boiaccia "Inetta&Consolida®"

Si è quindi realizzato un reticolo di fori inclinati passanti di diametro 30 mm circa con interasse di circa 50 cm anziché 100 cm come si realizzerebbe nelle normali procedure; l'esigenza di infittire il passo è dovuta alla porzio



Fig.02: Iniezione della boiaccia consolidante "Inietta&Consolida®". Sono state previste 2 iniezioni a distanza di 24 ore l'una dall'altra per compensarne i ritiri fisiologici.

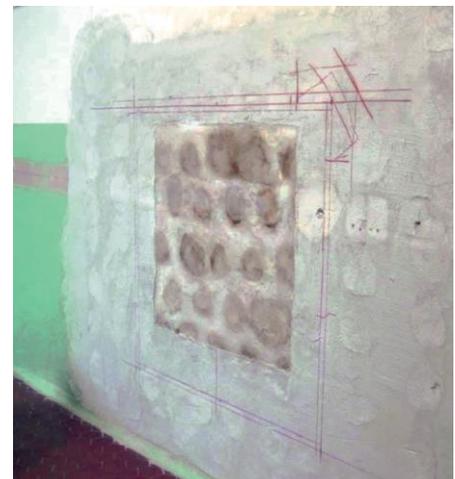
ne limitata di muratura e all'impossibilità di eseguire la compensazione ad una distanza di 24 o 48 ore.

La prima linea di fori è stata eseguita a circa 50 cm. dal bordo inferiore della vasca in cemento a presa rapida che si è realizzata e nei fori si sono inseriti gli iniettori andando ad adattare i petali delle corone all'inclinazione dei fori. Con l'impiego di una pompante si sono andati a riempire i fori fino a saturazione della muratura, iniziando dal basso verso l'alto e utilizzando i tappi di chiusura per evitare fuoriuscite dai fori adiacenti.

In Fig. 02 sono ben visibili il reticolo dei fori, i tubi utilizzati per l'iniezione della miscela e i tappi che ne evitano la fuoriuscita.

Terminata la fase di iniezione delle miscele si è atteso un periodo di trenta giorni prima di effettuare la prova a taglio diagonale per permettere ai componenti leganti di far presa e di pervenire quindi al consolidamento ottimale della muratura.

Fig. 03: Come si presentava la muratura consolidata con il sistema certificato "Inietta&Consolida®" a maturazione avvenuta (30 gg)



Per la realizzazione della prova di taglio diagonale nella versione in situ si deve in prima battuta isolare il pannello quadrato di muratura di lato 120 cm mediante quattro tagli realizzati con una sega circolare; la differenza principale tra la prova in situ e quella in laboratorio riguarda la parte inferiore del pannello che resta ammorsata alla muratura della parete; analisi teoriche e numeriche hanno comunque dimostrato che tale collegamento è almeno in fase elastica ininfluenza avendo una rilevanza trascurabile sui risultati ottenuti.

L'attrezzatura di prova consiste in due piastre metalliche a forma angolare di "L" che vengono posizionate sui due spigoli di una delle diagonali del pannello; le due piastre vengono collegate con due martinetti idraulici così da realizzare un sistema chiuso in cui il martinetto sollecita il pannello lungo la diagonale. Il pannello è strumentato con quattro trasduttori di spostamento per lato disposti lungo le diagonali al fine di misurare le deformazioni sotto carico. In Fig. 04 è ben visibile il pannello pronto alla prova. Per evitare fenomeni di punzonamento in prossimità delle piastre, gli angoli in cui si sono inserite le piastre in acciaio di diffusione del carico sono stati rinforzati con della malta cementizia.

Il valore limite della prova è stato determinato non per rottura del muro, che come si può vedere dalla Fig. 05 alla fine della prova risulta fessurato ma non compromesso, ma per rottura delle catene che collegavano i martinetti alle piastre; il valore ottenuto è pertanto precauzionale e quindi a favore di sicurezza.

Fig. 04



Il materiale consolidato

Il consolidamento della muratura viene ipotizzato non su tutta la struttura ma su una parte limitata di essa così da rendere l'intervento di miglioramento idoneo a sopportare i carichi orizzontali imposti da normativa; in particolare si prevede il consolidamento di tutto il piano delle fondazioni e del piano terra; mentre la muratura del piano secondo viene consolidata solo nella zona della palestra e dei due setti nelle ali nord e sud che dividono le aule dai bagni. Le "Linee guida per la valutazione e la 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, prescrivono infatti che per un bene culturale non sia obbligatorio il raggiungimento di un livello di sicurezza pari alle strutture nuove che le NTC 2008 assumono pari ad un valore di VN pari a 50 anni. Una vita nominale minore significa accettare di dover provvedere ad una nuova verifica passati gli anni determinati, per questo motivo valori della vita nominale maggiori di 20 anni si considerano ammissibili e quindi sicuri per un manufatto tutelato.

Si è quindi proceduto in modo diverso per la valutazione della sicurezza del fabbricato; in particolare si è osservato che un valore di vita nominale della struttura pari a 20 anni corrisponde ad una riduzione dell'accelerazione al piede del 30%; si è quindi proceduto in maniera iterativa consolidando tutte quelle parti di struttura necessarie a garantire il coefficiente di sicurezza imposto dalla normativa.

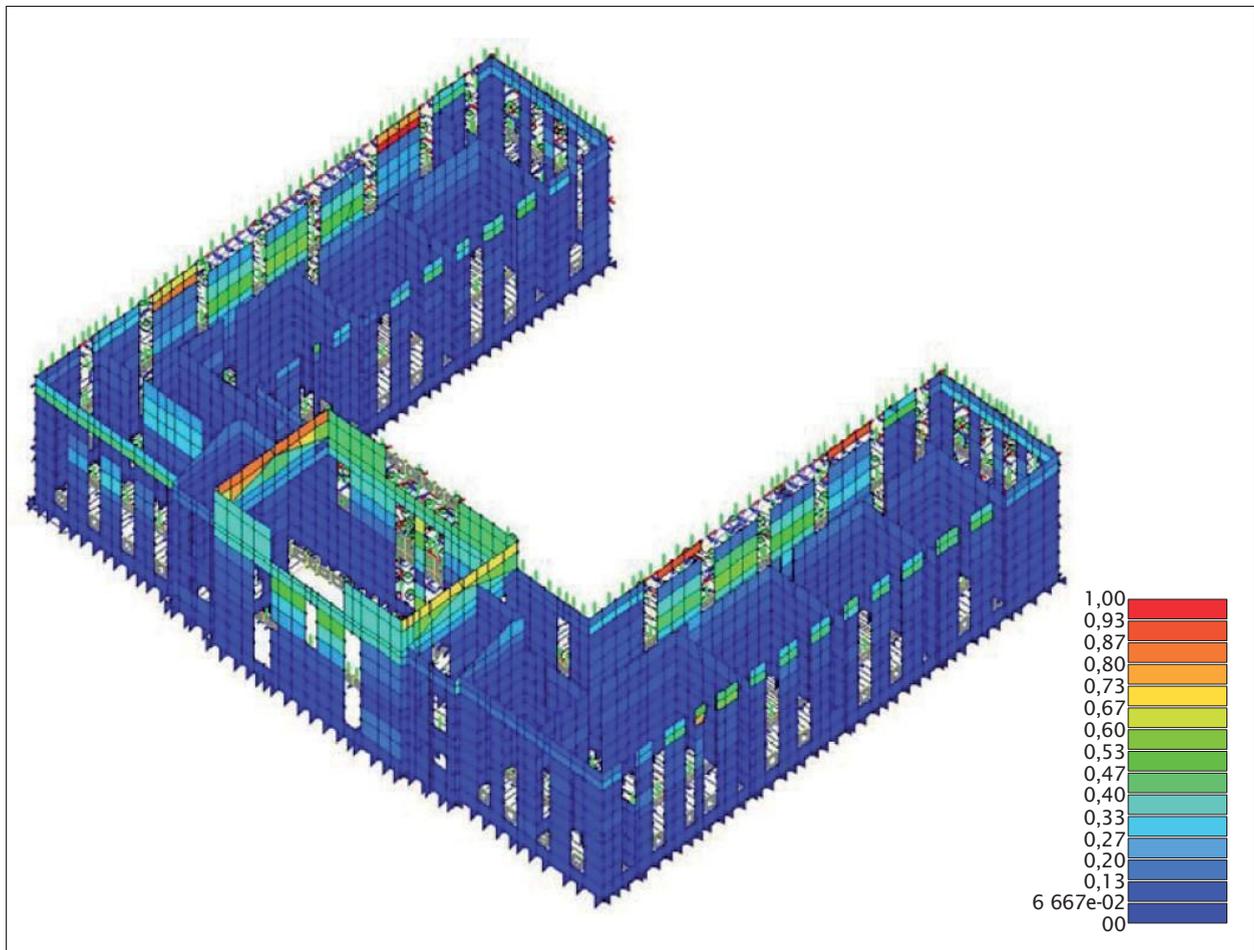


Fig. 05: Pannello murario a prova ultimata. Valore limite di rottura non raggiunto a causa del cedimento delle catene che collegavano i martinetti alle piastre.

Il valore massimo dell'accelerazione al piede deve essere ridotto al 70% per verificare le murature consolidate. Il fattore che le "Linee guida per la valutazione e la 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 definiscono per la valutazione sismica dei fabbricati è il fattore di accelerazione, che per il fabbricato consolidato diverrebbe:

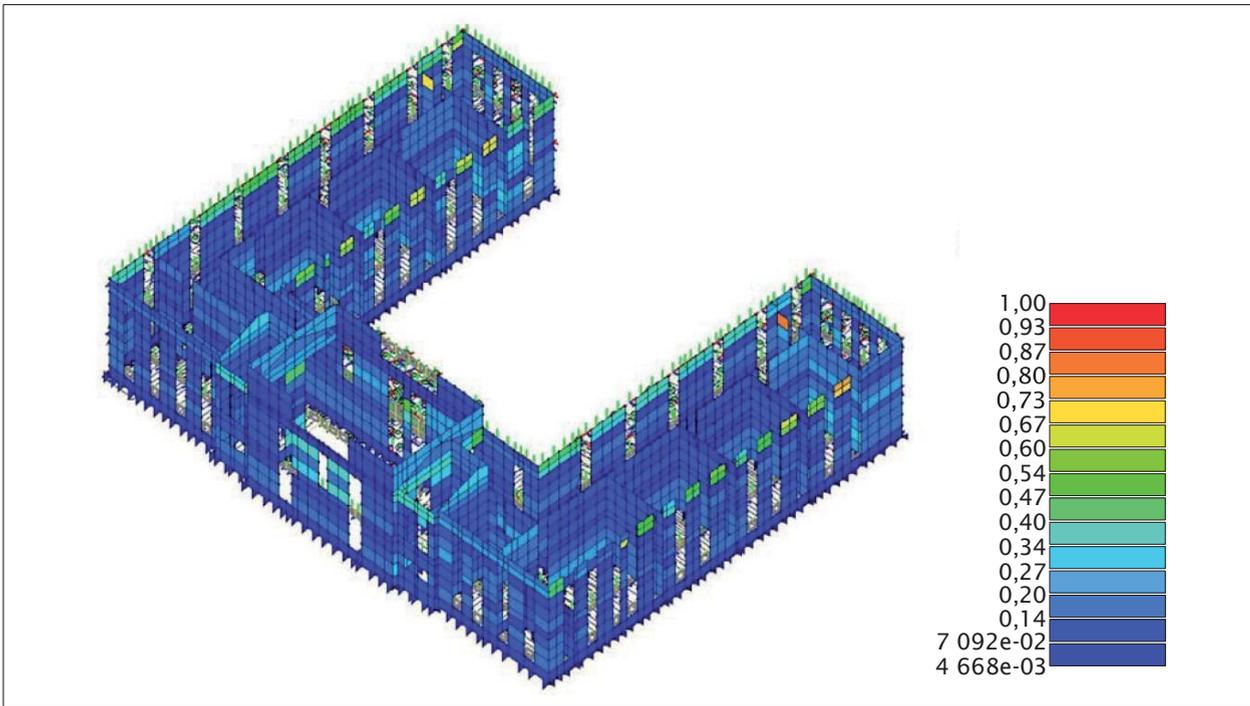
$$f_{a,SLV} = \frac{a_{SLV}}{a_{g,SLV}} = \frac{0,120}{0,163} = 0,74$$

Tale fattore considera solo uno dei parametri che definiscono l'azione sismica spettrale, ma ha il pregio di fornire un'indicazione quantitativa del deficit in termini di resistenza.



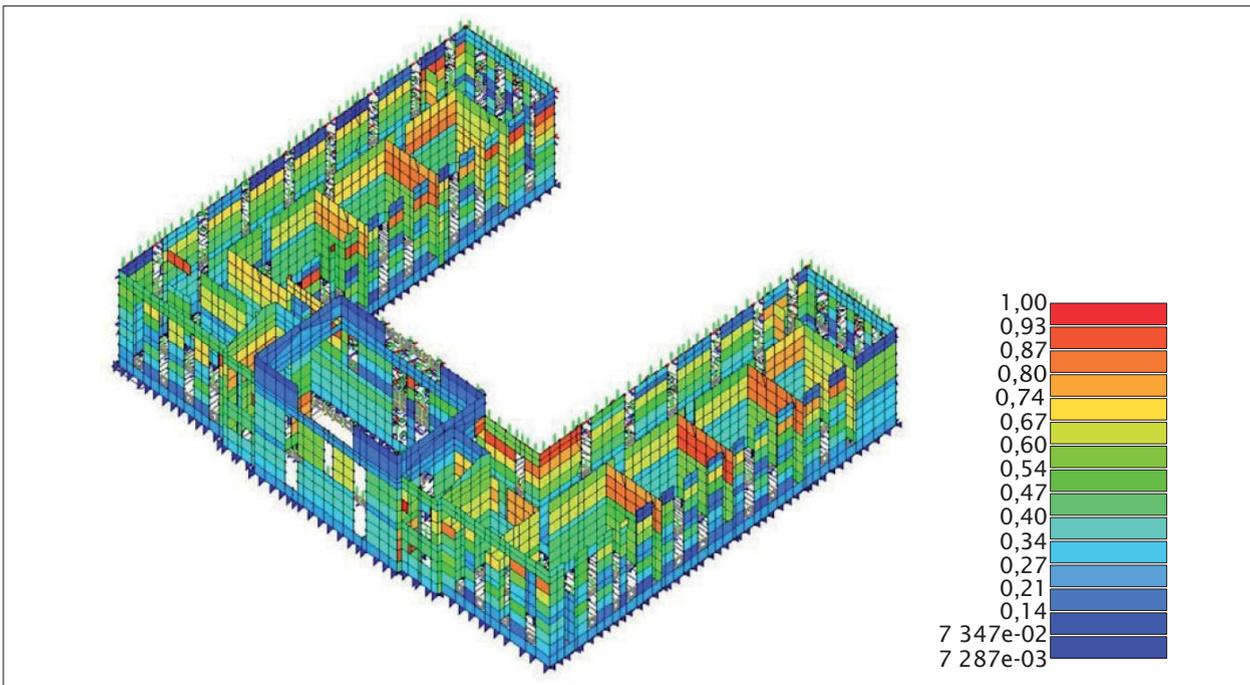
Verifica N-MO (D.M. 08 - Par. 7.8.2.2.3)

Visualizzazione mediante mappa di colore del massimo valore del rapporto tra il momento agente perpendicolare al piano del muro e il momento corrispondente al collasso per flessione, effettuato per le combinazioni di carico in presenza di sisma; se il valore risulta inferiore a 1 la verifica è soddisfatta.



Verifica M-MP (D.M. 08 - par. 7.8.2.2.1)

Visualizzazione mediante mappa di colore del rapporto tra il carico normale di calcolo dovuto all'azione flettente delle forze orizzontali agenti nel piano del muro e all'azione dei carichi verticali e il carico limite della muratura effettuata per tutte le combinazioni; se il valore risulta inferiore a 1 la verifica è soddisfatta.



Verifica V (Formula 7.8.2.2.2 D.M. 08)

Visualizzazione del rapporto tra l'azione orizzontale di calcolo e il taglio limite, ottenuto mediante la resistenza a taglio di calcolo della muratura e il coefficiente di parzializzazione della sezione effettuata per tutte le combinazioni; se il valore risulta inferiore a 1 la verifica è soddisfatta.

Determinazione dell'indicatore di rischio

Definiamo i valori caratteristici della struttura per l'accelerazione al suolo corrispondente al periodo di ritorno di riferimento e i valori per l'accelerazione che porta al raggiungimento dello Stato Limite di salvaguardia Vita:

Stato limite	a_g / g [-]	Periodo V_R [anni]	Periodo T_R [anni]	Probabilità P_{VR}
SLV	0,163	75.0	712	10 %
SLV	0,120	75.0	287	23 %

È ora possibile definire l'indice di sicurezza sismica, dato dal rapporto tra il periodo di ritorno TSL dell'azione sismica che porta al generico stato limite (SL=SLV) ed il corrispondente periodo di riferimento TR,SLV; si ottiene:

$$IS,SLV = \frac{T_{SLV}}{T_{R,SLV}} = \frac{287}{712} = 0,40$$

L'altro parametro da considerare alla luce dell'accelerazione al suolo che soddisfa le verifiche per l'edificio consolidato e quindi del periodo di ritorno ottenuto dall'analisi è il valore della vita nominale VN:

$$VN = \frac{T_{R,SLV}}{CU} * \ln(1 - P_{VR}) = \frac{287}{1,5} * \ln(1 - 0,1) = 20,15 \text{ anni}$$

Le "Linee guida per la valutazione e la 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, non prescrivono per un bene culturale il raggiungimento di un prefissato livello di sicurezza che le NTC 2008 assumono per le opere ordinarie pari ad un valore VN di 50 anni.

Una vita nominale minore significa accettare di dover provvedere ad una nuova verifica passati gli anni determinati, tuttavia valori della vita nominale pari a 20 anni possono essere considerati ammissibili e quindi sicuri per un manufatto tutelato.

Metodi tradizionali e innovativi: i vantaggi applicativi ed economici del sistema inietta&consolida®

Mettendo a confronto il sistema tradizionale per il consolidamento delle murature con il sistema innovativo Inietta&Consolida®, abbiamo riscontrato quanto segue.

Le vecchie murature carenti nei parametri relativi alla resistenza a compressione, trazione e taglio laterale, vengono generalmente risolti attraverso il rinforzo strutturale ottenuto tramite “doppia controparete armata 4+4 e/o 10+10”. In pratica, dopo la demolizione degli intonaci sui paramenti esterni ed interni si procede al lavaggio e alla pulitura a fondo delle superfici da consolidare e collegare.

Segue la perforazione della muratura con martelli a rotoperussione con inserimento di barre in acciaio tipo FE510B con sezioni e dimensioni derivanti da calcoli statici.

Deve essere prevista inoltre l'eventuale filettatura alle estremità, oltre alla fornitura dei manicotti necessari, della bulloneria, delle piastrine di ancoraggio, la successiva posa delle piastrine su letto di malta premiscelata antiritiro e l'eventuale saldatura dei bulloni dopo il serraggio.

Si procede quindi all'applicazione di rete el. fi 8/20x20 in acciaio B450C su entrambe le facce con successivo getto sulle pareti interne ed esterne di spessore cm 10 di conglomerato cementizio classe Rck 35 MPa additivato con fibre antiritiro avente le caratteristiche indicate nel Capitolato Speciale d'Appalto.

Tutto ciò a prezzi unitari variabili da € 150,00 a € 200,00 per metro quadro in funzione dello spessore dei getti (4+4 e/o 10+10).

Nel caso specifico della Scuola Elementare “Ippolito Nievo” del Comune di Soave per un costo complessivo pari ad € 1.044.045,00.

Utilizzando invece il sistema Inietta&Consolida® ad un costo medio di € 150,00 per metro quadro in funzione degli spessori in questione, si raggiunge per le stesse quantità un costo complessivo pari a € 563.362,50.

In questo caso specifico dobbiamo tener conto anche dei notevoli vantaggi derivanti dalla semplificazione del cantiere oltre a quelli risolutivi dovuti all'impossibilità di rimuovere il paramento esterno per un vincolo da parte della Soprintendenza ai Monumenti.

Costi consolidamento con sistemi tradizionali riferiti al 2015

MURI	LUNGHEZZA (m)	ALTEZZA (m)	SUPERFICIE (m²)	PREZZO UNITARIO (€/m²)	DESCRIZIONE	PREZZO (€)
PIANO INTERRATO						
AN1	11,20	2,50	28,00	150,00	4+4	4.200,00
AN2	10,00	2,50	25,00	200,00	10+10	5.000,00
AN3	6,60	2,50	16,50	200,00	10+10	3.300,00
AN4	6,60	2,50	16,50	200,00	10+10	3.300,00
AN5	6,60	2,50	16,50	200,00	10+10	3.300,00
AN6	6,60	2,5	16,50	200,00	10+10	3.300,00
AN7	17,10	2,50	42,75	200,00	10+10	8.550,00
AN8	12,95	2,50	32,38	150,00	4+4	4.856,25
AN9	41,90	2,50	104,75	150,00	4+4	15.712,50
AN10	27,30	2,50	68,25	200,00	10+10	13.650,00
AN11	31,95	2,50	79,88	150,00	4+4	11.981,25
AN12	5,30	2,50	13,25	200,00	10+10	2.650,00
AN13	4,20	2,50	10,50	150,00	4+4	1.575,00
CP1	30,75	2,50	76,88	200,00	10+10	15.375,00
CP2	17,65	2,50	44,13	200,00	10+10	8.825,00
CP3	6,75	2,50	16,88	200,00	10+10	3.375,00
CP4	6,75	2,50	16,88	200,00	10+10	3.375,00
AS1	11,20	2,50	28,00	150,00	4+4	4.200,00
AS2	10,00	2,50	25,00	200,00	10+10	5.000,00
AS3	6,60	2,50	16,50	200,00	10+10	3.300,00
AS4	6,60	2,50	16,50	200,00	10+10	3.300,00
AS5	6,60	2,50	16,50	200,00	10+10	3.300,00
AS6	6,60	2,50	16,50	200,00	10+10	3.300,00
AS7	12,95	2,50	32,38	150,00	4+4	4.856,25
AS8	4,20	2,50	10,50	150,00	4+4	1.575,00
AS9	6,35	2,50	15,88	200,00	10+10	3.175,00
AS10	10,05	2,50	25,13	200,00	10+10	5.025,00
AS11	31,95	2,50	79,88	150,00	4+4	11.981,25
AS12	36,90	2,50	92,25	200,00	10+10	18.450,00
AS13	41,90	2,50	104,75	150,00	4+4	15.712,50
TOTALE						195.500,00
segue >>						

MURI	LUNGHEZZA (m)	ALTEZZA (m)	SUPERFICIE (m²)	PREZZO UNITARIO (€/m²)	DESCRIZIONE	PREZZO (€)
PIANO TERRA						
AN1	11,20	9,30	104,16	150,00	4+4	15.624,00
AN2	10,00	9,30	93,00	150,00	4+4	13.950,00
AN3	6,60	9,30	61,38	150,00	4+4	9.207,00
AN4	6,60	9,30	61,38	150,00	4+4	9.207,00
AN5	6,60	9,30	61,38	150,00	4+4	9.207,00
AN6	6,60	9,30	61,38	150,00	4+4	9.207,00
AN7	17,10	9,30	159,03	150,00	4+4	23.854,50
AN8	12,95	9,30	120,44	150,00	4+4	18.065,25
AN9	41,90	9,30	389,67	150,00	4+4	58.450,50
AN10	27,30	9,30	253,89	150,00	4+4	38.083,50
AN11	31,95	9,30	297,14	150,00	4+4	44.570,25
AN12	5,30	9,30	49,29	150,00	10+10	7.393,50
AN13	4,20	9,30	39,06	150,00	4+4	5.859,00
CP1	30,75	9,30	285,98	200,00	10+10	57.195,00
CP2	17,65	9,30	164,15	200,00	10+10	32.829,00
CP3	6,75	9,30	62,78	200,00	10+10	12.555,00
CP4	6,75	9,30	62,78	200,00	10+10	12.555,00
AS1	11,20	9,30	104,16	150,00	4+4	15.624,00
AS2	10,00	9,30	93,00	150,00	4+4	13.950,00
AS3	6,60	9,30	61,38	150,00	4+4	9.207,00
AS4	6,60	9,30	61,38	150,00	4+4	9.207,00
AS5	6,60	9,30	61,38	150,00	4+4	9.207,00
AS6	6,60	9,30	61,38	150,00	4+4	9.207,00
AS7	12,95	9,30	120,44	150,00	4+4	18.065,25
AS8	4,20	9,30	39,06	150,00	4+4	5.859,00
AS9	6,35	9,30	59,06	150,00	4+4	8.858,25
AS10	10,05	9,30	93,47	150,00	4+4	14.019,75
AS11	31,95	9,30	297,14	150,00	4+4	44.570,25
AS12	36,90	9,30	343,17	150,00	4+4	51.475,50
AS13	41,90	9,30	389,67	150,00	4+4	58.450,50
TOTALE						645.513,00
PRIMO PIANO						
CP1	30,75	16,40	504,30	200,00	10+10	100.860,00
CP2	17,65	16,40	289,46	200,00	10+10	57.892,00
CP3	6,75	16,40	110,70	200,00	10+10	22.140,00
CP4	6,75	16,40	110,70	200,00	10+10	22.140,00
TOTALE						203.032,00
TOTALE CONSOLIDAMENTO PARETI						1.044.045,00

Computo metrico dei costi di consolidamento con sistema tradizionale

Costi consolidamento con sistema Inietta&Consolida riferiti al 2015

MURI	LUNGHEZZA (m)	ALTEZZA (m)	SUPERFICIE (m²)	PREZZO UNITARIO (€/m²)	PREZZO (€)
PIANO INTERRATO					
AN1	11,20	2,50	28,00	150,00	4200,00
AN2	10,00	2,50	25,00	150,00	3750,00
AN3	6,60	2,50	16,50	150,00	2475,00
AN4	6,60	2,50	16,50	150,00	2475,00
AN5	6,60	2,50	16,50	150,00	2475,00
AN6	6,60	2,50	16,50	150,00	2475,00
AN7	17,10	2,50	42,75	150,00	6412,50
AN8	12,95	2,50	32,38	150,00	4856,25
AN9	41,90	2,50	104,75	150,00	15712,50
AN10	27,30	2,50	68,25	150,00	10237,50
AN11	31,95	2,50	79,88	150,00	11981,25
AN12	5,30	2,50	13,25	150,00	1987,50
AN13	4,20	2,50	10,50	150,00	1575,00
CP1	30,75	2,50	76,88	150,00	11531,25
CP2	17,65	2,50	44,13	150,00	6618,75
CP3	6,75	2,50	16,88	150,00	2531,25
CP4	6,75	2,50	16,88	150,00	2531,25
AS1	11,20	2,50	28,00	150,00	4200,00
AS2	10,00	2,50	25,00	150,00	3750,00
AS3	6,60	2,50	16,50	150,00	2475,00
AS4	6,60	2,50	16,50	150,00	2475,00
AS5	6,60	2,50	16,50	150,00	2475,00
AS6	6,60	2,50	16,50	150,00	2475,00
AS7	12,95	2,50	32,38	150,00	4856,25
AS8	4,20	2,50	10,50	150,00	1575,00
AS9	6,35	2,50	15,88	150,00	2381,25
AS10	10,05	2,50	25,13	150,00	3768,75
AS11	31,95	2,50	79,88	150,00	11981,25
AS12	36,90	2,50	92,25	150,00	13837,50
AS13	41,90	2,50	104,75	150,00	15712,50
TOTALE					165 787,50
segue >>					

ATTENZIONE: L'incidenza e i costi del sistema "Inietta&Consolida" possono variare in aumento o in diminuzione, in funzione dei vuoti presenti nelle malte di allettamento o nella tessitura muraria.

MURI	LUNGHEZZA (m)	ALTEZZA (m)	SUPERFICIE (m²)	PREZZO UNITARIO (€/m²)	PREZZO (€)
PIANO TERRA					
AN1	11,20	5,00	56,00	150,00	8400,00
AN2	10,00	5,00	50,00	150,00	7500,00
AN3	6,60	5,00	33,00	150,00	4950,00
AN4	6,60	5,00	33,00	150,00	4950,00
AN5	6,60	5,00	33,00	150,00	4950,00
AN6	6,60	5,00	33,00	150,00	4950,00
AN7	17,10	5,00	85,50	150,00	12825,00
AN8	12,95	5,00	64,75	150,00	9712,50
AN9	41,90	5,00	209,50	150,00	31425,00
AN10	27,30	5,00	136,50	150,00	20475,00
AN11	31,95	5,00	159,75	150,00	23962,50
AN12	5,30	5,00	26,50	150,00	3975,00
AN13	4,20	5,00	21,00	150,00	3150,00
CP1	30,75	5,00	153,75	150,00	23062,50
CP2	17,65	5,00	88,25	150,00	13237,50
CP3	6,75	5,00	33,75	150,00	5062,50
CP4	6,75	5,00	33,75	150,00	5062,50
AS1	11,20	5,00	56,00	150,00	8400,00
AS2	10,00	5,00	50,00	150,00	7500,00
AS3	6,60	5,00	33,00	150,00	4950,00
AS4	6,60	5,00	33,00	150,00	4950,00
AS5	6,60	5,00	33,00	150,00	4950,00
AS6	6,60	5,00	33,00	150,00	4950,00
AS7	12,95	5,00	64,75	150,00	9712,50
AS8	4,20	5,00	21,00	150,00	3150,00
AS9	6,35	5,00	31,75	150,00	4762,50
AS10	10,05	5,00	50,25	150,00	7537,50
AS11	31,95	5,00	159,75	150,00	23962,50
AS12	36,90	5,00	184,50	150,00	27675,00
AS13	41,90	5,00	209,50	150,00	31425,00
TOTALE					331575,00
PRIMO PIANO					
CP1	17,65	8,00	141,20	150,00	21180,00
CP2	17,65	8,00	141,20	150,00	21180,00
CP3	9,85	8,00	78,80	150,00	11820,00
CP4	9,85	8,00	78,80	150,00	11820,00
TOTALE					66000,00
TOTALE CONSOLIDAMENTO PARETI					563.362,50

Computo metrico dei costi di consolidamento con sistema "Inietta&Consolida®"