

Relazione tecnica redatta in conformità a quanto previsto dall'ordinanza n 36 del 21/03/2005 Allegato "C" - "PROCEDURE E MODALITA' TECNICHE PER LA PROGETTAZIONE E LA REALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI PER IL RIPRISTINO DEI DANNI"

- PUNTO "C" **Modalità tecniche da applicarsi a edifici di interesse culturale**
- Integrazione a seguito di comunicazione Prot. Ji.2006.0002476 del 05/06/2006

La conoscenza del comportamento statico e nei confronti del sisma di un edificio è un aspetto imprescindibile nell'elaborazione di un progetto di consolidamento che intenda ottenere un miglioramento della risposta dell'edificio stesso alle azioni sismiche.

Si dovranno quindi individuare quali sono i meccanismi di collasso più pericolosi in funzione delle vulnerabilità insite nelle tipologie di alcuni elementi strutturali (volte, elementi snelli, ecc...) e specifici del manufatto in esame (differenze di quota delle fondazioni, interventi successivi, ecc..).

La valutazione della risposta statica della struttura alle azioni previste dalla normativa può essere condotta per ogni singolo elemento strutturale (travetto, arco, ecc..), mentre la verifica nei confronti dell'azione sismica non può prescindere da un comportamento scatolare per blocchi rigidi della struttura, condizione da verificare sul posto e da garantire attraverso l'intervento di miglioramento controllato.

L'intervento in oggetto può essere classificato come intervento di **miglioramento**, (D.M.16 gennaio 1996 punto C.9.1.2) in quanto riguardante singoli elementi strutturali dell'edificio (riparazioni delle lesioni presenti, incatenamenti e collegamenti tra le strutture, ecc..), senza modificarne il comportamento globale.

L'edificio che rimane una struttura tridimensionale costituita da singoli elementi resistenti collegati tra loro e le fondazioni disposti in modo da resistere alle azioni verticali ed orizzontali con comportamento scatolare principalmente sollecitato da azioni di taglio.

I sistemi resistenti sono i muri sollecitati da azioni verticali, (funzione portante), e da azioni orizzontali, (funzione di controvento e di maschio murario con funzione antisismica), mentre i due piani orizzontali, (di cui uno già oggetto d'intervento così come la copertura), e la copertura devono essere organizzati per realizzare un sistema tridimensionale sufficientemente rigido allo scopo di ripartire le azioni orizzontali tra i muri di controvento attraverso un idoneo sistema di collegamenti tra i singoli elementi murati e tra la copertura e i muri perimetrali.

Macroscopicamente la ex sede del Municipio di Gargnano si presenta come un edificio di pianta pressoché quadrata di lato 13m articolato come segue:

- piano terra: porticato colonnato con volte a crociera che ricopre circa la metà della superficie e due locali ai lati dell'ingresso in uso ad associazioni locali con al centro una scala in pietra di dimensioni 4,80x4,80m e attraverso la quale si accede ai piani superiori;
- piano primo, in corrispondenza del colonnato si trova una vasta sala polifunzionale utilizzata per le riunioni del Consiglio Comunale, mostre, ecc..., con al fianco due locali adibiti a ripostiglio;
- piano sottotetto zona adibita ad archivio di pochi faldoni mentre i servizi igienici si trovano ad un piano rialzato.

L'altezza massima dell'edificio è di circa 14,00 m al colmo.



Foto 1 Vista della facciata principale con il colonnato a piano terra, le finestre della sala polifunzionale al piano primo e delle finestre del sottotetto



Foto 2 Facciata fronte lago con il portico e le catene al piano terra

Il comune di Gargnano sia secondo il D.M. 05/03/1984 e sia secondo l'Ordinanza 3274 del 20/03/03 è classificato sismico di II categoria con $S=9$ e pertanto qualsiasi ipotesi d'intervento deve essere svolta in prospettiva sismica.

A seguito dell'evento tellurico del 24/12/2004 si è proceduto, su incarico dell'Amministrazione Comunale, a verificare quali fossero i danni subiti dalla struttura e alla predisposizione di un'eventuale ipotesi d'intervento.

Si sono svolti alcuni sopralluoghi al fine di esaminare visivamente quali fossero gli eventuali danni riportati e si è proceduto al rilievo della struttura, attraverso i colloqui svolti con il personale del comune si sono individuate quali fossero le lesioni formatesi a seguito dell'evento sismico e quali, già presenti, avessero subito un peggioramento.

E' emerso che l'edificio è già stato oggetto di un intervento di consolidamento nei primi anni 80, ma non è stato possibile reperire la documentazione tecnica se non parte della documentazione contabile dalla quale si è potuto evincere che l'intervento ha riguardato la copertura.

È stata rifatta tutta la struttura in legno, è stato realizzato un cordolo perimetrale in c.a., la cui presenza è stata confermata da un saggio in sito, ed è stato realizzato il getto di una cartella di cls con armatura di ripartizione a livello delle solette.

A differenza di quanto ipotizzato in precedenza si è potuto verificare che al piano primo, al di sopra del portico colonnato, tale intervento non è mai stato realizzato e la cartella di ripartizione non è altro che il sottofondo della pavimentazione attuale direttamente messo in opera sul materiale di riempimento dei volti costituito da materiale lapideo di diversa dimensione e origine, come evidenziato dai due saggi esplorativi condotti nella sala, (foto 3 e foto 4).



Foto 3 Uno dei due saggi eseguiti nella sala esposizioni che ha evidenziato la presenza della sola cartella di sottofondo appoggiata su di uno strato di livellamento in ghiaietto gettato sopra il materiale inerte di riempimento della volta.



Foto 4 Il saggio eseguito in corrispondenza della fessura nella sala esposizioni che ha evidenziato la presenza della fessura anche nella cartella di sottofondo, la stratigrafia è del tutto uguale a quella dell'altro saggio.

Da punto di vista sismico questa mancanza di un diaframma orizzontale organizzato per trasferire le azioni orizzontali alle murature di controvento è un aspetto molto importante a cui si dovrà porre rimedio con l'intervento in progetto.

Dall'esterno dell'edificio è possibile verificare alcuni spostamenti dei conci costituenti il rivestimento degli archi (foto 5) ed alcune fessure di tipo capillare nell'intonaco esterno sulla parete a nord (foto 6), non si notano fessure importanti nelle murature né distacchi d'intonaco e, dall'esame della parte intradossale delle volte a crociera, si evidenziano alcune fessure di tipo capillare ma non è emerso alcun danno significativo.



Foto 5 Vista della facciata principale con il concio che ha evidenziato lo spostamento maggiore.



Foto 6 Facciata opposta a quella principale con in evidenza le fessure di tipo capillare che devono essere sigillate

Il danno che maggiormente ha preoccupato l'Amministrazione Comunale è stato l'aggravarsi della fessura a livello della pavimentazione al di sopra del portico colonnato.



Foto 5 Particolare della fessura trasversale alla sala che si è aggravata a seguito dell'evento sismico

Per determinare la causa di tale dissesto sono state commissionate alcune indagini diagnostiche specifiche che analizzassero gli elementi particolarmente importanti del porticato: le catene e i pilastri.

Come già precedentemente sottolineato, dall'esame visivo dell'intradosso del portico colonnato, non erano emerse fessure indici di un dissesto statico importante ed era lecito supporre che la fessura della pavimentazione, se imputabile ad un cedimento/assestamento strutturale, fosse legata ad un singolo elemento strutturale o comunque ad un dissesto non generalizzato dell'intera struttura. Verificare la situazione al di sotto della pavimentazione esistente avrebbe dei costi di un certo rilievo in quanto tale indagine dovrebbe comportare il lievo dell'intera pavimentazione e del suo sottofondo, il tutto all'interno di un edificio storico con conseguente impossibilità dell'utilizzo della sala per un lungo periodo di tempo.

Come accennato in precedenza si sono svolti dei saggi mirati all'interno della sala e si è quindi ritenuto più corretto procedere ad un'analisi strutturale meno invasiva e dai costi più limitati per poi, se necessario, procedere all'esame dell'intera situazione all'estradosso delle volte solo a intervento di consolidamento iniziato.

Come già anche proposto dalla relazione precedente si è ritenuto necessario esaminare le catene esistenti.

Alla luce delle analisi svolte, si è evidenziato che le catene, realizzate probabilmente in ghisa, hanno sezione variabile, non solo da catena a catena ma anche nella stessa catena, ma che in media hanno dimensione pari a 25x40mm.

Si è proceduto ad un esame dello stato tensionale delle catene esistenti che ha evidenziato alcuni aspetti particolarmente interessanti:

- Lo stato tensionale è diverso da catena a catena il che conferma che le catene lavorano singolarmente e non sono continue attraverso i pilastri;
- Alcune catene sono sottoposte a sollecitazioni particolarmente elevate, quasi al limite anche per acciai moderni, in particolar modo quella centrale;
- La mancanza di spostamenti residui dopo la fase di carico conferma l'efficienza del vincolo alla base degli archi, con esclusione dell'arco centrale dove si è verificato un assestamento post-carico.

Si è poi ritenuto necessario verificare la reale costituzione materica dei pilastri del portico in quanto il loro contributo alla staticità del fabbricato è molto importante.

Sia l'esame endoscopico svolto a campione su due pilastri che le indagini ultrasoniche svolte su tutti i pilastri hanno confermato che i pilastri sono costituiti da blocchi omogenei di pietra locale sovrapposti e non sono solo rivestiti.

Questo tipo di indagini ha anche evidenziato che per alcuni pilastri vi sono variazioni di carico, anche rilevanti, rispetto alla media dei pilastri presenti.

Alla luce di quanto emerso dall'esame visivo dell'intero fabbricato e da quanto emerso dalle indagini si possono fare alcune considerazioni sulla base delle quali verrà poi progettato l'intervento di consolidamento:

- Le catene sono sollecitate al limite della loro possibilità;
- Eccessivo carico su alcuni pilastri;
- Mancanza del piano orizzontale organizzato con funzione antisismica;
- La fessura presente a livello della pavimentazione è da imputare ad un cedimento differenziale degli elementi dell'arco o del pilastro sottostante;
- Impedire il formarsi di altre situazioni anomale di carico imputabili a cedimenti locali dei singoli elementi strutturali.

In merito alle altre lesioni, quali distacco dei conci si può intervenire con la rimozione ed il successivo riposizionamento degli stessi utilizzando malta compatibile con il tipo di struttura e per la sigillatura delle fessure ove si preveda l'utilizzo di leganti per iniezioni, malte tecnologiche o boiacche per il riempimento – consolidamento di fessure.

In merito ai materiali utilizzati per il consolidamento si prevedere quanto segue:

LATERIZI

Ove si preveda di utilizzare elementi resistenti artificiali questi saranno esclusivamente di laterizio normale e dovranno rispettare quanto previsto nel D.M. 20 Novembre 1987, Capitolo 1 paragrafo 1.2.2 dove si specifica che:

elementi resistenti in laterizio

Si distinguono le seguenti categorie in base alla percentuale di foratura φ ed all'area media della sezione normale di un foro f :

elementi pieni	$\varphi \leq 15\%$	$f \leq 9 \text{ cmq}$
elementi semipieni	$15\% \leq \varphi \leq 45\%$	$f \leq 12 \text{ cmq}$
elementi forati	$45\% \leq \varphi \leq 55\%$	$f \leq 15 \text{ cmq}$

Per l'intervento in oggetto è previsto esclusivamente l'utilizzo di mattoni pieni.

ACCIAIO

Ove si preveda di utilizzare elementi strutturali in acciaio questi dovranno essere esclusivamente laminati a caldo con ferro Fe 360-B oppure Fe 430-B e conformi a quanto indicato dalla norma UNI 7070/72, le caratteristiche di resistenza e la composizione chimica sono corrispondenti a quanto indicato nei corrispondenti prospetti delle Norme Tecniche CUR-UNI 10011/85, se con spessore inferiore ai 4 mm valgono le norme CNR-UNI 10022/74.

- Le saldature saranno effettuate ove possibile in officina e comunque dovranno far riferimento a quanto contenuto nelle norme UNI 5132 per gli elettrodi e per le resistenze a quanto contenuto nelle norme CNR-UNI 10011/73 , per i giunti a completa penetrazione si dovrà fare riferimento a quanto previsto dalla UNI 7272 raggruppamento F;
- Le unioni bullonate dovranno prevedere esclusivamente l'utilizzo di viti classe 8.8 e dadi classe 6.S ad alta resistenza con caratteristiche meccaniche secondo quanto specificato dalla UNI 3740/65 e caratteristiche geometriche dedotte dalla UNI 4534/64;

Eventuali opere di zincatura ad immersione a caldo secondo la normativa UNI 5740/66.

OPERE IN C.A.

Ove si preveda di realizzare opere in c.a. le caratteristiche del calcestruzzo e del ferro tondo per c.a. dovranno rispettare quanto riportato nella seguente tabella:

1. Dosaggio calcestruzzo (per mc di impasto)							
Cemento tipo	CEM-32,5	q.li/mc	3	Ghiaia	lavata	mc	0.8
Sabbia	lavata	mc	0.4	Acqua		l/mc	90
2. Acciaio ordinario tipo			FeB44K	3. Acciaio di precompressione tipo			//
snervamento min. (Kg/cmq)			4300	rottura R_{ak} (Kg/cmq) \geq			//

LE MALTE

La malta dovranno essere compatibili con la struttura muraria e dovranno rispettare quanto previsto nel D.M. 20 Novembre 1987, Capitolo 1 paragrafo 1.2.1 dove si specifica che:

- l'acqua per gli impasti deve essere limpida, priva di sostanze organiche o grassi, non deve essere aggressiva né contenere solfati o cloruri in percentuale dannosa;
- La sabbia da impiegare per il confezionamento delle malte deve essere priva di sostanze organiche, terrose o argillose;
- Le calce aeree, le pozzolane ed i leganti idraulici devono possedere le caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti dalle vigenti norme (regi decreti 16/11/1939, n° 2231 e n° 2230; legge 26/05/1965, n°595, decreto ministeriale 14/01/1966, decreto ministeriale 02/06/1968, decreto ministeriale 31/08/1972 e s.m.i.);
- I tipi di malta e le loro classi sono definite in rapporto alla composizione in volume secondo la tabella seguente:

		Composizione				
classe	tipo di malta	cemento	calce aerea	calce idraulica	sabbia	pozzolana
M4	Idraulica	assente	assente	1	3	assente
M4	Pozzolana	assente	1	assente	assente	3
M4	Bastarda	1	assente	2	9	assente
M3	Bastarda	1	assente	1	5	assente
M2	Cementizia	1	assente	0,5	4	assente
M1	Cementizia	1	assente	assente	3	assente

Alla malta cementizia si può aggiungere una piccola quantità di calce aerea con funzione plastificante.

Per la sigillatura delle fessure ove si preveda l'utilizzo di leganti per iniezioni, malte tecnologiche o boiacche per il riempimento – consolidamento di fessure, così come da D.M. 24 Gennaio 1986 si dovranno garantire la compatibilità con il materiale esistente.

In generale le miscele a base di formulati di **resine epossidiche** dovranno essere scelte adottando, in generale, prodotti a basso valore di modulo elastico quando l'ampiezza media della fessura è piccola, e ad un più elevato valore del modulo per il riempimento di zone estese.

La **miscela cementizia** da iniettare deve possedere le seguenti proprietà:

buona fluidità, buona stabilità, tempo di presa opportuno, adeguata resistenza, minimo ritiro.

Tali proprietà sono conseguibili con le sospensioni cementizie in acqua, semplici o con sabbie molto fini a granuli arrotondati, caratterizzate da valori del rapporto A/C in generale variabili tra 0,6 e 1,2 e migliorate con l'aggiunta di additivi fluidificanti ed espansivi antiritiro.

Il cemento deve essere di granulometria molto fine.

Non si ritiene opportuno in questa sede dare delle indicazioni specifiche in merito a marche e relativo prodotto reperibile sul mercato riservandosi di valutare la conformità del prodotto proposto dalla ditta esecutrice a quanto specificato in precedenza.

L'INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO

Alla luce di quanto emerso dalle indagini svolte e dalle esigenze legate al miglioramento antisismico del fabbricato, l'intervento di consolidamento deve essere in grado di:

- Ridurre le sollecitazioni sulle catene che attualmente sono sollecitate al limite della loro possibilità;
- Ridurre le cause delle fessurazioni su alcuni pilastri dovute ad un eccesso di carico quasi esclusivamente di tipo permanente;
- Ridurre le masse per ridurre l'intensità dell'azione sismica;
- Organizzare un diaframma orizzontale con funzione antisismica;
- Garantire l'efficienza statica per l'utilizzo previsto (sovraccarico pari a 300 daN/mq);
- Impedire cedimenti differenziali relativi tra gli elementi del portico;
- Ripristinare i danni evidenziati dalla formazione delle fessure all'intradosso delle volte;
- Ripristinare i danni evidenziati dalla formazione delle fessure capillari nel muro perimetrale.

L'intervento previsto non deve modificare il comportamento statico globale dell'edificio e questo può essere ottenuto con una distribuzione uniforme dei carichi sulle pareti perimetrali e riducendo ma non eliminando, l'azione assiale sui pilastri.

Ad esclusione del ripristino delle fessure, che deve essere svolta con tecniche specialistiche, l'unica soluzione in grado di soddisfare efficacemente e contemporaneamente tutte le esigenze sopra evidenziate è la creazione di una nuova soletta in struttura mista acciaio-clc collegata alla muratura esistente.

La struttura che si ottiene con questo tipo d'intervento, evidenziata nella tavola 3.2, ha le seguenti caratteristiche:

- Rapidità di esecuzione in quanto si tratta di posare elementi strutturali che si fissano tra loro con connessioni meccaniche (bulloni e pioli);
- Non necessita di puntelli o casserature in quanto nella fase del getto la struttura è autoportante mentre la lamiera grecata funge da cassero a perdere;
- Massima riduzione dell'aspetto invasivo in quanto l'intera struttura può essere rimossa e la non reversibilità dell'intervento è limitata alla formazione dei fori d'ancoraggio;
- Nessun contatto tra muratura e volti con l'acqua d'impasto del getto di clc il che permette di non compromettere l'intonaco e la malta legante della muratura e dei volti;
- Peso proprio permanente estremamente ridotto pari a circa 150da/mq compreso il sottofondo alleggerito, pari a circa uno spessore di 7cm del materiale inerte presente al di sotto del pavimento attuale;

- Indipendenza dalla funzionalità statica delle volte che possono essere eventualmente consolidate mediante iniezioni, togliendo il materiale inerte si può prendere visione dello stato conservativo delle volte e procedere a interventi localizzati;
- Riduzione complessiva del carico permanente gravante sui pilastri e sulla struttura delle volte, sostanzialmente a seguito dell'intervento le volte diventano autoportanti il che permette di ridurre la possibilità di dissesti delle stesse e la riduzione di eventuali spinte orizzontali non contrastate sui pilastri e del tiro sulle catene.
- Creazione del diaframma orizzontale capace di trasferire le azioni orizzontali del sisma alle pareti perimetrali mediante connessioni puntuali eliminando la necessità di cordoli in c.a. o spacchi nella muratura.

Il tecnico

Ing. Grumi Filippo Andrea