

1.3 APPLICAZIONI DELLE PROCEDURE D'INDAGINE SU EDIFICI IN ZONA SISMICA

Le prime esperienze sono state svolte nell'ambito di tesi di laurea presentate presso la Facoltà di Architettura del Politecnico di Milano, su edifici: Liguria, Lombardia, Friuli e altre zone del Veneto, Matera e Montescaglioso in Basilicata (Lampugnani, et al. 1992; Lodigiani et al. 1993; Penazzi et al. 1998; Colombo et al. 1996). Successive esperienze, attraverso le quali è stata messa a punto una scheda per la raccolta delle informazioni sulle sezioni murarie e dei risultati delle prove sui materiali in situ ed in Laboratorio, sono maturate nell'ambito di un Contratto con la Regione Toscana complementare al contratto in oggetto, in Lunigiana e Garfagnana. La possibilità di accedere ai cantieri di riparazione ed anche di rilevare le caratteristiche dell'intervento in modo critico ha permesso di rilevare altri parametri importanti per il catalogo. La scheda è stata così ampliata alle prove in situ ed in laboratorio (Penazzi et al. 1998).

La successiva esperienza di rilievo dei danni in alcuni centri dell'Umbria e della Marche danneggiati dal terremoto del 1997, ha permesso di aggiungere altre parti essenziali alla scheda relative al rilievo dei danni, alle informazioni sugli interventi di miglioramento e/o adeguamento ed ai meccanismi di collasso osservati o previsti (Binda et al. 1999).

Infine il rilievo e la caratterizzazione dei materiali sono stati eseguiti su alcuni edifici di Catania, come previsto nell'ambito del GNDT: tre prove con il martinetto doppio, il rilievo di 15 sezioni ed alcune prove su malte e pietre prelevati in situ.

1.3.1 Edifici della Lunigiana e della Garfagnana

Scopo della ricerca era quello di qualificare alcune murature in pietra della Lunigiana e di suggerire linee guida per la diagnosi e l'intervento.

Sono stati scelti per la ricerca alcuni edifici suggeriti dall'Arch. M. Ferrini della Regione Toscana, sia perchè rappresentativi di un campione più grande, sia perchè di più facile in quanto in alcuni era stato aperto un cantiere.

1.3.1.1 Caratterizzazione dei litotipi e delle tipologie murarie

Sono state individuate le categorie più ripetitive e su queste è stata fatta un'analisi dei litotipi più diffusi e della loro disposizione nelle murature. Dalla Tab. 1.3.1.1.1 e dalla mappa di Fig. 1.2.1 è possibile dedurre la diffusione di tali disposizioni nella Lunigiana. Infatti in Tab. 1.3.1.1.1 si distinguono: il litotipo, la forma e dalla Fig. 1.3.1.1.1 la disposizione dell'opera. I casi presi in considerazione si riferiscono a 33 edifici della Lunigiana. L'indagine è stata possibile grazie all'aiuto ed alla collaborazione fornita dall'Ufficio Tecnico del Comune di Fivizzano, i Geometri Colonnata, Rozzi e dell'Arch. Ferrini della Regione Toscana.

I risultati di questa prima indagine sono stati inseriti nel Database sotto forma di schede, che per ogni edificio danno le informazioni raccolte.

Tab. 1.3.1.1.1: Lunigiana e Garfagnana - tipologie rilevate.

Tipol	Edificio	Litotipo			Forma			
		Arenaria macigno	Arenaria scistosa	Vari	Ciottoli	Bugnati	Bozze	Lastre
1	Pallerone 1	X			X		X	
2	Pallerone 2	X			X		X	
	Soliera 2	X			X		X	
3	Soliera 1	X			X		X	
	Posara 1	X			X		X	
4	Moncigoli	X			X		X	
	Pognana 1	X			X		X	
	Fivizzano 1	X			X		X	
	Fivizzano 2	X			X		X	
	Fivizzano 3	X			X		X	
	Verrucola	X			X		X	
	Gassano	X			X		X	
	Turlago 1	X					X	
5	Mommio	X				X		
	Castelletto 3	X				X		
	Colle	X				X		
	Turlago 2	X				X		
	Turlago 3	X				X	X	
	Turlago 4	X				X	X	
	Pognana 2			X	X		X	
	Rometta	X			X		X	
	San Terenzo			X	X		X	
	Castelletto 1			X			X	
	Ceserano	X					X	
	Bardine S.T.	X					X	
	Canova	X					X	
	Quarazzana 1	X					X	
	Quarazzana 2	X					X	
	Quarazzana 3		X				X	X
	Colla		X				X	X
	Castelletto 2		X				X	X
	Panigaletto 1		X				X	X
	Panigaletto 2		X				X	X

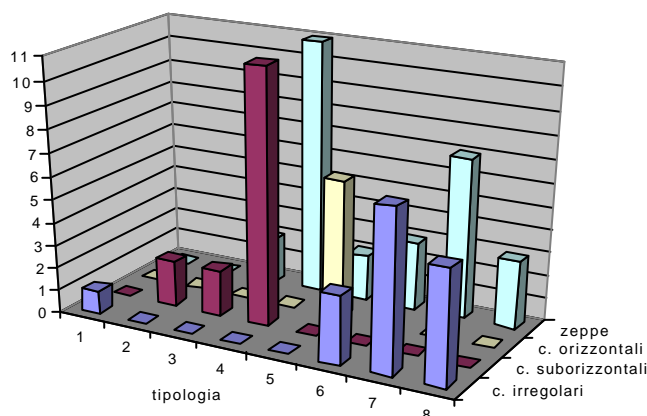


Fig. 1.3.1.1.1 - Lunigiana e Garfagnana: apparecchiatura muraria.

Per definire le varie tessiture murarie si è tenuto conto dei suggerimenti e delle definizioni elaborate in precedenti studi (Abbanneo et al. 1993, Binda et al. 1997, Abbaneo et al. 1996).

1.3.1.2 Caratterizzazione delle sezioni murarie

Di alcuni edifici particolarmente accessibili o per i quali è stato permesso l'accesso dalla Regione Toscana è stato possibile rilevare la sezione muraria mediante fotografia e secondo i suggerimenti forniti dal manuale per la compilazione delle schede (1998b).

Si tratta di 9 edifici dei quali sono stati anche ovviamente raccolti dati sulla tipologia costruttiva.

1.3.1.3 Rilievi, analisi e prove su alcuni edifici campione

In collaborazione con la Regione Toscana sono stati scelti alcuni edifici sui quali sono state eseguite, quando possibile, tutte le prove previste dal contratto.

Nella Tabella 1.3.1.3.1 sono illustrati i tipi di prove e la loro distribuzione. Si è cercato, ove le condizioni ed il sito lo permettevano, di eseguire le prove con i martinetti piatti sulle stesse murature sulle quali dovevano essere eseguite le prove a compressione e/o taglio condotte dal Prof. Vignoli.

Tutte le prove sono state decise in collaborazione con i proff. Vignoli (Università di Firenze) e Modena (Università di Padova) e con l'Arch. Ferrini. La ricerca è servita anche a mettere a punto una procedura di indagine in situ ed in laboratorio che proponesse un numero limitato di prove ed analisi importanti per la diagnosi strutturale, evitando di appesantire l'indagine con prove troppo costose o eccessivamente lunghe e scegliendo le prove indispensabili e più significative.

Le indagini sono state svolte su 5 edifici di cui due in Garfagnana: scuola materna di S. Anastasio e Palazzo Comunale di Pieve Fosciana e tre edifici in Lunigiana a: Fivizzano, Pognana, Castelletto. Su questi edifici erano o sono in atto interventi di miglioramento antisismico.

In particolare sull'edificio di Pognana è stata eseguita una prova di iniezione della muratura secondo le tecniche di cantiere, mediante boiaccia di cemento; sull'edificio di Castelletto sono stati ristilati i giunti di malta. Questi due casi sono stati studiati per controllare l'efficacia delle riparazioni, secondo le richieste del Contratto.

1.3.2 Montesanto, Sellano, Roccanolfi

La predizione dei danni che possono essere prodotti dalle azioni sismiche su edifici in muratura richiede che si abbia una dettagliata conoscenza dell'edificio, della sua struttura e dei materiali attraverso procedure d'indagine in situ ed in laboratorio più accurate di quelle suggerite dalla Normativa Italiana.

Infatti, nella pratica corrente si prendono in considerazione, nella valutazione della vulnerabilità sismica, solo un numero limitato di meccanismi o modi di collasso che sono di solito i più semplici da verificare per mezzo di modelli di calcolo di facile uso. In tal modo si assume che alcuni meccanismi non avvengano, sia per

un'implicita capacità di resistenza di certe tipologie di strutture murarie, sia perchè si considera di poter applicare misure preventive appropriate (tipiche sono in questo senso alcune tecniche di rinforzo suggerite in Italia dalla normativa sismica).

Tab. 1.3.1.3.1: Tabella riassuntiva delle prove effettuate nei cantieri della Lunigiana e Garfagnana.

Edificio	T*	Rilievi		Prove di laboratorio							
		Pros.	Sez.	Pietre			Malte				Cilindri
				Petrog.	Fisiche	Mecc.	Chim.	Petrog.	Fisiche	Mecc.	
Pieve Fosciana	4	p1	s1 s2 s3	Arenaria	Arenaria	Arenaria	ml	ml	ml	ml	-
Sant Anastasio	7r	p1	s1	Arenaria Calcarea	Arenaria Calcarea	Arenaria Calcarea	ml m2 cls1	m2	ml m2 cls1	cls1	in 2.1 in 2.2 in 2.3
Fivizzano	4	p1 p2 p3	s1	Arenaria Calcarea Travertino	Calcarea	Calcarea	ml	-	ml	-	-
Pognana	4	p1 p2 p3	s1 s2	Arenaria Calcarea Travertino	Arenaria	Arenaria	ml m2	-	ml m2	ml m2	in 1.1-1.3 in 2.1-2.3
Castelletto	4	p1	s1	Arenaria Calcarea Travertino	Arenaria Calcarea Travertino	Arenaria Calcarea Travertino	ml m2	-	ml m2	ml m2	in 1.1 in 1.2 in 1.3
Merizzo	4	p1	s1	-	-	-	-	-	-	-	-

Edificio	T*	Rilievi		Prove in situ					
		Pros.	Sez.	Jack s	Jack d	Carot.	Endos.	Soniche	
Pieve Fosciana	4	p1	s1 s2 s3	PFj1 PFj2	PFj3	-	-	-	
Sant Anastasio	7r	p1	s1	SAj1	SAj2 SAj3	-	-	-	
Fivizzano	4	p1 p2 p3	s1	FIj2	FIj1	-	-	-	
Pognana	4	p1 p2 p3	s1 s2	-	-	car 1 car 2 car 3	end 1 end 2 end 3	son 1	
Castelletto	4	p1	s1	-	Caj1 Caj2	-	-	son 1 son 2	
Merizzo	4	p1	s1	-	Mej2d	-	-	-	

* **Tipologia** 4 Ciottoli, bozze, zeppe, corsi sub-orizzontali;
7r Bozze e zeppe, Irregolare con ricorsi.

La possibilità di predire danni in modo attendibile esiste invece se la maggior parte dei meccanismi capaci di causare danneggiamenti progressivi o improvvisi fenomeni di collasso globale o parziale viene riconosciuta e controllata.

A questo scopo gli autori ritengono importante che, accanto ad un'appropriata e dettagliata definizione delle azioni sismiche, vengano eseguite indagini sull'edificio consistenti in un rilievo geometrico anche dei dettagli costruttivi e dei collegamenti tra murature e tra murature e solai, un rilievo del quadro fessurativo e delle deviazioni dalla geometria originaria, un rilievo materico che riguardi anche i dettagli costruttivi delle sezioni murarie, dettagli su interventi di riparazione eventualmente già eseguiti sulle murature, definizione sperimentale dei parametri fisici, chimici e meccanici dei materiali e delle murature e dettagli degli elementi d'orizzontamento e copertura.

I risultati di queste indagini vanno conservati sotto forma di schede nel catalogo.

Le schede possono essere completate da informazioni su eventuali interventi di riparazione e sugli effetti del terremoto su edifici già riparati.

Il contributo metodologico alla soluzione proposta è frutto di una collaborazione, che data da parecchi anni, tra le tre Unità di Ricerca di Milano, Genova e Padova e si basa anche sulle esperienze maturate insieme nell'ambito dei passati contratti GNDT.

1.3.2.1 Montesanto e Roccanolfi: compilazione di schede utili per il rilievo tipologico e di danni sismici per un catalogo dei tipi edilizi, degli interventi e del loro comportamento

L'esperienza svolta in Umbria vuole come quella Toscana aiutare il progettista nel fornirgli la possibilità di approfondire la sua conoscenza sull'edificio e sulla struttura attraverso il rilievo della geometria e dei dettagli strutturali, il rilievo e la descrizione della sezione muraria, dei materiali e delle loro caratteristiche. Queste informazioni non sono da sole sufficienti a suggerire il miglior tipo di intervento se non si conosce anche il danno subito dall'edificio in seguito all'ultimo e possibilmente ai precedenti terremoti; tale danno può quindi essere memorizzato in una scheda attraverso la sua descrizione e la rappresentazione grafica su piante ed alzati. La descrizione, che si rifà a quella utilizzata per le chiese (Doglioni et al. 1994) nell'ambito del GNDT, può essere paragonata poi con meccanismi tipici di collasso riportati in uno speciale abaco.

Questi dati potranno essere usati anche in sede di verifica della vulnerabilità e soprattutto per la modellazione di meccanismi di collasso.

Laddove possibile sono stati raccolti i dati relativi ai danni subiti dagli edifici nel precedente terremoto del 1979 e quelli relativi alle riparazioni o restauri messi in opera prima del terremoto del 1997. Tali informazioni saranno molto utili nel comprendere i danni eventualmente subiti dall'edificio già riparato, dopo l'ultimo terremoto. Un'analisi critica sull'efficacia o l'inefficacia di tale intervento sarà utile per comprendere le cause dei danni e correggere eventualmente la tecnica o la sua modalità di applicazione in futuro. La scheda riportata, è quella adottata nell'indagine sugli edifici in muratura di pietra.

Sono state compilate in totale 30 schede per il centro storico di Montesanto e 80 schede per Roccanolfi.

La difficoltà di accedere ad alcuni edifici per ragioni di sicurezza o per impossibilità a causa dell'assenza del proprietario spiega la minor ricchezza di dettagli per alcune schede di Roccanolfi.

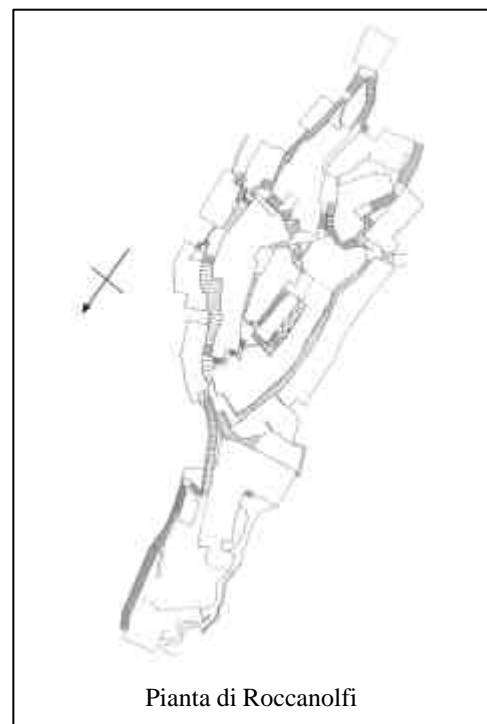
Le schede già compilate potranno essere arricchite in futuro di informazioni sulle caratteristiche dei materiali (malta e pietre) e delle murature mediante prove eseguite in laboratorio su campioni prelevati in situ, ed in situ (martinetti piatti, indagini soniche, ecc.).

Uno studio già in atto sui meccanismi di rottura rilevati permetterà di dare una loro interpretazione mediante modellazione matematica con utilizzo di semplici modelli di calcolo. Tale studio sarà esteso anche agli edifici riparati, allo scopo di comprendere le cause di alcuni cattivi comportamenti e di suggerire corretti interventi per il futuro.

L'appendice 5 presenta una scheda rilevata a Montesanto.

1.3.2.2 Proposta di un progetto di ricerca interdisciplinare, preliminare al recupero dei centri di Montesanto e Roccanolfi

I due piccoli centri di Montesanto (in comune di Sellano) e di Roccanolfi (in comune di Preci) rappresentano per diversi motivi situazioni tipiche dei centri storici minori nelle aree colpite dal recente terremoto di Umbria e Marche; li caratterizza un impianto urbanistico molto omogeneo ma differente nei due casi, così come sono diverse le caratteristiche costruttive degli edifici che li compongono e lo stato di danno causato dal terremoto recente.



Dal punto di vista strutturale, differenti sono gli interventi di riparazione/rinforzo effettuati dopo il terremoto del 1979. Questi due centri si prestano quindi allo svolgimento di uno studio interdisciplinare che, oltre a fornire risultati utili a supporto del loro futuro recupero, rappresenterebbe una ricerca pilota a carattere metodologico.

Montesanto occupa la sommità di un colle e ha un impianto urbanistico molto semplice e regolare, formato da tre strade parallele lungo le quali sorgono la maggior parte degli edifici. Sono inoltre presenti in notevole misura edifici isolati e di pregio (sia privati che pubblici – la chiesa, l'edificio comunale). Dopo il terremoto del 1979 furono eseguiti molti interventi di "adeguamento". I danni provocati dal terremoto del 1977 sono stati, in generale, gravissimi, anche alcuni edifici "adeguati", con eccezione di alcuni che sono rimasti pressochè' indenni o solo lievemente danneggiati.

Roccanolfi sorge sul fondo di una stretta valle, alle pendici di un rilievo, ed è costituito da un agglomerato di edifici addossati gli uni agli altri, con stradine tortuose e ripide attraversate da corpi di collegamento voltati. Notevoli sono stati i danni prodotti dal terremoto del 1979, molti dei quali ancora visibili in quanto su alcune parti non si è ancora intervenuto; in occasione di questo terremoto, gli edifici "adeguati" hanno mostrato danni più modesti, ma questo forse anche perchè' l'intensità è stata certamente inferiore a quella che ha colpito Montesanto.

I due centri si prestano quindi allo svolgimento di uno studio preliminare per analizzare i meccanismi di danno attivati dal terremoto ed interpretarli sulla base di una conoscenza delle tecniche costruttive originali e delle modifiche apportate dai successivi interventi (compresi quelli recenti di "adeguamento" sismico); lo scopo è quello di fornire indicazioni utili nell'impostazione del piano di recupero dei due centri, ovvero della loro restituzione all'uso che sarà decisa dalle autorità competenti e dai proprietari degli immobili.

Il recupero del centro storico, anche se piccolo, coinvolge differenti competenze: aspetti sociali, politico/economici, urbanistici, storici, strutturali, etc.; è chiaro tuttavia che vanno affrontati in via preliminare a qualsiasi decisione ed intervento i seguenti problemi:

1. l'interpretazione dello stato di fatto e la relazione tra i danni provocati dal terremoto e la situazione preesistente (tipologie costruttive, interventi di riparazione e/o rinforzo eseguiti prima del sisma, effetti locali del sito);
2. la messa in sicurezza degli edifici danneggiati, tenendo conto del loro pregio storico, artistico, tecnologico;
3. la messa a punto di criteri per la loro riparazione e consolidamento.

Solo una volta chiariti questi aspetti, avendo cioè capito quali sono le esigenze di conservazione, i problemi della sicurezza ed i costi conseguenti, sarà infatti possibile sviluppare considerazioni di più ampio respiro sulla futura destinazione dei centri.