

ATTI DEI CONVEGNI LINCEI

134

Convegno

**LA STABILITÀ DEL SUOLO IN ITALIA:
ZONAZIONE SISMICA-FRANE**

CON IL PATROCINIO DELLA PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
DIPARTIMENTO PER LA PROTEZIONE CIVILE
E DEL MINISTERO
DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA

(Roma, 30-31 maggio 1996)



ROMA

ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI

1997

CRISTINA FABBRI^(a), GABRIELLA LOSITO^(b), GIOVANNI PRATESI^(a),
FRANCESCO PUGI^(a), ANTONELLO TROVA^(b)

RELAZIONI TRA GLI EVENTI SISMICI DELLA LUNIGIANA DEL 10 OTTOBRE 1995 E DANNI PRODOTTI AD EDIFICI IN MURATURA A CESERANO E CANOVA

1. INTRODUZIONE

In questo lavoro vengono presentati i risultati relativi ad uno studio sui danni prodotti, dal sisma del 10 Ottobre 1995, nelle frazioni di Canova e Ceserano, appartenenti rispettivamente ai Comuni di Aulla e Fivizzano. Il sisma ha prodotto rilevanti danni al patrimonio edilizio nonché un vasto risentimento in gran parte della Liguria, Toscana ed Emilia-Romagna. Lo scopo che ci siamo proposti è stato duplice: mettere in evidenza la correlazione esistente tra fattori morfologici-litologici e la distribuzione dei danni, modellizzare la risposta di una struttura tipo alle sollecitazioni sismiche utilizzando un edificio campione (canonica di Castello di Ceserano).

2. TETTONICA

La Lunigiana è situata nell'estremità nord-occidentale della zona interna dell'Appennino Settentrionale. Quest'area è stata interessata da movimenti estensivi, neogenico-quadernari, che hanno prodotto una complessa struttura nella quale si individuano due fosse tettoniche principali separate da un alto strutturale identificabile nella dorsale di Monte Picchiara e Monte Cornoviglio. Suddetti graben sono poi limitati, verso l'esterno, dalle faglie principali di Gropodalsio a NE e di La Spezia a SW, che insistono rispettivamente sulle dorsali di Monte Orsaro - Monte Acuto e sulla struttura plicativa di La Spezia. I sistemi di faglie maggiormente sviluppati sono quelli ad andamento appenninico, costituiti da faglie normali immergenti a NE ad a SW, mentre le faglie trasver-

(a) Istituto Geofisico Toscano - Via Marengo, 49/A - 50047 PRATO (Italia).

(b) Dipartimento di Ingegneria Civile - Università degli Studi di Firenze - Via di S. Marta, 3 - 50139 FIRENZE (Italia).

sali, interpretate da vari autori (Bernini, 1988; Bernini-Lasagna, 1988) come strutture di trasferimento tra faglie vicarianti, assumono maggiore rilevanza quali elementi di terminazione delle due fosse tettoniche. È interessante osservare che le faglie dirette, con geometria di tipo prevalentemente listrico (Heida, 1988), si sono impostate su superfici di debolezza delle preesistenti strutture compressive. In generale, l'azione distensiva ha determinato un ulteriore abbassamento delle porzioni che già nella precedente fase compressiva apparivano come depressioni tettoniche: in queste zone si è conservata la copertura delle Unità liguri che è stata asportata in corrispondenza degli horst, dove invece affiorano le Unità della Serie Toscana non metamorfica.

3. SISMICITÀ DELL'AREA

Una ricognizione esaustiva della sismicità dovrebbe essere basata essenzialmente su evidenze paleosismiche, cataloghi storici e cataloghi strumentali. Per quanto concerne la Lunigiana, come pure la Garfagnana, le uniche fonti disponibili, allo stato attuale, riguardano i cataloghi, giacché non sono stati compiuti studi mirati alla conoscenza della paleosismicità. A tale scopo sono stati selezionati eventi antecedenti al 1930, tipicamente ottenuti attraverso ricerche storico-archivistiche, e quelli successivi a tale data, tratti anche dalle registrazioni conservate presso l'Istituto Geofisico Toscano, già Osservatorio Sismologico San Domenico. Risulta evidente che, pure nel caso dei dati strumentali, esistono forti limitazioni sulla qualità dell'informazione almeno fino agli anni '70, data nella quale fu predisposta l'installazione di sismometri standardizzati e di apparecchiature di registrazione di tipo elettronico. Infine, solo nell'ultimo decennio si sono rese disponibili forme d'onda di tipo digitale, atte ad essere interpretate ed analizzate in maniera più completa e dettagliata. La distribuzione degli epicentri risulta in generale addensata lungo le faglie con direzione appenninica, ma con maggiore concentrazione nella direzione antiappenninica Fivizzano - La Spezia.

Per quanto riguarda le stime statistiche sulla pericolosità sismica, un recente studio, condotto da Boschi *et al.* (1995), ha messo in evidenza che la probabilità di occorrenza di un evento con $M > 5.9$, per i prossimi 100 anni, è compresa tra il 28 ed il 66%.

4. L'EVENTO DEL 10 OTTOBRE 1995

I dati ipocentrali forniti da diversi Enti sono i seguenti:

NEIC : TO 06 h 54'22.12" Lat 44°18' Long 10°02' H = 10 km Md 5.1

ING : TO 06 h 54'23.2" Lat 44°09'18" Long 10°00'42" H = 5 km Md 3.8

IGG : TO 06 h 54'23.00" Lat 44°13'40" Long 10°04'68" H = 7 km Md 4.9

Non è stato possibile analizzare le forme d'onda, poiché tutti i sismometri in un raggio di oltre 100 km dall'epicentro sono andati in saturazione e la registrazione accelerometrica della stazione ENEL di Bagnone non è ancora stata convertita in forma numerica.

5. STRATIGRAFIA

Nella stratigrafia si riconoscono, in particolare, due formazioni con caratteristiche litologiche distintive: la formazione del Flysch del Monte Antola (Campaniano - Maastrichtiano), che risulta prevalentemente arenacea e calcarea con subordinate quantità di marne argillose ed argille, e la formazione di Montoggio (Turoniano - Campaniano), che mostra una maggiore quantità dei termini argillosi e marnosi con intercalazioni calcaree e calcarenitiche. Altre formazioni conglomeratiche poligeniche, presenti nella zona, sono quelle di Collecchia e di Olivola (Piacenziano - Siciliano).

Di importanza rilevante, ai fini della zonazione microsismica, è soprattutto una lente di conglomerato fluviale quaternario, formata da clasti eterometrici di arenaria, in matrice sabbiosa, appartenenti alla formazione del Macigno. Questa lente, di spessore $10 \div 40$ m, interessa quasi tutta la porzione sommitale del rilievo, su cui si trovano gli abitati di Canova e Ceserano, e giace su formazioni appartenenti ai Flysch liguridi - Supergruppo del Trebbia (Cretaceo Superiore).

6. MICROZONAZIONE SISMICA

Le frazioni di Canova e Ceserano si sviluppano su una dorsale con morfologia nettamente stretta ed allungata in direzione W-E. Le costruzioni insistono sulla porzione sommitale, lungo una cresta che separa il Torrente Aulella dal Canale dell'Olivara. La distribuzione dei danni mette in evidenza una concentrazione degli stessi nel borgo del Castello (Ceserano) ed in quello del Colletto (Canova). La mappa dei danni, che il sisma ha prodotto nel sito in esame, mostra come la distribuzione sia in stretta dipendenza dalle condizioni locali. In entrambi gli abitati si sono manifestati fenomeni di «amplificazione locale», dovuti alla morfologia della cresta ed alla presenza di un substrato di fondazione, di natura particolarmente scadente, formato da ciottolame scarsamente cementato (conglomerato a matrice sabbiosa). Nel borgo della Villa (Ceserano), dove il substrato di fondazione è costituito da una diversa litologia, i danni sono stati di minore entità. Nel borgo del Castello l'azione sismica può essere stata ulteriormente amplificata dalle opere di contenimento del substrato, che circondano l'intero abitato: tali opere, realizzate in vari periodi e con tecniche diverse (muri in pietra e cemento armato), hanno impedito di fatto i normali processi erosivi creando una sorta di terrapieno «artificiale».

7. ANALISI STRUTTURALE

Con riferimento alla frazione Ceserano del Comune di Fivizzano (MS), il nucleo edilizio esaminato si sviluppa longitudinalmente, lungo un crinale. Particolare attenzione è stata rivolta alla Canonica. Questo edificio, assieme alla Chiesa, è risultato infatti sensibilmente danneggiato dal sisma. Si è quindi deciso di utilizzare uno specifico software per una verifica ed un'analisi dello stato dell'edificio, in modo da ricavare informazioni sia sul comportamento strutturale sia sugli effetti di interazione suolo-struttura. Il rilievo ha evidenziato i seguenti aspetti costruttivi: muratura in pietrame in mediocri condizioni; solai non sufficientemente rigidi (profili metallici e laterizi); lesioni notevoli, sia aventi la caratteristica forma a X delle lesioni a taglio, sia localizzate sopra le aperture (porte interne).

Sono state operate due schematizzazioni di riferimento:

- a) organismo edilizio completo, che include la zona di fabbricato adiacente alla Chiesa;
- b) edificio «isolato», che considera solo la porzione oltre la zona confinante con la Chiesa.

La schematizzazione b) si è rivelata più corretta: infatti l'analisi degli effetti sismici sull'edificio conduce, in tal caso, a lesioni in quelle pareti dove effettivamente sono state riscontrate.

L'analisi condotta mostra un coefficiente di sicurezza pari a 0.28, quindi molto inferiore al valore 1.00, minimo consentito dalla Normativa per considerare l'edificio adeguatamente resistente all'azione sismica. L'accelerazione strutturale, che ha investito l'edificio provocandone le lesioni riscontrate, è stimata dal calcolo pari a 769 mm/s^2 , mentre il periodo proprio viene valutato in 0.1 s. Dato il basso valore del periodo proprio, è ipotizzabile un'amplificazione dell'accelerazione sismica pari a 2; pertanto, dal suolo deve essere provenuta un'accelerazione di circa 400 mm/s^2 , assai alta se paragonata con l'intensità dell'evento verificatosi. Si può dunque ritenere che la configurazione geologica locale abbia amplificato l'onda sismica originaria. È da rilevare inoltre che la direttrice del sisma, perpendicolare al versante in cui è ubicata la frazione di Ceserano, ha investito l'edificio analizzato esattamente nella direzione più sfavorevole per la sollecitazione strutturale.

L'insieme di questi fattori ha determinato un danneggiamento di notevole entità. L'edificio deve essere consolidato con interventi volti a migliorare il comportamento meccanico delle pareti portanti, ad esempio con pareti in intonaco armato (reti elettrosaldate + intonaco cementizio), oltre all'irrigidimento dei solai e alla legatura delle pareti nelle zone di intersezione fra muri ortogonali. L'applicazione dei criteri di ottimizzazione, supportati dal software utilizzato, mostra che anzitutto è necessario consolidare le pareti portanti interne, successivamente quelle del fronte principale (ingresso, prospetto anteriore), mentre è

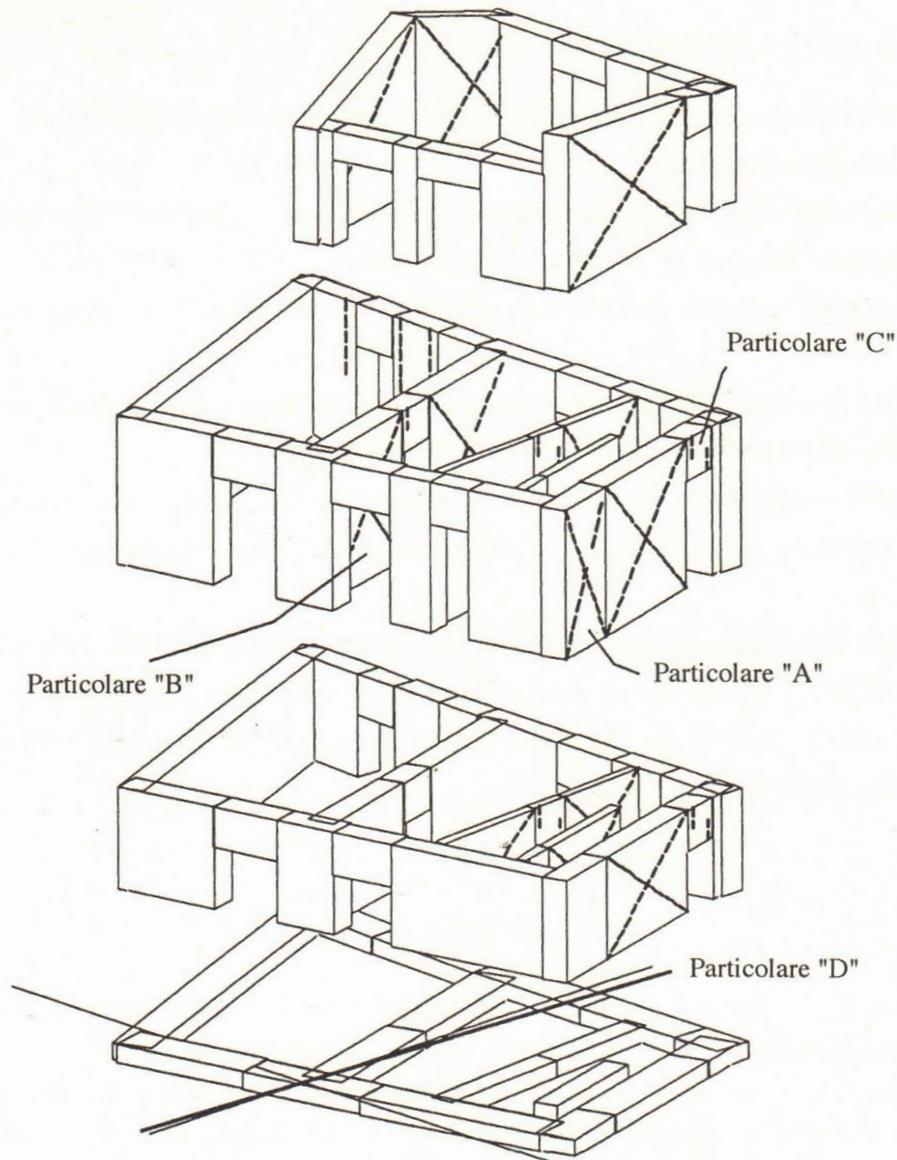


Fig. 1. — Analisi strutturale della Canonica di Ceserano. Particolari lesioni: a taglio in parete vano scale (A); in parete interna (B); in parete sovrastante porta (C); direzione più sfavorevole dell'azione sismica (D).

meno importante consolidare le pareti del prospetto tergale e la parete esterna laterale. Queste fondamentali indicazioni sono state ricavate con una modellazione semplice ma accurata e con l'applicazione del Metodo PorFlex, rivelatosi estremamente idoneo per rilevare nel modello di calcolo le lesioni effettivamente riscontrate non soltanto nei maschi murari, ma anche nelle strisce (fasce sopra le aperture), superando le note limitazioni della classica impostazione del metodo Por (vedi fig. 1).

CONCLUSIONI

Il «collage» di informazioni di diversa natura (geologica-geofisica- ingegneristica), utilizzate nel corso del lavoro, ha consentito di correlare l'attività sismica dell'area di Canova e Ceserano con i danni prodotti su strutture in muratura.

I principali risultati ottenuti sono stati:

- 1) L'estensione maggiore dei danni sulle murature si è verificata in zone ben definite litologicamente.
- 2) Il contesto geofisico-geodinamico è chiaramente quello di un'area di «cerniera» tra sistema Alpino e sistema Appenninico.
- 3) La sismicità storica indica un addensamento di eventi lungo le principali faglie.
- 4) L'insieme dei dati suggerisce una «concentrazione» dei danni in aree allineate trasversalmente alle strutture tettoniche principali.
- 5) Lo studio strutturale di edifici in muratura, sia areale che di dettaglio (Canonica), indica una «esaltazione» delle onde di taglio nelle aree maggiormente danneggiate.
- 6) Una più accurata definizione del fenomeno può essere ottenuta a partire da uno studio di dettaglio sulle caratteristiche elastiche locali, con prospezioni sismiche e studio spettrale dei sismogrammi locali, mirato alla valutazione della trasmissione delle onde di taglio.

BIBLIOGRAFIA

- [1] BERNINI M., 1988. *Il Bacino dell'Alta Val Magra: primi dati mesostrutturali sulla tettonica distensiva*. Boll. Soc. Geol. It., 107, 355-371.
- [2] BERNINI M., LASAGNA S., 1988. *Rilevamento geologico e analisi strutturale del bacino dell'alta Val Magra*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., ser. A, 95, 139-183.
- [3] BOSCHI E., GASPERINI P., MULARGIA F., 1995. *Forecasting where larger crustal earthquakes are likely to occur in Italy in the near future*. Bull. Seism. Soc. Am., 85, 1475-1482.
- [4] HEIDA P., 1988. *Rilevamento geologico-strutturale nella fossa tettonica dell'alta Val Magra*. Tesi di laurea ined., A.A. 1987-1988, Univ. Parma.