

# IL SISMA

ricordare prevenire progettare

## RECUPERO DELLA MEMORIA

La conoscenza del fenomeno  
sviluppata attraverso le fonti

## CROLLI E PERMANENZE

L'istruzione consentita dall'esperienza

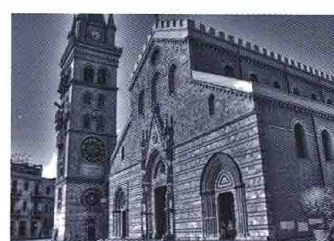
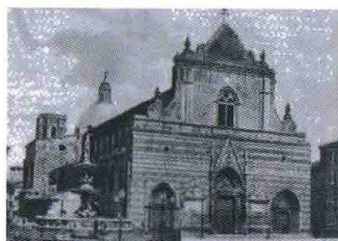
## PARADIGMI DELLA RICOSTRUZIONE

Le prerogative delle scelte progettuali

## CONOSCENZA E PROGETTO

La lezione del passato  
utilizzata per istruire il futuro

1908 ←



→ 2009

©copyright Alinea editrice s.r.l. - Firenze 2009  
50144 Firenze, via Pierluigi da Palestrina, 17/19 rosso  
Tel. +39 055/333428 - Fax +39 055/6285887

*Tutti i diritti sono riservati:  
nessuna parte può essere riprodotta in alcun modo  
(compresi fotocopie e microfilms)  
senza il permesso scritto della Casa Editrice*

e-mail: [ordini@alinea.it](mailto:ordini@alinea.it)  
<http://www.alinea.it>

ISBN 978-88-6055-460-4

*In copertina*  
Elaborazione grafica a cura di Dario Donato

*Il volume è stato curato da*  
Ornella Fiadaca, Raffaella Lione

*Revisione scientifica dei contributi*  
Enrico DASSORI, Pier Giorgio DEBERNARDI, Massimo DRINGOLI, Antonio  
FRATTARI, Jaime MIGONE RETTIG, Romualdo MONTAGNA, Renato MOR-  
GANTI, Placido MUNAFÒ, Franco NUTI, Franco POLVERINO, Sergio PORETTI,  
Antonello SANNA, Franco STORELLI

*Segreteria Organizzativa di sede*  
Ornella FIADACA, Raffaella LIONE

Le curatrici del volume ringraziano Pier Giovanni Bardelli e Alessandro Greco per la competenza e la sollecitudine con cui hanno contribuito a risolvere di volta in volta i problemi emersi.

Finito di stampare nel novembre 2009

—  
*d.t.p.:* Alinea editrice srl  
*Stampa:* Genesi Gruppo editoriale srl - Città di Castello (Perugia)

# **IL SISMA**

**ricordare prevenire progettare**

a cura di Ornella Fiandaca e Raffaella Lione





## INDICE

Pier Giovanni Bardelli <i>Presentazione</i>	XI
<b>SESSIONE 1 - RECUPERO DELLA MEMORIA</b>	
<b>La conoscenza del fenomeno sviluppata attraverso le fonti</b>	
Simona Bertorotta, Antonio Cottone <i>Palermo 1968. Il sisma completa i danni bellici</i>	3
Tiziana Campisi, Giovanni Fatta <i>"I terribili tremuoti" nel XVIII secolo a Palermo: dai danni alle nuove esperienze costruttive</i>	19
Angelo Severino Rosario Circo <i>Lentini, prima e dopo il terremoto del 1693: un'"occasione perduta"?</i>	35
Marcello Di Marzo, Valentina Santoliquido <i>La conservazione delle "volte leccesi" tra tradizione e innovazione</i>	45
Antonino Favata <i>Il terremoto di Messina e lo sviluppo delle teorie di calcolo del cemento armato: il ruolo di Arturo Danusso</i>	63
Ornella Fiandaca <i>Un quinquennio di brevetti sulla costruzione antisismica. Consensi e resistenze sul patrimonio tecnico ideato</i>	73
Fabrizio T. Gizzi, Nicola Masini, Maria R. Potenza, Cinzia Zotta <i>Dalle fonti archivistiche all'analisi multi-livello dei terremoti storici</i>	83
Tullia Iori <i>La costruzione moderna italiana e l'influenza del terremoto</i>	99
Alessandro Lo Faro, Angelo Salemi <i>Cultura tecnica e sisma nella Sicilia orientale: il terremoto del 1818</i>	109

Riccardo Nelva, Bruno Signorelli <i>Impiego di calcestruzzi armati sistema Hennebique a Messina e Reggio Calabria per la ricostruzione dopo il sisma del 1908</i>	123
Cesira Paolini <i>La casa antisismica: criteri e soluzioni per la costruzione pre-moderna</i>	133
Giuseppe Romano <i>I ponti scomparsi</i>	143
Clara Spallino <i>Messina 1908 e la pietra artificiale. Una cultura costruttiva tra oblio e memoria</i>	151
Rosangela Antonella Spina <i>Catania nel Novecento. L'immagine della città barocca fra tradizione e innovazione</i>	161
Francesca Turri, Emanuele Zamperini <i>Costruire in zona sismica. Studi e considerazioni di alcuni ufficiali del Genio Militare all'inizio del Novecento</i>	171
Calogero Vinci <i>Terremoti e pregiudizi nella cultura costruttiva della Sicilia occidentale del XIX secolo</i>	187
Rosa Maria Vitrano <i>La vulnerabilità dell'architettura: Palermo 6 settembre 2002</i>	197
<b>SESSIONE 2 - CROLLI E PERMANENZE</b>	
<b>L'istruzione consentita dall'esperienza</b>	
Alessandra Amato, Domenico Musiano, Sonia Sofi, Nino Sulfaro <i>Analisi delle tecniche costruttive e dei materiali dell'edilizia pre-terremoto a Messina. Memorie e prospettive di un sopravvissuto: il caso dell'isolato 154</i>	209
Flavia Fascia, Annita Corbosiero, Fabio Sannino <i>Le ville vesuviane: esempio di strutture sismoresistenti</i>	225
Francesco Galletta <i>Messina, la persistenza del segno. Le tracce della città del 1908 dentro il Piano di Ricostruzione: il caso di via Risorgimento</i>	237

Angela Moschella, Alessia Bianco, Serena Tuzza <i>Un sistema costruttivo antisismico storico ancora esistente in Calabria: processo conoscitivo per la tutela delle case baraccate</i>	249
Camilla Tassi <i>Le chiese romaniche delle Marche dopo il sisma del 1997</i>	265
<b>SESSIONE 3 - PARADIGMI DELLA RICOSTRUZIONE</b>	
<b>Le prerogative delle scelte progettuali</b>	
Adriana Arena <i>Il progetto di costruzione della nuova Università di Messina</i>	279
Fabrizio Astrua, Rosario Ceravolo, Giuseppe D'Introno <i>Condizionamenti funzionali e costruttivi nel progetto di recupero di edifici in zona sismica: il caso di villa Lamonica in Puglia</i>	289
Fernanda Cantone, Anna Riciputo <i>La ricostruzione nella ricostruzione. Una ipotesi per la copertura della chiesa madre di Ghibellina (TP)</i>	307
Ferdinando Cardella, Paolo Fiamma <i>La ricostruzione della Baixa Pombalina. Razionalità e utopia nel cuore della Lisbona moderna</i>	323
Santi Maria Cascone, Carla Assunta Trifarò <i>Tecniche costruttive e presidi antisismici nelle fabbriche religiose del comprensorio etneo nella ricostruzione settecentesca</i>	333
Corrado Fianchino, Gaetano Sciuto <i>Riduzione della vulnerabilità sismica dei tipi edilizi di base</i>	345
Amira Kweder <i>Ricostruzione ed espansione tra residenze minime e sperimentazione tipologica: il caso dei "Fondi" messinesi</i>	361
Mario Manganaro <i>Contraddizioni Urbane</i>	373
Claudio Marchese <i>Ricostruzione &gt; Innovazione</i>	383
Vincenzo Sapienza <i>I presidi antisismici nelle fabbriche storiche del catanese</i>	393

**SESSIONE 4 - CONOSCENZA E PROGETTO**

**La lezione del passato utilizzata per istruire il futuro**

Chiara Cicero <i>Muratura armata: forma e tecnica in un'unica soluzione</i>	405
Mariella De Fino, Gianbattista De Tommasi, Fabio Fatiguso <i>Il controllo strutturale per la protezione sismica degli edifici storici: metodi e tecnologie</i>	415
Gianni Di Giovanni, Pierluigi Bonomo <i>Adeguamento sismico e progetto architettonico. Analisi di un caso-studio</i>	433
Marco D'Orazio, Enrico Quagliarini <i>Efficacia di interventi con materiali innovativi per il miglioramento antisismico di volte in foglio</i>	449
Tiziana Firrone, Carmelo Bustinto <i>Reversibilità e sostenibilità dell'architettura per l'emergenza: nuove proposte per abitazioni temporanee</i>	461
Marco Gallonelli <i>Risposta dinamica di edifici in muratura con solai rigidi o flessibili in &amp; out of plane</i>	473
Riccardo Gandolfi <i>Vulnerabilità epidermica. Progettazione sismica di elementi non strutturali d'involucro</i>	483
Riccardo Gulli <i>Valutazione della vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio pubblico. Indirizzi metodologici e casi di studio</i>	493
Davide Indelicato <i>Metodologia di lettura per la riduzione della vulnerabilità sismica di edifici murari storici in aggregato: l'isolato di S. Giuseppe al Transito</i>	503
Renato Iovino, Roberto Solimene, Giovanni Loreto <i>L'utilizzo del calcestruzzo cellulare autoclavato in zona sismica</i>	513
Giovanni Minutoli <i>La vulnerabilità sismica dell'edilizia "minore" di Messina realizzata dopo il terremoto del 1908</i>	529



---

Giovanni Mochi	539
<i>Processo tipologico e sicurezza sismica #2. Dall'analisi al progetto</i>	
Pasquale Petrella	553
<i>Progettazione e posa in opera di componenti non strutturali e di impianti in zona sismica</i>	
Marina Pugnaletto, Alessandra Russo	563
<i>Tecniche per il recupero: tipicità dei procedimenti di consolidamento dei solai lignei</i>	
Giulia Sanfilippo	579
<i>La protezione dal rischio sismico dell'architettura storica tra modernità e tradizione</i>	
Lorenzo Secchiari	589
<i>I sistemi di ancoraggio meccanico di facciata per materiali lapidei in zona sismica</i>	
<b>TAVOLE A COLORI</b>	597



Sono lieto di presentare questa pubblicazione, a firma di più autori, che si pone come preparazione e base di supporto per il prossimo dibattito congressuale organizzato dalla sede di Messina.

Mi auguro che gli esiti del dibattito trovino tempestiva edizione raccogliendo così i veri e propri "Atti del Convegno".

Il presente volume si situa come quarto di una catena i cui singoli anelli hanno sistematicamente preceduto e preparato gli ormai consueti appuntamenti annuali della nostra Associazione, Ar.Tec.

Il primo a Torino (2006) raccoglieva i contributi circa il tema "Intervenire sul patrimonio edilizio: cultura e tecnica", seguito da quello di Ancona (2007) "Cultura e strumenti per la progettazione dell'involucro edilizio" e poi ancora da quello di Pavia (2008) "Progettare i luoghi della cura, tra complessità e innovazione".

Ognuno di questi, va detto, è stato integrato da un volume di veri e propri "Atti congressuali", rispettivamente nel 2007 per Torino, nel 2008 per Ancona, ed è di prossima stampa quello per Pavia.

Mi pare importante sottolineare come questi documenti siano testimonianza della vivacità culturale della nostra Associazione, che intende così contribuire a promuovere la ricerca nell'ambito dei rapporti tra architettura e tecnica e a diffonderne i risultati all'intera comunità scientifica.

È parso importante impostare una cadenza temporale che consentisse il ritmo di un incontro all'anno; ognuno preparato con due anni di anticipo. Solo in questo modo è parso possibile ottenere che i singoli contributi abbiano la opportunità di un approfondimento importante per consentire al dibattito congressuale di riferirsi a esiti di ricerca maturi e a metodi consolidati.

L'Ar.Tec. è sempre attenta a definire le tematiche che si dimostrano pertinenti e stimolanti per il proprio settore di attività, mettendo a frutto la ricchezza e la varietà dei temi di ricerca che nelle varie sedi universitarie vengono definendosi.

È pur vero che la fisionomia culturale e gli interessi dell'Associazione possono risultare in buona misura definiti, ma occorre che questa definizione non si dimostri sclerotica.

In particolare in momenti come quelli che stiamo vivendo all'interno dell'Università è auspicabile una schietta rivisitazione del proprio ambito culturale anche in ottica di una possibile apertura ad altri ambiti prossimi o affini.

Un continuo aggiornamento degli interessi fondamentali della Associazione e delle possibili collaborazioni con altri settori di ricerca può essere demandato proprio a un frequente e programmato dibattito congressuale.

Mi auguro che tutti gli associati si sentano investiti di un particolare compito, che prevede la salvaguardia della dinamicità degli interessi culturali dell'Associazione, l'impegno a intensificare i rapporti tra i gruppi di ricerca e di questi con il mondo esterno delle professioni, dell'imprenditoria, della ricerca industriale autonoma, delle pubbliche amministrazioni, ecc...

In questo senso, nel corso dell'anno sociale riteniamo importante prevedere ulteriori agili momenti di incontro su temi specifici.

La recentissima "giornata di lavoro" svoltasi a Bologna su di un tema volutamente circoscritto, ma di grande attualità e modernità, può costituire una proposta da reiterare inventando di volta in volta nuovi modi e tematiche.

Si è potuto constatare una notevolissima partecipazione di ricercatori, sia dell'Università che dell'Industria, di professionisti e di imprenditori, e questo fa certamente ben sperare per il ruolo più ampio al quale la nostra Associazione intende aspirare.

Questa aspirazione appunto dell'Ar.Tec. potrebbe caratterizzarsi con la "vocazione" al coinvolgimento di saperi differenti in un'ottica di trasversalità culturale.

Crediamo infatti che il nostro compito sia in larga misura di riuscire a "fare sistema di saperi diversi".

A conferma di ciò e nell'ottica di una sempre maggiore apertura di campo, riteniamo di grande stimolo e di buon auspicio constatare la presenza nei nostri incontri di contributi che giungono da altri settori della ricerca non sempre strettamente affini al nostro.

Se ripercorriamo anche solo le tematiche dei nostri congressi vediamo come queste possono apparire notevolmente diversificate; e gli stessi argomenti delle singole tematiche possono risultare ancora trattati sotto differenti angolature e con metodi differenti.

Nasce dunque la necessità di affrontare la difficile ma affascinante definizione del "cuore", del vero "kerigma" del nostro ambito culturale.

È bensì vero che abbiamo parlato con orgoglio della trasversalità del nostro atteggiamento di ricerca.

Ma è pur vero che una "trasversalità" non può che riferirsi ad un nucleo di ricerche centrale ed assestato. Deve cioè avere un proprio "coagulo" di interessi di riferimento.

Saranno proprio questi ragionamenti a costituire il tema del Congresso della nostra Associazione previsto per il 2010.

Nel presente Congresso veniamo ad accostarci ad un argomento molto specifico: il sisma. Eppure constatiamo quali e quanti e quanto differenti possono essere i modi di affrontare l'argomento, visto con l'"occhio" dell'Architetto Tecnico.

"Occhio" che è in sostanza quello del cultore della storia delle tecniche e dei modi di costruire, del cultore delle tipologie costruttive, ma anche del cultore del progetto e di chi ne dirige e ne organizza la realizzazione e di chi deve essere in grado di valutare la qualità del costruito e di programmarne la gestione nel tempo a venire.



Occorre a mio avviso insistere non solo sulla nostra ricerca ma sulle ricadute di queste sulla formazione: sulla nostra didattica. La formazione che noi diamo ai nostri studenti, ai nostri dottorandi, ai nostri ricercatori attraverso la didattica dei vari livelli e attraverso una continua collaborazione, porta queste persone ad essere comunque coinvolte in una assunzione di responsabilità, sia perchè rappresentanti di una committenza tecnica oppure perchè progettisti e direttori dei lavori, oppure ancora in quanto collaudatori e gestori del patrimonio edificato.

Un patrimonio edificato storico o recente che può identificarsi con il singolo edificio, la singola infrastruttura, lo specifico più o meno esteso lembo di territorio.

Credo sia importante e doveroso per tutti noi che ci si renda conto che ogni nostra scelta, ogni nostro intervento, ogni costruzione, ogni modifica da noi eseguita sull'esistente debba essere ritenuta come un "pubblico test" da sottoporre a pubblico giudizio, da controllare e curare nel tempo.

Tutto ciò come dovere di "farsi carico" delle nostre scelte, delle logiche alle quali abbiamo aderito, delle soluzioni tecniche che autonomamente abbiamo adottato.

Siamo convinti che il nostro ruolo in quanto "formatori" di "tecnici responsabili" ci deve rendere consapevoli che occorre non smettere di insegnare ad imparare e ad approfondire, per poter giungere ad una "acquisizione di autorevolezza" che consenta al tecnico una "autonomia di giudizio" e che porti a non sfuggire alle inevitabili più o meno importanti "assunzioni di responsabilità".

Sfioriamo in questo modo il campo dell'"etica della responsabilità". Proprio il luogo, la città di Messina, e la data, l'anno 2009, con i dolorosi recenti tragici eventi, non solo messinesi, ci conducono ad alcune considerazioni che riteniamo importanti.

Non possiamo nasconderci le avvenute e perpetrate o per lo meno non osteggiate gravi alterazioni del nostro territorio, del nostro patrimonio nazionale.

Di contro la constatazione della presenza e della disponibilità di una grande quantità di persone che sanno e intendono ben operare, deve indurre noi tecnici, applicatori della scienza e cultori della storia, ad affrontare, ognuno per la propria parte, ma con un auspicato esito di coralità, il compito di creare le condizioni per un patrimonio costruito ancora godibile, per un territorio ancora abitabile, soprattutto per le generazioni future.

Convinti che è nostro impegno anche sapere rispondere della nostre scelte, dei nostri atteggiamenti, cosa che implica una attenzione particolare nei confronti del specifico peso delle nostre azioni e che esige un nostro costante controllo delle conseguenze relative.

*Pier Giovanni Bardelli*



**SESSIONE 1 - RECUPERO DELLA MEMORIA**  
**La conoscenza del fenomeno sviluppata attraverso le fonti**





**COSTRUIRE IN ZONA SISMICA  
STUDI E CONSIDERAZIONI DI ALCUNI UFFICIALI  
DEL GENIO MILITARE ALL'INIZIO DEL NOVECENTO**

**BUILDING IN SEISMIC AREAS  
STUDIES AND REMARKS OF SOME OFFICIALS OF ENGINEERS  
CORPS AT THE BEGINNING OF TWENTIETH CENTURY**

**Francesca Turri, Emanuele Zamperini**

Professore associato, DIET - Università degli Studi di Pavia

Via Ferrata 1, Pavia, e-mail: francesca.turri@unipv.it

Assegnista di ricerca, DIET - Università degli Studi di Pavia

Via Ferrata 1, Pavia, e-mail: emanzamp@yahoo.com

**Abstract**

Since the beginning of the XX century, constructive tradition evolved in an empiric way, elaborating specific solutions to enhance seismic resistance of traditionally built houses; frequent ruinous seismic events were the occasion to test new anti-seismical building techniques and to adopt building regulations, though only with local regard. Both regulations and rules of the art were not used in the common practice, that used to re-enable already damaged buildings and re-use materials taken from destroyed buildings.

The 1908 earthquake in Calabria and Sicily, severely damaging buildings that were built with good regulations, just like Collegio militare in Messina, gave a decisive impulse to the newly born anti-seismic engineering. The Officers of Engineers corps – some of which directly took part in the first emergency and viewed the damages caused by the earthquake – actively took part in the scientific debate and they formulated some suggestions for the rebuilding. The memoir examines the seismic behaviour of Collegio militare, in relation with building techniques used for its construction, and deals with studies by some officials of Engineer corps, analyzing the efficiency of their proposals and evaluating the coherence with the coeval technical-cultural context.

**Premessa**

Molto tempo prima che si comprendessero i fenomeni geologici e fisici che determinano le scosse sismiche, l'osservazione degli effetti dei terremoti nelle zone in cui gli scuotimenti tellurici erano più frequenti aveva portato ad elaborare una tradizione tecnico costruttiva con specifiche caratteristiche antisismiche. I caratteri peculiari degli edifici costruiti "a regola d'arte" in questi ambiti territoriali presentavano: spessori murari maggiori di quelli adottati in zone non sismiche; particola-re at-

tenzione all'eliminazione delle azioni orizzontali generate da elementi strutturali spingenti, come le volte, nelle quali si utilizzavano chiavi metalliche, e le strutture di copertura, per le quali si prevedeva l'impiego diffuso di incavallature (che svolgevano anche il ruolo di concatenamento in sommità dei muri); una stretta connessione tra muri contrapposti e orizzontamenti lignei intermedi, ottenuta dotando le travi di appositi capichiaie.

Nel 1783, «mentre la sensibilità strutturale si affina[va] e comincia[va] a capire e controllare il fenomeno sismico»<sup>1</sup>, Reggio Calabria e Messina furono colpite da un terremoto catastrofico che uccise tra 40'000 e 60'000 persone, portando all'emana-zione della prima normativa sismica ante litteram. Le istruzioni emanate fin dallo inizio del 1784 dal governo borbonico (divenute legge l'anno successivo) defini-vano un sistema costruttivo innovativo, la cosiddetta "casa baraccata" o "casa borbonica", che prevedeva l'impiego di una struttura lignea intelaiata, i cui vuoti erano riempiti da muratura con funzione di tamponamento. Col tempo però questo sistema, mai realmente compreso e fatto proprio dai costruttori<sup>2</sup>, andò progressivamente scompa-rendo e si tornò alle tecniche edilizie tradizionali<sup>3</sup>.

Un secolo dopo, a seguito del terremoto nell'isola d'Ischia che provocò 2'300 vitti-me e la distruzione completa di Casamicciola (una sola abitazione rimase illesa), fu compilato un Regolamento edilizio per i comuni dell'isola prima normativa tecnica antisismica del Regno d'Italia in cui si prescriveva che «Di massima nei nuovi edifi-ci d'indole permanente, sì ad uno che a due piani fuori terra, sarà adot-tato il sistema di costruzione detto baraccato, ad intelajature di legno o di ferro secondo i casi, in modo che esse intelajature, le travature dei solai e le incavallature del tetto riescano solidamente connesse fra loro»<sup>4</sup>.

Nel 1905 un nuovo terremoto colpì la Calabria e avviò il dibattito sull'impiego di tecniche costruttive antisismiche innovative, introducendo l'uso del c.a.

### **Il terremoto calabro-siculo del 28 dicembre 1908**

Il terremoto che sconvolse le città di Messina e Reggio Calabria il 28 dicembre 1908, uccidendo circa 130'000 persone e distruggendo il 90% dei fabbricati, evidenziò tra-gicamente tutti i difetti delle costruzioni e dell'urbanistica locali.

La dimensione del disastro convogliò nelle zone colpite numerosi reparti delle forze armate; tra questi operarono per alcuni mesi 34 compagnie del genio: zappa-tori, telegrafisti, specialisti, pontieri, minatori, e ferrovieri<sup>5</sup>. Superate le prime urgenze, questi corpi contribuirono a demolire e puntellare i muri pericolanti e le rovine dei fabbricati, ristabilire le comunicazioni telegrafiche e telefoniche, liberare le strade dalle macerie per riaprire i percorsi e facilitare i lavori; riallacciare i collegamenti riparando i ponti crollati o dissestati, ripristinando le linee ferroviarie divelte, prov-vedendo alla costruzione di pontili, riattivando le strade provinciali ingombre per le frane. Raccolsero dati sulle case abbattute e danneggiate, visitarono e svolse-ro perizie di stabilità per edifici pubblici e privati, effettuarono rilievi di terreni per realizzare i primi insediamenti d'emergenza. Ripristinarono gli acquedotti divelti dell'acqua potabile, i sistemi di illuminazione e di rifornimento; costruirono barac-

che per le popolazioni superstiti e per le forze impegnate nei soccorsi, in quanto tutti i principali uffici pubblici erano inagibili o gravemente lesionati.

Il capitano del Genio militare Ferdinando Pecco, che comandava una delle compagnie operative nella zona di Reggio Calabria con il compito di demolire i fabbricati pericolanti, stese sul posto una memoria sul comportamento degli edifici colpiti dal sisma<sup>6</sup>, nella quale evidenziava lo stretto rapporto tra qualità costruttiva e danni subiti, e illustrava i difetti di fabbricazione che erano stati causa di numerosi crolli e danneggiamenti. In particolare rilevò:

- la scarsissima qualità costruttiva delle murature «di pietrame torrentizio misto a ciottoli, cementati con malta comune di calce e sabbia, spesso di pessima qualità»;
- la presenza ai piani terreni di volte prive di chiavi metalliche;
- l'assenza di connessione tra i solai lignei dei piani superiori e le murature;
- la mancanza delle capriate nei tetti, costituiti da arcarecci sostenuti direttamente dai muri, peraltro con superfici d'appoggio piuttosto ridotte;
- la presenza di guglie e timpani di grande altezza, particolarmente soggetti al crollo, che a loro volta danneggiavano gli edifici sottostanti;
- la presenza in uno stesso isolato di fabbricati alti (spesso frutto di sopraelevazioni realizzate con scarsa qualità muraria) accanto ad edifici più bassi, che furono danneggiati dalle macerie provenienti dal crollo dei primi.

La memoria evidenziava inoltre che gli edifici realizzati impiegando murature in conci squadrate e sfruttando i concatenamenti forniti da solai e tiranti metallici avevano subito danni limitati o nulli, e che i fabbricati costruiti con il sistema della "casa baraccata" avevano resistito bene alle scosse sismiche, subendo soltanto la perdita degli intonaci e la messa in luce delle intelaiature lignee. Inoltre le "case baraccate" che erano state sopraelevate di uno o due piani con costruzione in muratura ordinaria avevano subito crolli ai piani superiori, mentre la struttura originaria era rimasta in piedi.

### **Il Collegio militare di Messina**

L'analisi del Collegio militare di Messina riveste un certo interesse per valutare le conoscenze tecniche degli ingegneri militari del periodo e per stimare l'efficacia delle soluzioni costruttive impiegate.

L'edificio del Collegio descritto dettagliatamente in un articolo pubblicato sulla Rivista di Artiglieria e Genio nel 1887<sup>7</sup> fu costruito tra il settembre 1881 e il novembre 1886, con una lunga interruzione (novembre 1882 - giugno 1884) dovuta alla rescissione del contratto stipulato con la prima impresa appaltatrice.

Il Collegio militare sorgeva su un lotto di forma quadrangolare (circa 126 m x 75 m) nei pressi del porto, affacciato sull'ampia piazza Cavallotti, in un tessuto edilizio ancora in espansione. L'imponente fabbricato (4900 m<sup>2</sup> di superficie coperta) si sviluppava attorno a una grande corte porticata di quasi 3700 m<sup>2</sup> di superficie; tre bracci della costruzione formavano il corpo di fabbrica principale di tre piani fuori terra, mentre il quarto braccio, contenente la palestra e alcuni servizi, era costituito dal solo piano terreno (fig. 1).





Al piano interrato e al piano terra si avevano volte in muratura a due teste fino ad un terzo della monta, a una testa per la parte superiore, realizzate a seconda degli ambienti a botte, crociera o vela. I solai dei piani superiori erano a singola orditura con travi perpendicolari ai muri longitudinali dell'edificio. Nella maggior parte dei locali si avevano travi in legno (sezione 22 cm x 20 cm, interasse 78 cm) con soprastante tavolato chiodato; nelle latrine e nelle terrazze l'orditura era invece metallica con travi a doppia T (interasse 68 cm, altezza 18 cm) con interposte voltine laterizie. In entrambi i tipi di solai circa un terzo delle travi era vincolato alle murature mediante staffe dotate di bolzoni metallici, in modo da fare «ufficio di catene di fabbrica».

	Materiale	Altezza	Spessore dei muri	
			Perimetrali	Divisori interni
Fondazioni	calcestruzzo di calce idraulica	6÷7 m (somma delle tre parti)	1,78 m	1,4 m
Sottoterra	pietrame e malta idraulica		1,58 m	1,16 m
Sotterranei	pietrame listato e malta aerea		1,18 m	0,92 m
Piano terra	pietrame listato e malta aerea	5,7 m	0,9 m	0,7 m
Primo piano	pietrame listato e malta aerea	5,5 m	0,75 m	0,6 m
Secondo piano	pietrame listato e malta aerea	6 m	0,7 m	0,5 m

Tab. 1 – Dati materici e dimensionali riguardanti le murature del Collegio militare di Messina.

	Muri perimetrali			Muri divisori interni		
	Collegio militare	Curioni (*)	Cantalupi (**)	Collegio militare	Curioni (*)	Cantalupi (**)
Sottoterra	1,58	-	0,75÷1	1,16	-	0,70÷0,85
Sotterranei	1,18	-	0,55÷0,80	0,92	-	0,50÷0,65
Piano terra	0,9	0,69	0,50÷0,65	0,7	0,57	0,35÷0,40
Primo piano	0,75	0,57	0,45÷0,55	0,6	0,51	0,35÷0,40
Secondo piano	0,7	0,45	0,40÷0,50	0,5	0,45	0,30÷0,35

Tab. 2 – Raffronto degli spessori murari del Collegio militare con quelli proposti dalla trattatistica coeva.

(\*) I valori proposti da Curioni riguardano case di abitazione con volte a tutti i piani, tranne l'ultimo.

(\*\*) I valori proposti da Cantalupi riguardano un edificio con un piano in più, ma con altezze di piano inferiori di circa 0,5÷1 m rispetto al Collegio militare.



Fig. 2 – Prospetto principale del Collegio militare di Messina prima del terremoto (foto d'epoca).

Le coperture non erano spingenti, in quanto interamente sostenute da robuste incavallature in legno di abete con saette e sottopuntoni, poste a 3,5 m di interasse. L'orditura era costituita da arcarecci e travetti, sui quali era chiodato un tavolato ligneo continuo a sostegno del manto in coppi.

In base a queste caratteristiche costruttive, potrebbe apparire inspiegabile la rovina di ampie porzioni dell'edificio sotto le azioni sismiche<sup>10</sup>. Le cause dei crolli sono deducibili dalle immagini successive al terremoto (figg. 4 e 5), che forniscono ulteriori elementi per l'analisi del comportamento sismico del fabbricato. Dalle foto-grafie si rileva chiaramente che:

- le due estremità angolari della facciata principale risultano meno danneggiate del resto del fabbricato (sono presenti i tre piani e parte della copertura), pur essendo crollati i pesanti cornicioni aggettanti;
- il muro della parte centrale si è mantenuto fino a tutto il primo piano; nelle parti intermedie invece, si sono avuti i danni maggiori: sulla sinistra resta in piedi solo il muro del piano terra, sulla destra il ribaltamento è completo.

Per comprendere appieno i motivi di questo comportamento va considerato che le porzioni di fabbricato comprese tra l'avancorpo centrale e le ali contenevano all'ultimo piano i dormitori degli allievi due grandi camerate longitudinali per parte, separate dal muro di spina senza alcun setto trasversale interno. In mancanza delle pareti trasversali, le facciate si comportarono quindi come muri isolati sollecitati in sommità dall'azione sismica della copertura.

La fig. 5 denuncia chiaramente un altro fattore corresponsabile del crollo: la linea di distacco tra i muri trasversali e di facciata appare molto prossima alla verticale.

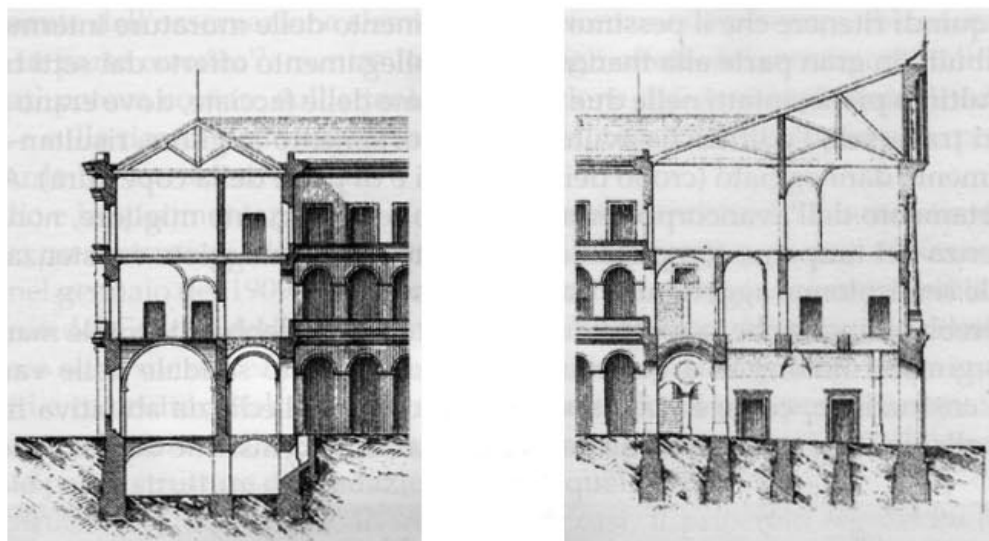


Fig. 3 – Sezione CD su uno dei bracci secondari (a sinistra) e sezione AB sull'avancorpo centrale del braccio principale (a destra), con riferimento ai piani di sezione di fig. 1.



Fig. 4 – Parte sinistra del prospetto principale del Collegio militare dopo il terremoto (foto d'epoca).

Come messo in luce dalla recente letteratura in materia, l'angolo formato dalla linea di distacco con la verticale (detto "angolo critico") è un indice efficace per valutare la qualità di una muratura e la sua risposta sismica<sup>11</sup>. Un angolo critico molto piccolo indica scarsa qualità muraria, dovuta all'impiego di ciottoli o elementi non squadrati di piccola dimensione, all'uso di malte di bassa coesione, alla deficienza dei concatenamenti agli incroci dei muri. L'insufficiente qualità della muratura rese probabilmente inefficaci i bolzoni per l'ancoraggio delle travi dei solai, che pertanto non poterono opporsi al ribaltamento della facciata.



Si può quindi ritenere che il pessimo comportamento delle murature intermedie sia da attribuire in gran parte alla mancanza del collegamento offerto dai setti trasversali all'ultimo piano; infatti nelle due parti estreme delle facciate, dove erano presenti i muri trasversali, l'edificio ha avuto un comportamento migliore, risultando solo parzialmente danneggiato (crollo dei cornicioni e di parte della copertura). Anche il comportamento dell'avancorpo centrale è stato relativamente migliore, nonostante la presenza del timpano, completamente crollato, per la maggiore resistenza garantita dalle semicolonne aggettanti e dai muri trasversali.

Sembrerebbe dunque che la rovina del fabbricato non si debba alla totale mancanza di accorgimenti finalizzati a garantire un funzionamento solidale delle varie parti della costruzione, come è stato spesso verificato per l'edilizia abitativa minore, quanto alla limitata comprensione del comportamento d'insieme dell'edificio.



Fig. 5 – Scorcio del prospetto principale del Collegio militare di Messina dopo il terremoto (cartolina d'epoca).

### **Ricerche e sperimentazioni seguite al terremoto**

Il crollo di molti edifici che come il Collegio militare, almeno sulla carta, erano stati edificati rispettando le regole d'arte del costruire in zona sismica, ebbe significative ripercussioni sull'opinione pubblica e sui tecnici che persero in gran parte fiducia nelle tecniche costruttive antisismiche tradizionali e rivolsero le loro aspettative al calcestruzzo armato, che usciva in quegli anni dalla fase pionieristica.

Il 1909 vide su tutte le riviste tecniche la pubblicazione di un grandissimo numero di articoli riguardanti l'osservazione del fenomeno sismico, l'analisi dell'effetto del terremoto sui fabbricati, lo studio di sistemi costruttivi resistenti agli scuotimenti del terreno e la sperimentazione di prototipi di edifici antisismici.

Sul versante dell'osservazione sismica le conoscenze erano ancora abbastanza limitate<sup>12</sup> e in parte erronee<sup>13</sup>, mentre lo studio degli effetti dei movimenti tellurici sui fabbricati poteva contare sull'attenta osservazione dei danni subiti dagli edifici lesionati, e sulla ricerca della moderna scienza delle costruzioni, soprattutto per quanto riguarda le costruzioni a telaio<sup>14</sup>.

Lo studio e la sperimentazione di sistemi costruttivi antisismici furono stimolati dal *Concorso per costruzioni edilizie nelle regioni italiane soggette a movimenti sismici*<sup>15</sup>, promosso nel gennaio del 1909 dalla *Società Cooperativa Lombarda di Lavori Pubblici*, con il patrocinio del *Collegio degli Ingegneri e Architetti* di Milano. Al concorso, che ebbe notevole eco sulle riviste tecniche del settore edilizio<sup>16</sup>, parteciparono molti ingegneri, architetti e costruttori italiani e stranieri presentando 214 tra progetti e studi. Dalla dettagliata relazione della giuria emerge chiaramente la molteplicità delle soluzioni proposte per le strutture di fondazione<sup>17</sup> e per quelle di elevazione.

Per le strutture di elevazione, in quasi tutti i casi, il principio regolatore dei progetti fu «quello di tentare di ottenere, mediante valide membrature, un razionale collegamento fra i vari elementi dell'edificio, per guisa da costringerle ad oscillare insieme in modo sincrono le diverse parti, che in causa della loro differente massa, struttura, orientamento sarebbero soggette a vibrazioni diverse anche sotto l'azione di una medesima scossa»<sup>18</sup>. Per ottenere questo risultato si ebbero proposte di varia natura: strutture interamente lignee o metalliche, edifici in muratura ordinaria o armata con telai lignei o metallici, strutture con ossatura in calcestruzzo armato. La preferenza della giuria andò alle strutture a telaio in c.a. e alle strutture in muratura armata: le prime per il maggior grado di monoliticità ottenibile; le seconde per la maggiore semplicità di esecuzione anche da parte di maestranze non specializzate, che ne avrebbe consentito una maggiore diffusione.

Il progetto presentato da Arturo Danusso ottenne il 2° premio (il 1° non venne attribuito)<sup>19</sup>. Egli mise in luce e dimostrò teoricamente un aspetto del comportamento sismico degli edifici allora solo in parte intuito: l'entità delle forze sismiche, alle quali la struttura di elevazione di un edificio è soggetta per effetto dell'accelerazione del suolo su cui poggia, si riduce al diminuire della rigidità della struttura stessa<sup>20</sup>. Da questa tesi Danusso deduceva la preferenza per le strutture a telaio, che presentano una maggiore flessibilità rispetto a quelle in murature portanti.

### **Il contributo degli ufficiali del Genio militare**

Al dibattito tecnico-scientifico seguito al terremoto parteciparono attivamente anche alcuni ufficiali del Genio militare, elaborando proposte e considerazioni tecniche sul tema delle costruzioni antisismiche. I capitani Pecco e Bianchi e il colonnello Gentile presentarono tipi costruttivi antisismici, mentre il generale Caveglia espone alcune riflessioni tecniche di carattere generale.

Il capitano Pecco, a conclusione della memoria riguardante le case colpite dal terremoto calabro-siculo, propose due tipi costruttivi per la riedificazione dei paesi terremotati: il primo in muratura chiamato «tipo pesante» destinato a edifici permanenti, il secondo in legno detto «tipo leggero» per edifici provvisori<sup>21</sup>.

Le costruzioni del primo tipo erano una razionalizzazione del sistema costruttivo



in muratura ordinaria tradizionale, per cui veniva stabilita una serie di prescrizioni finalizzate ad eliminare le forme di vulnerabilità individuate nelle costruzioni danneggiate: abbandono dell'uso del pietrame tondeggianti proveniente dal letto dei torrenti a favore del pietrame squadrato e dei mattoni laterizi; regolarità planimetrica e limitazione delle altezze degli edifici; particolare attenzione nella definizione delle fondazioni; elevati spessori murari, decrescenti all'aumentare dell'altezza, per «mantenere all'edificio il centro di gravità molto basso»<sup>22</sup>.

Per la definizione dei solai (fig. 6 a sinistra) suggeriva l'uso di travi metalliche a I fortemente collegate ai muri con bolzoni e piastre di ripartizione; perpendicolarmente alle travi dovevano disporsi in spessore dei travetti lignei, sui quali andavano inchiodati un tavolato estradossale e uno intradossale, e tesi dei tiranti metallici. Questo tipo di orditura appare ancor oggi abbastanza efficace in chiave antisismica, in quanto in grado di impedire l'avvicinamento e l'allontanamento dei muri in entrambe le direzioni.

La copertura doveva realizzarsi in eternit (materiale proposto da molti ingegneri e progettisti per la sua leggerezza), ed essere sostenuta da capriate poggiate su una intelaiatura lignea orizzontale sviluppata lungo tutto il tracciato dei muri.

Le costruzioni di tipo leggero si basavano su telai lignei controventati delimitati da un doppio tavolato di chiusura, poggiati su fondazioni in muratura<sup>23</sup>.

Il capitano Torello Bianchi presentò al concorso lo studio di un tipo edilizio in muratura armata, su due piani fuori terra e uno interrato, con travi verticali a doppia T<sup>24</sup> (fig. 6 a destra), valutato tra i «lavori di qualche pregio [che] interessano anche per il largo corredo di cognizioni pratiche»<sup>25</sup>.

Le murature del piano interrato erano previste in getto di calcetruzzo per facilitare l'incastro delle travi di armatura, mentre quelle del piano terra erano a 5 teste in mattoni pieni, con una disposizione dei mattoni tale da lasciare delle cavità interne finalizzate a contenere i carichi; per lo stesso motivo le murature del primo piano previste a tre teste erano in laterizi forati. Le travi o «nervature» verticali avevano altezza pari allo spessore del muro di ciascun piano; nell'interrato e nel piano terra l'anima era reticolare, mentre al piano primo era costituita da un piatto metallico pieno. Una serie di tiranti in acciaio disposti diagonalmente nello spessore dei muri garantiva l'efficacia delle travi a prevenire il ribaltamento delle murature. Le nervature erano dimensionate considerando l'ipotesi che dovessero resistere all'intero momento ribaltante generato dalle forze sismiche nelle murature, per effetto delle masse proprie, dei solai e dei sovraccarichi. I solai erano risolti con travi a I collegate ai muri con bolzoni e impalcati lignei; al fine di ottenere nelle due direzioni un buon collegamento tra pareti parallele, perpendicolarmente alle travi dovevano disporsi dei tiranti. Il manto di copertura si doveva realizzare con materiali leggeri (eternit o lamiera) ed essere portato da strutture non spingenti collegate direttamente alle nervature verticali, in modo da non gravare sopra i muri in laterizio forato del piano superiore.

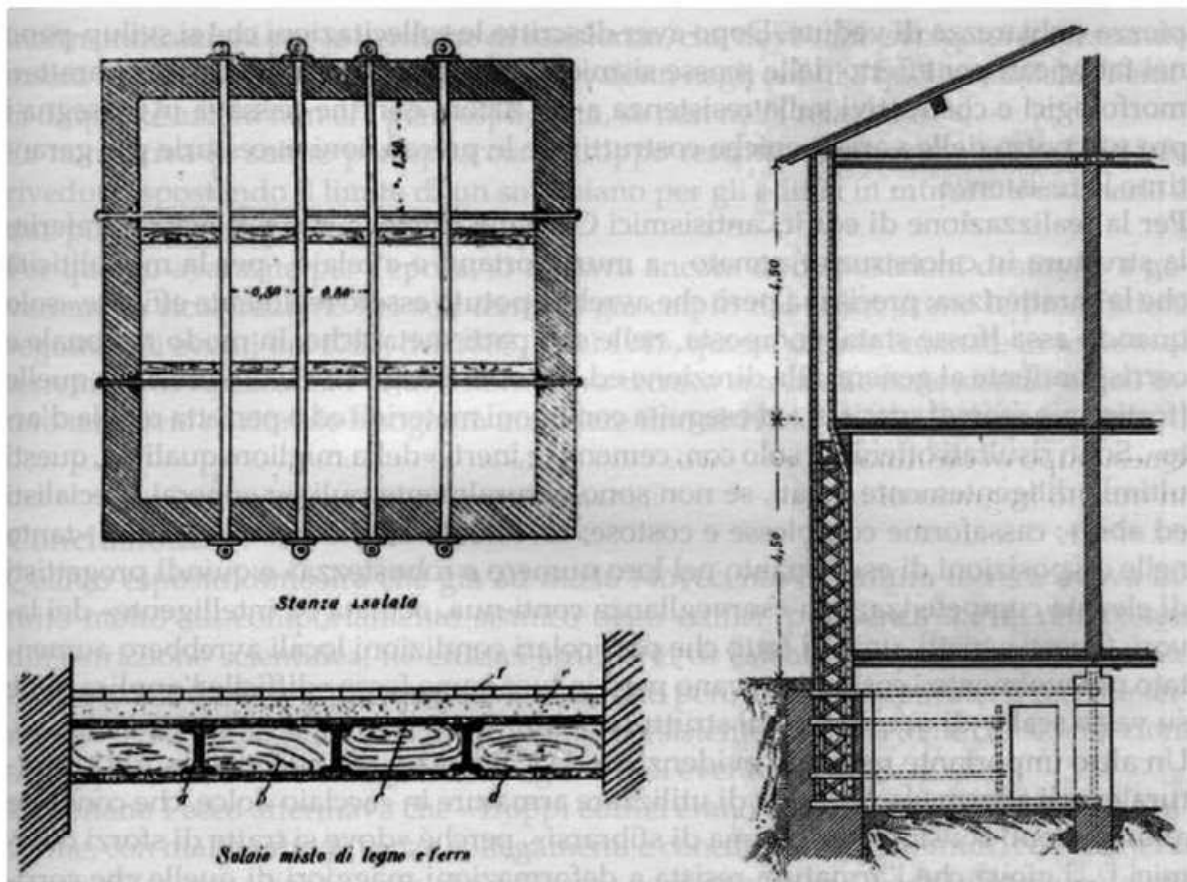


Fig. 6 – A sinistra: solaio proposto dal capitano Pecco per case antisismiche in muratura ordinaria: «(a) travi di ferro; (b) travetti di abete incastrati fra le poutrelles; (c) tavolato inchiodato sui travetti di abete; (d) soffitto di scurette inchiodato sui travetti di legno; (e) letto di malta; (f) mattonelle».

A destra: sezione dell'edificio antisismico in muratura armata ideato dal capitano Torello Bianchi.

Il colonnello Antonio Gentile, che aveva prestato servizio nell'emergenza seguita al terremoto che colpì la Calabria nel 1905, propose invece sulla *Rivista di Artiglieria e Genio* un progetto tipo di edificio a telaio in calcestruzzo armato<sup>26</sup>.

Per ridurre il peso delle murature perimetrali e interne il progetto prevedeva l'uso di pareti in blocchi forati, di calcestruzzo per le chiusure esterne, di laterizio per le partizioni interne; al fine di migliorare la resistenza a flessione fuori dal piano i blocchi erano sagomati per migliorare l'ammorsamento, e le pareti vincolate a travi e pilastri mediante staffe annegate nel getto del calcestruzzo. Per quanto riguarda gli orizzontamenti, nei solai intermedi era previsto l'impiego di travetti in c.a. prefabbricati, mentre nella copertura piana, per ridurre i carichi in sommità dell'edificio, si preferiva un'orditura lignea. Mancava però una chiara definizione del collegamento tra travetti e struttura intelaiata in c.a.<sup>27</sup>. Un altro aspetto critico, peraltro condiviso con molti dei progetti pubblicati in quei mesi, riguardava la definizione del collegamento con il terreno. Per ottenere un'improbabile riduzione della trasmissione delle azioni tra terreno ed edificio, Gentile proponeva fondazioni isolate a plinto, trascurando il rischio di possibili spostamenti differenziali dei punti di appoggio.

Nell'articolo pubblicato da Caveglia nel 1909 si percepisce invece una maggiore am-

piezza e chiarezza di vedute. Dopo aver descritto le sollecitazioni che si sviluppano nei fabbricati per effetto delle scosse sismiche, evidenziava l'influenza dei caratteri morfologici e costruttivi sulla resistenza a tali azioni e infine passava in rassegna i pro e i contro delle varie tecniche costruttive e le precauzioni necessarie per garantirne la resistenza.

Per la realizzazione di edifici antisismici Caveglia riteneva che si dovesse preferire la struttura in calcestruzzo armato a muri portanti o a telaio per la monoliticità che la caratterizza; precisava però che avrebbe potuto essere realmente efficace «solo quando essa [fosse stata] composta, nelle sue parti metalliche, in modo razionale e corrispondente al genere, alla direzione ed alla entità degli sforzi dinamici, da quelle [fortissime scosse] suscitati, ed eseguita con buoni materiali ed a perfetta regola d'arte». Sono risultati ottenibili solo con: cemento e inerti «della migliore qualità», questi ultimi «diligentemente lavati, se non sono naturalmente puliti»; «operai specialisti ed abili»; cassaforme complesse e costose; un attento studio delle armature «tanto nelle disposizioni di esse quanto nel loro numero e robustezza» e quindi progettisti di elevata competenza; una «sorveglianza continua, oculata ed intelligente» dei lavori. Questi aspetti, uniti al fatto che particolari condizioni locali avrebbero aumentato notevolmente i costi, mettevano però in luce come fosse «difficile l'applicazione su vasta scala» di questo tipo di struttura.

Un altro importante requisito evidenziato da Caveglia è relativo alla duttilità strutturale; egli afferma la necessità di utilizzare armature in «acciaio dolce, che consente allungamenti considerevoli prima di sfibrarsi», perché «dove si tratta di sforzi dinamici [...] giova che l'armatura resista a deformazioni maggiori di quelle che corrispondono al lesionamento e alla rottura del conglomerato».

Qualora per i motivi detti non fosse stato possibile o conveniente ricorrere alle costruzioni in c.a., si sarebbe potuto edificare con strutture murarie rinforzate con armature metalliche verticali, orizzontali e inclinate a formare delle croci di Sant'Andrea, escludendo l'uso delle volte a favore di solai «fortemente ormeggiati nei muri con tiranti tesi e trattenuti da bolzoni» e disponendo reti metalliche (vincolate alle armature principali) nello spessore degli intonaci murari per trattenere eventuali cadute di materiali.

### **Le norme edilizie per le regioni colpite dai terremoti**

I mesi che seguirono il terremoto furono caratterizzati anche dall'intensa attività della commissione ministeriale<sup>28</sup> che in meno di quattro mesi elaborò le *Norme edilizie per le regioni italiane colpite da terremoti del 28 dicembre 1908 od anteriori*, accompagnate da una ampia relazione, scritta dal prof. Panetti, che chiariva le premesse teoriche della norma e dava suggerimenti per la sua applicazione.

La norma vietava la realizzazione di volte se non nei sotterranei; limitava l'impiego della muratura ordinaria (per la quale vietava l'uso di pietrame non sbizzato) a edifici di un solo piano fuori terra; consentiva altezze superiori, con un massimo di 10 m e due piani, solo per edifici intelaiati o baraccati; prevedeva un'ampiezza minima di 10 m per le strade (ridotta a 6 m per quelle edificate su un solo lato). Forniva



inoltre indicazioni per le verifiche di resistenza, che dovevano svolgersi ipotizzando azioni statiche verticali e orizzontali equivalenti negli effetti a quelle sismiche; l'entità di queste azioni non era però esplicitata, se non nella relazione<sup>29</sup>.

La normativa fu subito percepita come troppo restrittiva, tanto che già nel 1912 fu riveduta, spostando il limite di un solo piano per gli edifici in muratura ordinaria a due piani e 7 m di altezza<sup>30</sup>.

Per quanto avanzate per l'epoca, si trattava ancora di disposizioni destinate a governare la ricostruzione nei soli territori già colpiti dai sismi, come le prescrizioni seguite agli eventi del 1783, del 1883, e del 1915, queste ultime emanate in seguito al terremoto di Avezzano. Per una normativa tecnica estesa alle zone sismiche dell'intero territorio nazionale bisognerà attendere fino al 1924.

### Conclusioni

Quanto esposto dimostra che già ad inizio Novecento la cultura tecnica aveva intuito molto sul comportamento sismico degli edifici, pur senza darne una chiara dimostrazione scientifica, né efficaci strumenti di calcolo. Le prescrizioni derivate dagli studi e dalle sperimentazioni non furono però sempre applicate: il recente terremoto dell'Aquila evidenzia purtroppo la persistente attualità delle considerazioni sviluppate dai militari del genio in seguito agli eventi del 1908.

Il capitano Pecco affermava che «Troppi edifici erano mal costruiti, con pietrame informe, con malta cattiva, senza collegamenti e concatenamenti di muri, con lesineria spinta all'estremo limite, cosa che è sempre deplorabile, ma è addirittura un delitto in paesi soggetti a movimenti tellurici»; il tenente colonnello Nicoletti Altimari ammoniva «pel bene delle popolazioni di tanta parte d'Italia, che sono state di recente così duramente provate, è da augurarsi che i criteri, quali che siano, adottati nelle nuove costruzioni, siano fatti con mano ferma rispettare, affinché sia evitato ciò che è accaduto dopo il terremoto del 1783, che di mano in mano che il ricordo si affievoliva, erano messi in non cale i provvidi ordini che dalle autorità costituite furono allora emanati a riguardo delle costruzioni, e si venne insensibilmente preparando il disastro del 1908»<sup>31</sup>.

### Bibliografia

Caveglia C., 1878, *Corso di costruzioni civili e militari*, Vol. 3, Scuola d'Applicazione delle Armi d'Artiglieria e Genio, Stamperia dell'unione tipografico-editrice, Torino.

Relazione 1883, *Relazione della commissione per le prescrizioni edilizie dell'isola d'Ischia*, in "Giornale del Genio Civile", a. XXI, n. 43, pp. 541-616.

Canino E., 1887, *Cenni descrittivi sul Collegio militare di Messina*, in "Rivista di Artiglieria e Genio", a. IV, vol. IV, pp. 205-224.

Nicoletti Altimari G., 1909, *L'opera prestata dalle truppe del genio nelle regioni colpite dal terremoto del 28 dicembre 1908*, Tipografia Voghera, Roma.

Caveglia C., 1909, Pensieri sull'impiego del cemento armato in località soggette a terremoti, in "Annali della società degli ingegneri e degli architetti italiani", a. XXIV, n. 6, pp. 149-154.

Gentile A., 1909, Tipi di costruzioni che si propongono per le regioni soggette a terremoti, in "Rivista di artiglieria e genio", a. XXVI, vol. I, pp. 350-358.

Spaccamela P., 1909, Lavori eseguiti dalle truppe del genio nella zona di Reggio Calabria dopo il terremoto del 28 dicembre 1908, in "Rivista di Artiglieria e Genio", a. XXVI, vol. II, pp. 5-22.

Bianchi T., 1909, Tipo di costruzione capace di resistere ai più forti movimenti sismici, in "Rivista di artiglieria e genio", a. XXVI, vol. IV, pp. 90-97.

Danusso A., 1909a, Le case che non crollano (a proposito del terremoto calabro-siculo), in "Il Cemento", a. VI, n. 1, pp. 4-9.

Programma del Concorso, 1909, Programma del Concorso per costruzioni edilizie nelle regioni italiane soggette a movimenti sismici, in "Il Cemento", a. VI, n. 2, pp. 17-18.

Pesenti C., 1909, La casa nei paesi del terremoto, in "Il Cemento", a. VI, n. 3, pp. 34-36.

Norme edilizie, 1909, Norme edilizie per le regioni italiane colpite da terremoti del 28 dicembre 1908 od anteriori, in "Il Cemento", a. VI, n. 13, pp. 193-198.

I progetti premiati, 1909, I progetti premiati al Concorso per Costruzioni Edilizie nelle regioni italiane soggette a movimenti sismici, in "Il Cemento", a. VI, n. 16, pp. 241-249; n. 17, pp. 257-262; n. 18, pp. 277-280.

Relazione della Giuria, 1909, Relazione della Giuria del Concorso per Costruzioni Edilizie nelle regioni italiane soggette a movimenti sismici indetto dalla Società Cooperativa Lombarda di Lavori Pubblici sotto gli auspici del Collegio degli Ingegneri e Architetti di Milano, in "Il Cemento", a. VI, n. 18, pp. 277-280; n. 19, pp. 292-297.

Danusso A., 1909b, La statica delle costruzioni antisismiche, in "Il Cemento", a. VI, n. 24, pp. 369-373.

I progetti premiati, 1910, I progetti premiati al Concorso per Costruzioni Edilizie nelle regioni italiane soggette a movimenti sismici, in "Il Cemento", a. VII, n. 4, pp. 52-54.

Masciari-Genoese F., 1915, Trattato di costruzioni antisismiche, Hoepli, Milano.

Giuffré A., 1988, Monumenti e terremoti. Aspetti statici del restauro, Multigrafica, Roma.

Iori T., 2001, Il cemento armato in Italia dalle origini alla seconda guerra mondiale, EdilStampa, Roma.

Cangi G., 2005, Manuale del recupero strutturale e antisismico, DEI, Roma.

Sorrentino L., 2007, The early entrance of dynamics in earthquake Engineering: Arturo Danusso's contribution, in "ISET Journal of Earthquake Technology", Vol. 44, N. 1, pp. 1-24.

Turri F., Zamperini E., Cappelletti V., 2009a, Sperimentazione e diffusione del calcestruzzo armato in Italia: il contributo del genio militare, in Catalano A., Sansone C. (a cura di), Concrete 2009. The building techniques. I International congress, Luciano Editore, Napoli.

Turri F., Zamperini E., Cappelletti V., 2009b, Military contribution to building technical evolution in Italy (1860-1940), in Proceedings of the Third International Congress on Construction History, Cottbus.

## Note

1 Giuffré 1988, p. 13.

2 Antonino Giuffré citando Tobriner testimonia «La incomprendione dei tecnici che hanno applicato la norma senza capirne lo spirito». Lo studioso americano, assistendo alla demolizione di una casa baraccata, aveva infatti osservato la scarsissima qualità delle giunzioni tra gli elementi lignei dell'intelaiatura, «Il che, naturalmente, vanifica[va] l'intento di conferire continuità alle pareti e "unità" al comportamento d'insieme» (Giuffré 1988, p. 13).

3 Il capitano Pecco afferma che «queste prescrizioni non furono però a lungo seguite; ed i lunghi periodi di relativa sicurezza le fecero di mano in mano trascurare» (Nicoletti Altimari 1909, p. 64).

4 Edifici di un solo piano fuori terra potevano realizzarsi in muratura ordinaria «purché eseguita a regola d'arte» e con idonei collegamenti tra i setti e con le coperture (Relazione 1883, pp. 604-605).

5 Le truppe furono coordinate dal generale Spaccamela per la zona di Messina, dal colonnello Bonelli e dal maggiore D'Havet per le zone di Bagnara e Palmi, dal colonnello Venturi per la zona di Reggio.

6 Nicoletti Altimari 1909, pp. 63-76.

7 Canino 1887.

8 Caveglia propone anche il metodo di Rondelet che tiene conto anche dell'altezza dei muri; questo metodo non è direttamente applicabile ad edifici a corpo triplo, come il Collegio militare. Se applicato al Collegio militare trascurando il portico che si affaccia sulla corte interna, dà spessori murari che sono superiori di circa 12 cm rispetto a quelli ottenuti con il metodo di Curioni (Caveglia 1878, pp. 13-17).

9 Per uno studio sulla figura di Caveglia, sulla formazione degli ufficiali del Genio militare e sul rapporto tra le culture tecniche militare e civile si veda Turri et al. 2009a e 2009b.

10 Il terremoto si manifestò con tre scosse principali: la prima e la terza, di maggiore intensità, agirono secondo una retta ruotata di circa 20° in senso orario rispetto alla direzione nord-sud (vedi Masciari-Genoese 1915, fig. 25c) dirette quindi quasi perpendicolarmente alla facciata principale del Collegio.

11 «Nei paramenti in muratura di pietrame o mista l'angolo critico costituisce uno degli indicatori più significativi della qualità muraria [...] I muri di pietrame realizzati con blocchi di piccola pezzatura sono quelli caratterizzati da maggiore carenza di connessioni nel piano e risultano pertanto più vulnerabili alle azioni complanari. L'angolo critico molto piccolo tende a produrre lo strappo lungo una linea pressoché verticale» (Cangi 2005, pp. 46-52).

12 All'epoca non si era ancora in grado di quantificare esattamente l'accelerazione subita dagli edifici.

13 Come l'ipotesi dell'esistenza di un sisma di tipo rotatorio o "vorticoso", tratta dall'osservazione di danni di tipo torsionale agli edifici (vedi Pesenti 1909, p. 35 e Caveglia 1909, p. 150), in realtà probabilmente dovuti all'eccentricità del centro delle rigidezze rispetto al centro delle masse.

14. Si veda ad esempio Danusso 1909a, p. 6-9, che calcola la distribuzione delle azioni flessionali nei pilastri di una struttura a telaio in c.a. nell'ipotesi di traversi infinitamente rigidi.

15 La commissione incaricata di giudicare i progetti era composta da scienziati e tecnici particolarmente esperti in materia, tra i quali: padre Guido Alfani (direttore dell'Osservatorio Ximeniano di Firenze), i prof. Mario Baratta e Torquato Taramelli (geologi dell'Università di Pavia) e i prof. e ingegneri Camillo Guidi e Federico Jorini (docenti rispettivamente al Politecnico di Torino e di Milano) (vedi Programma del Concorso 1909; Relazione della Giuria, 1909; I progetti premiati, 1909; I progetti premiati, 1910).

16 Quasi tutte le riviste tecniche pubblicarono il bando e gli esiti del concorso; la rivista "Il Cemento" pubblicò anche le relazioni della giuria e alcuni articoli con dettagliate descrizioni dei progetti premiati.

17 Furono numerose le proposte di sistemi finalizzati a rendere indipendenti le strutture di elevazione dalle fondazioni per quanto riguarda gli spostamenti orizzontali facendo poggiare su superfici metalliche lisce i pilastri dell'edificio dotandoli alla base di sfere, rulli o puntali arrotondati (come nel sistema pro-

posto da Pesenti 1909). La difficoltà ad ottenere realmente e mantenere nel tempo questa indipendenza portò però la giuria a sconsigliare questo tipo di soluzioni, a favore di collegamenti rigidi tra fondazione ed edificio (Relazione della Giuria, 1909, pp. 293-294).

18 Relazione della Giuria, 1909, p. 276.

19 La giuria ritenne che nessuno dei progetti presentati rispondesse interamente all'obiettivo del concorso: fornire una risposta al tema della costruzione antisismica che fosse al tempo stesso pratica, economicamente soddisfacente e fondata su solide basi teoriche (Relazione della Giuria, 1909, p. 297).

20 I progetti premiati, 1909, pp. 241-245; Danusso 1909b. Lo studio di Danusso conteneva una delle prime applicazioni delle analisi dinamiche all'ingegneria sismica (vedi Sorrentino 2007).

21 Nicoletti Altimari 1909, pp. 73-76

22 «Costruzioni di pianta quadrata o rettangolare, ad uno o al massimo due piani, con altezza complessiva non maggiore di 8,00 m». Con fondazioni profonde, realizzate su terreno solido con murature di grosso spessore (1,50 m), con riseghe simmetriche rispetto al muro soprastante per garantire una sollecitazione uniforme sul terreno d'appoggio. Spessori delle murature da «0,80 m a 1,00 m pel piano terreno, 0,60 m a 0,80 m pel piano superiore».

23 Gli edifici di questo tipo dovevano avere fondazioni analoghe alle precedenti e strutture di elevazione in legno costituite da montanti continui sui due piani dell'edificio (al quale era attribuita un'altezza massima di 7,50 m), traversi e croci di sant'Andrea. Sull'intelaiatura si doveva inchiodare un tavolato esterno ed uno interno, eventualmente protetti dall'incendio da lastre di eternit. In alternativa le pareti potevano essere realizzate con listelli posti a circa 1 cm uno dall'altro, intonacati con malta cementizia all'esterno e di gesso all'interno. I solai in legno dovevano essere saldamente collegati alle intelaiature delle facciate; le coperture erano uguali a quelle del tipo pesante.

24 Egli riteneva che il telaio in c.a. fosse la struttura maggiormente adatta a resistere alle azioni sismiche, ma che, essendo «un genere di costruzione che richiede mano d'opera speciale e molto diligente e coscienziosa», non si potesse «basare la intera e sollecita ricostruzione di due città della importanza di Messina e Reggio, e di tanti altri paesi grandi e piccoli» solo su tale tecnica (Bianchi 1909, pp. 91-92).

25 Relazione della Giuria 1909, p. 294.

26 Il progetto era per edifici «ad uso di villetta» o «casa da pigione», ma l'autore precisava che poteva essere usato anche per «caserme, ospedali, scuderie, grandi magazzini, ecc.» (Gentile 1909, p. 355).

27 Si specifica che «Perché le travature di cemento armato dei solai [...] e quelle di legno della terrazza non escano dagli incastri durante la scossa, è indispensabile che siano bene incastrate nelle murature, e vengano opportunamente collegate alle sottostanti travi di cemento armato, sulle quali debbono appoggiare per una quantità uguale alla loro grossezza, e non meno di 25 cm» (Gentile 1909, p. 353).

28 Nominata con R.D. del 15 gennaio 1909, la commissione presieduta dall'ing. Italo Manganzini, del Consiglio superiore dei LL.PP., era composta da professori universitari (ebbero un ruolo fondamentale Silvio Canevazzi, Cesare Ceradini e Modesto Panetti che formarono la sottocommissione destinata a redigere la norma), da ingegneri del Genio civile, e dal colonnello Mariano Borgatti del Genio militare.

29 La norma prevedeva che si dovesse tener conto di: «1 le azioni statiche dovute al peso proprio ed al sopraccarico, aumentati di una percentuale che rappresenti l'effetto delle vibrazioni sussultorie; 2 le azioni dinamiche dovute al moto sismico ondulatorio, rappresentandole con accelerazioni applicate alle masse del fabbricato». La relazione di Panetti suggeriva di aumentare le azioni verticali del 50% e di utilizzare come rapporto «fra le forze orizzontali da introdurre convenzionalmente nei calcoli e i rispettivi pesi» 1/12 per il piano terreno e 1/8 per il superiore, dimostrando di aver intuito che le azioni sismiche crescono lungo l'altezza del fabbricato (Norme edilizie 1909, pp. 195-197).

30 Per edifici a due piani erano però richiesti mattoni o conci squadri (Masciari-Genoese 1915, p. 327).

31 Nicoletti Altimari 1909, pp. 71 e 76.





A cento anni dal terremoto del 1908, Messina vuole trasformare la memoria di un trauma in un'occasione per il futuro: accogliendo questa istanza, il congresso Ar.Tec. 2009 si svolge nella città simbolo del SISMA con l'obiettivo di leggere tale evento non come "catastrofe" ma come "innesco" di un nuovo pensiero tecnico e architettonico, a cui consegue una fondata speranza di creare interazioni tra i nodi di un sapere tecnico, articolato e diffuso, che consente il ricordo, favorisce la prevenzione e rilancia il progetto come luogo eletto del confronto.

**Ar.Tec. – Associazione Scientifica per la Promozione dei Rapporti tra Architettura e Tecniche dell'Edilizia.** L'Ar.Tec., associazione senza scopo di lucro fondata nel 2002, cura la promozione della crescita culturale e professionale dei ricercatori e degli operatori della progettazione, della costruzione e della produzione nell'ambito dell'ingegneria edile e dell'architettura e, parimenti, la massima diffusione delle conoscenze di settore presso le comunità scientifiche e le realtà imprenditoriali e produttive in esso impegnate.

ISSN 978-88-4255-460-4



9 788860 554604

€ 50,00