

Crolli e Affidabilità delle Strutture Civili

*Structural Failures
and Reliability of Civil Structures*

*Atti del Convegno Nazionale CRASC'06
Università degli Studi di Messina
Messina, 20-22 Aprile 2006*



A cura di: Piero Colajanni
Giuseppe Muscolino
Giuseppe Ricciardi

Comitato Scientifico

Luigi Ascione	Giuliano Augusti
Alessandro Baratta	Francesco Benedettini
Luca Bertolini	Franco Bontempi
Antonio Borri	Remo Calzona
Alberto Carpinteri	Fabio Casciati
Marcello Ciampoli	Ranieri Cigna
Mario Como	Edoardo Cosenza
Mario Di Paola	Angelo Di Tommaso
Bernhard Elsener	Lucia Faravelli
Renato Giannini	Gualtiero Gusmano
Ferdinando Laudiero	Piergiorgio Malerba
Giuseppe Mancini	Gaetano Manfredi
Mauro Mezzina	Franco Mola
Maurizio Papia	Tommaso Pastore
Pietro Pedferri	Salvatore Russo
Giovanni Solari	Renato Sparacio
Erasmus Viola.	

Comitato Organizzatore

Nicola Augenti	Piero Colajanni
Giovanni Falsone	Nicola Impollonia
Giuseppe Muscolino	Edoardo Proverbio
Giuseppe Ricciardi	Enzo Siviero.

Segreteria del Convegno

Ingg. Francesco Giacobbe e Natale Maugeri
Dipartimento di Ingegneria Civile, Facoltà di Ingegneria , Università di Messina
Contrada Di Dio – Villaggio S. Agata
98166 - Messina
Tel. 090-3977167
Tel. 090-3977179 – Fax: 090-3977480
e-mail: crasc06@ingegneria.unime.it
sito web: ww2.unime.it/ingegneria/crasc06

PREFAZIONE

L'analisi dei crolli e dei dissesti strutturali è certamente una delle maggiori fonti di conoscenza per un progettista. Nel caso di crolli e dissesti imputabili ad eventi eccezionali, come terremoti, uragani, incendi, o esplosioni, fra le possibili cause dell'evento riveste un ruolo rilevante la modellazione dello scenario di carico; nel caso dei crolli "spontanei", invece, le cause sono più spesso da ricercare fra gli errori progettuali, difetti di esecuzione, insufficiente resistenza o durabilità dei materiali, uso improprio, vetustà. Pertanto l'osservazione di un collasso strutturale "spontaneo" impone la ricerca di fenomeni e comportamenti indebitamente trascurati, l'interpretazione dell'inefficacia del modello, stimola l'esame critico di ipotesi e processi deduttivi e fornisce una moltitudine di informazioni, spesso più affidabili ed accurate di quelle fornite dalla sperimentazione in laboratorio su prototipi in scala, o dal monitoraggio di strutture in condizioni di esercizio.

Nonostante la rilevanza dello studio di questi temi, nel vasto panorama di convegni e simposi nell'ambito dell'Ingegneria Strutturale, soltanto dal 2001 il tema dei crolli e dei dissesti ha trovato una collocazione stabile. Grazie all'iniziativa promossa dai proff. Enzo Siviero, Renato Sparacio e Nicola Augenti, nel Dicembre del 2001 è stato realizzato presso lo IUAV di Venezia, d'intesa con il Prof. Angelo Di Tommaso e con il coordinamento del Prof. Roberto Gori, il primo convegno su "**Crolli ed Affidabilità delle Strutture Civili**". L'originalità delle tematiche trattate con approccio multidisciplinare, unitamente alla grande attualità degli argomenti dibattuti, hanno contribuito al successo dell'iniziativa, tanto da suggerire la organizzazione del convegno con cadenza periodica.

Con l'obiettivo di interessare e promuovere il dibattito lungo l'intero territorio nazionale, dopo il successo della seconda edizione svoltasi presso l'Università di Napoli Federico II nel 2003, dal 20 al 22 Aprile del 2006, in occasione del decennale del crollo della cupola della Cattedrale di Noto, avvenuto il 13 Marzo 1996, si è tenuta presso l'Università degli Studi di Messina la terza edizione del convegno, per la quale è stato coniato l'acronimo CRASC'06.

Durante il convegno sono stati dibattuti numerosi temi di grande attualità; oltre allo studio dei crolli "spontanei", sono stati argomento di comunicazione i criteri, i metodi e i modelli per l'analisi delle modalità di crisi di strutture e elementi strutturali, l'innescò, la propagazione e la valutazione del danno, il degrado e la durabilità dei materiali e le problematiche inerenti la robustezza strutturale.

Sono così stati divulgati e confrontati studi ed esperienze maturate nel campo dei crolli, partendo dall'analisi teorica e pratica dei grandi dissesti, passando attraverso i criteri di affidabilità, fino a giungere ai problemi connessi con la dismissione strutturale, gli aspetti normativi e legali.

L'obiettivo è stato quello di far confluire esperienze professionali e studi scientifici, mettendo a confronto ricercatori di diversa estrazione, professionisti, amministratori pubblici e dirigenti preposti alla tutela e alla salvaguardia di opere architettoniche e monumentali. Si sono così confrontate esperienze di vario genere al fine di dibattere temi il cui studio, almeno sino a oggi, viene più spesso affrontato attraverso approcci fenomenologici, piuttosto che modelli analitici e meccanici in grado di rendere oggettivo il risultato delle analisi.

Il convegno si è articolato in una serie di relazioni su invito, tenute dai Proff. Sergio Lagomarsino, Pietro Pedeferra, e Remo Calzona, in sezioni tecniche in cui sono state presentate e discusse le memorie proposte dai partecipanti, e si è concluso con una tavola rotonda, in cui sono intervenuti anche i Proff. Franco Bontempi, Edoardo Cosenza e Mario Di Paola dove sono stati dibattuti gli aspetti operativi delle

problematiche trattate insieme con i rappresentanti degli enti pubblici preposti alla sicurezza, come vigili del fuoco e la protezione civile.

Piero Colajanni, Giuseppe Muscolino e Giuseppe Ricciardi

INDICE

PREFAZIONE	VII
RELAZIONI AD INVITO	1
Bontempi F. <i>Robustezza strutturale</i>	3
Calzona R. <i>Aspetti epistemologici della sicurezza strutturale</i>	25
Cosenza E., Manfredi G., Capuozzo S., Fisciano R., Polese M., Verderame G.M. <i>Una metodologia semplificata per la valutazione della vulnerabilità statica di edifici in c.a. esistenti</i>	43
SESSIONE I: INSEGNAMENTI TRATTI DAI COLLASSI STRUTTURALI	55
Augenti N. <i>Il collasso di una volta in muratura in un antico edificio di Ercolano</i>	57
Pasquino M., Modano M., De Majo A. <i>Il dissesto dell'aula magna del policlinico Umberto I dell'Università "La Sapienza" di Roma: diagnosi e cause del crollo</i>	65
Giambanco F. <i>Crolli e ricostruzioni nel centro storico di Palermo. Un caso emblematico: l'ex-conservatorio della SS. Nunziata</i>	77
Cennamo C., Voiello G. <i>Cronaca del crollo, della messa in sicurezza e del consolidamento di un edificio sito nel centro storico di Napoli</i>	85
Jurina L., Mazzoleni M. <i>Analisi del collasso di una copertura metallica sandwich di grande luce</i>	95
Chiaia B., Costanzo D., Barroero M., Cascio D. <i>Analisi post-mortem del collasso di un edificio intelaiato in c.a.</i>	111
Barizza P., Siviero E., Zanchettin A. <i>Patologie progettuali e di comunicazione delle informazioni: un crollo recente mette in luce la criticità del sistema</i>	123
Occhiuzzi A., Caterino N. <i>Il ruolo dei dettagli esecutivi nel crollo di una paratia tirantata</i>	131
Capuozzo S. <i>Cause intrinseche ed estrinseche nei crolli storicamente documentati: attualità' di due casi emblematici: gli edifici di Via Pompeo Magno e di Via Pandolfo Collenuccio</i>	145
Indelicato F. <i>Retro-analisi del crollo di un muro di sostegno ottocentesco e del conseguente collasso di un edificio addossato</i>	149
Carocci C.F. <i>La regola dell'arte come criterio di affidabilità strutturale. Ragionamento su un crollo settecentesco</i>	157
Augenti N. <i>Un crollo nel centro di Napoli durante lavori di consolidamento</i>	169
Pasquino M., Modano M., Fabbrocino F. <i>Il crollo della galleria di Secondigliano: scenari ed ipotesi</i>	177

Muneratti E., Augenti N., Siviero E. <i>Analisi delle cause di crollo e cedimento strutturale delle strutture in calcestruzzo armato</i>	189
Menditto G. <i>Su alcuni casi di collassi strutturali</i>	201
 SESSIONE II: AFFIDABILITÀ STRUTTURALE	 209
Giuliani L., Wolff M. <i>Strategie per il conseguimento della robustezza strutturale: connessione e compartimentazione</i>	211
Sibilio E., Ciampoli M. <i>Valutazione dell'affidabilità strutturale attraverso tecniche di simulazione Monte Carlo: "Subset simulation" e "Bayesian updating"</i>	223
Garavaglia E., Anzani A., Binda L. <i>Applicazione di un modello probabilistico al comportamento dipendente dal tempo delle murature storiche</i>	239
Baratta A., Corbi O., Di Lorenzo C. <i>Analisi limite probabilistica e prognosi del dissesto strutturale</i>	251
Alibrandi U., D'Arrigo A., Ricciardi G. <i>Affidabilità nei riguardi del collasso plastico o per instabilità di strutture a parametri incerti</i>	263
Russo S., Boscato G., Sciarretta F. <i>Il molino Stucky: Affidabilità delle strutture murarie danneggiate e meccanica del crollo</i>	275
Russo S., Boscato G., Sciarretta F. <i>Il molino Stucky: Interazione fra prove non distruttive e prove microdistruttive</i>	287
 SESSIONE III: MONITORAGGIO E PREVENZIONE	 299
Baratta A., Cennamo C., Corbi I. <i>Manutenzione e sorveglianza programmata per il controllo della affidabilità delle strutture</i>	301
Benedettini F., Gentile C. <i>Un programma di manutenzione programmata per i ponti gestiti da enti pubblici territoriali: 1. Aspetti generali</i>	313
Benedettini F., Gentile C. <i>Un programma di manutenzione programmata per i ponti gestiti da enti pubblici territoriali: 1. Modal Updating e futuri sviluppi</i>	325
Brigante M., D'Urso M.G. <i>Prevenzione e controllo dei dissesti strutturali con tecniche di monitoraggio di sorveglianza</i>	337
Gallotta M., Proietto L., Salvadori N. <i>L'intradosso dei solai: fenomeni critici e sicurezza</i>	349
Lauriano V. <i>Interventi di messa in sicurezza in immobili nel centro storico di Palermo</i>	359
Carpinteri A., Lacidogna G., Niccolini G. <i>Monitoring medieval towers by acoustic emission technique during earthquake activity</i>	369

SESSIONE IV: MODELLI PER L'ANALISI DEI CROLLI	381
Ferro G., Ipperico M., Pignata V. <i>FRP nel consolidamento strutturale di volte in muratura: applicazione del modello bridged crack</i>	383
Pisano A., Fuschi P. <i>Analisi limite di elementi strutturali a comportamento anisotropo</i>	395
Anzani A., Binda L. <i>Il comportamento a lungo termine delle murature storiche: evoluzione del quadro fessurativo come effetto visibile del danno</i>	405
Tertulliani A., Valente G. <i>La meccanica dei geomateriali per l'analisi di vulnerabilità dei monumenti</i>	417
Borino G., Parrinello F., Iemmolo R. <i>Analisi agli elementi finiti di crolli e processi di decostruzione per strutture intelaiate in c.a.</i>	429
Scotta R., Vitaliani R., Sietta A. <i>Utilizzo di esplosivi per il controllo delle demolizioni strutturali: simulazione numerica</i>	441
Lazzari M., Majowiecki M., Sietta A., Vitaliani R. <i>Il comportamento strutturale della copertura dello stadio olimpico di Montreal</i>	453
Mezzina M., Uva G., Porco F. <i>Aspetti teorici, pratici e sperimentali relativi al collasso per punzonamento di piastre in c.a.</i>	465
Tocci C. <i>Valutazione della sicurezza strutturale di aggregazioni complesse di edifici storici</i>	477
Carocci C.F., Neri F. <i>Il ruolo della conoscenza nell'analisi dei meccanismi di collasso dei manufatti storici: la chiesa del Sacro Cuore a Santa Venerina (CT)</i>	489
Cascone S., Occhipinti E. <i>La conoscenza delle tecniche costruttive tradizionali quale momento propedeutico per la salvaguardia sotto il profilo statico delle emergenze architettoniche</i>	501
Siviero E., Brighesella B., Tolaccia P., Zordan T. <i>Problematiche statiche in fase di progettazione ed esecuzione: un caso studio</i>	513
Belli P., Corbi O., Orefice R. <i>Analisi del quadro fessurativo di un sistema voltato tramite FEM: il portico del palazzo Lancellotti di Lucignano</i>	525
Greco R., Mezzina M., Uva G. <i>Valutazioni di sicurezza nelle costruzioni in cemento armato e sistemi esperti</i>	535
 SESSIONE V: TECNICHE SPERIMENTALI	 547
Giuffrè E., Levorato M. <i>Il ponte ciclo-pedonale di S. Giuliano: indagini sperimentali</i>	549
Benfratello S., Giambalvo R., Grammatico S., Navarra G., Priolo S. <i>Il rumore ambientale e l'affidabilità strutturale: il caso della chiesa di N.S. dell'Itria a Castelvetro</i>	561
Zingone G., Cavaleri L., Cucchiara C. <i>Impiego di tecniche di identificazione dinamica per la prevenzione e mitigazione del rischio da "crolli"</i>	573

Zuccaro G., Petrazzuoli S.M., Capuozzo S. <i>Solai SAP e collassi spontanei : un metodo di indagine non distruttiva per le verifiche di stabilità</i>	585
Faella C., Martinelli E., Nigro E., Paciello S. <i>Prove di compressione diagonale su muretti di tufo rinforzati con CFRCM</i>	597
Anzani A., Binda L., Carpinteri A., Lacidogna G. <i>Efficacia di interventi di riparazione su muri in pietra a tre paramenti - Applicazione della tecnica delle emissioni acustiche</i>	609
De Canio G., Giaquinto P., Mongelli M.L., Poggi M., Ranieri N., Zingone G. <i>Verifiche sperimentali dei cinematismi di collasso e della propagazione del danno nei macroelementi strutturali di edifici storico monumentali</i>	621
Pucinotti R. <i>L'utilizzo del metodo Windsor nella valutazione della resistenza meccanica del conglomerato cementizio</i>	641
Coppola L., Pastore T. <i>La resistenza a compressione del calcestruzzo in opera in accordo alle norme tecniche sulle costruzioni</i>	653
De Canio G., Iraci Sareri S., Muscolino G., Palmeri A., Poggi M., Sturiale C. <i>Prove su tavola vibrante di un modello in muratura per la validazione di due interventi di miglioramento sismico</i>	665
Tonietti U., Paglini M. <i>Dissesti atipici in strutture ad arco di grande luce: fenomenologia e rischi indagati per via sperimentale</i>	677
 SESSIONE VI: RAFFORZAMENTO STRUTTURALE	 689
 Spinelli P., Galano L., Barni F. <i>Studio del collasso strutturale: analisi di casi reali e tecniche di progettazione per la limitazione del danno</i>	 691
Betti M., Selleri F., Vignoli A. <i>Il consolidamento dei solai tradizionali: valutazione dell'affidabilità delle usuali tecniche di intervento</i>	703
Albanesi T., Nuti C., Vanzi I. <i>Miglioramento strutturale e sicurezza sismica di un ospedale esistente</i>	717
Cilia M., Cultrone R., Occhipinti C. <i>Un metodo per la sicurezza dei centri storici: interventi di miglioramento strutturale</i>	729
Ascione F., Mancusi G. <i>Nuclei antisismici di c.a. placcati con lamine e/o tessuti di FRP</i>	739
Ascione L., Giordano A. <i>Rinforzo sismico di strutture di c.a. mediante FRP</i>	753
Mantegazza G., Recupero A., Sceusa G. <i>Collasso di solette da ponte per punzonamento e utilizzo di SNFRC nel ripristino</i>	769
Caiazza R., Recupero A., Scilipoti C.D. <i>Collasso di travi in c.a. per taglio e utilizzo di FRM per l'adeguamento</i>	781
Colajanni P., Spinella N. <i>Previsione dell'efficacia del rinforzo di colonne in c.a. mediante fasciatura con FRP</i>	793

SESSIONE VII: DEGRADO E DURABILITA' DEI MATERIALI	805
Migliore M.R., Letizia F.S.	
<i>Disgregazione delle malte antiche</i>	807
Crea F., Frontera P., Marchese S., Antonucci P.L.	
<i>Calcestruzzi ad alte prestazioni (HPC): durabilità e proprietà meccaniche</i>	817
Ormellese M., Lazzari L., Pedferri P.	
<i>Monitoraggio della corrosione nelle strutture in calcestruzzo armato precompresso</i>	827
Epasto G., Campanella G.	
<i>Valutazione della durabilità di calcestruzzi rinforzati con fibre di acciaio</i>	839
Brigante M.	
<i>Eterogeneità e danni nel calcestruzzo: effetti sulla stima della resistenza attuale</i>	849
Occhiuto G.	
<i>Degrado dei materiali e difetti costruttivi: il caso di palazzo Gentile di Sant'Agata Militello. Analisi ed intervento di recupero mediante applicazione di tessuti in FRP</i>	861
SESSIONE VIII: PROBLEMATICHE CONNESSE AI CROLLI	869
D'Aguanno V., Siviero E.	
<i>Architettura strutturale: dal progetto architettonico alla realizzazione in cantiere</i>	871
Viarengi M., Scaini S.	
<i>Demolizioni controllate e tecniche di induzione di crolli nelle strutture</i>	879
Trombetti T., Silvestri S., Gasparini G., Malavolta D.	
<i>Identificazione di input sismici di riferimento per valutazioni di affidabilità strutturale</i>	889
Nudo R., Turazza D., Viti S.	
<i>Valutazione della prestazione sismica di un edificio a struttura intelaiata in c.a. provvista di elementi critici per taglio</i>	903
Faella C., De Santo D., Martinelli E., Nigro E.	
<i>Sulla valutazione del comportamento sismico di edifici esistenti in c.a. secondo le recenti normative</i>	915
Meloni D.	
<i>La cupola della chiesa S. Michele di Alghero</i>	927
Tringali S., De Benedictis R.	
<i>Ricostruzione e restauro della cattedrale di Noto</i>	939
Gallo M., Lo Giudice E., Navarra G., Sacco M.M.	
<i>Valutazione del modulo elastico secante e dinamico del calcestruzzo su strutture esistenti</i>	945
Borri A., Grazini A.	
<i>Il David di Michelangelo: crollo annunciato, crollo evitato?</i>	959
Damiani A.	
<i>Aspetti intrinseci ed estrinseci del crollo di un edificio nel centro storico di Palermo</i>	971



UN METODO PER LA SICUREZZA DEI CENTRI STORICI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO STRUTTURALE

M. Cilia¹, R. Cultrone², C. Occhipinti³

¹ *Ingegnere Civile- ind. Strutture, Ragusa mcilia@tiscali.it*

² *Dottore di Ricerca in Pianificazione Urbana e Territoriale PALERMO*

³ *Consigliere Nazionale dei CHIMICI, Ragusa info@chimetec.com*

SOMMARIO

La necessità di compattare la massa muraria, spesso caratterizzata da un apparecchio murario a doppio paramento, con scarse connessioni trasversali, suggerisce l'idea di utilizzare un sistema tridimensionale di cuciture per il rafforzamento delle strutture murarie esistenti. Su tale idea si basa il sistema CAM (Brevetto Dolce-Marnetto), Cuciture Attive per la Muratura o Cerchiaggio Attivo dei Manufatti. I tiranti, realizzati con nastri di acciaio inossidabile, sono pre-tesi, e applicano perciò un leggero stato di precompressione. Grazie agli speciali elementi di connessione, i nastri d'acciaio realizzano un sistema continuo di tirantatura, orizzontale e verticale, in grado di ripercorrere le irregolarità della muratura, così da migliorare la resistenza a taglio e flessionale dei singoli maschi murari, nel loro piano e fuori di esso, e delle pareti nel loro insieme. Del sistema CAM vengono illustrate le caratteristiche principali e le potenzialità applicative, le modalità di messa in opera.

ABSTRACT

Old masonry structures are often characterised by irregular or double layer masonry systems, with lack of transverse connections. The need for compacting them to improve their mechanical characteristics suggests the idea of using a three-dimensional system of tying. The CAM system (patented by Dolce and Marnetto), Masonry Active Ties or Manufact Active Confining, is based on such idea. Ties are made of stainless steel ribbons and are pretensioned, so that a light beneficial precompression state is applied to masonry. Special connection elements permit to realise a continuous horizontal and vertical tie system, so that the shear and bending in-plane and out-of-plane strengths of single panels and entire walls are improved. The main characteristics of the CAM system are illustrated, along with the application potential, the setting up.

A cura di Carmen Occhipinti

1. INTRODUZIONE



Figura 1 – Sgretolamento del paramento murario esterno al disotto del cordolo.

Ormai da troppo tempo, sempre più spesso si assiste ad un copioso ed intollerabile stillicidio di dissesti di strutture civili, dei quali un buon 70% imputabili alla negligenza dell'uomo.

Purtroppo spesso si interviene realizzando quelli che Boscarino definiva “Cadaveri eccellenti” con cordoli sommitali in cemento armato (fig. 1), con fodere murarie in cemento, che alla minima scossa, si distaccano con risposta strutturale assolutamente indipendente dalla struttura cui erano applicate o, ancor peggio, con iniezioni di cemento. Per non parlare dell’inserimento di solai in cemento armato, laddove basterebbe solo migliorare

quelli di legno esistenti [1].

L’intervento effettuato deve avere riconoscibilità e reversibilità, caratteristiche che, alle iniezioni, decisamente mancano. Inoltre, è impossibile indicare una terapia comune di intervento da seguire per mettere in sicurezza gli edifici perché ciascuno ha una sua storia e vicende costruttive e storiche varie sicché, a volte, il costruito viene fuori da un progetto unitario e a volte da una serie di accorpamenti e sopraelevazioni fatte in epoche diverse, con conseguente disomogeneità strutturale. Ciò concorre, assieme al tipo di legante utilizzato, alla



Figura 2 – Crollo di una parete muraria a doppio paramento (Sellano, 1997).

presenza o meno di diatoni (fig.2-3) e ortostati nella muratura a distinguere il ben dal mal costruito e suggerisce, caso da caso, la terapia da approntare affinché l’edificio in esame venga garantito alle generazioni future [2]. Ma l’armonia strutturale è campo parecchio delicato poiché cozza con quanto l’uomo ha fatto con una infinita serie di interventi che, dal dopoguerra ad oggi, hanno deturpato i nostri centri storici. I muri di un manufatto sono come libri d’archivio: l’analisi stratigrafica dei paramenti murari ci descrive le fasi storiche dell’opera [3].

Va ricordato, infine, che il “miglioramento” sismico, spesso ritenuto sinonimo di intervento rispettoso dei caratteri storici e costruttivi del fabbricato, in realtà può portare a vistosi contrasti con la vincolistica urbanistica posta a tutela dei centri storici. Ad es. ove non vengano precisate particolari esigenze architettoniche (punto C.9.8.2 del dm. 24/1/1986), ambientali-architettoniche (punto C.9.8.3) o estetiche (C.9.8.4), il “miglioramento” impedisce il ripristino delle originali partiture delle aperture delle

facciate (punto C.9.8.1), il ripristino dei solai a struttura lignea (C.9.8.3), il ripristino di archi e volte lesionati (C.9.8.4) [4]. Una letterale interpretazione delle norme al riguardo può inficiare i propositi urbanistici di conservazione dei centri storici. La qualità del progetto di restauro è da attribuirsi attraverso tre indicatori: la cultura del progetto, l'iter metodologico e la capacità di sintesi.



Figura 3 – Crollo di una parete muraria a doppio paramento (Sellano, 1997).

La cultura del progetto: il restauro non è da manuali tecnici, necessita di cultura profonda e di accurata conoscenza dell'oggetto. Il concetto di "restauro" si è evoluto attraverso il dibattito. Non solo le posizioni di Boito, Giovannoni e Beltrami ma anche il dibattito attuale pongono l'alternativa tra ripristino e conservazione. Sappiamo inoltre che al restauro ci si può accostare con atteggiamento critico, tipologico o da ripristino. Intanto occorre redigere un buon rilievo e un'ottima analisi storica.

Diceva Samonà "Metodologia è ordine ben definito in cui mettere le fasi in sequenza". La sintesi è la parte più interessante del progetto, come sosteneva Alvar Alto.

Il restauro critico nasce nel dopoguerra e trova nel Bonelli e in Pane i suoi maggiori esponenti. Si basa sull'impossibilità di riprodurre le parti mancanti di un manufatto e sulla necessità di realizzare le linee guida non per ottenere un falso ma per completare e dare senso all'opera, senza creare confusione all'osservatore tra l'autentico

e l'aggiunto. Il restauro critico ha influenzato le Soprintendenze in quanto migliora la lettura dell'opera d'arte. Ma a questa tesi si affianca il desiderio di progettare il nuovo a completamento dell'antico (vedi il caso delle ciminiere di Catania) realizzando quelli che Boscarino definiva "Cadaveri eccellenti". Marconi era dell'avviso di riprodurre ciò che non c'è più basandosi sui manuali del recupero. Il rischio sotteso al criterio di recupero di molti centri storici è quello di manualizzare il recupero secondo una sola rigida norma, il che non è corretto filologicamente [5].

Il restauro, come ripristino, ha il fine di realizzare "nuovi originali" che (come i piani del colore) sono scelte molto discutibili. La tipologia riconosce la regola attraverso un numero limitato di schemi il che è il metodo degli urbanisti per impossessarsi del restauro [6]. Queste indicazioni compaiono negli anni 70 col convegno INU. Sono in particolare alcuni interventi bolognesi che inducono l'introduzione di tipologie mai esistite in alcune zone in cui si sostituisce con case da bambole ciò che esisteva ed era stratificato dalla storia.

Altri concepiscono il restauro come cementificazione e consolidamento (i guasti della cattedrale di Nicosia) con alterazioni tecniche che in alcuni casi sono state estremamente nocive: le porte di Tindari dove si è effettuato il restauro "cannibale" [7].

Autenticità è un concetto che si lega a matericità dell'opera. L'architettura si sviluppa nel tempo spesso con addizioni. L'archeologo sottrae ma il restauratore funzionalizza [8]. Nel recupero e nel restauro degli edifici storici è necessario tener conto dei meccanismi di collasso (fig. 1-2-3) I meccanismi di danno su azione di una forza esterna alle murature

furono già oggetto di analisi nel trattato di Rondelet.

La caratteristica meccanica di un muro eseguito a "regola d'arte" è quella di arrivare al collasso attraverso la realizzazione di cinematismi che comportano la formazione di cerniere cilindriche, mentre le porzioni comprese tra le fessure offrono un comportamento tipo "corpo rigido". Un "meccanismo di collasso" di tal tipo, descrivibile in prima approssimazione come una catena cinematica, consente talvolta una modellazione matematica sufficientemente accurata, ma soprattutto consente sempre una realistica previsione del suo formarsi e suggerisce il mezzo per evitarlo.

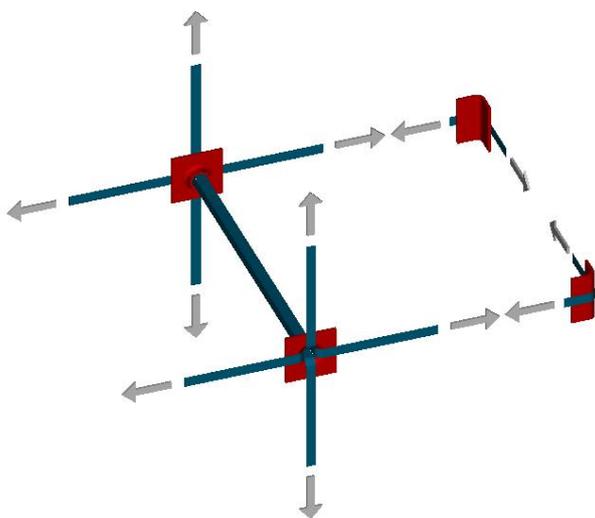


Figura 4 – CAM – Equilibrio di forze.

La minor "qualità" del muro, il suo discostarsi dalla "regola d'arte", gli toglie tale caratteristica. I muri costruiti a regola d'arte sono stati ritrovati ribaltati ma interi, tanto da lasciar chiaramente intendere che se fossero stati trattenuti, il collasso sarebbe stato evitato.

Inoltre, se il muro è libero, esso, sotto l'azione di una forza ad esso ortogonale, ribalta al piede dove fa cerniera; se il muro è contraffortato, si assiste ad una modifica del meccanismo di rottura poiché la parete ad esso ortogonale, funge da vincolo. Se la parete ne ha due ortogonali alle estremità, la parte soggetta a ribaltamento è solo quella centrale. La presenza di diaconi rende monolitica la parete. Il terremoto di Messina del 1908 è quello di massima intensità mai registrato in Italia: i danni furono enormi a seguito del terremoto della Val Nerina del 1979, le norme sismiche dell'81 fallirono in quanto ampliarono i danni nel comune di Sellano con interventi che tagliavano in due le parti tra loro slegate della muratura e cordoli. Ma anche il caso di Carlentini del 1990 ci mostra la sennatezza e la dissolutezza di alcuni interventi [9].

Già i Romani nell'ambitus avevano trovato una norma di rispetto antisismica garantendo un corridoio di 80 cm. tra un fabbricato e il successivo di uno stesso isolato, realizzandovi degli archi tra le parti murarie che lavorano da puntoni. Tali archi, a volte, però, non sono sempre posti correttamente [10].

Le soluzioni proposte per mettere in sicurezza gli edifici dei nostri centri storici, tanto preziosi quanto vulnerabili, impongono attenzioni mirate alla reversibilità degli interventi mettendo in sicurezza gli edifici ma conservandone le peculiarità [11]. Risponde bene a tali esigenze il metodo CAM (Cucitura Attiva delle Murature) poiché consente di tirantare in orizzontale e in verticale le murature, categoria di intervento prevista dalla Circolare Ministeriale L.L.P.P. del 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG. (Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecnoche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16 gennaio 1996).

Il sistema CAM brevettato, viene realizzato interamente mediante acciaio inossidabile, così da garantire la durabilità. I tiranti, realizzati con nastri di acciaio, sono pretesati, così da applicare uno stato di precompressione trasversale, particolarmente importante in direzione

trasversale. Grazie agli speciali elementi di connessione, i nastri d'acciaio realizzano un sistema continuo di tirantatura, in grado di ripercorrere tutte le irregolarità della muratura, sia in orizzontale, lungo tutta la parete rinforzata, che in verticale, per tutta l'altezza, così da migliorare non solo la resistenza a taglio, ma anche la resistenza flessionale dei singoli maschi murari e delle pareti nel loro insieme.

Del sistema CAM vengono illustrate di seguito le caratteristiche principali e le potenzialità applicative, le modalità di messa in opera, le valutazioni quantitative della sua efficienza in termini generali e rispetto a un esempio di applicazione, di cui vengono, infine, riportate e commentate le immagini più significative.

A cura di Rosario Cultrone

2. I VANTAGGI PIÙ SIGNIFICATIVI

I vantaggi più significativi possono elencarsi nei seguenti punti [12]:

- ✓ nastri di acciaio inox svolgono un ruolo attivo, imprimendo alla muratura un benefico stato di precompressione, sia nel piano della parete, orizzontalmente e verticalmente, sia in direzione trasversale, collegando efficacemente i paramenti dell'apparecchio murario; questo stato di precompressione ritarda la formazione di lesioni e fessure e rende le armature immediatamente attive e capaci di impedire o limitare significativamente la formazione di grandi lesioni e di sconessioni;
- ✓ La tecnologia è poco invasiva: la rimozione dei nastri richiede solo l'asportazione dell'intonaco, non più cementizio;
- ✓ La resistenza delle armature viene sfruttata integralmente, non essendo il loro coinvolgimento legato all'aderenza tra la muratura e l'intonaco cementizio, ma, al contrario, ad un collegamento meccanico totalmente controllabile;
- ✓ L'acciaio inox garantisce la totale affidabilità del sistema nel tempo;
- ✓ L'efficacia delle legature trasversali, garantita dai collegamenti meccanici e dalla pretensione dei nastri di acciaio, permette di ridurre il loro numero, e conseguentemente il numero di perforazioni da effettuare sulla muratura, riducendo l'invasività dell'intervento;
- ✓ I collegamenti tra gli avvolgimenti adiacenti sono assicurati meccanicamente in maniera totalmente controllabile ed affidabile;
- ✓ I collegamenti in verticale tra le pareti di piani successivi sono facili da realizzare (anche senza la demolizione del solaio: è sufficiente praticare fori di diametro di circa 30mm in adiacenza alla parete) e sicuri nel risultato; si realizza così un sensibile miglioramento delle caratteristiche di resistenza a flessione, sia nel piano dei maschi murari che nel piano ortogonale;
- ✓ Il piccolo spessore dei nastri inox permette l'adozione di intonaci tradizionali, negli spessori usuali, così da non alterare i pesi strutturali;
- ✓ Il sistema di cucitura risolve automaticamente anche il problema delle connessioni, spesso carenti, tra pareti ortogonali;
- ✓ La conservazione degli intonaci tradizionali elimina le problematiche create dall'uso degli intonaci cementizi, indispensabili nelle applicazioni delle reti elettrosaldate;
- ✓ L'utilizzazione dell'acciaio inox garantisce una buona duttilità d'insieme, chiamando in causa le riserve di sicurezza nelle condizioni limite di lavoro della struttura.

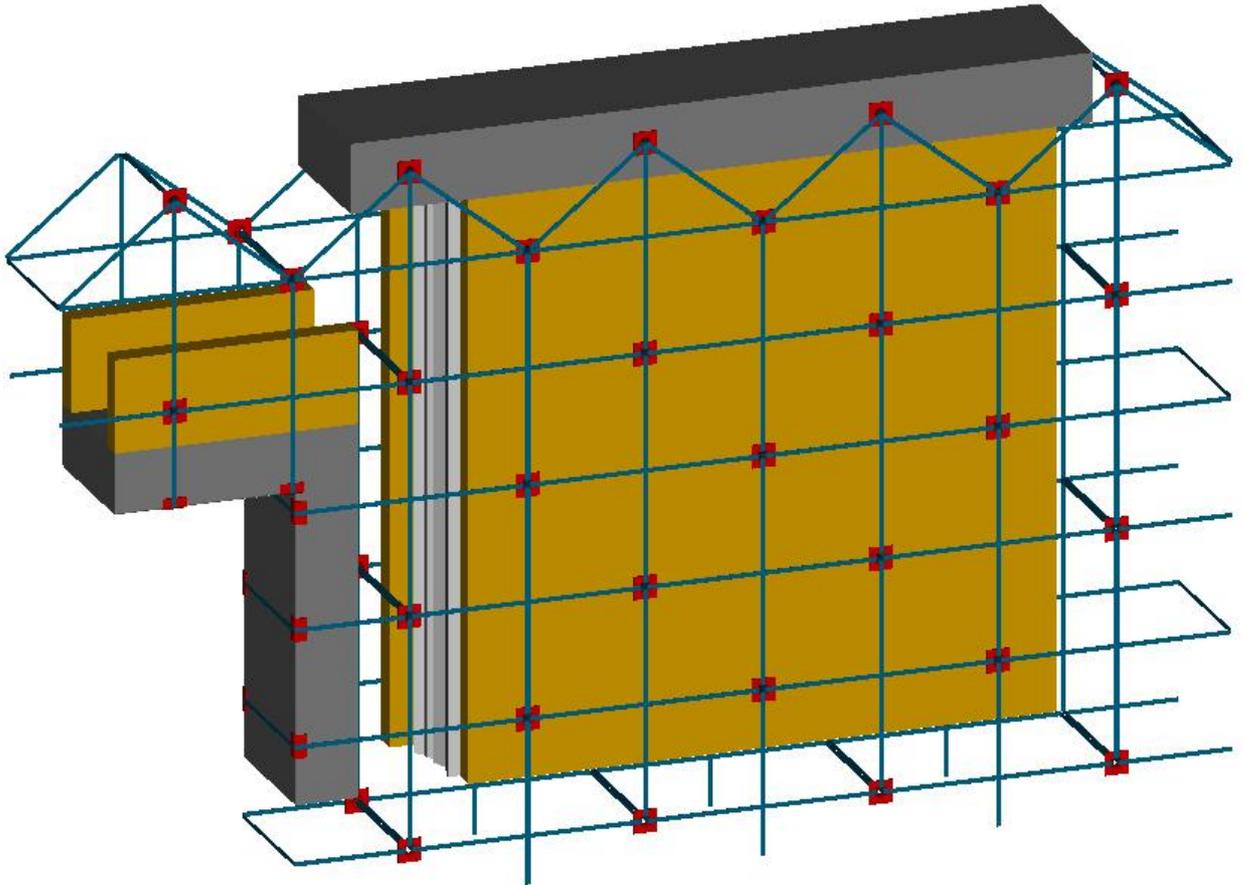


Figura. 5 – Tipica disposizione del sistema CAM per una parete con apertura e cordolo sovrastante.



Foto 6: disposizione delle maglie su preparazione per tracce, senza rimozione completa dell'intonaco.



Foto 7: particolare della legatura del cordolo in corrispondenza della capriata principale.



Foto 8: PALERMO – Edificio in c.a. di n° 13 piani con tutti i pilastri del piano cantinato senza staffe.
 Progetto Chimetec e D.L. Ing. Salvatore Serio e Geom. Giuseppe Pipitone.

1 fase Cerchiaggio provvisorio per impedire lo sbandamento delle armature longitudinali non confinate

2 fase eliminazione delle CLS carbonatato e trattamento delle armature

3 fase applicazione del Confinamento Attivo

Il sistema CAM trova altre utili applicazioni nel campo delle strutture murarie grazie alla sua capacità di collegare efficacemente elementi diversi, senza giochi, ma anzi applicando una presollecitazione agli elementi collegati. Le possibili ulteriori applicazioni sono di seguito elencate.

Il sistema risolve brillantemente il problema delle connessioni tra pareti ortogonali, l'incatenamento di pareti non rettilinee e i collegamenti delle travi alle pareti ed è, ad oggi, il metodo più efficace e consigliato per mettere in sicurezza i nostri centri storici, garantendoli alle generazioni future.

Si conseguono in generale i seguenti vantaggi:

- a) Minimo ingombro: non sono necessarie tracce e nicchie nei muri
- b) Rapidità di posa in opera
- c) Possibilità di seguire gli andamenti non rettilinei nella muratura
- d) Maggiore sicurezza (elevata duttilità e ridondanza, alta resistenza alla corrosione)
- e) Migliore diffusione degli sforzi
- f) Facile applicazione della presollecitazione
- g) Semplicità nelle giunzioni
- h) Facilità di aggiramento, all'interno o all'esterno, di tubazioni di impianti tecnologici.

1) Cerchiatura di colonne in muratura o anche in c.a

Il classico intervento di cerchiatura mediante angolari e calastrelli su colonne in muratura o in c.a. (foto 8) può essere efficacemente sostituito dal sistema CAM, con angolari e strisce in acciaio inox [13]. L'effetto di contenimento viene meglio distribuito, potendo utilizzare un numero elevato di strisce (ad esempio a distanza di 100 mm). Gli spessori sono estremamente ridotti e riconducibili agli spessori degli angolari (5-8 mm). L'effetto di presollecitazione rende il cerchiaggio immediatamente efficiente.

2) Collegamento di elementi strutturali in legno, c.a. o acciaio alla muratura

Gli elementi in legno (travi di solaio), in c.a. (travi, cordoli) o in acciaio (travi di solaio, travi principali), che spesso richiedono zanche, piastre di ancoraggio, fori per l'ancoraggio di barre di collegamento, etc., possono essere agevolmente collegati mediante il sistema CAM. Il collegamento viene realizzato praticando uno o più fori nell'elemento da collegare, nel quale vengono fatte passare due o più strisce di acciaio, e due fori nella muratura.

La ripartizione degli sforzi, particolarmente negli elementi in legno, può avvenire mediante



Foto 9: Intervento di cerchiaggio reso necessario a causa del progressivo dissesto per schiacciamento dei maschi murari (cantiere Roma immobile 7 piani).

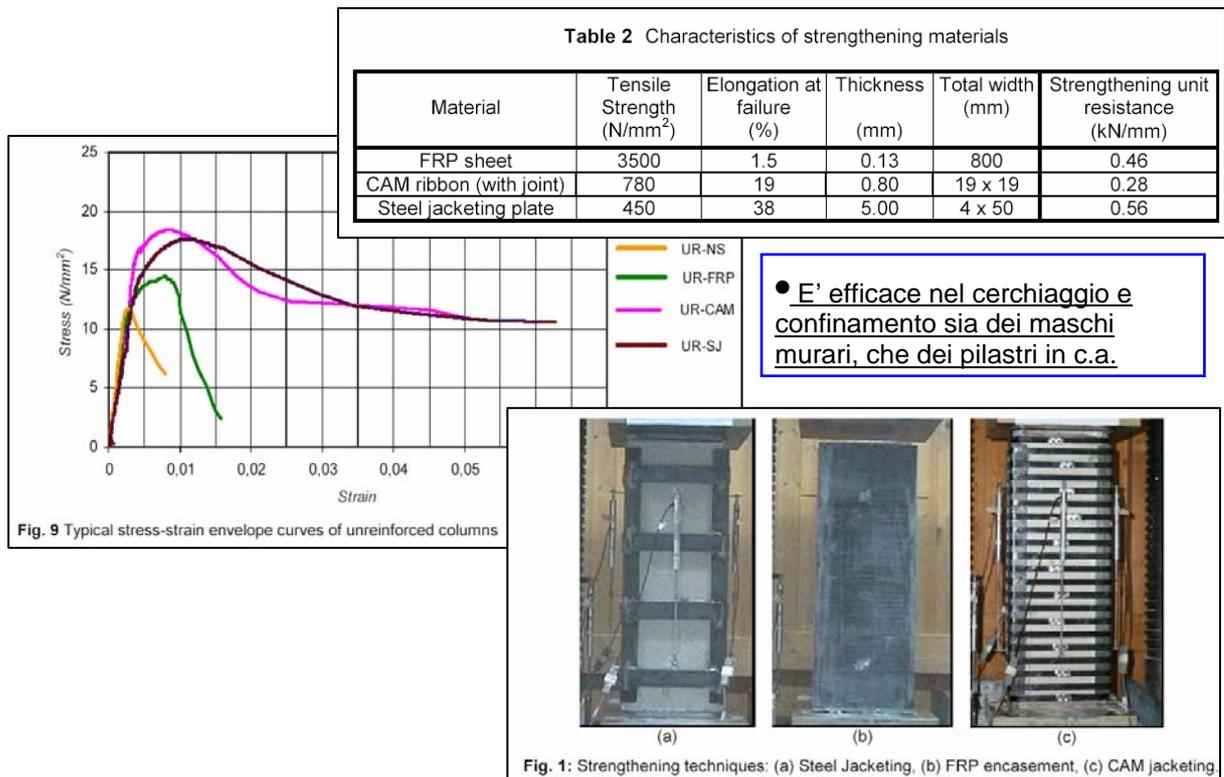
appositi tubi in acciaio inox inseriti nei fori, mentre, nella muratura, si utilizzano le piastre imbutite.

Questo tipo di interventi presentano i seguenti vantaggi:

- Minimo ingombro: l'intervento rientra nell'intonaco (spessori complessivi dell'ordine dei 6-8 mm)
- Massima efficacia grazie alla presollecitazione
- Rapidità di esecuzione
- Maggiore sicurezza (elevata duttilità, resistenza alla corrosione, collegamento meccanico)

Ed infine, ma non meno importante, la possibilità d'intervenire senza la necessità di sgomberare l'immobile da consolidare (foto 9)

Si riportano di seguito i dati sperimentali effettuate su pilastri in c.a. rinforzati con tre diverse tecniche: a) Angolari e calastrelli, b) Fasciatura con FRP e c) Angolari e CAM. I risultati evidenziano un eccellente comportamento duttile delle tecniche a) e c) con la sostanziale differenza di minore quantità di acciaio nel caso c), come riportato nella tabella 2.



A cura di Mauro Cilia

BIBLIOGRAFIA

- Cultrone R., "La protezione civile strumento di tutela dell'identità", Atti IX convegno SIU 3-4 marzo 2005 pp.111-119 *Zangara Ed Bagheria febbraio 2005*;
- Giuffrè A., "Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso Ortigia" *Editori Laterza Roma-Bari 1993*
- Cannarozzo T., "Dal recupero del patrimonio edilizio alla riqualificazione dei centri storici", *Publiscula Ed., Palermo 1998*
- Fera G., "La città antisismica", *Gangemi editore, Reggio Calabria 1991*;
- AA. VV. I.N.U. "Vulnerabilità e trasformazione dello spazio urbano", *Alinea editrice, Roma 1999*;

- [6] Cultrone R., “Urbanistica e protezione civile linee guida per la redazione dei piani comunali di emergenza sismica”, *In Folio 17 - dicembre 2005*;
- [7] Gangemi G., “Dossier Belice”, nel volume “Costruzione e progetto. *La valle del Belice*” AA.VV. *ECUP Milano 1979*
- [8] Giuffrè A., - Carocci C., “Codice di pratica per la sicurezza e la conservazione del centro storico di Palermo” Editori Laterza, Roma-Bari 1999;
- [9] Campo G., “Città e territori a rischio”, Gangemi editore, Catania 1999;
- [10] Caracciolo E., “La ricostruzione della Val di Noto”, *Quaderno n. 6 Facoltà di Architettura di Palermo, Palermo 1964*
- [11] Gangemi G., - La Franca R., “Centri Storici di Sicilia”, *Palermo 1979*
- [12] M. Dolce, D. Nigro, F.C. Ponso, R. Marnetto: Rafforzamento delle strutture murarie. Il sistema CAM di Cuciture Attive per la Muratura *X Congresso Nazionale “L’ingegneria Sismica in Italia”, Potenza-Matera 9-13 settembre 2001*
- [13] M. Dolce, A. Masi, T. Cappa, D. Nigro, M. Ferrini, Experimental Evaluation of the Effectiveness of Local Strengthening on Columns of R/C Existing Structures, *FIB Symposium, 6-9 maggio 2003, Atene*