

Restauro di edifici a struttura muraria in zone sismiche

Presenterò un rapida rassegna delle tecniche in uso per il ripristino statico e l'adeguamento anti-sismico di struttura murarie. In questo acetato, sono raccolte tutte insieme, una gamma di tipologie di cui adesso parleremo.

Queste tipologie hanno in comune questo fine : di realizzare dei sicuri ed efficaci collegamenti tra le pareti murarie, in modo da garantire, per questi organismi strutturali, un comportamento monolitico, cioè una solidarietà tra i vari elementi strutturali, riconoscibili nel loro assemblarsi per dar luogo ad una ossatura.

Vi dico subito che il concetto deve essere quello di leggere o di realizzare un insieme di tre famiglie di piani. Due di piani ortogonali, verticali, che sarebbero le pareti, e una famiglia di piani orizzontali, sono i solai, gli orizzontamenti. Le tre famiglie di piani vengono a costituire quella che noi chiamiamo una struttura pluriconnessa o multicellulare, composta da « celle », che sono le maglie di una rete spaziale i cui confini sono scanditi da pareti e solai. È importante il ruolo dei solai perchè senza questi elementi orizzontali, la struttura scatolare perde uno degli elementi più importanti.

Ecco, per garantire questa monoliticità, le cuciture lungo spigoli orizzontali e verticali, nei quali questi piani si incontrano. Abbiamo, di fatto, una serie di cuciture che sono le cementazioni armate, le chiamiamo « cuciture a tratto breve », realizzate, inserendo barre di acciaio di diametro tra i dieci e i sedici mm., in fori preventivamente trivellati, di lunghezza non superiore a un metro e mezzo, ubicati in modo da collegare lungo gli spigoli le pareti verticali, e anche pareti orizzontali o con pareti verticali.

Queste fasce blu, potremmo definirle invece cuciture a tratto lungo. Sono anche esse delle cuciture, realizzate, però, in modo da passare da parete a parete. Queste, per comodità di posizionamento si realizzano adottando, in luogo di barre rigide, trefoli di acciaio armonico, cioè quei fili che, per il fatto di essere forniti in matassa, di lunghezza indefinita, che è possibile

tagliare della misura voluta, si prestano ad una movimentazione più semplice, e consentono, di essere collocati e fissati con paerlità perchè, per le estremità, per gli ancoraggi, si fa ricorso a degli apparecchi di poco costo, come conetti, testate, piastre di ancoraggio, facilmente reperibili.

Altra caratteristica importante è che questi fili possono essere leggermente pretesi in modo da realizzare un collegamento ancora più efficace delle pareti che intendiamo e vogliamo legare. Badate bene che non si tratta di precomprimere murature, sarebbe tecnica difficile, e pericolosa ma di lasciare questi fili pronti ad intervenire più di quello che non possa farsi con una barra rigida, che potrebbe anche, su lunghi tratti, presentare una lunghezza maggiore del segmento che divide le due testate, e quindi lasciar possibilità di fratture, prima ancora che intervenga.

Invece il filo teso è pronto ad intervenire ; si danno tensioni molto basse, molto inferiori a quelle che i fili possono assorbire, e che invece si pensa, potranno essere esplicate in caso di necessità, quando forze accidentali, tentassero di aprire e di slegare questa scatola.

Un'altra tecnica adottata per la cucitura, è quella dei cordoli. Il cordolo è quella fascia rigida che borda il solaio, e che deve essere, cucita ai muri perimetrali, in modo da garantire quella cucitura tra pareti e solaio di cui parlavamo. Ricordiamo la necessità di avere solai rigidi, e quindi la necessità di sostituire, per esempio, solai in legno o in ferro, capaci forse di farsi carico delle forze verticali, ma non certo di realizzare quella funzione di diaframma orizzontale di cui parlavamo, essenziale per la solidarietà del complesso.

Quindi, un solaio non dotato di una soletta superiore, è certamente inaccettabile in un organismo di questo tipo. Anche se una verifica ai soli carichi verticali lo lascerebbe approvato, non lo sarebbe più, se si considera la necessità di questa funzione di diaframma orizzontale. Di qui la necessità, o di realizzare una soletta rigida, al di sopra dei solai, o di sostituirli completamente.

Tra i solai, il più importante di tutti, per questo ruolo di cucitura, è quello di copertura, questa sorta di coperchio che deve chiudere la scatola, proprio dove essa è più vulnerabile. Tant'è che noi notiamo proprio nelle parti alte degli edifici, quelle aperture, quelle fratture, che denunciano una carenza di legatura. Per chiudere queste strutture, è necessario garantire la presenza di un diaframma orizzontale in copertura. Questa chiusura viene realizzata da un solaio. Teniamo tanto a questa funzione di chiusura, che talvolta vedete che il solaio viene chiodato alle pareti sottostanti con la stessa tecnica adottata per la cucitura lungo gli spigoli verticali.

Un'altra tecnica che vedete è questa dei cavi verticali. Questi sono cavi analoghi a quelli che abbiamo commentato prima come cuciture a filo lungo orizzontali.

Si tratta di perforazioni verticali, in genere si adottano diametri tra i 60 e i 100 mm., quindi sono una sorta di piccoli pali. In questi fori si inseriscono dei fili, trefoli di acciaio, li si blocca nella loro parte inferiore, una sorta di tratto di fissaggio, che viene realizzato con delle resine o delle malte preiniettate, si tendono nella zona libera, e poi si iniettano lungo questo tratto libero, in modo che restino protetti da questa malta, inseriti nelle masse murarie; questi fili di acciaio sono capaci di conferire una straordinaria resistenza al taglio, una resistenza anche a trazione, sono capaci di legare la struttura e di conferire alle murature una proprietà fondamentale in presenza di sollecitazioni da sisma, quella proprietà che si chiama « duttilità », che è la proprietà per cui, un materiale è capace di essere torturato senza che si fratturi.

Vi parlerò di qualche particolarità che bisogna sottolineare nell'uso di questi cavetti verticali, per esempio quella di non pretendere di realizzare, con questi fili, una sorta di cucitura dell'edificio al suo sottosuolo. Questo tipo di cucitura al sottosuolo, potrebbe presentare qualche inconveniente; un cavo che attraversi gli strati sui quali poggia l'edificio, potrebbe o essere maltrattato dal moto degli strati, e anche trasmettere qualche sollecitazione sgradita alla struttura, una sorta di frustata che potrebbe venire dal basso. Preferiamo fermarli nelle parti basamentali, il loro ruolo non è quello di legare l'edificio al sottosuolo, come potrebbe anche desiderarsi in presenza di una struttura snella (campanile o torre); per edifici che non abbiano queste caratteristiche di snellezza, preferiamo fermare l'ancoraggio di questi trefoli alle parti murarie basamentali.

Per completare questa rassegna, dimenticavo uno degli interventi più interessanti. Queste cornici blu, sono dei telai che si dispongono, lungo bordi dei vani, per compensare quell'indebilimento provocato dall'apertura. Purtroppo di aperture ce ne sono molte, e anche collocate in modo non sempre ordinato. Quindi la distribuzione casuale di queste aperture, il loro ritmo, danneggiano notevolmente una parete muraria. Nelle verifiche di strutture murarie, si preferisce talvolta, far riferimento ai soli pieni, i maschi murari. Questo, però, ci porta ad uno schema che dà molte perplessità, perchè questi elementi essendo degli elementi snelli, sono dei tipici elementi lineari inflessi, che in presenza di forze orizzontali, sono soggetti a sforzi di trazione, oltre che a compressione. Questo introduce la necessità di una verifica a flessione della muratura, che presenta delle difficoltà. Riteniamo che sia più corretto conservare lo schema di lastra, anche se forata, e affrontare il problema dell'analisi per componenti lastre, introducendo dei coefficienti correttivi che tengano conto di queste aperture. E introducendo qualche accorgimento che riesca a recuperare queste debolezze. Questo tipo di intervento è proprio il telaio. Il telaio può essere facilmente dimensionato con una inerzia flessionale che sostituisca completamente l'inerzia di lastra dell'elemento sottratto. Basta uguagliare la resistenza tagliente di un ideale pannello di tamponatura del

vano, con la rigidità flessionale del telaio, per avere la possibilità di dimensionare il telaio, di modo che si sostituisca al vuoto. Allora la parete sarà ritornata piena, e lo schema statico sarà l'elementare insieme a pareti piene.

Ecco ora qualche dettaglio su queste tipologie. Questo è un esempio di cucitura di nodo di ossatura muraria : cucitura a tratto breve, realizzata con barre rigide, cementate in fori.

Seconda tecnica è quella della sostituzione dei solai, quando necessaria.

Come vedete, il cordolo, per murature passanti, cioè in presenza di un organismo preesistente, non è possibile realizzarlo come si farebbe in un edificio nuovo, e per evitare un taglio completo lungo il perimetro, si ricorre a questa tecnica di collegamento discreto, invece che continuo, attraverso questa sorta di biette, che sono realizzate facendo penetrare ogni tanto il cordolo esterno nelle murature. Questo consente un sufficiente grado di legatura e nello stesso tempo, evita di indebolire la struttura con un taglio continuo.

In genere, i solai che troviamo più vantaggiosi per questo tipo di struttura, sono quelli prefabbricati, per ovvi motivi di rapidità, e sono quelli che noi chiamiamo a traliccio nudo. Si tratta di solai di cui è prefabbricata solo una parte del travetto. C'è il fondo, e poi un traliccetto, che dà il vantaggio di consentire una efficace legatura sia dei travetti tra di loro, sia dei travetti col getto, sia dei travetti col cordolo, proprio perchè la trasparenza dovuta al fatto che il travetto è nudo, consente che si facciano attraversamenti dovunque si voglia. Cosa che non può dirsi quando si adottino invece o travetti preconfezionati pieni, o anche profilati metallici.

Questi due disegni vogliono sottolineare il fatto che i cordoli debbono essere presenti su tutti e quattro i lati, non solo sul lato di appoggio, ma anche sui lati paralleli ai travetti, proprio per realizzare una sorta di cornice, che deve collaborare a irrigidire e a fare da diaframma. Cornice che ha la stessa funzione della cornice di un quadro, anzi ha la stessa funzione del cristallo di un quadro, la cui cornice sarebbe deformabile come un parallelogramma articolato, se non ci fosse la lastra.

Questo invece è un solaio di copertura, del quale si vuole garantire il collegamento ai muri realizzando addirittura una chiodatura, con la stessa tecnica di perforazione e cementazione con barre rigide, questa volta realizzata in fori verticali, lungo il perimetro del muro, e attraverso il cordolo del solaio di copertura. Il cordolo qui lo si può porre direttamente sul muro.

Questo è un esempio di telaio che vuole compensare la debolezza del muro, con una tecnica mutuata da quella delle costruzioni aeronautiche e navali : pensate ad una fusoliera di aereo che è proprio un guscio portante ; voi troverete gli indebolimenti sempre incorniciati, protetti da cornici a

risalto, che hanno lo scopo di guarnire i bordi in una zona indebolita. Con una tecnica simile, noi possiamo pensare di compensare la debolezza del vano, con telai di questo tipo ; il telaio può anche essere di conglomerato armato, deve essere strettamente connesso alle murature. Questo è un telaio con collegamenti chiodati, si può far ricorso a resine, per avere una cucitura continua.

Queste e altre tecniche, di cui sto presentando solo le figure, è possibile dosare, calcolare, e commisurare ai risultati di un calcolo numerico, per evitare che rimangano affidate all'intuito dell'ingegnere.

Ritorno sul cavo preteso, che viene realizzato con dei trefoli che sono di acciaio armonico, ad altissima resistenza, si chiama così perchè si usa anche per gli strumenti musicali. Questi trefoli, in numero di tre o quattro, vengono preparati, inseriti in questi fori di diametro 60-100 mm, hanno sempre un tratto terminale verticale nel quale viene iniettata, in prima fase, la malta di sigillatura, che viene trattenuta da questa sorta di tappo, che può essere fatto di resina, o di sacco di carta, nel quale, dopo l'immissione dei fili, viene immesso, attraverso un tubicino speciale, della malta in pressione. Un altro tubo che attraversa questo tappo riempie la parte terminale del cavo, in modo da realizzare l'ancoraggio, lasciando nuda tutta la parte libera, su cui si manifesterà l'allungamento del cavo preteso, bloccato all'estremità sul cordolo di coronamento ; poi viene iniettata la malta, cosicchè il cavo resta protetto. C'è ulteriore vantaggio : una gratuita operazione di bonifica che l'immissione di malta realizzerà nella muratura circostante questo micropalo, (perchè una muratura fratturata, sarà percorsa dalla malta che sarà iniettata a pressione). In genere questi cavi oggi si adottano in guaina protettiva, per evitare la corrosione, e l'iniezione fa salire la malta dal basso verso l'alto, non solo all'interno della guaina, ma anche all'esterno, tra guaina e parete del foro.

Per ultimo, tra gli interventi di risanamento, dovevamo presentare anche questo, il provvedimento più drastico, quello che misura la sconfitta del tentativo di migliorare la qualità del tessuto murario. Lo si dovrebbe migliorare con le iniezioni di cemento, una tecnica assai diffusa. È il tentativo di sostituire la malta deteriorata ridotta ad un ammasso pulvulento, con un malta fresca.

Purtroppo non sempre questa operazione riesce. Alcune murature, quelle dei centri più poveri, fatte artigianalmente, hanno fango secco al posto della malta, che fa da tappo, impedisce l'ingresso della malta fresca. Allora bisogna spingersi fino alla completa sostituzione della parete muraria. Questo è un tentativo di realizzare una parete nuova, adottando addirittura le stesse pietre ottenute dalla demolizione della parete vecchia, con un impasto nuovo, che vede l'uso di un materiale particolare, come l'argilla espansa, capace di dotare la parete muraria anche di capacità di isolamento.

Si riesce ad ottenere, con una malta che usi come sabbia questa argilla espansa, una muratura con caratteristiche prestazionali a vantappiose per il benessere degli abitanti. Ora vediamo una serie di diapositive su lavori eseguiti, poi faremo un accenno ai metodi numerici per il dimensionamento di questi interventi.

Queste diapositive riguardano un lavoro realizzato proprio dalla Sovrain-tendenza di Salerno e Avellino, su un monumento notevole, di un centro nell'avellinese. Una grossa struttura muraria sulla quale sono state applicate quelle tecniche.

Queste sono delle fotografie che mostrano la chiesa, detta la Collegiata, e questa è una serie di foto-rilievi per documentare i danni.

È una pianta della Collegiata che, in forma schematica, io vi descriverò. Si tratta di tre pareti longitudinali, e tre pareti trasversali. Le preoccupazioni maggiori erano per queste alte pareti longitudinali ; le due laterali, irrigidite da queste costole, sono più basse, le due centrali sono quelle che davano preoccupazioni maggiori perchè, per configurazione geometrica, erano molto vulnerabili. Nè certamente, data la natura del monumento, era pensabile il ricorso ad elementi irrigiditi visibili.

Qui vedete i segni della cucitura su uno spigolo sul prospetto principale ; qui c'è l'innesto con una parete longitudinale, e questi sono i segni delle cementazioni armate, la prima tipologia che abbiamo visto.

Qui vedete una distribuzione di legamenti interni che realizzano questa sorta di scheletro metallico, molto sottile, all'interno delle masse murarie. Vedete l'insieme di elementi verticali e orizzontali, e questa cucitura che va ad innestarsi nella parte basamentale. Qui, essendo la struttura sorta su precedenti strutture murarie, avevamo disponibili delle alte masse murarie di fondazione, quindi è stato facile ancorarsi, senza penetrare nel terreno.

Qui c'è una serie di fotografie tratte dai grafici progettuali, nei quali sono evidenziati i percorsi di quei cavetti, verticali e orizzontali, che cuciono, all'interno delle masse murarie, le strutture. Si vedono anche delle cuciture localizzate nei pilastri principali, che erano gravemente danneggiati e fratturati, a seguito del sisma. Quindi c'è questa azione di contenimento, di confinamento dei pilastri, attraverso cuciture passanti su tutti i lati.

Ancora una sezione. Queste parti murarie, sono una sorta di trave, che corre su una successione di colonne, alle quali, di fatto, è ridotta la parete longitudinale più alta. Quindi, oltre che per le dimensioni, queste pareti della navata centrale, erano vulnerabili per la dimensione dei vuoti. In realtà erano più vuoti che pieni. La parete, nella parte bassa, era una successione di colonne. Siamo lontani dallo schema di pareti di taglio. Abbiamo di fatto un telaio, e i flettenti sono i protagonisti nella risposta di un telaio, e certamente non vanno d'accordo col materiale muratura.

Abbiamo cercato di conferire rigidità flessionale ai pilastri attraverso la perforazione con i cavetti, e con i trefoli, e alla trave, con una serie di interventi che volevano trasformare questa fascia muraria in una sorta di materiale dotato di resistenza a trazione ... L'abbiamo ottenuto attraverso questa specie di reticolo spaziale, ottenuto inserendo e cementando barre di varie dimensioni, e di varia inclinazione.

Qui si vedono i tiranti verticali, i pilastri cuciti, quelli dell'arco principale, che erano fratturati, si vede anche la copertura, nella quale sono state sostituite le capriarie in legno, molto deteriorate, con una copertura nuova in acciaio.

Notate anche i robusti cordoli in copertura, elemento essenziale, per garantire almeno questo collegamento in sommità, dove, date le dimensioni, era sentita l'esigenza di un elemento di chiusura ed irrigidimento.

Questo è uno dei cavi verticali, che termina con quattro tondini, ne vedete tre liberi, ancorati nei loro cavetti, il quarto è coperto dal tubo che sta realizzando la iniezione della malta nell'ultima fase.

Intervento

I centri dell'avellinese e del salernitano, della Campania e della Basilicata, vedono al 99 % la sostituzione, nell'edilizia distrutta o danneggiata in muratura, col cemento armato.

Questa non è una circostanza lieta, perchè viene meno completamente quel tentativo di salvare qualcosa delle vecchie immagini, dei vecchi centri. È dolorosa questa distruzione dei nostri centri, che sono ricchi, più di quanto non si pensi, di valori ambientali, e architettonici; anche nella architettura più povera, rozza, ci sono valori inimmaginabili.

Questa distruzione è dolorosa perchè viene consumata in nome della sicurezza, in nome di un presunto progresso, che vuole privilegiare le strutture in cemento armato.

Intervento

Non vorrei aver creato degli equivoci. Ripeto ancora una volta: non ho voluto sostenere che quelle ossature sono crollate perchè di cemento armato, ma ho voluto fare vedere, attraverso l'esempio di città del Messico, che crollano anche le strutture in cemento armato.

Che poi il motivo del crollo sia una cattiva esecuzione, è un argomento anche questo a favore della mia tesi, perchè fare bene una struttura in cemento armato, secondo regole corrette, è un po' più difficile che far bene una struttura a pareti murarie. Per cui anche questo dovrebbe essere un argomento a favore di un'edilizia più vicina alle abitudini, alle tradizioni, alle capacità, ai livelli delle maestranze di questi centri.

Motivo in più per non pretendere dal cemento armato, fatto male, quello che il cemento armato fatto male, non può dare. Certamente non si può non essere d'accordo anche col collega precedente, che diceva c'è stata tanta amplificazione che in effetti sarebbero crollati comunque. Con quella amplificazione, sarebbero crollati anche telai in cemento armato fatti bene. Sono crollati certamente telai fatti male, come dice lei. Quello che mi interessava mostrare è che comunque crollano anche i telai in cemento armato. Perchè ci stiamo battendo contro una posizione falsa, che distrugge i centri storici, in nome di una assoluta insicurezza delle strutture murarie. Per un pregiudizio che ritiene una struttura a telaio in cemento armato assolutamente inaffondabile. Il che è certamente falso.

Pensate ad un telaio, alla sua composizione geometrica ; il telaio è fatto di elementi monodimensionali, ognuno dei quali è essenziale per la resistenza. Basta questo a mostrarne la vulnerabilità. Ogni colonna, ogni pilastro, dovrebbe essere fatto come un'opera d'arte a sè, perchè è un elemento essenziale. Non sempre viene fatto come un'opera d'arte.

Il tipo di costruzione a pareti, dà molte più attenuanti, corregge molti più errori, di quanti non ne corregga una struttura che pretenda di concentrare o far confluire gli sforzi solo lungo quelle linee, ognuna delle quali diventa essenziale protagonista della resistenza dell'insieme.

Non è difficile seguire un tale ragionamento, e dire che, effettivamente, un telaio, resta comunque più vulnerabile di una scatola.

Intervento

Volevo richiamare l'attenzione su qualcosa che deve andare un pò oltre il singolo edificio. Dalle diapositive che ho visto sul Messico, ho visto che un ruolo importante hanno avuto le differenze di altezze tra palazzi adiacenti, che credo si debba tenere in conto. Soprattutto quando si hanno strutture edilizie che vanno oltre i dieci piani. L'effetto martellamento va tenuto in conto più che in altre situazioni.

Intervento

Si. Ho fatto proprio vedere quella serie di diapositive che riguardava il martellamento, perchè questa è una verità. Del resto si tratta di una circostanza già sperimentata, commentata, questo non è che un ulteriore esempio documentato della pericolosità di questa vicinanza tra strutture di diversa rigidità e altezza, quindi di diverso comportamento dinamico.

Però insisterei nel dire che il martellamento tra due strutture a pannelli, è molto meno grave come conseguenze, del martellamento contro una colonna, che, spezzando la colonna, rende quasi disperata la situazione del telaio. Il martellamento tra due pareti, le deforma, le frattura, ma limitatamente al bordo, non taglia le gambe al telaio.

Intervento

Professore, lei ha citato tre accorgimenti possibili per la conservazione dei trefoli o delle barre. Io ho l'esperienza di un quarto, che è la riperforazione. Cioè perforiamo, iniettiamo il cemento con la bonifica gratuita, prima ancora di collocare la barra. Riperforiamo il cemento alle 24 ore, quando la presa non è completa, collochiamo la barra, e reiniettiamo, per cui c'è una ripresa di malta che dovrebbe garantire la totale perimetrazione della barra all'interno del foro.

Intervento

Si, è bene precisarlo. Anche in quegli esempi che abbiamo mostrato, è stata necessaria una preventiva cementazione nelle fasce interessate dai trefoli.

Questa preventiva cementazione, però, non la abbiamo ottenuta con un foro nelle stesse condizioni, cioè con una perforatrice verticale, ma con il solito modo di attacco, cioè perforazioni multiple, con diametri piccoli, lungo il perimetro di questa fascia, che doveva essere attraversata dal micropalo.

Anzi, questo intervento, si è reso necessario per la difficoltà che trovava la sonda, la trivella più grossa, a procedere in un ammasso murario come era quello trovato a Solofra. Erano grossi massi, di dimensioni diverse, mal legati da una malta inconsistente, per cui la sonda, se trovava un masso più grosso, non riusciva a morderlo, ma lo spostava, e deviava.

Di qui la necessità di un preventivo passaggio di cementazione, che quindi bonifica tutta la fascia, e seguito dalla perforazione con la trivella di diametro maggiore, che quindi avanzava in un masso già bonificato, dove i vuoti erano già stati riempiti di malta.

Comunque, alla fine, è soddisfacente pensare a questa sorta di telaio, inserito nelle masse murarie, e costituito da queste masse murarie, al quale certamente farà ricorso l'ossatura nel momento del bisogno, e si ritroverà proprio questa struttura resistente nella struttura, costituita da questo insieme di pilastri e travi, ottenute con cementazioni e trefoli.

Penso che sia una commissione di strutture molto efficace, per far fronte ad azioni sismiche.

Renato SPARACIO

Via Bonito, 32

I - 80121 NAPOLI

BIBLIOGRAFIA

- Criteri per la progettazione di interventi di risanamento e rafforzamento di strutture murarie danneggiate dal sisma.* Soprintendenza di B.A.A.A.S. di Salerno e Avellino, Salerno, 1982.
- DI PASQUALE, S. *et al.*, 1984, *L'esperienza di Salvitelle.* Programma di ricerca e sperimentazione sul patrimonio architettonico e artistico danneggiato dal sisma del 23.XI.80. Soprintendenza per i B.A.A.A.S. di Salerno e Avellino.
- GIANGRECO, E., RUSSO SPENA, F. e SPARACIO, R., 1984, *Stress Analysis and Strengthening Techniques of Masonry*, in *8th World Conf. on Earth. Eng.*, S. Francisco.
- PEZZULLO, A., 1984, *Experimental Methods and Tests of Structures and Components*, in *8th World Conf. on Earth. Eng.*, S. Francisco.
- Scheda analitica sul restauro del Goleto*, in *Restauro e cemento in architettura.* A.I.T.E.C., Roma, 1984.
- SPARACIO, R., 1973, *Progetto di consolidamento di edifici a struttura muraria*, in *Restauro*, 10.
- SPARACIO, R., 1977, *Analisi tensionale nelle murature e interventi di restauro statico della Chiesa di S.M. Maggiore della Pietrasanta*, in *Restauro*, 31.
- SPARACIO, R., 1982, *Metodi di calcolo per le costruzioni in muratura*, in *Il consolidamento delle costruzioni*, Intern. Centre of Mech. Sciences, Udine.
- SPARACIO, R., 1983, *Analisi tensionale delle murature. Verifiche agli elementi finiti.* Programma di ricerca e sperimentazione sul patrimonio architettonico-artistico danneggiato dal sisma del 23.XI.1980. Soprintendenza per i B.A.A.A.S. di Salerno e Avellino.
- SPARACIO, R. e RUSSO SPENA, F., 1980, *Verifica di un intervento consolidativo con il metodo degli elementi finiti.* Convegno ASSIRCO, Palermo.