

*Ph. D. prof. Ing. Angelo Spizuoco – dott. ing. Anna Spizuoco - [www.spizuoco.it](http://www.spizuoco.it)  
Dissesti e quadri fessurativi di fabbricati in muratura*

## ***Dissesti e quadri fessurativi di fabbricati in muratura***



***A cura di Anna e Angelo Spizuoco***



**Ingegneria Civile e Ambientale – Italia**

*Ph. D. prof. Ing. Angelo Spizuoco – dott. ing. Anna Spizuoco - [www.spizuoco.it](http://www.spizuoco.it)  
Dissesti e quadri fessurativi di fabbricati in muratura*

**Angelo Spizuoco**

**Anna Spizuoco**

***Dissesti e quadri fessurativi di fabbricati in  
muratura***

**III edizione: Ottobre 2019**

**Copyright © Angelo Spizuoco, Anna Spizuoco  
ISBN 978-8-827-59795-8**

**Tutti i diritti riservati**

*Nulla avviene per caso !!!*

***Al mio padrino, prof. Ing.  
Aldo De Marco, papà di tre  
generazioni di ingegneri ed  
esempio per tutti noi !!!***

E' consentito riprodurre parte del presente volume, per motivi accademici, in altre pubblicazioni o in documenti relativi ad attività professionali, in misura massima del 20% purché se ne citi la fonte.

## **Sommario**

1.1 ANALISI DEI DISSESTI NELLE STRUTTURE MURARIE .....	8
1.1.1 Le cause dei dissesti: i dissesti statici .....	9
1.1.2 Lesioni dovute ad alluvioni e frane.....	10
1.1.2.1 Analisi del fenomeno .....	11
1.1.2.2 Lesioni per scorrimento .....	17
1.2.2.2.0 Dissesti su fabbricati in area di frana a San Fratello (ME) .....	18
1.2.2.2.1 Breve nota sull'alluvione di Sarno (NA) – 1998 ...	26
1.2.2.2.2 Caratterizzazione del fenomeno: colate rapide di fango .....	29
1.1.2.2.3 Alluvione del Messinese del primo ottobre 2009: La colata fangoso-detritica del Torrente Racinazzo che ha devastato Scaletta Zanclea Marina (ME).....	33
1.1.2.2.3.1 Premessa .....	34
1.1.2.2.3.2 Risultati dei rilievi diretti .....	40
1.1.2.2.3.3 Che fare?.....	65
1.1.2.2.3.4 Conclusioni .....	85
1.1.3.1 Cause perturbatrici generali .....	90
1.1.3.1.1Messa a “nudo” della struttura di fabbrica .....	95
1.1.3.2 Le lesioni ricorrenti negli edifici in muratura.....	103
1.2.1.1 Problematica elementare sul singolo pannello murario .....	109

1.2.1.2 Simulazione del Sisma applicato al singolo pannello murario .....	112
1.2.1.3 Lesioni da sisma.....	115
1.2.1.4 Considerazioni “pratiche” sulle lesioni da sisma..	117
1.2.1.1.1 Testimonianze e considerazioni derivanti da eventi tellurici recenti .....	122
1.2.1.1.2 Constatazione pratica su Edifici costruiti su cavità .....	144
1.2.1.1.2 Norme pratiche tradizionali .....	154
1.2.1.1.3 Lesioni per cedimento fondale .....	155
1.2.2 Lesioni d’assestamento .....	162
1.2.3 Lesioni di cedimento del piano fondale .....	165
1.2.4 Lesioni di trazione.....	168
2.1 Singolare caso di “deformazione” anomala su corpo di fabbrica.....	177
2.1.1 Crolli per cedimenti fondali .....	182
2.1.2 Principali patologie da cedimento fondale.....	182
2.1.3 Crollo per cedimento del piano fondale.....	188
2.1.4 Crollo per perdite fognarie .....	192
2.1.5 Altri casi particolari realmente accaduti .....	195
2.1.5.1 Crollo in Afragola (NA) per scalzamento fondazioni a seguito di sbancamento generale .....	195

2.1.5.1.1 Aspetti geotecnici connessi alla esecuzione dello scavo e alla fondazione del fabbricato crollato .....	209
2.1.5.2 Costruzione di un edificio in aderenza ad un fabbricato esistente in Cimitile (NA): crollo per esecuzione di sbancamento e pali di fondazione .....	216
2.1.5.2 Crollo in Palma Campania (NA) per perdita idrica defluente in un vetusto pozzo irriguo .....	224
2.2.1 Lesioni di schiacciamento .....	234
2.1.1.1 Crollo campanile di San Marco di Venezia avvenuto nel 1902 .....	236
2.1.1.2 “Step” del fenomeno di schiacciamento .....	240
2.1.1.3 Crollo per svergolamento travi con schiacciamento localizzato di “pulvino” in testa a pilastro .....	250
2.1.1.4 Fotogrammi delle fasi lavorative .....	257
2.1.1.5 Fotogrammi del crollo .....	271
2.2.2 Fenomeni “puntuali” per effetto sismico .....	283
2.2.3 Lesioni da pressoflessione .....	288
3.1.1 Lesioni relative e/o conseguenti alle strutture orizzontali: Solai:.....	290
3.1.2 Volte.....	296
4.1.1 Casi reali di Lesioni dovute ad azioni sismiche e/o vibratorie .....	308

4.2 Anomali quadri fessurativi in manufatti di Architettura sottrattiva: il caso di Bet Aba Libanos .....	333
4.2.1. Premessa .....	333
4.2.2 Quadro fessurativo della Bet Aba Libanos .....	337
5.1.1 IL RILIEVO DEI QUADRI FESSURATIVI .....	344
5.1.2 Stralcio dell'allegato 3D .....	345
5.1.3 Stralcio dell'allegato 3C1 .....	368
6.1 CONCLUSIONI .....	379
Bibliografia .....	380

## **1.1 ANALISI DEI DISSESTI NELLE STRUTTURE MURARIE**

Ciascun edificio in muratura è stato progettato e dimensionato in modo tale da poter assolvere, entro i limiti di sicurezza, ai carichi ad esso affidato, rispettando le resistenze caratteristiche dei materiali che lo costituiscono. Tuttavia, durante la vita utile di un edificio, diverse cause possono indurre delle alterazioni nel regime d'equilibrio del complesso richiedendogli nuove configurazioni che si traducono in una nuova distribuzione delle tensioni che non sempre sono rispettose dei limiti del materiale. Quando i limiti dei materiali vengono superati, si determinano dei dissesti statici nella massa muraria, che si manifestano sotto forma di lesioni. In effetti, queste possono essere la traduzione fisica della liberazione di stati tensionali presenti nella struttura. In questo capitolo si vogliono fornire quei fondamentali cenni teorici sull'analisi del dissesto, le principali cause e le manifestazioni visive di tale problematica.



### **1.1.1 Le cause dei dissesti: i dissesti statici**

A partire da una causa perturbatrice, identificabile come in tutte quelle avverse vicende che comportano una minaccia per la buona conservazione degli edifici, si genera come diretta conseguenza un dissesto che si manifesta sotto forma di lesione. Esiste una corrispondenza biunivoca tra dissesti e lesioni: ovvero a ciascuna lesione corrisponde un certo tipo di dissesto. Non si può dire altrettanto per la relazione tra dissesti e cause perturbatrici. Va detto, infatti, che ciascun dissesto ne può causare un altro diverso e quest'ultimo potrebbe manifestarsi con un'evidenza maggiore del primo che ne è stata la causa. Così, ad esempio, uno schiacciamento può innescare un dissesto per effetto dell'azione spingente di una volta, dissesto che non si sarebbe generato senza la presenza dello schiacciamento. Dunque, i dissesti spesso non sono una diretta conseguenza di una causa unica e determinata, ma di un insieme di cause che intervengono nelle loro combinazioni più varie. Per adottare i rimedi più idonei è necessario, perciò, individuare il fenomeno principale che ha prodotto la patologia in atto.

Tra le principali cause perturbatrici si annoverano:

- Eccessiva compressibilità del terreno fondale;
- Lo schiacciamento delle regioni murarie basali;
- Lavori di sterro nelle vicinanze;
- Depressioni di archi o di travate;
- La sopraelevazione di edifici col conseguente aumento dei carichi;
- Strutture spingenti;
- La fluidificazione del suolo dovuto a infiltrazioni;
- Frane;
- Alluvioni;
- Colate detritiche;
- Azione sismica.

### **1.1.2 Lesioni dovute ad alluvioni e frane.**

Gli effetti sulle strutture, dovuti a frane, colate detritiche ed eventi alluvionali sono, al pari degli effetti dovuti al sisma, tra quelli più disastrosi. Va subito detto che la vastità delle casistiche e la complessità del tema meritano una trattazione a se stante, per cui di seguito dopo qualche informazione

generale non di secondaria importanza, si riporterà una documentazione fotografica, al solito proveniente dall'archivio professionale degli scriventi, finalizzata alla sensibilizzazione dell'argomento. Per far rendere conto, poi, ai lettori della complessità generale, che si presenta ancor prima di studiare l'aspetto locale del dissesto dei singoli edifici, si riporta un caso pratico concreto dell'alluvione di Messina del 2009, trattato dallo scrivente e dal prof. Franco Ortolani.

Resta evidente che, qualora il fenomeno franoso o alluvionale colpisca marginalmente l'edificio, si potrà valutare il conseguente quadro fessurativo e i dissesti, e di conseguenza intervenire; in caso contrario, ovvero quando l'edificio è pienamente interessato dal cataclisma, gli effetti saranno gravi al punto da causare direttamente il collasso senza lasciare margini di intervento.

### **1.1.2.1 Analisi del fenomeno**

E' da premettere che in presenza di piano di posa delle fondazioni o strati sottostanti dotati di una certa coesione, si verificano fenomeni diversificati a seconda della variazione del grado di umidità di tali "terre". In linea generale, la coesione

crebbe con il giusto grado di umidità mentre diminuisce per un inaridimento o per saturazione d'acqua.

Si verificano, infatti, scoscendimenti per:

- Terre eccessivamente essiccate al sole;
- Smottamenti a seguito saturazione d'acqua;
- Grandi crepe a causa dell'effetto del gelo.

Gli edifici soggetti a grandi movimenti per la presenza di piani di scorrimento basale, hanno usualmente, alcune caratteristiche comuni:

- Il piano di scorrimento è al disotto del piano d'imposta delle fondazioni;
- Il piano di scorrimento è assimilabile ad un "lubrificante";
- Il piano di scorrimento ha sempre una certa inclinazione.

Si capisce, perciò, per quale motivo tali grandi movimenti avvengono per la presenza di stratificazioni argillosi-acquiferi, anche se lentiformi, specialmente se hanno un andamento da monte a valle (ad es. **frana di Senise**).

## **Frana di Senise**

### **Caratteristiche del Corpo di Frana**

- Corpo di frana prevalentemente sabbioso, stratificato e fratturato dello spessore medio di circa 12.00 metri.
- Ammasso interessato da superficie di scorrimento basale coincidente con un sottile livello argilloso, inclinato a franapoggio di circa 17° intercalato in una sequenza sabbiosa.

Lo spostamento totale è stato notevole 63 metri (45+18) nella parte alta, 46 metri (30+16) nella zona mediana e 30 metri (19+11) nella parte bassa.

Contrariamente a quanto si possa pensare, le frane avvengono facilmente nella stagione estiva anziché d'inverno

### **MOVIMENTI TRASLATIVI della frana**

#### **due principali fasi traslative di tipo rapido:**

- La prima alle 4.00 del mattino del 26/7/1986 con traslazione massima di 45.00 metri;
- La seconda alle 2.00 del mattino del 6/9/1986 con traslazione max di 18.00 metri.

Questo perché nella parte alta di terreni argillosi, in estate si registrano fratture e crepacci che lasciano passare calore che s'irradia negli strati contigui.

Ciò fa sì che il terreno resta diviso in due zone:

- Quello superiore asciutto e fratturato;
- Quello inferiore che si comporta come un lubrificato, untuoso, a vocazione liquefacibile, nella migliore delle ipotesi, a comportamento plastico.

In queste condizioni, il fabbricato sovrastante, tende ad assestarsi facendo registrare una compressione contro lo strato “lubrificato” che se inclinato produce un trascinamento verso valle del fabbricato interessato.

## **Classificazione Movimento Franoso**

**Scorrimento traslazionale in blocco lungo piano di scorrimento predisposto.**





**Zona al piede di frana (27/7/1986): da notare la diversa inclinazione dei due corpi di fabbrica edificio n°8**

## **Progetto definitivo**

- **Opere di stabilizzazione in c.a. costituite da diaframmi di pali accostati tirantati in testa;**
- **Opere di drenaggio profonde e superficiali;**
- **Sistemazione idraulica superficiale estesa a tutta l'area in frana;**
- **Pozzo drenante posto a valle della zona di piede della frana;**
- **Inerbimento dell'intera area oggetto del dissesto.**

***Progetto di Stabilizzazione Definitiva Frana di Senise (PZ)***



### **1.1.2.2 Lesioni per scorrimento**

Le lesioni che si producono per le ragioni di cui innanzi, sono associate al movimento simultaneo di cedimento e rotazione.

Queste lesioni, nei fabbricati, si manifestano in estate e si rinchiudono d'inverno.

In questi casi, quando è possibile intervenire, dopo aver eseguito una opportuna puntellatura, **per fenomeni di limitata entità**, si può realizzare un drenaggio di tipo profondo al fine di “prosciugare” e “stabilizzare” il terreno interagente con le fondazioni del fabbricato interessato giacché i drenaggi tendendo ad espellere le acque sotterranee e aumentano la coesione nonché l'attrito dello strato interessato.

Un drenaggio finalizzato a quanto innanzi, va eseguito a monte del fabbricato per proteggerlo dalle acque d'infiltrazione eliminando l'innesco lubrificante e quindi stabilizzando il manufatto.

Per fabbricati fondati nei pressi di un declivio, per il quale non è stato posto in atto alcun provvedimento di protezione, possono comunque presentarsi lesioni da frane o smottamenti. In tale evenienza gli interventi da eseguire possono essere: l'immediato puntellamento, l'imbrigliamento del terreno in

movimento mediante pali, drenaggi ed eventualmente il rafforzamento delle fondazioni danneggiate.

#### **1.2.2.2.0 Dissesti su fabbricati in area di frana a San Fratello (ME)**

A San Fratello dal dopoguerra in poi si è costruito su di una frana. I versanti, già in passato avevano evidenziati dissesti tipici di morfologie potenzialmente instabili. Purtroppo **l'urbanizzazione** del periodo post-bellico **si è sviluppata in parte su aree che presentavano evidenti segni di precaria instabilità**. Anche la parte settentrionale del versante orientale dove è stata edificata la chiesa rappresentava un terrazzo di frana di antichi movimenti franosi dove non andava assolutamente costruito. **La morfologia sub pianeggiante di tale area** deve aver indotto i rappresentanti delle istituzioni **(evidentemente senza un idoneo supporto geologico-geotecnico)** a urbanizzare il versante. Altri elementi significativi emersi nel sopralluogo effettuato sono stati:

- Assenza di adeguate opere di consolidamento;
- Assenza di drenaggio;

- Raccolta e smaltimento di acque superficiali e sotterranee lungo il versante attualmente interessato dai movimenti franosi.

Nel pomeriggio del 13 febbraio 2010 si è innescata una frana in contrada Riana con un movimento di tipo retrogressivo.

Esso è progredito verso monte, coinvolgendo nella giornata del 14 febbraio la porzione orientale del centro abitato.

In particolare sono state interessate le contrade di San Benedetto, e Stazzone lesionando la chiesa di San Nicola e numerosi edifici.



**San Fratello (MA): All'interno di un fabbricato direttamente coinvolto nella frana – A. Spizuoco 2010**



**Fabbricati in area di frana a San Fratello (Me)-A. Spizuoco 2010**



**Fabbricati in area di frana a San Fratello (Me)-A. Spizuoco 2010**



**Fabbricato dissestato in area di frana a San Fratello (Me)  
A. Spizuoco 2010**



**Fabbricato tranciato in due tronchi nell'area di frana –  
San Fratello (ME) - A. Spizuoco 2010**



**San Fratello (ME): Fratture sulla parete di un fabbricato e a terra per effetto del fenomeno franoso – A. Spizuoco 2010**

### **1.1.3.1 Cause perturbatrici generali**

Ritornando al caso generale, possono essere considerate quali cause perturbatrici: la vetustà, le variazioni termiche e igrometriche e gli agenti atmosferici che inducono processi di degradazione tanto più celeri e profondi quanto più ad essi la materia è esposta. Inoltre, cedimenti o spinte del terreno inducono nelle murature smembramenti talvolta gravi e i sovraccarichi producono dei dissesti significativi se le strutture di sostegno sono insufficienti nelle sezioni o costituite da materiale non idoneo o mal connesso. Ad esempio, i cedimenti fondali, uniformi o differenziali, sono in genere dovuti all'abbassamento del piano di posa dell'edificio, a seguito dell'attingimento della portata massima del terreno di fondazione o alla presenza di deformazioni legate alla deformabilità del terreno stesso. I cedimenti del suolo e le conseguenti ridistribuzioni degli sforzi tra suolo e struttura, possono essere distinti in tre categorie:

- Cedimenti dipendenti da carichi direttamente trasmessi dalla costruzione;

- Cedimenti dipendenti da variazioni di carico nelle zone adiacenti (scavi);
- Cedimenti indipendenti dai carichi direttamente trasmessi dovuti, ad esempio, alla presenza di falde acquifere o ad effetti dinamici.

Inoltre, bisogna tenere in considerazione la posizione del cedimento; infatti cedimenti fondali centrali sono meno pericolosi dei cedimenti fondali laterali, o periferici, poiché diminuiscono le possibilità di collaborazione tra le strutture resistenti adiacenti.

In definitiva, i dissesti non sono altro che la manifestazione esterna di una crisi in atto riguardante l'intero fabbricato o una parte di esso e rappresentano un campanello d'allarme sullo stato di salute dell'organismo strutturale. Tuttavia, non sempre i dissesti sono associabili a imminenti condizioni di pericolo ma, a volte, rappresentano semplicemente il raggiungimento di una nuova configurazione di equilibrio che può essere altrettanto valida di quella precedente. Il passaggio successivo all'individuazione dei dissesti, perciò, sarà quello di stabilire se ad esso segue o meno una condizione di pericolo e di quale entità.



Ecco, quindi, che le indagini da effettuarsi su edifici, vanno inizialmente finalizzate alla ricerca delle cause perturbatrici e poi alla caratterizzazione strutturale.

Una prima strada percorribile in questo senso è effettuare, a seguito della mappatura dei dissesti, una "lettura" del quadro fessurativo sfruttando la corrispondenza esistente tra un dato dissesto e le modalità che esso ha di manifestarsi sotto forma di lesione. Dunque è proprio questo il passaggio in cui si riscontrano maggiori difficoltà, in quanto le strutture murarie si prestano poco ad un'analisi rigorosa e non sempre la correlazione tra causa ed effetto è facilmente identificabile: sta quindi al tecnico, alla sua preparazione e alla sua esperienza fornire quell'interpretazione necessaria a delineare la giusta diagnosi.

In prima analisi si può pensare di effettuare una suddivisione della tipologia del dissesto distinguendo i dissesti interni, derivanti esclusivamente da carenze strutturali delle membrature del sistema murario, da quelli esterni, dipendenti essenzialmente dai cedimenti del suolo interagente con le masse murarie.

Si classificano come dissesti interni:

- l'assestamento;
- lo schiacciamento;
- la pressoflessione;
- la spinta;
- la depressione delle strutture orizzontali;
- i turbamenti d'origine vibratoria e sismica.

I dissesti esterni generati da cedimenti, uniformi o differenziali, si manifestano sotto forma di moti delle strutture, di tipo relativo o assoluto; i primi inducono alterazioni nella forma del complesso perché variano le mutue distanze e il mutuo orientamento tra le particelle elementari; i secondi lasciano sostanzialmente invariata la forma dell'intero sistema, come:

- la traslazione verticale;
- la traslazione orizzontale;
- rotazione attorno ad un asse orizzontale giacente nel piano della base fondale.

I fenomeni di rotazione di una parete muraria possono essere causati da cedimenti differenziali del piano di fondazione della parete, oppure da spinte orizzontali ed hanno la caratteristica di aumentare considerevolmente con l'aumento della quota. Ad esempio, la rotazione della parte terminale della muratura

collegata ad una muratura trasversale, in assenza di cedimenti verticali, produce lesioni verticali ubicate nella zona di separazione dei due corpi.

Una diversa classificazione tra i dissesti può essere fatta distinguendo tra i “dissesti di tipo diretto” e “dissesti di tipo indiretto”. Appartengono al primo gruppo quei dissesti che interessano direttamente la struttura muraria portante, mentre al secondo gruppo appartengono quelli che interessano gli elementi costruttivi secondari e, pertanto, portati. Va sicuramente detto che i due tipi di dissesto, generalmente, coesistono; inoltre, quelli di tipo indiretto, pur non investendo la sicurezza dell’insieme strutturale, possono di per sé costituire un pericolo quando la loro caduta può provocare danno e rappresentano, comunque, il segno di un dissesto che può interessare o meno la struttura portante, la quale può invece aver sopportato uno stato deformativo senza manifestare segni esterni apparenti.

### **1.1.3.1.1 Messa a “nudo” della struttura di fabbrica**

A volte, per rendersi conto del tipo di struttura muraria che è oggetto del nostro studio, non è da escludere l'asportazione generale dell'intonaco esterno e/o interno del fabbricato.

A questa maniera è possibile individuare le diverse “lavorazioni” che nel tempo hanno interessato il fabbricato e l'incidenza che hanno avuto le maestranze più o meno qualificate che sono intervenute sulla struttura di fabbrica.



**Nella foto di cui innanzi sono individuabili almeno tre tipologie diverse di muratura - A. Spizuoco 2014**



**Con l'asportazione dell'intonaco, ci si è reso conto che  
l'edificio nel tempo ha subito diversi interventi di  
ristrutturazione - A. Spizuoco 2014**



**Nella fattispecie l’intonaco “occultava” l’esistenza di un arco successivamente “murato” - A. Spizuoco 2014**

Evidentemente le quote degli impalcati originari erano molto diverse da quelle rinvenute durante i lavori



**L’asportazione d’intonaco ha messo in mostra l’esistenza di un arco, “murato” non a regola d’arte, con inserito un “arco trave” in legno che evidentemente in epoca non recente consentiva il passaggio tra un vano e quello adiacente - A. Spizuoco 2014**

Dall’analisi di quanto rinvenuto in sito fu possibile “appurare” che la struttura muraria, in epoca pregressa comunque aveva subito un dissesto non di lieve entità

### **1.1.3.2 Le lesioni ricorrenti negli edifici in muratura**

In questo lavoro, si intende passare in “rassegna” quelle lesioni ricorrenti e le patologie che più frequentemente si incontrano nella pratica professionale, precisando che in materia di dissesti nessuna di esse è subalterna ad un’altra per importanza.

Resta assodato che una trattazione esaustiva del problema dei dissesti richiederebbe molto più dello spazio dedicatole in queste pagine ed in quelle che seguiranno, oltre che un grado di approfondimento sicuramente non consoni al contesto a cui è rivolta la presente attività. Per questi motivi si intende fornire quelle basi concettuali necessarie ad affrontare i capitoli che seguiranno lasciando al lettore gli opportuni approfondimenti reperibili sui manuali di riferimento che trattano in maniera più dettagliata ed approfondita gli argomenti in esame. Quello da cui, però, non ci si risparmierà, sarà arricchire l’esposizione degli argomenti, per quanto possibile, inserendo, di volta in volta, quelle indicazioni e quegli espedienti pratici frutto di quel grado di sensibilità che si è avuto modo di acquisire durante l’attività di libero professionista.

I dissesti statici possono, dunque, manifestarsi nelle strutture sotto forma di:



- moti rigidi;
- lesioni.

Il moto rigido altera lo stato tensionale nelle strutture murarie e nelle fondazioni per gli spostamenti dei carichi rispetto alle sezioni resistenti e, quando ciò si verifica, le strutture murarie mutano la loro posizione senza, tuttavia, mutare di forma.

Nelle masse murarie perturbate il regime degli sforzi interni subisce delle graduali variazioni dovute all'avvicinarsi dei successivi stati di equilibrio nel progredire del dissesto e, dei processi di contrazione e dilatazione del materiale, variabili da punto a punto. Se durante queste variazioni si verifica che in un punto del solido la dilatazione supera i limiti della tolleranza alla coesione del materiale, in tale punto si stabilisce una soluzione di continuità che si propaga, fino ad apparire in superficie sotto forma di fessurazione. Si stabilisce così, la fase di originaria rottura.

La lesione è, come già detto, la manifestazione esteriore, in linea di principio percepibile e permanente del dissesto statico che l'ha provocata.

La percepibilità della manifestazione può essere vincolata allo stato di progressione del fenomeno; infatti, se ci si trova in stato

primordiale, o addirittura di innesco del fenomeno lesionativo, è molto facile che esso sia in atto negli strati più interni del pacchetto tecnologico della muratura; esso può restare celato, ad esempio, sotto gli strati di intonaco fino a che per diffusione non giunga ad interessarli. Altri casi di "allarme tardivo" possono scaturire in tutti quei casi in cui si è in presenza di controsoffitti che possono celare l'intradosso di solai o di superfici voltate interessati da fenomeni lesionativi.

Risulta, dunque, di fondamentale importanza la fase di ispezione conoscitiva, da affrontare, sempre, con la massima attenzione e senza lesinare sull'accuratezza della stessa, ricorrendo, ove sufficiente, all'ispezione diretta, ove necessario, all'ausilio di strumentazioni di indagine in grado di fornire quelle informazioni celate al solo occhio umano.

Durante il primo sopralluogo occorre definire il quadro fessurativo della costruzione, rilevando la posizione e la forma delle lesioni, con particolare riferimento alla loro ampiezza ed estensione.

Va considerato che la lesione si manifesta, in prima istanza, come "capillare" per poi passare a stadi successivi che pervengono a completo distacco, tanto da poter essere

classificata in “fessura” e successivamente in “frattura” vera e propria. Cronologicamente, la frattura ha inizio con una prima fase detta capillare a causa del suo piccolissimo sviluppo in ampiezza; segue, poi, una fase denominata capillare progredita in cui l’ampiezza inizia ad aumentare, giungendo infine alla fase di completo distacco: è importante, dunque, studiarne l’evoluzione nel tempo.

Ciò può essere fatto tramite semplici attrezzi, come “biffe”, fessurimetri e/o deformometri mediante i quali è possibile caratterizzare l’andamento nel tempo della lesione. Prima di procedere con il monitoraggio della lesione con le attrezzature di cui innanzi, è opportuno stabilire la natura più o meno recente di una lesione. A questo proposito, l’esperienza insegna che, ad esempio, le fratture “vecchie” si presentano annerite dal tempo, polverose, con bordi delle ciglia arrotondati e, non raramente, presentano residui di ragnatele; quelle recenti, invece, si presentano prive di polvere, fresche, chiare, con superfici di rottura di tipo cristallino e con bordi taglienti. La presenza di ambienti umidi, inoltre, potrebbe determinare l’insorgere di muffe che possono far apparire la lesione meno recente di quanto in realtà sia.

Ovviamente, con queste valutazioni qualitative, è possibile soltanto stabilire se le fratture sono recenti oppure no, ma non è possibile stabilire una datazione temporale delle formazioni delle stesse, a meno di conoscere la data degli eventi che le hanno generate.

Dal punto di vista morfologico, le lesioni possono apparire sotto forma di deformazioni oppure di fessurazioni, entrambe coesistenti nello stesso organismo murario. Si parla di lesioni di deformazione della muratura quando, a seguito dell'insorgere di stati tensionali anomali, questa subisce un cambiamento di forma. Tale condizione si verifica ove si abbia, ad esempio, un cedimento di tipo fondazionale con un conseguente spostamento relativo tra le varie parti della struttura muraria. Il cambiamento di forma della struttura muraria può manifestarsi sia nel proprio piano, che fuori, con uno schiacciamento della parete. Le lesioni di fessurazione nella struttura muraria si manifestano, invece, con delle soluzioni di continuità nella massa per rottura del materiale murario, cioè con uno spostamento relativo di punti del materiale originariamente continuo.

La differenza netta tra lesioni, fessurazioni e fratture risiede nel fatto che le prime insorgono nelle fasi precedenti a quella di originaria rottura e sono compatibili con la continuità della massa che, prima di rompersi, subisce delle deformazioni elastiche e plastiche; le seconde, invece, si presentano nelle fasi deformative più progredite e le terze sono la manifestazione di una evidente soluzione di continuità ove non c'è “contatto” tra i bordi opposti della “frattura”. Il modo in cui si evolve la deformazione plastica e quello in cui inizialmente la soluzione di continuità si propaga nell'intorno del punto fino alla superficie, la forma che essa assume sulla superficie stessa, l'andamento e l'ampiezza delle fessurazioni, variano a seconda del tipo di perturbamento che ha provocato la deformazione plastica o la fase di originaria rottura. Si può, perciò, concludere che, conoscendo l'aspetto della lesione caratteristica di un certo dissesto, quando essa si individua su di un solido murario, si può risalire automaticamente al dissesto che l'ha provocata.

Le lesioni possono raggrupparsi in diverse classi:

- a) lesioni di assestamento;

- b) lesioni di cedimento;
- c) lesioni di trazione;
- d) lesioni di schiacciamento;
- e) lesioni di presso-flessione;
- f) lesioni relative e/o conseguenti a dissesti delle strutture orizzontali;
- g) lesioni dovute ad azioni sismiche.

### **1.2.1.1 Problematica elementare sul singolo pannello murario**

Si ritiene indispensabile, per comprendere i fenomeni di dissesto negli edifici in muratura, innanzitutto capire la problematica elementare sul singolo pannello.

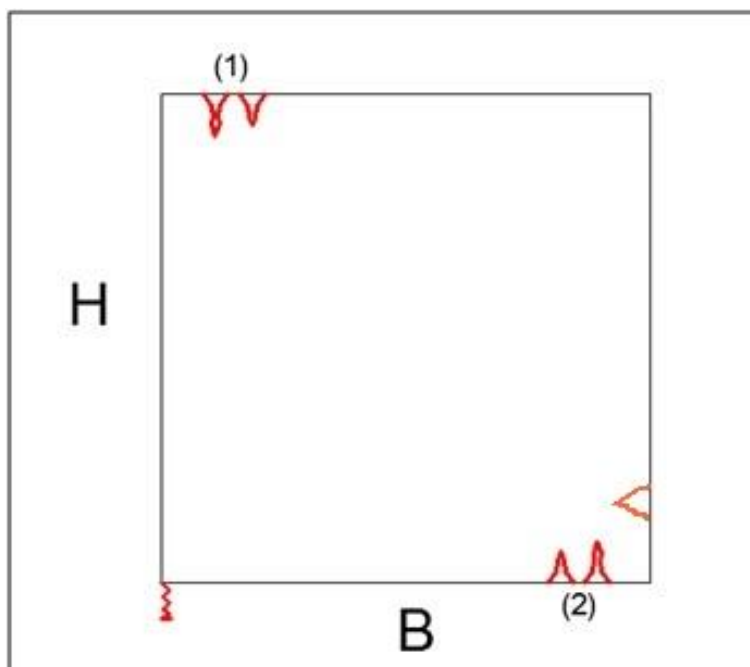
Passiamo, perciò, ad analizzare le lesioni che si manifestano sul pannello “isolato”.

Va studiato il pannello distinguendo, a parità di spessore, tra il caso “snello”, ovvero il pannello che presenta un'altezza predominante rispetto la larghezza e quello “tozzo”, in cui il rapporto tra base ed altezza è prossimo ad 1 o maggiore.

In primo luogo si ritiene molto utile riportare il comportamento di un pannello murario “quadrato”.

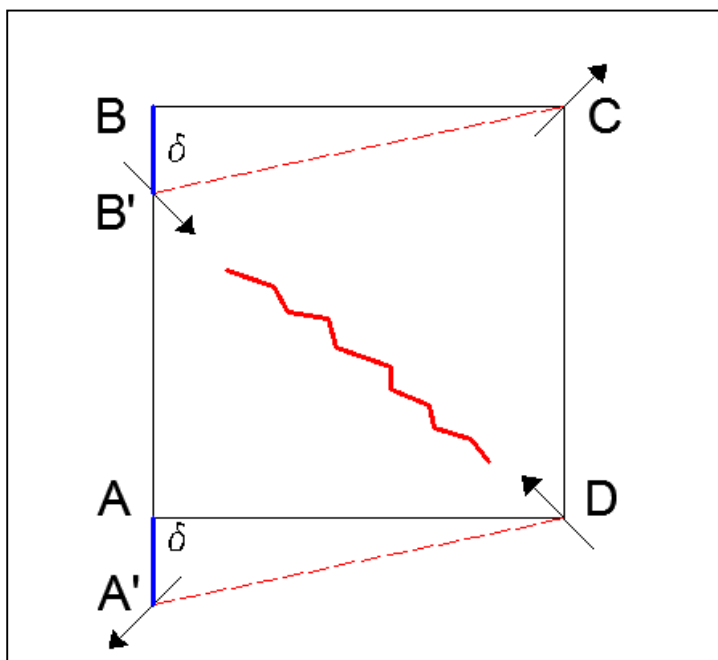
Considerando un pannello murario di dimensioni  $B \times H$  con  $B$  pressoché uguale ad  $H$  (vedi Fig.a), se le lesioni sono posizionate nella parte alta (tipo1), possiamo dire che siamo in presenza di cedimenti di fondazione.

Se le lesioni sono posizionate nella parte bassa (tipo2) possiamo dire che esse sono state prodotte da un fenomeno sismico.



**Figura a.**

Assegnando un cedimento verticale nel punto A del pannello (nell'ipotesi di rotazione impedita per effetto di maschi murari presenti alle estremità del pannello, ovvero nell'ipotesi di deformazione rigida) si può ritenere che il dissesto sia soltanto verticale. In questa condizione il pannello assume la configurazione “tratteggiata” (vedi Fig.b). Questa configurazione comporta un “accorciamento” della diagonale BD ed un allungamento della diagonale AC.



**Figura b.**



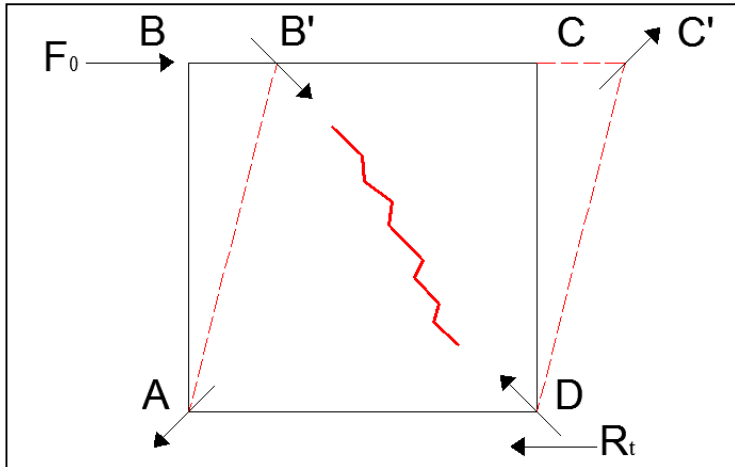
L'accorciamento induce sforzi di compressione mentre l'allungamento sforzi di trazione. Poiché la muratura non è in grado di resistere a sforzi di trazione si produce una frattura inclinata di circa 45 gradi rispetto all'orizzontale ossia perpendicolare alla diagonale A'C.

Tracciando quindi un vettore verso il basso con direzione normale ad una lesione si individua subito il vertice che ha ceduto e che ha originato la lesione nel pannello.

### **1.2.1.2 Simulazione del Sisma applicato al singolo pannello murario**

Simulando il sisma applicando al pannello una forza orizzontale in testa, nella precedente medesima ipotesi di deformazione rigida si osserva un fenomeno di allungamento e di accorciamento delle diagonali del pannello. Accorciamento per gli sforzi di compressione ed allungamento per quello di trazione. Anche in questo caso per la presenza di uno sforzo di

trazione, si ha una lesione perpendicolare all'azione di trazione (vedi Fig.c).



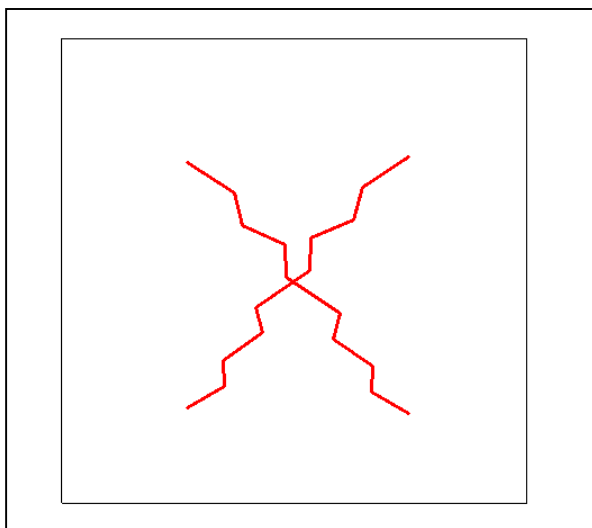
**Figura c.**

Quindi dalla direzione della lesione si può risalire alla direzione della forza sismica che ha prodotto la lesione e da questa alla reazione ( $R_t$ ) del piano di posa della fondazione il cui verso ci indica la posizione contraria a quella dell'epicentro.

Osserviamo, però, che la stessa lesione può essere determinata dal cedimento del vertice A come nel caso precedente.

Sorge, quindi, la necessità di riconoscere l'evento che l'ha generata.

Nel caso di forti eventi sismici, giacché si è in presenza quasi sempre di un evento ondulatorio con eccesso di energia, questo eccesso di energia provoca l'apertura di una nuova lesione per cui le lesioni si manifestano a croce di sant'Andrea (vedi Fig.d) ovvero lungo entrambe le diagonali, anche se non è detto che ciò debba accadere per forza.



**Figura d.**

Questo perché come su innanzi riportato, soltanto in presenza di un forte evento sismico abbiamo una morfologia di questo tipo e in tal caso la prima apertura che si genera è quella più grande per cui individuandola si può risalire indicativamente alla posizione dell'epicentro che ha generato il sisma.

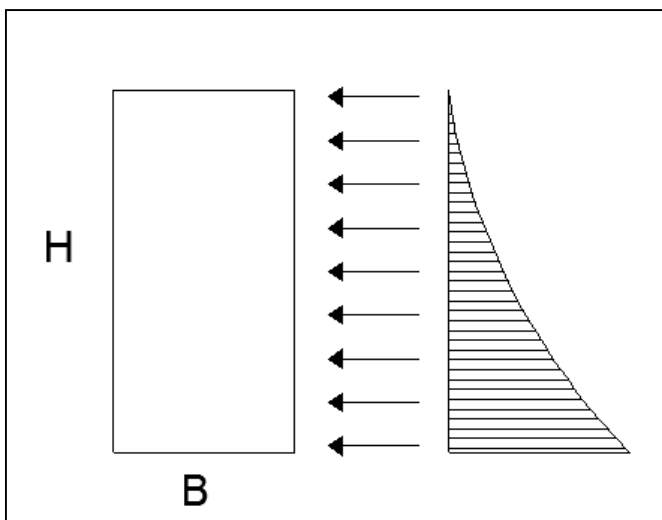
### **1.2.1.3 Lesioni da sisma.**

Il sisma si manifesta sulla struttura come un evento oscillatorio e può essere di tipo ondulatorio quando l'edificio è molto distante dall'epicentro e di tipo ondulatorio e/o sussultorio quando si è vicino alla fonte energetica.

Il comportamento effettivo delle strutture in muratura, per la scarsa tenuta dei collegamenti tra impalcati e murature, è quasi sempre schematizzabile a mensola, più precisamente a mensola con sezione variabile in quanto i muri sono quasi sempre rastremati nel passare al piano superiore.

Nel caso di pannello “snello” ossia “verticale” il suo comportamento sotto sisma è a mensola per cui il sisma fa registrare il massimo spostamento in testa al pannello ed il

massimo momento flettente all'incastro al piede. In questa situazione si manifestano lesioni laterali alla base del pannello (vedi Fig.1).



**Figura 1.**

Quando le sollecitazioni da flessione sono troppo elevate, è opportuno demolire uno o due piani dell'edificio in modo da ridurre i momenti al piede del fabbricato.

Nel caso di pannello "orizzontale" (Fig.2) ossia con la lunghezza preponderante sull'altezza, si ha che il sisma,

generalmente, non è in grado di innescare sollecitazioni pericolose sul pannello.



**Figura 2.**

#### **1.2.1.4 Considerazioni “pratiche” sulle lesioni da sisma**

I terremoti violenti “squarciano” i manufatti in modo variegato e producono principalmente fenomeni di ribaltamento e di flessione.

Da osservazioni dirette dello scrivente (sisma Irpinia 1980, Abruzzo 2009, Ischia 2017, ecc.) il terremoto si manifesta con un moto sussultorio all’epicentro e con un moto ondulatorio nelle zone più distanti. All’epicentro, ove le onde sono più rapide, i danni usualmente sono più gravi, mentre ove i fabbricati sono investiti da onde ondulatorie, di norma i danni sono più lievi.

Si è avuto modo di osservare anche che in pratica le scosse telluriche avvengono sempre nella stessa direzione per cui i fabbricati vengono sollecitati da terremoti successivi, sempre alla stessa maniera.

Un'altra considerazione scaturita dall'osservazione diretta è che le lesioni dei fabbricati avvengono perpendicolarmente ai raggi sismici dei fronti d'onda.

Le pareti normali ai fronti d'onda, pertanto, sono più danneggiate dalle scosse ondulatorie.

Alla luce di questa considerazione, in zona sismica, per contenere i danni da sisma sarebbe opportuno orientare nuovi fabbricati in modo che l'urto sismico sia assorbito "diagonalmente" dal fabbricato.

Le pareti murarie perimetrali disposte normalmente al fronte d'onda si distaccano più facilmente dai muri trasversali ribaltandosi "fuori piano" scoprendo l'interno delle abitazioni.

Le lesioni che si manifestano nei fabbricati in muratura, in linea di massima possono raggrupparsi in tre categorie:

- lesioni da scosse sussultorie forti, che producono lesioni o rottura catenaria;
- lesioni da scosse ondulatorie, che producono lesioni inclinate verso la direzione della spinta sismica;
- lesioni da scosse sussultorie lievi, che producono lesioni paraboliche.

Le lesioni a "catenaria", essendo prodotte da un urto violento dal basso verso l'alto, tendono a staccare la parte terminale dell'edificio approssimativamente secondo una catenaria.

Questo fenomeno si è verificato in Abruzzo sia in occasione di sismi remoti che per quello recente.

Le lesioni inclinate verso la direzione della spinta sismica, generalmente, si riscontrano nei muri di facciata paralleli alla direzione della pulsazione sismica.

Le lesioni paraboliche, sono prodotte dal cedimento del piano fondale che a seguito del sisma determina un fenomeno di assestamento che può differenziarsi anche nel tempo.



**“Catenaria” per effetto del sisma aprile 2009 Onna (AQ).  
A. Spizuoco 2009**



### **1.2.1.1.1 Testimonianze e considerazioni derivanti da eventi tellurici recenti**

Io stesso posso essere valido testimone di quella che è la violenza distruttrice che si scatena sulla superficie terrestre a seguito dei movimenti tellurici; faccio riferimento, in particolare, al terremoto dell'Aquila del 2009 che ho avuto modo di analizzare in qualità di studioso della materia (A. Spizuoco, Workshop “Il Terremoto Aquilano dell'aprile 2009: primi risultati e strategie future”; Università G. D'Annunzio Chieti-Pescara) e al fortissimo sisma che, avendo avuto il suo epicentro in Irpinia nel Novembre 1980, provocò danni e vittime anche nelle regioni circostanti colpendo, sia pure in modo non grave, il territorio dell'agro nolano e San Vitaliano (NA), il paese in cui abito.

Posso assicurare i lettori che sono attimi di un terrore indicibile perché si ha l'impressione, fondata, che tutto possa rovinare all'improvviso sommergendoti sotto un cumulo di macerie.

Nel 2008 furono varate nuove Norme Tecniche che prevedevano l'abbandono del criterio di calcolo delle “tensioni ammissibili” per far posto al metodo degli “stati limiti” e ciò

rivoluzionando la modalità di applicazione delle sollecitazioni sismiche alle strutture e le conseguenti progettazioni e verifiche di calcolo.

Con la nuova Normativa Tecnica fu stabilito che i valori delle accelerazioni entranti in gioco fossero decisamente più alti e più veritieri rispetto a quelli utilizzati fino al 2008.

Questo perché il coefficiente “c” fornito dall’antecedente normativa pari a  $(S-2)/100$  non era altro che un parametro empirico scaturito dall’esperienza dei terremoti storici verificatisi in Italia e all’epoca usato impropriamente da diversi operatori del settore, come accelerazione di base (F.Ortolani-A.Spizuoco-S.Pagliuca, Università Federico II 1992; Geologia Tecnica Territoriale in aree Sismiche: problematiche connesse alla valutazione dell’amplificazione sismica locale).

Per moltissime strutture non si verificarono effetti disastrosi, perché essendo esse calcolate con il metodo delle tensioni ammissibili (A. Spizuoco, LER 1998; Lezioni sul c.a.) e ben costruite, avevano ancora una notevole riserva di resistenza.

Tale comportamento, sarebbe stato diverso se le calcolazioni fossero state condotte con il metodo agli stati limiti.

La Normativa tecnica ha fatto, nel frattempo, notevoli passi in avanti anche se sono del parere che alcune indicazioni vanno comunque rivisitate, così ad esempio non è idoneo classificare, ai fini sismici, i terreni nel sottosuolo in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio riferita ai primi 30 metri di profondità, per valutare l'amplificazione sismica locale di un terremoto ed anche perché questo parametro indicato dalla Normativa non è da ritenersi, incontrovertibilmente, attendibile per essere utilizzato al fine di valutare l'amplificazione sismica; elemento quest'ultimo che costituisce la base di partenza per tutti i calcoli di verifica e progettazione dei fabbricati. Occorrerebbe stabilire la funzione di amplificazione del moto nel sottosuolo, dal bedrock alla superficie del piano campagna e al limite nel caso in cui il bedrock sia molto profondo, tenere presente che l'accelerazione in superficie è (salvo casi particolari) in genere, influenzata dal comportamento dei terreni presenti nei primi 100 metri di profondità (non nei primi 30 metri come stabilito dalla Normativa senza il supporto di validi elementi scientifici) e ciò in riferimento alla lunghezza delle onde sismiche e alla

tipologia di fondazione (A. Spizuoco, Università degli Studi Federico II 2012; Elemento di fabbrica: Fondazione).

Bisogna avere il coraggio di dire che si eseguono raffinatissimi calcoli di strutture sulla base di parametri empirici privi di validi accreditamenti scientifici ma che sono adoperati per determinare il fattore di amplificazione di un terremoto, ossia in ultima analisi per decidere l'accelerazione d'impatto sul fabbricato, da utilizzare per i calcoli delle strutture.

E' deducibile, per quanto detto in precedenza, che tutti gli interventi edilizi effettuati in zone "riclassificate sismicamente" con ritardo e a "ricostruzione" avvenuta, siano stati realizzati con criteri antisismici insufficienti perché eseguiti in funzione di una sollecitazione sismica inferiore, ovvero sottostimata rispetto all'entità del pericolo successivamente valutato.

Se prendiamo, poi, in considerazione gli ulteriori sviluppi normativi, si arriva alla conclusione che per gli edifici precedentemente costruiti, specialmente per quelli di antico impianto (A. Spizuoco, Università degli Studi Federico II; Indagini e Tecniche di intervento per il Consolidamento di

Edifici in muratura di antico impianto), comunque non c'è da stare tranquilli.

Alla luce di quanto innanzi riportato, si è della convinzione che sia indispensabile una “rivisitazione” di tutti gli edifici strategici costruiti prima del 2008 per poi passare a quelli adibiti a civili abitazioni per tutte quelle zone in cui si è consentita l'edificazione con norme inadeguate.

Per onestà intellettuale va detto anche che per modellare accuratamente la forma dello “spettro” per uno specifico terremoto sarebbe necessario almeno conoscere: le dimensioni della faglia che genera il terremoto, il percorso delle onde sismiche dall'ipocentro al sito in esame e le proprietà geotecniche, ma meglio ancora quelle dinamiche (A. Spizuoco – F. Aprile, Università Federico II 1992; Parametri Statici e Dinamici dei terreni Superficiali) dei materiali attraversati dalle onde sismiche lungo il percorso.

La verità è che nessuna di queste caratteristiche è nota con idonea accuratezza.

Un modo possibile indicato dalla normativa per far fronte alla “problematica” è quello di utilizzare l'analisi delle “carte di

pericolosità sismica” (costruite sulla base di un metodo probabilistico) per definire i terremoti di riferimento.

Carte di pericolosità sismiche derivanti dai dati riportati nel catalogo sismico (elenco dei terremoti noti dall’anno 1000 ad oggi), dalla geometria delle zone sismogenetiche e dalle leggi di attenuazione per stimare lo scuotimento in un dato sito.

Fare affidamento, indiscutibilmente, su queste carte ritenendole “sic et simpliciter” rappresentative di possibili scuotimenti sismici futuri, potrebbe essere una pura “illusione”.

Questo per diversi motivi tra cui per primo va segnalato che il catalogo sismico è riferito ad una serie di terremoti riguardanti circa un migliaio di anni con dati “significativamente accettabili” dal 1500 in poi (quando i tempi per “ricaricare energeticamente” una faglia sono dell’ordine di centinaia o di migliaia di anni); per secondo motivo, i terremoti tendono a raggrupparsi sia spazialmente che temporalmente e ciò sta a significare che sono privi del fattore essenziale della “stazionarietà”.

Qualche “parola” obbligatoriamente va “spesa” anche in riferimento alla attendibilità dei dati, storici ed attuali, che vengono divulgati dalle fonti ufficiali e ciò con particolare



**Zona fratturata tra i pozzi n°33 e 34 con evidente espulsione di blocco tufaceo**

**Casamarciano (NA) – A. Spizuoco 1986**

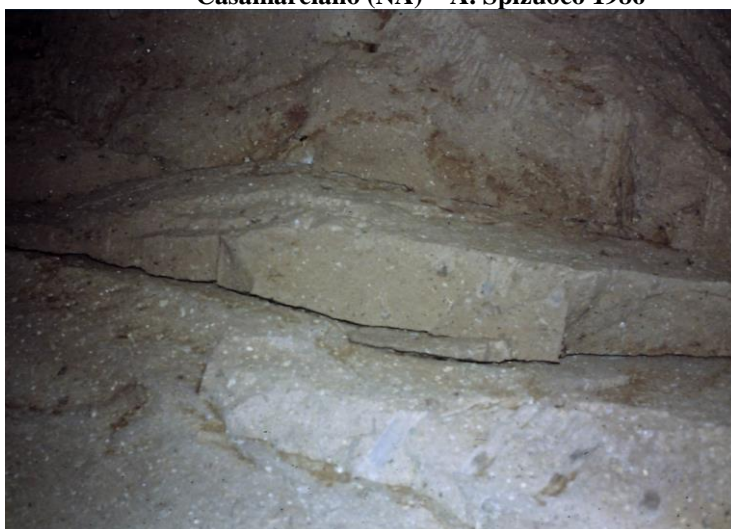


**Zona intensamente fratturata in prossimità di pozzo di areazione**



**Zona di intensa fratturazione per stress geomeccanico**

**Casamarciano (NA) – A. Spizuoco 1986**



**Linea di frattura**



Le condizioni di stabilità di queste cavità, spesso, sono ai limiti del collasso, anche se ad un'analisi visiva ciò può non risultare evidente.

Di seguito si riportano, ulteriori, fotogrammi scattati durante rilievi in cavità sotterranee eseguiti dallo scrivente, dopo il terremoto Irpinia del 1980. Nella fattispecie la coltivazione è avvenuta per camere successive e hanno forma a base quadrangolare o a base circolare e con una volta a “campana” o a tronco di piramide.



**A. Spizuoco 1986**



**A. Spizuoco 1986**



Nella fattispecie, l'escursione in sotterraneo mise in risalto la presenza di:

- Una cava a camere successive;
- Più pozzi di cava, di cui uno utilizzato come scarico di acque nere;
- Diverse fratture di varia ampiezza nelle volte tufacee.

Giacché lo scrivente riteneva che il fabbricato sovrastante insisteva sul sistema di cavità, predispose un accurato rilievo per stabilire il posizionamento del fabbricato rispetto alle cave.

Alla osservazione diretta si riscontrò l'esistenza di un'antica cava artigianale, destinata all'estrazione di materiale per impiego locale (tufo).

La morfologia della cava aveva i seguenti caratteri:

- Un pozzo di accesso verticale di diametro di circa 2.00 metri che dopo aver attraversato per circa 15 metri il materiale sciolto che si trova stratigraficamente al di sopra del banco tufaceo, immette nella camera di lavoro sottostante;
- Prima camera di cava con forma di base quadrilatera e una volta piramidale;

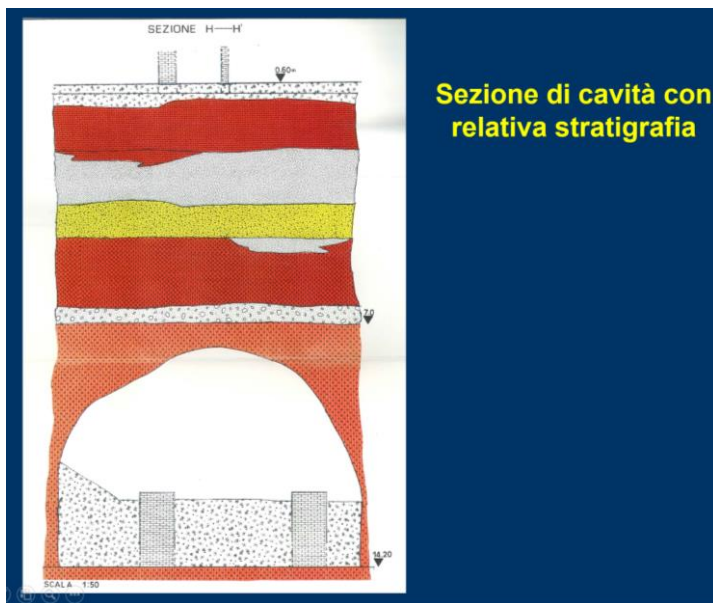
- Dalla prima camera si accede ad una seconda e da questa ad una terza e così via;
- Un muro, in fondo all’ultima camera sbarra l’accesso al rimanente corpo di cava, le cui dimensioni sono quindi ignote;
- Alcune di queste camere hanno una forma di base circolare e la volta a cupola.

Le differenti forme di volta sono evidentemente imputabili alle diverse maestranze che in passato sono state addette all’estrazione.

In entrambi i casi, tali profili evitavano ogni necessità di opere di sostegno.

In queste cavità si riscontrano diversi pozzi di accesso attualmente chiusi. Sicuramente i vecchi proprietari per poter riutilizzare il suolo sovrastante tali pozzi li tappavano pavimentandone la base (all’attacco con la volta sovrastante) con legname e ricoprendo il tutto con terreno.

Il cedimento del terreno in corrispondenza di questi “Tappi”, è sovente un incidente rivelatore dell’esistenza di questi pozzi, che non sono facilmente individuabili essendo ricoperti dello stesso materiale piroclastico che affiora ovunque in superficie.





Dopo gli eventi tellurici, la sorpresa fu che questi edifici, costruiti su cavità sotterranee, erano rimasti quasi immuni dall'evento sismico, confermando una ipotetica asismicità che i nostri avi riscontravano nei pozzi per irrigazione e/o nei fabbricati ove erano presenti pozzi da cui si attingeva acqua ed usati anche per conservare al fresco bevande e/o frutta.

La spiegazione potrebbe essere che la presenza del vuoto delle cavità, abbia smorzato l'onda sismica, e quindi aver avuto un effetto benefico rispetto a zone senza cavità.

Ovviamente questo è da ritenersi possibile se siamo in presenza di cavità potenzialmente stabili e ciò anche perché le cavità sono immerse nel mezzo che trasmette il sisma.

Giacché, poi, sotto sisma, la sollecitazione dinamica, specie se intensa e di lunga durata, provoca l'improvviso collasso di masse rocciose originariamente instabili o in condizioni di avanzato deterioramento di equilibrio statico, si impone, in ogni caso, una verifica diretta delle condizioni di stabilità delle cavità dopo qualsiasi evento tellurico.

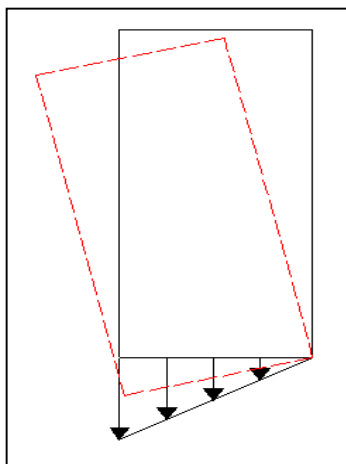
#### **1.2.1.1.2 Norme pratiche tradizionali**

L'osservazione diretta sul territorio dopo il susseguirsi di vari terremoti, induce alcune considerazioni di carattere generale:

- I fabbricati di un agglomerato edilizio posizionati in mezzo ad altri fabbricati, risentono meno i danni di terremoti sia di tipo sussultorio che ondulatorio.
- Le pareti prospicienti vie e cortili e gli spigoli esterni dei fabbricati, sono più vulnerabili ai terremoti e inclini a subire danni maggiori.
- I manufatti isolati (fabbricati, torri, campanili, ecc.) sono quelli più esposti a subire terremoti.
- I manufatti fondati su rocce o terreni compatti risentono meno degli effetti del terremoto e sono meno soggetti a fenomeni di amplificazione sismica;
- I fabbricati con cantonali armati con catene in ferro e con muri diagonali alle pulsazioni sismiche sono quelli che risentono meno del terremoto;

### **1.2.1.1.3 Lesioni per cedimento fondale**

Nel caso di pannello verticale il possibile cinematismo è dovuto al ribaltamento del pannello (Fig.3).



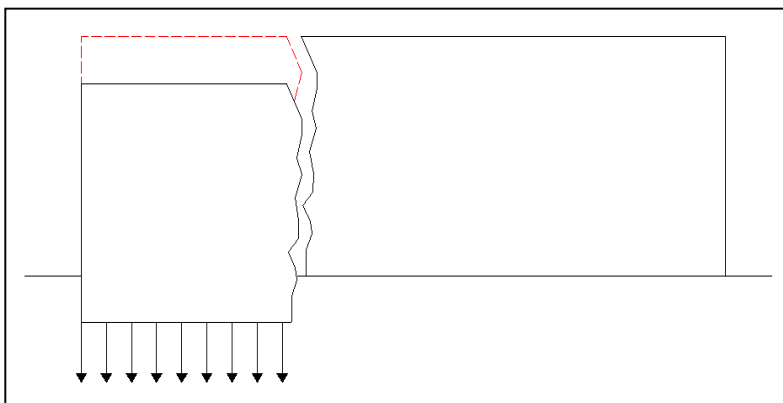
**Figura 3.**

Nel caso di pannello orizzontale l'effetto fessurativo che si manifesta è legato ai diversi cedimenti differenziali che si innescano lungo il piano fondale del pannello.

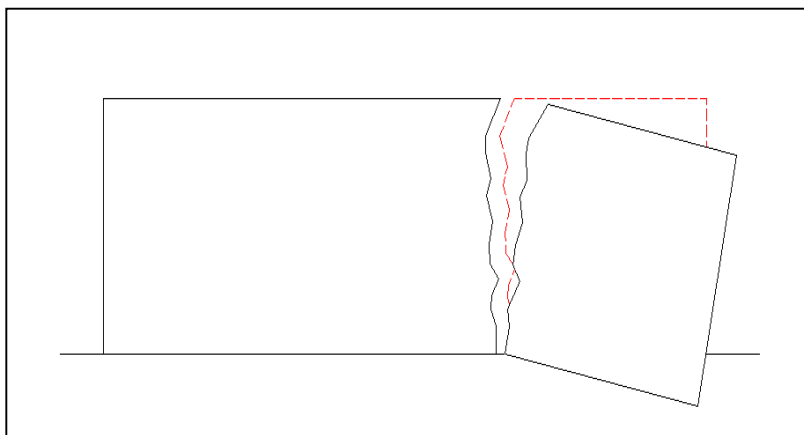
- Possiamo avere lesione da “tranciamento” (Fig.4) prodotta dal cedimento di fondazione di una zona estrema del pannello; l'andamento della lesione è pressoché verticale (vedi foto seguente). Un andamento simile, ma con apertura più ampia in sommità che tende a chiudersi verso il basso, è dovuto



ad effetti flessionali del comportamento a mensola del pannello (Fig.5). In questo caso la lesione nel pannello è, comunque, ubicata al “passaggio” tra terreno stabile e quello “ceduto”.



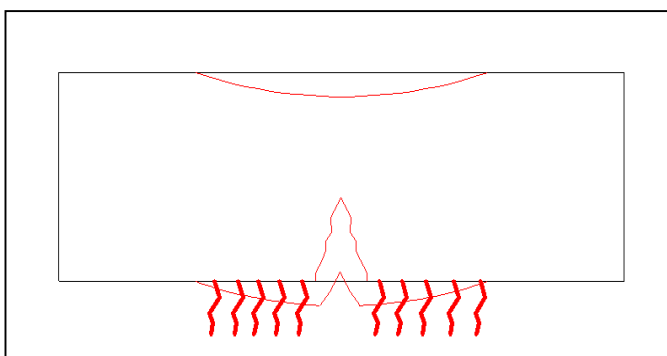
**Figura 4.**



**Figura 5**

### **verticalizzazione delle fessure che accompagna la riduzione dimensionale (L1, L2, L3) della mensola stessa da 1 a 3.**

- Lesione per “flessione”, prodotta dal cedimento di fondazione di una zona (più o meno estesa) intermedia del pannello (Fig.6); in questo caso la lesione si manifesta aperta nel punto di massimo cedimento per tendere a chiudersi man mano che si sale nel pannello. Ciò è dovuto al comportamento a trave appoggiata del pannello ove gli appoggi sono da individuarsi nelle due zone di fondazione in cui il piano fondale non è ceduto. In tal caso, considerando il pannello come una trave appoggiata-appoggiata, le fibre tese sono al di sotto dell’asse orizzontale del pannello, per cui le lesioni sono più larghe nella parte bassa e tendono a chiudersi completamente man mano che si sale di quota.



**Figura 6.**

- Lesione a paraboloide o ad arco, si manifesta quando il cedimento riguarda una zona fondale abbastanza concentrata ovvero poco estesa (vedi foto seguenti).



**Frattura per cedimento fondale - A. Spizuoco 2010**

**E' chiaramente visibile ed individuabile il solido sede del cedimento (traslazione verticale).**

### **1.2.2 Lesioni d'assestamento**

Le cosiddette lesioni di assestamento, ben note ai muratori del passato, costituiscono il riassetto definitivo a cui il manufatto murario giunge nelle prime fasi della sua vita. Questo genere di lesione deriva dai lievi processi di traslazione verticale che la muratura subisce durante la costruzione, a causa dell'assestamento del terreno, giacché, specialmente per edifici d'antico impianto, i setti murari sono elementi eterogenei composti da malta e pietre poggiate su terreno (negli edifici più recenti si riscontra una fondazione in calcestruzzo talora debolmente armata).

E' fortemente influenzato dall'altezza (e quindi dal peso) complessiva del fabbricato, dallo spessore e numero dei giunti di malta (infatti, durante la posa in opera dei mattoni, il muratore eseguiva la battitura degli elementi posizionati proprio per ridurre lo spessore del giunto e costipare la malta, in modo da ridurre l'assestamento), dal ritardo della presa e dalla rapidità di avanzamento dei lavori (negli edifici multipiano conveniva attendere che i giunti di malta facessero presa aspettando anche diversi giorni, circa 10 giorni, meno se

si usava malta di cemento) prima di proseguire con la costruzione del piano successivo.

A titolo indicativo, per evitare “sorpresa”, si consiglia di non superare lo spessore di 5.00 millimetri per i giunti di malta nella costruzione di elementi murari. Soltanto eccezionalmente e con l’impiego di malta cementizia si potrebbe consentire uno spessore di circa 10.00 millimetri.

E’ appena il caso di riportare che, per murature costruite con giunti di malta, di calce e sabbia, la durata dell’accorciamento può essere anche di sei mesi.

Alla luce di quanto innanzi, è opportuno costruire murature mantenendole sullo stesso piano orizzontale, facendole “riposare” per step successivi in modo che l’accorciamento sia graduale ed uniforme.

Ovviamente, per le zone di muratura da ricostruire, in edifici di antico impianto, i letti di malta e le connessioni tra i mattoni, per quanto innanzi esposto, categoricamente, non dovrebbero superare i 5.00 millimetri. Si dovrebbe, poi, tenere sempre presente che, nel caso di sarciture con la tecnica del cuci e scuci, se lo spessore dei giunti di malta non è sottile, il risanamento può essere addirittura controproducente.

Si possono manifestare tre tipi di assestamento:

- assestamento dei materiali;
- assestamento delle malte;
- assestamento del piano fondale.

L'assestamento dei materiali è, in realtà, difficilmente percepibile e si manifesta unicamente quando il pannello murario è costituito da pietre tenere.

In effetti, l'accorciamento delle pietre è funzione del modulo di elasticità della roccia da cui è costituita la pietra e da ciò deriva che l'accorciamento è massimo a metà altezza del muro. Va detto che questi, essendo dell'ordine di qualche decimo di millimetro, risultano di difficile misurazione.

Le lesioni di riassetto si presentano in dimensioni capillare ed anche in forma più sensibile negli incroci dei muri o negli angoli dei fabbricati, nelle chiavi degli archi e volte ed anche nelle piattabande.

Un accorciamento significativo, invece, si ha con le malte perché esse sono soggette a forte compressione e, man mano che induriscono, diminuiscono sensibilmente di volume. Proprio per questo motivo era opportuno che i ricorsi di malta

fossero molto sottili; viceversa si potevano verificare sproporzionati effetti di “assestamento”. Il quadro fessurativo dovuto ad uno sproporzionato “assestamento”, specialmente se osservato a distanza di tempo da quando si è manifestato, può indurre un tecnico inesperto a non individuare l’effettiva causa del fenomeno.

Per quanto riguarda il cedimento derivante dalla compressibilità del piano di posa delle fondazioni, c’è da dire che esso dipende da diversi fattori e merita sicuramente un approfondimento a parte.

### **1.2.3 Lesioni di cedimento del piano fondale**

Va detto, in ogni caso, che esso è funzione della geometria e del tipo di fondazione del fabbricato, del carico che deve sopportare, dell’approfondimento della fondazione rispetto al piano campagna e dalle caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione.

Non va sottovalutato, inoltre che, generalmente, per edifici fondati su terreni sabbiosi, il cedimento era pressoché immediato o al massimo si estingueva entro un anno dalla

realizzazione dell'opera. Per edifici fondati su terreni argillosi, il decorso dei cedimenti era molto più lungo e il suo decorso poteva essere anche compreso in un decennio.

Dal punto di vista morfologico le lesioni da cedimento possono essere:

- **Paraboliche:**

- paraboliche e/o a parabola da “raccordare” con concavità verso il basso: si manifestano su muri con fondazioni continue;
- a parabola su muri pieni senza aperture;
- a parabola allungata da raccordare “fittiziamente” su muri con aperture.

Quest'ultimo caso è simile all'effetto di un forte cedimento di un pilastro intermedio appartenente ad un fabbricato fondato su archi e pilastri.

- **Subverticali:** si manifestano su muri (senza aperture) poggiati su archi e/o pilastri oppure nelle zone ricostruite.



- **Immergenti** verso le zone di cedimento: si manifestano nei muri (poggiati su archi e pilastri) con aperture e incidono su finestre, davanzali, piattabande e parapetti.

Va detto che, generalmente, il pensiero comune è che le lesioni si manifestino più frequentemente nei piani bassi piuttosto che negli ultimi piani del fabbricato.

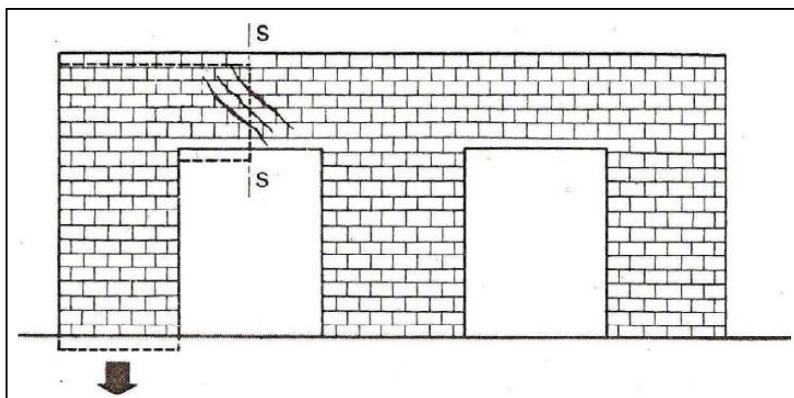
Questa congettura non è sempre vera; infatti, le lesioni per cedimenti di muri (con aperture o non) con fondazione continua sono più accentuate nelle fondazioni e ai piani inferiori del fabbricato. Le lesioni per cedimenti di muri (con aperture o non) fondati su archi e pilastri, invece, iniziano dai cornicioni del fabbricato, ove sono più ampie e si propagano (tagliando piattabande, davanzali e parapetti di finestre qualora presenti) fino in prossimità del piano stradale, ove tendono a chiudersi in maniera capillare.

Per edifici di una certa importanza, ad esempio con altezza da 20.00 a 30.00 metri, generalmente le lesioni partono dalla “vetta” del fabbricato e si estinguono al primo piano lasciando completamente incolume il piano terra.

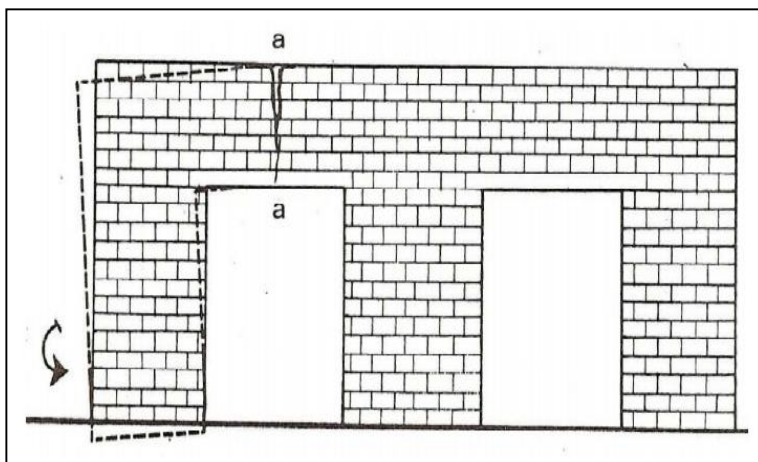
### **1.2.4 Lesioni di trazione**

Le lesioni di trazione si verificano in quelle parti della muratura dove insorge una tensione di trazione, alla quale la muratura non è in grado di resistere in conseguenza di uno sforzo normale di compressione ove il centro di pressione sia fuori dal nocciolo.

Queste lesioni hanno un andamento inclinato di circa  $45^\circ$ , poiché la muratura viene sottoposta ad uno sforzo tagliante e, tra le cause frequenti, si ricordano gli spostamenti relativi tra due elementi murari dovuto ad un cedimento traslativo o di rotazione di fondazione.

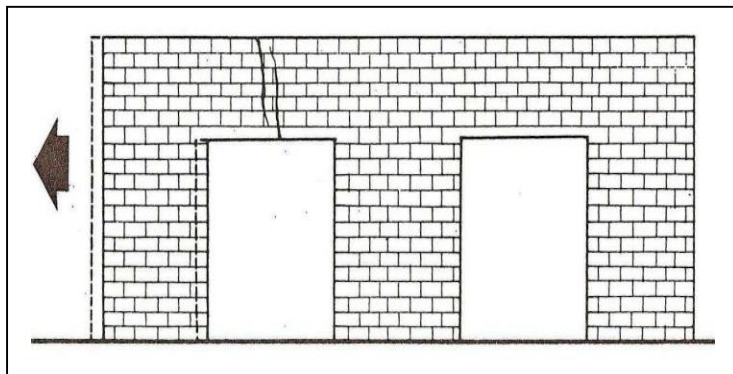


**Lesioni provocate da tensioni di trazione conseguenti a cedimenti differenziali delle fondazioni.**



**Lesioni provocate da tensioni di trazione conseguenti a cedimenti di rotazione delle fondazioni.**

I cedimenti di traslazione orizzontale delle fondazioni si manifestano prevalentemente in presenza di fondazioni poco profonde poste su terreni argillosi. In periodi di siccità questi terreni si contraggono originando fenditure verticali nel terreno stesso. Per aderenza, tali spostamenti vengono impressi anche alla fondazione che potrebbe lesionarsi, specialmente se costituita da muratura a diretto contatto con il suolo. In tal caso la lesione si propaga in direzione delle strutture superiori. Alla vista, i bordi della lesione si corrispondono esattamente.



**Lesioni provocate da tensioni di trazione conseguenti a cedimenti di traslazione orizzontale delle fondazioni.**



**Cedimento di roto-traslazione - A. Spizuoco 2010**

L'osservazione delle lesioni prodotte nei fabbricati, spesso fornisce indicazioni insostituibili.

Indicazioni attendibili, in particolare sul comportamento della struttura nel tempo ed entro certi limiti possono aversi solamente tramite rilievi strumentali, tenendo presente che, in genere, i quadri fessurativi assumono forme geometriche diverse a seconda del tempo trascorso tra l'inizio del fenomeno ed il tempo di osservazione.

Questo perché, esiste una interazione continua tra la zona che ha subito il cedimento e la restante parte del fabbricato.

Interazione che comporta modifica degli scarichi sulle fondazioni, diversi da quelli iniziali, per cui si avranno nuove sollecitazioni che produrranno nuovi cedimenti che, a loro volta, modificheranno il quadro fessurativo iniziale e così via, traendo in inganno eventuali operatori che tentano di individuare la causa del dissesto.

Bisogna ancora aggiungere che tale situazione già di norma si verifica quando la situazione geotecnica è di tipo regolare; si tenti, allora, di immaginare la complessità di un quadro fessurativo a cui dovrà aggiungersi l'effetto di una situazione geotecnica molto complessa o anomala.



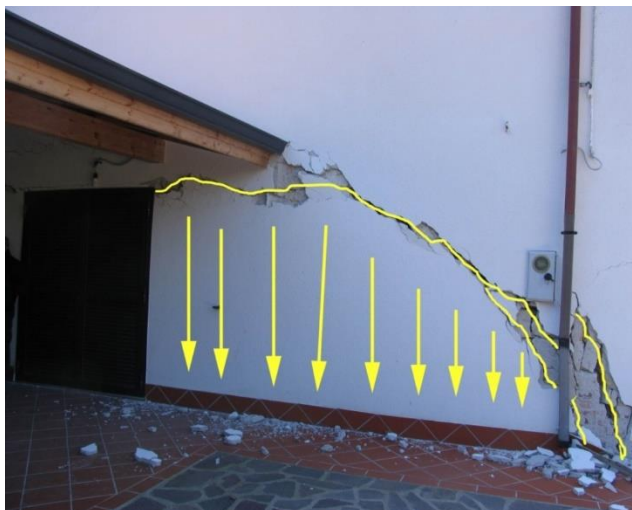
**Cedimento di “estremità” in una parete muraria.  
A. Spizuoco 2009**



**Direzione del cedimento interessante la parete.  
A. Spizuoco 2009**



**Cedimento “centrale” di parete muraria-A. Spizuoco 2009**



**Direzione cedimento parete precedente - A. Spizuoco 2009**



**Lesioni su pareti perimetrali di un edificio - A. Spizuoco 2000**



**Direzione dei cedimenti - A. Spizuoco 2000**





**Visione globale della frattura - A. Spizuoco 2000**



**Direzione dei cedimenti - A. Spizuoco 2000**

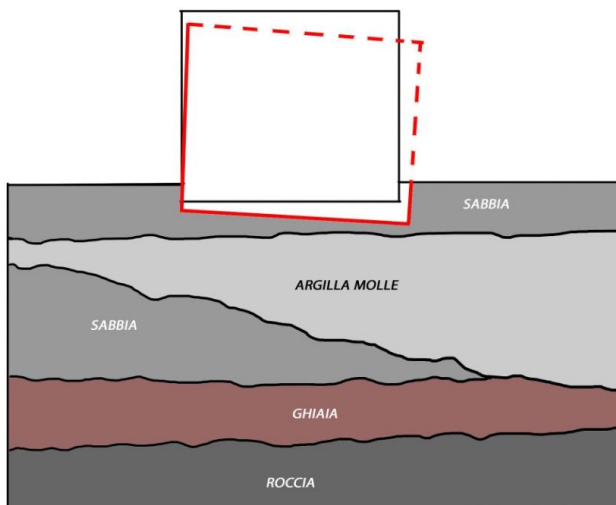
### **2.1.1 Crolli per cedimenti fondali**

A causa di cedimenti fondali, numerosi sono i crolli che si verificano per cui occorre porre la massima attenzione per scongiurare questi accadimenti.

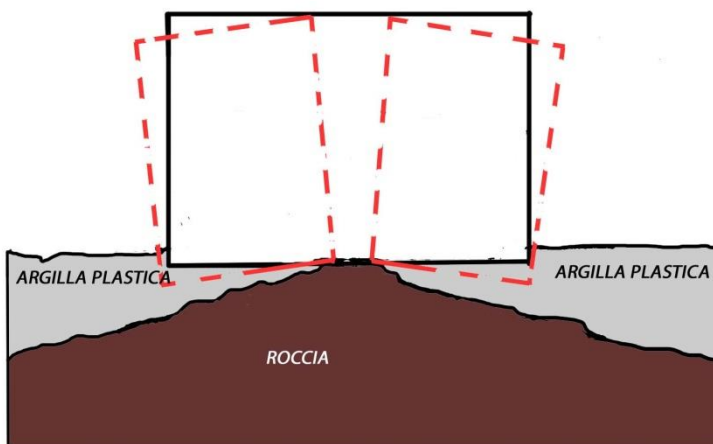
Si ritiene, perciò, riportare di seguito una rassegna delle cause più frequenti che fanno registrare spiacevoli sorprese.

### **2.1.2 Principali patologie da cedimento fondale**

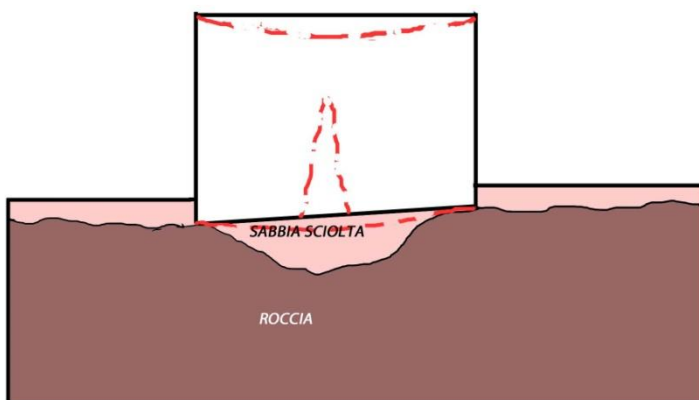
Di seguito si mostrano ulteriori avvenimenti reali la cui documentazione fotografica è stata tratta, come quelle precedenti, dall'archivio "lavori" del Centro Studi progettazioni strutture & geologia geotecnica di San Vitaliano (NA).



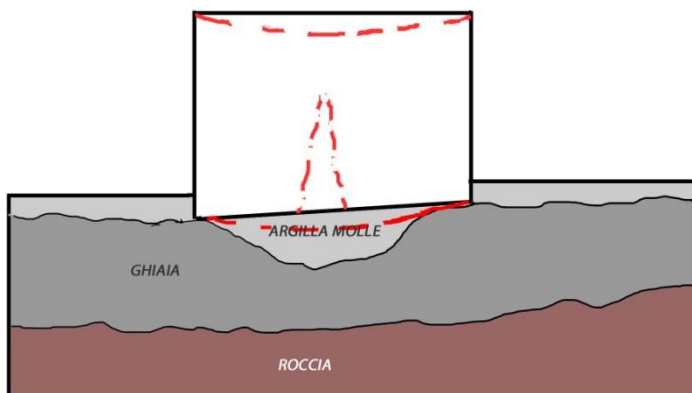
**Schema 1.**



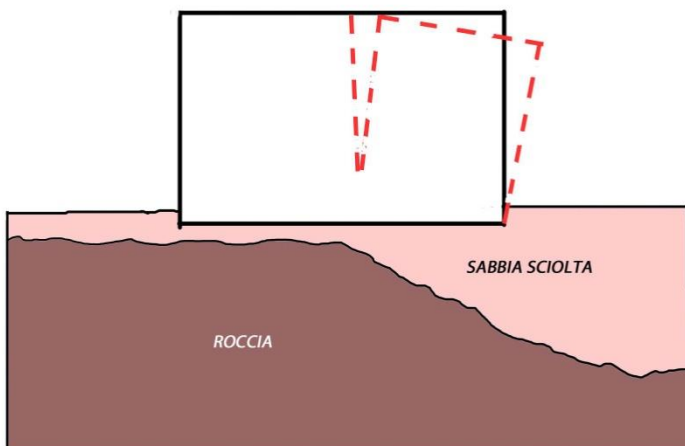
**Schema 2.**



**Schema 3.**



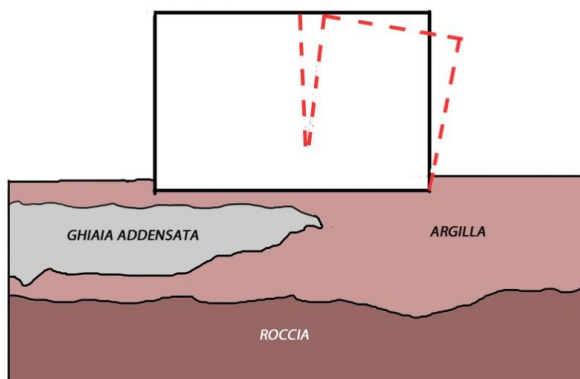
**Schema 4.**



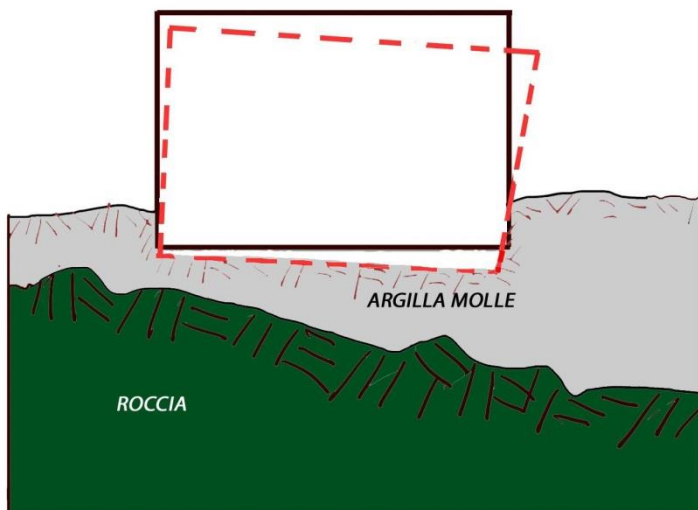
**Schema 5.**



**Situazione reale dello schema 4 - A. Spizuoco 2010**



**Schema 6.**



**Schema 7.**



**Situazione reale dello schema 6 – A. Spizuoco 2010**



**Miracolo della statica: inspiegabilmente il secondo piano non è crollato sebbene privo delle strutture portanti dei piani inferiori**



### **2.2.1 Lesioni di schiacciamento**

Lo schiacciamento è sicuramente da ritenersi il fenomeno di dissesto più pericoloso perché i sintomi dapprima sono quasi impercettibili per poi manifestarsi rapidamente e, una volta innescatisi, esso evolve velocemente sempre in fasi più precarie, in particolar modo nelle murature a sacco.

Si verifica quando le tensioni nel materiale superano il limite di rottura e questo può essere imputato all'eccesso di carico, oppure al degrado delle malte per vetustà, a laterizi o pietre poco resistenti, o ancora, alla cattiva realizzazione delle murature.

I fenomeni di disgregazione delle malte sono molto frequenti, poiché le irregolarità del piano di posa creano concentrazioni di tensione che lesionano i giunti e spesso anche i mattoni. La rottura per schiacciamento del mattone avviene in quanto esso è sottoposto a compressione, per effetto della deformabilità della malta, e si manifesta sotto forma di fessure verticali ortogonali al giunto. Lo schiacciamento degli elementi strutturali, invece, può verificarsi sotto il peso proprio o a causa di eccesso di carichi concentrati e/o distribuiti. Generalmente, lo schiacciamento di una parete muraria segue sempre al

manifestarsi di un rigonfiamento a circa metà altezza della parete.

Infatti, con riferimento ad esempio ad una muratura a sacco, un eccesso di sforzo di compressione provoca una deformazione che tende, inizialmente, a “spanciare” il materiale detritico presente nell’intercapedine per poi estendersi ai due paramenti interno ed esterno. La lesione si innesca inizialmente nella zona centrale dell’intercapedine perché essa costituisce la zona più tenera e meno resistente per poi estendersi ai paramenti che sono più rigidi e resistenti nei confronti dello sforzo agente.

Va detto che lo schiacciamento può manifestarsi anche in pareti murarie “piene” ed, in questo caso, il decorso del fenomeno è addirittura più veloce di quando esso si manifesta nella muratura a sacco. Ciò perché, mentre nella muratura a sacco il fenomeno presenta due fasi, la prima riguardante l’intercapedine interna (muratura più "debole"), la seconda i paramenti esterni (muratura più "forte"); nel caso di muro pieno, il meccanismo fessurativo investe l’intera muratura venendo direttamente meno la muratura rigida e resistente.

### **2.1.1.1 Crollo campanile di San Marco di Venezia avvenuto nel 1902**

Forse il primo, clamoroso, crollo documentato causato dal fenomeno di schiacciamento, è rappresentato dal caso del campanile di San Marco di Venezia avvenuto nel 1902.

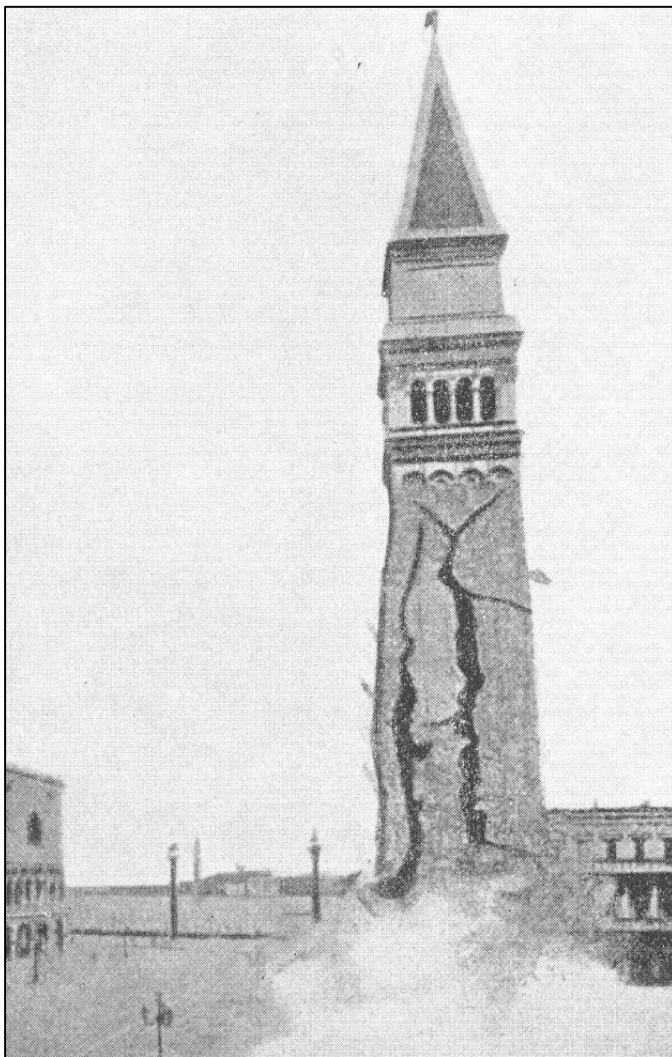
La costruzione su cui fu eretto il campanile ebbe in origine funzione di torre di avvistamento e di faro e venne iniziata nel IX secolo su un blocco di muratura di 3.70 metri di spessore con dimensioni in pianta di metri 13.00x13.00 appoggiato su pali in legno lunghi 1.50metri immersi in un terreno sabbioso con pelo libero della falda che lambiva la testa dei pali.

Alto 98,60 metri era uno dei campanili più alti d'Italia, chiamato dai veneziani "*El parón*" de casa (Il padrone di casa); aveva forma semplice e si componeva di una canna di mattoni, scanalata alta circa 50 metri, sopra la quale si trovava la cella campanaria, ad archi, sormontata da un dado, sulle cui facce erano raffigurati alternativamente due leoni andanti e le figure femminili di Venezia (la Giustizia). Il tutto completato dalla cuspide, di forma piramidale, sulla cui sommità, montata su una piattaforma rotante che funge da segnamento, era posta la statua dorata dell'arcangelo Gabriele.

La torre, già seriamente danneggiata nel 1489 da un fulmine, che ne distrusse la cuspide in legno, venne, poi, gravemente danneggiata da un terremoto nel marzo 1511, rendendo necessario l'avvio di opere di consolidamento.

Dopo alcuni interventi eseguiti sul paramento murario esterno, il 12 luglio fu rilevata la rottura di numerose “biffe” in vetro e una abbondante caduta di calcinacci. La sera del 13 luglio, tra il malumore della folla, non fu consentito un concerto della banda del 18° reggimento di Fanteria che si doveva tenere nella piazza. La mattina seguente di lunedì 14 luglio, alle ore 9.47, il campanile crollò.

Nella letteratura specifica è riportato che il crollo fu provocato dai notevoli cedimenti delle fondazioni così come risultò dai calcoli geotecnici eseguiti dagli studiosi del crollo (Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni - Cestelli Guidi vol.I ed. Hoepli). Su queste conclusioni, però, gli scriventi hanno forti perplessità. Si evince chiaramente che le fratture, rilevabili dall'osservazione della foto di seguito riportata, manifestano un quadro fessurativo nel corpo murario del campanile attribuibile ad uno schiacciamento delle stesse e non ad un cedimento fondale.



**Il campanile di S. Marco al momento del crollo.**

Infatti, considerando un sistema di assi di riferimento x, y con asse delle ascisse orizzontale, quando una muratura è soggetta ai soli carichi verticali, lo stato tensionale è monoassiale e l'unica componente speciale di tensione diversa da zero è quella di compressione. In questo caso, le tracce dei piani di frattura sono perpendicolari alla minima tensione principale di compressione che è orizzontale. Le fratture che ne derivano, quindi, sono verticali congruentemente da quanto si rileva dalla foto del crollo. In pratica si osservano rilevanti fratture parallele alla direzione di compressione dovute alla dilatazione trasversale del corpo murario.



**Il crollo così come documentato da un giornale dell'epoca.**

Quanto sopra è avvalorato, ulteriormente, anche dal fatto che le fratture da schiacciamento, inizialmente, sono molteplici per poi raggrupparsi lungo le linee maggiormente sollecitate ove si palesano più ampie e numerose, congruentemente a quanto osservabile dalla foto. La fase di crollo, inoltre, manifesta l'espulsione del materiale dal paramento murario, così come è ulteriormente e facilmente osservabile dalla foto del crollo.

#### **2.1.1.2 “Step” del fenomeno di schiacciamento**

Dunque, riprendendo il discorso, poiché le pareti murarie non sono mai omogenee né isotrope, il fenomeno di schiacciamento si manifesta essenzialmente in due “step” successivi, ma ben distinti. In teoria per una muratura il carico di rottura dovrebbe essere dato dall'elemento più debole (malta o pietra). Può accadere, però, che possa essere anche inferiore al minore dei due. Questo perché vi possono essere delle imperfezioni costruttive tra i conci di muratura o perché non si ha un legame sufficiente tra malta e pietra causando così un calo della resistenza del pannello murario. Così, ad esempio, una ulteriore causa da non sottovalutare, che potrebbe indurre un fenomeno di schiacciamento anche in murature di nuova costruzione, è

quella di eseguire murature in pieno inverno nelle giornate in cui si alterna il gelo ed il disgelo tra notte e giorno. In tal caso la malta “gelata” non riesce a far corpo con gli elementi lapidei e si sgretola anche facilmente con conseguente schiacciamento della muratura.

Alla stessa maniera, le malte di murature realizzate a giugno o luglio (in genere ad agosto il clima è più tollerante perché caldo umido), con temperature eccessivamente alte, esposte all’azione diretta dei raggi solari, tendono a polverizzarsi compromettendo la stabilità della struttura. A prescindere da ciò, si può ritenere che il primo step sia legato all'attingimento della resistenza limite della malta, se meno resistente del materiale lapideo o laterizio, fattore a seguito del quale comincia a presentarsi polverulenta sfarinandosi anche ad una leggera pressione tra le dita: è questa la modalità con cui si manifesta la disgregazione della malta con uno schiacciamento in atto. I giunti sottoposti al carico si riducono di spessore e l’intonaco subisce un accorciamento con conseguenti espulsioni “paramentali”.

Lo schiacciamento di una parete muraria si manifesta prima nella malta e poi negli elementi lapidei perché, generalmente,



la resistenza della malta è sempre minore dei mattoni impiegati per la costruzione della muratura. Ciò comporta che, sotto l'azione dello stesso peso, i due materiali si deformano diversamente e così, quando la muratura è soggetta ad un fenomeno di schiacciamento, le fratture si innescano lungo i ricorsi di malta. Anche per le nuove costruzioni o nell'esecuzione di interventi di recupero, è richiesta la massima attenzione in fase di posa in opera delle pietre considerando una serie di accorgimenti tecnologici. Fondamentale è che le pietre siano bagnate singolarmente o, per essere più precisi, siano “lavate” ad evitare che la malta faccia corpo a sé. Occorre, dunque, far sì che i due materiali lavorino in maniera solidale garantendo la perfetta aderenza tra essi per impedire che si possa manifestare un fenomeno analogo a quello descritto poc'anzi.

Qualora il tecnico abbia accertato che ci si trova in questo primo step, senza esitazione alcuna dovrà prendere gli opportuni provvedimenti, senza aspettare la rottura delle pietre costituenti la muratura poiché le conseguenze possono essere disastrose.

**Il secondo “step”** si manifesta con la rottura del materiale con o senza scoesione della malta. Questa rottura si verifica quando la malta ha la stessa resistenza dell’elemento lapideo oppure quando la resistenza a compressione della malta è superiore a quella dei mattoni lapidei. Ciò può verificarsi quando si usano malte di cemento.

In questo caso le fratture, invece di localizzarsi nelle connessioni o nei ricorsi della malta si manifestano con fratture nei mattoni.

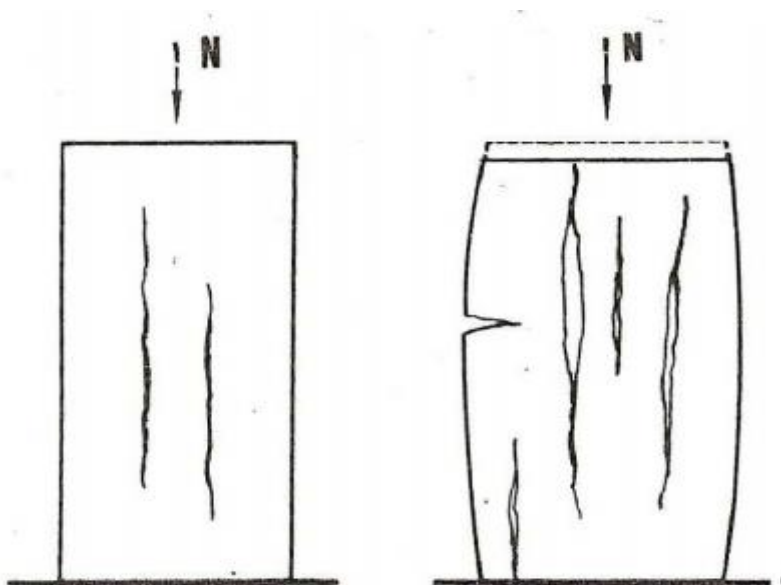
Le fratture nei mattoni si manifestano anche quando la malta nei giunti orizzontali è completamente disgregata o lo spessore è ormai estremamente ridotto. Inizialmente gli elementi lapidei o laterizi presentano fratture di lieve o lievissima entità, multiple e parallele, tutte disposte nella direzione del carico. La lieve entità delle fessurazioni troppo spesso trae in inganno inducendo ad ottimistiche conclusioni; ma in realtà in assenza di un tempestivo intervento il dissesto evolve velocemente inducendo il crollo con grande rapidità.

In definitiva, **in presenza di lesioni da schiacciamento** occorre evitare che *“mentre il medico pensa il malato muore”*, **sono richiesti, invece, pronti rimedi.**



**Ulteriore riparazione eseguita anni orsono su un altro pilastro simile a quello precedente – A. Spizuoco 2017**

La riparazione è consistita, con la tecnica del cuci e scuci, in una parziale sostituzione del materiale tufaceo con mattoni pieni e placcaggio in ferro.



**Evoluzione del fenomeno da schiacciamento.**

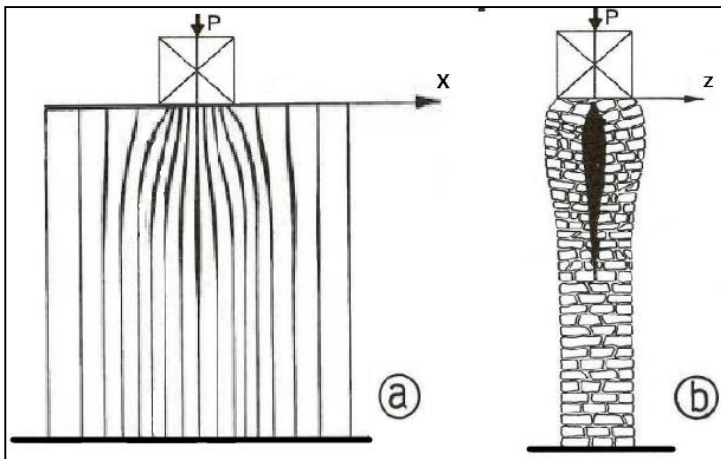
Il quadro fessurativo si unifica in fratture di notevole estensione che preludono al crollo del sistema murario talora congiuntamente a fratture orizzontali. La porzione muraria, svincolata da quelle adiacenti in virtù della lesione formatasi, viene espulsa generando così una riduzione della sezione

reagente ed un conseguente incremento della tensione di compressione. Il fenomeno evolve così sempre più rapidamente: formazione della lesione, distacco ed espulsione del materiale esterno ad essa, riduzione della sezione reagente, incremento della tensione su di essa; e così via fino al crollo.

In entrambi gli “step” i segni di “sofferenza” si manifestano innanzitutto nei punti più sollecitati del fabbricato: piattabande, archi, volte, spigoli, angoli, spallette di porte e finestre.

Tra le cause che producono lo schiacciamento, oltre a quanto innanzi detto, va riportato anche lo schiacciamento localizzato che si manifesta per il notevole carico che insiste nelle zone di appoggio delle travi. In genere per l’azione di inflessione delle travi, in queste zone ove vi sono le testate delle travi, esse si “slegano” dagli appoggi sulla muratura contemporaneamente al manifestarsi di un fenomeno di schiacciamento localizzato. I carichi concentrati inducono un fenomeno di schiacciamento con caratteristiche molto diverse per gli elementi murari e per i pilastri. Il carico localizzato sopra ad un setto murario, nella direzione longitudinale provoca lesioni nella sommità dell’elemento, subito sotto al punto di applicazione della forza. Le fessure assumono l’andamento delle isostatiche di

pressione; infatti nelle zone superiori immediatamente sottostanti al contorno compresso hanno convessità rivolta verso la mezzeria del muro ed allontanandosi dall'area sollecitata, si assottigliano gradualmente come si vede nella figura.



**a) andamento della fessurazione in direzione longitudinale;**

**b) fessurazione in direzione trasversale.**

Nella direzione trasversale del muro, invece, si forma una frattura nel piano medio localizzata nelle regioni immediatamente sottostanti al carico; tale lesione è spesso evidenziata dal rigonfiamento paramentale caratteristico della pressoflessione e l'ingobbamento da inflessione si trova di poco al di sotto del ciglio superiore del muro.

I dissesti per schiacciamento dei pilastri sono più gravi di quelli dei muri continui perché quest'ultimi possono, a differenza degli altri, "trarre sollievo", almeno in una direzione, dalla collaborazione delle regioni murarie contigue non ancora toccate dal dissesto. Nei pilastri monolitici, fatti cioè di un unico blocco di pietra, le fratture da schiacciamento prediligono le superfici interne verticali o inclinate di minor resistenza come le regioni con maggiori discontinuità della massa. Nei pilastri in muratura, le lesioni prediligono il tipo prismatico con fratture verticali a superficie di rottura variamente orientate, accertabili, in superficie dalle caratteristiche fessurazioni verticali, discontinue, alterne. Col progredire del cedimento anche le murature interne sono investite e il processo distruttivo volge velocemente verso gli stadi più precari.

### **2.1.1.3 Crollo per svergolamento travi con schiacciamento localizzato di “pulvino” in testa a pilastro**

Un recente esempio catastrofico di fenomeno da schiacciamento si è avuto nella sede della seconda università di

Napoli Facoltà d'Ingegneria ad Aversa (vedi foto seguenti) ove per l'incremento di peso eccessivo (realizzazione di un masso in calcestruzzo R'ck 20/25, armato con rete elettrosaldata, non alleggerito di 15cm di spessore al di sopra di un preesistente e cospicuo masso sul vecchio solaio esistente) e per la eccessiva concentrazione di tensioni su di un pilastro in muratura, si è avuto un fenomeno di schiacciamento localizzato in testa al pilastro che ha condotto al crollo del solaio in ferro e voltine tufacee ed ovviamente del pilastro sottostante.

## **Evento luttuoso per crollo solaio alla Facoltà d'ingegneria di Aversa (CE)**

**crollo avvenuto il giorno 29.10.2015**

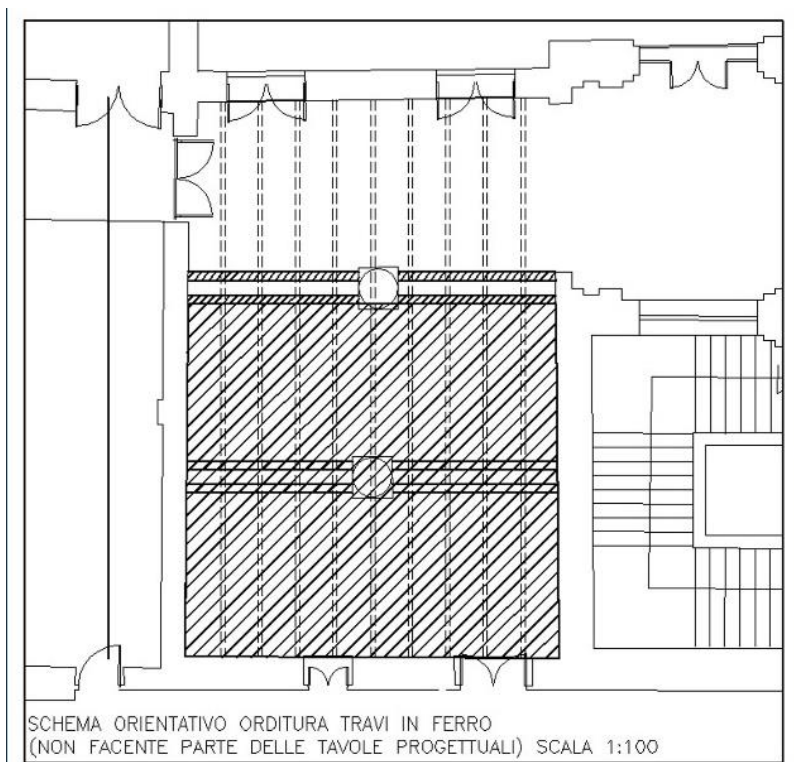




**Residuo della zona crollata ove si nota lo schiacciamento localizzato in testa al pilastro “superstite” e la deformazione delle travi IPE sovrastanti – A. Spizuoco 2015**



**Deformazioni del “pulvino” in testa al pilastro e coppia di travi in ferro su cui scaricava il solaio crollato – si nota anche la traccia sul pilastro di una parete “demolita” prima del crollo – A. Spizuoco 2015**



### **Orditura travi in ferro della zona interessata dal crollo**

(zona crollata a tratteggio pieno)

In realtà contrariamente al disegno sovrastante, le travi principali costituivano una coppia di profilati (con interposti mattoni) di larghezza di base eterogenea per complessivi 32cm poggianti su pulvino di dimensioni simili in testa al pilastro in mattoni di diametro pari a 60 cm. (vedi foto seguenti)



**Ultima fase lavorativa immediatamente prima del crollo**

**Mentre si stava eseguendo il  
getto del masso sovrastante  
cosa è successo**

**???**

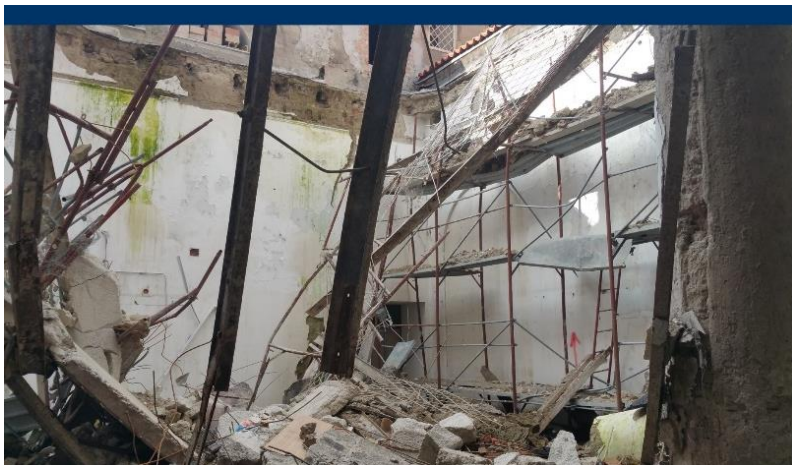
### **2.1.1.5 Fotogrammi del crollo**



**E' crollato il solaio provocando la morte dell'operaio che stava eseguendo il getto – A. Spizuoco 2015**



**Zona residua del solaio crollato – A. Spizuoco 2015**



**Reperti crollati nell'ambiente sottostante – A. Spizuoco 2015**



**Residuo della zona crollata ove si nota lo schiacciamento localizzato in testa al pilastro “superstite” e la deformazione delle travi IPE sovrastanti. Va notato che la**



**Schiacciamento del “pulvino” in testa al pilastro residuo e deformazione del “colletto” in ferro in testa al pilastro, nonché deformazione della coppia di travi in ferro su cui scaricava il solaio crollato. Si nota anche la traccia sul pilastro di una parete “demolita” prima del crollo - A. Spizuoco 2015**



**Residuo pilastro crollato in cui si nota la cattiva “fattura” della muratura – A. Spizuoco 2015**



**Fase di demolizione del residuo solaio non crollato ed in cui è evidente lo schiacciamento del pulvino (cubetto su cui scaricavano i profilati portanti del solaio) sul pilastro.**

**A. Spizuoco 2015**

**Si coglie l'occasione per sottolineare che spesso si manifestano lesioni al di sotto degli appoggi delle travi portanti di un solaio per cattiva esecuzione dei cuscinetti sottostanti. Per tale motivo, di frequente, si osserva sotto l'appoggio, il corrugamento dell'intonaco che denuncia lo schiacciamento del materiale murario e nelle zone laterali, le cui fessurazioni si presentano radiali a 45 gradi.**



**Prof. Ing. Federico Mazzolani con l'ing. Angelo Spizuoco  
durante le operazioni peritali**

**Indipendentemente dalle catastrofi che si verificano è  
sempre un piacere incontrare un mio “vecchio” maestro**



un maschio murario determinando la redistribuzione degli sforzi e quindi un aggravio di carico verticale sui restanti pannelli murari ancora resistenti. Questo problema è particolarmente serio perché, essendo il primo rigonfiamento del muro quasi sempre impercettibile all'occhio non esperto e/o scambiato per una semplice imperfezione dell'intonaco, si può avere il collasso “improvviso” con conseguenze catastrofiche non intervenendo tempestivamente. In presenza di piccoli rigonfiamenti, è opportuno, perciò, osservare la verticalità dei due paramenti della muratura posizionandosi tra porte e finestre, nonché fare un riscontro almeno con filo a piombo e livella e/o con metro laser di ultima generazione. Quando si è certi di essere di fronte ad un fenomeno di schiacciamento, la prima cosa da fare, senza indugio, è quella di murare tutte le aperture incominciando dai piani bassi in modo da distribuire il carico su superfici più ampie, oppure di realizzare pannelli sandwich.

### **2.2.2 Fenomeni “puntuali” per effetto sismico**

Unitamente alla lesione per schiacciamento in presenza di fenomeni sussultori, possono presentarsi ulteriori problemi.

Infatti lo scuotimento sismico dei solai può comportare la perdita dell'appoggio. In questo caso è facile notare la presenza del “distacco” del solaio dal filo della muratura e/o la presenza di lesioni al livello del battiscopa o nel pavimento in corrispondenza degli appoggi, come si evince dalle seguenti foto ove ad ogni tentativo di sfilamento si vede il corrispondente dissesto all'estradosso ossia sul pavimento del solaio.



**Dissesto estradosso solaio per tentativo di sfilamento travi sottostanti in corrispondenza di una finestra.**

**A. Spizuoco 1981**



**Tentativo di sfilamento dagli appoggi travi sottostanti.**

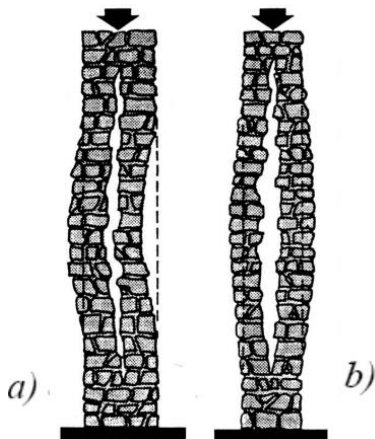


**Dissesto estradosso solaio per tentativo di sfilamento travi sottostanti in corrispondenza di una porta - A. Spizuoco 1981**

### **2.2.3 Lesioni da pressoflessione**

In presenza di pressoflessione, la rottura per compressione delle murature avviene prima che siano raggiunti i limiti di resistenza del materiale allo schiacciamento, a causa della sovrapposizione delle tensioni prodotte dalla flessione e dalla compressione. Questa tipologia di dissesto è strettamente correlata ai fenomeni di carico di punta ed è prodotta dalla presenza di un'azione di compressione non centrata rispetto alla sezione del muro. In presenza di zone meno caricate (tipicamente le zone immediatamente al di sopra dei fori finestra), è possibile invece notare lesioni orizzontali dovute alle tensioni di trazione prodotte dalle flessione. La principale causa perturbatrice capace d'indurre questo dissesto è l'eterogeneità dei moduli elastici che caratterizzano i materiali costituenti la muratura; essa determina, infatti, un'eccentricità dell'asse meccanico della membratura rispetto a quello geometrico, anche nel caso in cui quest'ultimo sia perfettamente verticale. Visivamente, la lesione caratteristica del dissesto da pressoflessione, si manifesta sotto forma di deformazione, caratterizzata dallo smembramento della compagine in due o più tronchi verticali separati da superficie

di discontinuità irregolari con andamento medio parallelo ai paramenti.

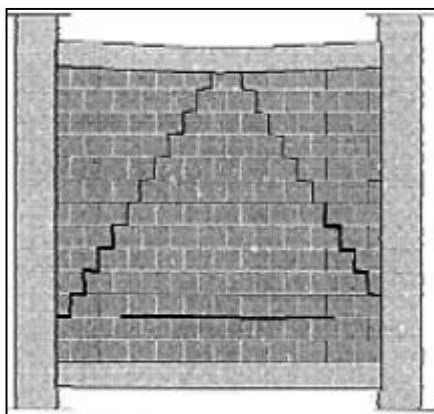


**a) paramento con inflessione concorde;**  
**b) paramento con inflessione discorda (Zevi, 2002).**

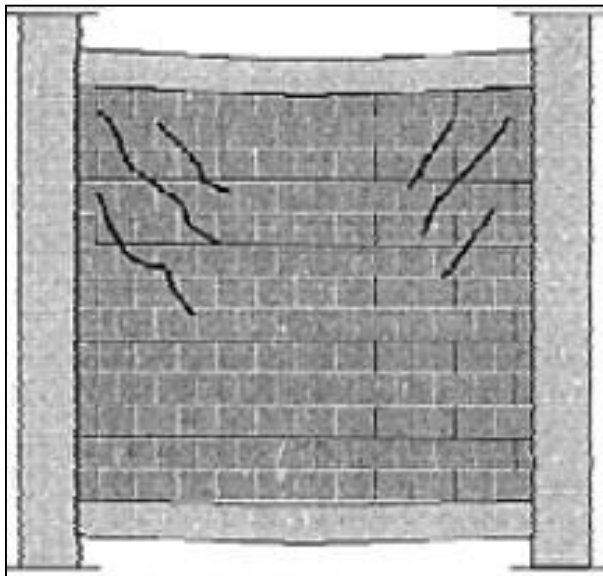
Per effetto di questo dissesto i paramenti subiscono una inflessione concorde o discorda a seconda che le frecce d'incurvamento abbiano lo stesso senso o senso contrario. Nelle murature ordinarie di fabbrica si stabilisce, in genere, una sola superficie interna di discontinuità. Solo nei muri di grosso spessore le superfici di discontinuità sono più di una e il prisma murario si risolve in più di due elementi. La flessione iniziale comincia sempre dal paramento più resistente.



**Lesione causata dalla deformazione del solaio inferiore.  
A. Spizuoco 2013**



**Schema indicativo di lesioni causate dalla deformazione  
del solaio superiore.**

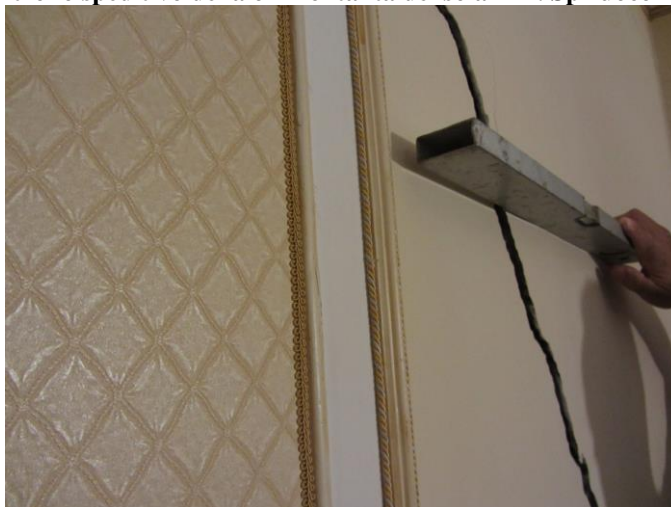


**Lesione causata dalla deformazione di solai che si deformano in maniera equivalente.**

**Va segnalato che spesso occorre verificare in modo “speditivo” la orizzontalità del solai e/o la complanarità delle superfici verticali su tramezzature soggette a dissesto (vedi foto seguenti).**



**Controllo speditivo della orizzontalità dei solai - A. Spizuoco 2013.**



**Controllo speditivo della complanarità di superfici verticali appartenenti a partizioni verticali soggette a dissesto – A. Spizuoco 2013**



### **3.1.2 Volte;**

Le volte e gli archi sono strutture resistenti per “forma”.

La variazione di forma o un aumento del valore dei carichi sovrastanti gli archi e le volte possono, oltre che danneggiare le strutture voltate stesse, produrre degli incrementi di spinta che causano dissesti in corrispondenza dei piedritti.

Nelle strutture murarie può essere ravvisabile uno spanciamento del piedritto e della muratura sovrastante, non simmetrico rispetto al centro di spinta, in cui la parte superiore è più estesa quanto più i piani sono alti e l’azione di ritegno dei solai inefficace. In corrispondenza degli archi e delle volte possono presentarsi delle fratture localizzate in corrispondenza della sezione di chiave e alle reni.

Se queste fratture si sono formate sia alle reni che in chiave, risulta indispensabile puntellare (vedi foto seguenti) tutto l’arco perché si è in presenza della formazione dell’ultimo stadio di equilibrio statico essendo in presenza della generazione di un arco a tre cerniere. Una ulteriore frattura produrrebbe un evento catastrofico perché il sistema diventerebbe labile.



**Lesione in chiave lato six – A. Spizuoco 1980**



**Puntellatura dell'arco di cui innanzi predisposta negli  
anni 80 dall'ing. Angelo Spizuoco.**



**Lesione longitudinale nella cupola della Parrocchia di San  
Vitaliano (NA) – A. Spizuoco 1981**

Le cause di questi dissesti possono appunto essere:

- Variazioni di forma: sono in genere prodotte da una spinta eccessiva sui piedritti, che determina una loro divaricazione e un abbassamento in chiave della volta o dell'arco, oppure da un cedimento dei piedritti che può essere causato da schiacciamento o da dissesto delle fondazioni;
- Variazione di carichi: variazioni prodotte da eccessivi sovraccarichi (ad esempio a causa di variazione di destinazione d'uso o per la realizzazione di tramezzature pesanti), da lavori di trasformazione interna o da sopralzi che inducono carichi non previsti nelle strutture voltate o nei piedritti preesistenti, possono essere fonte di dissesto; variazioni prodotte da eccessivo decremento dei carichi, come l'eliminazione della zavorra di rinfianco all'estradosso delle volte che può indurre un fenomeno di "depressione" nella volta.

Quanto innanzi, nel tempo, produce dei dissesti che in linea di massima si possono sempre raggruppare in:

- Lesioni longitudinali nella cupola;
- Rottura isolata di uno o più archi di appoggio;
- Fuori piombo di uno o più pilastri.

Questo, perché generalmente, la base delle cupole poggia su quattro archi che a loro volta scaricano su due pilastri per un totale di otto pilastri.

Ciò comporta elevate concentrazioni di tensioni in fondazione che provocano i dissesti prima segnalati.

Va detto che, le lesioni su archi e volte si verificano in genere per sfiancamento e inizialmente le fratture si localizzano lungo le intersezioni delle falde e dei piedritti.

E' appena il caso di segnalare che nei comuni archi a tutto sesto o ribassato le lesioni si manifestano in chiave e alle reni mentre **ai piani superiori il pavimento risulta “affossato”**.

Nelle volte a sesto “acuto” può anche verificarsi che si manifesti, contrariamente al fenomeno precedente, **un innalzamento in chiave, invece di un “affossamento”**.

Ciò si verifica per un eccessivo sovraccarico nelle zone laterali.

#### **4.1.1 Casi reali di Lesioni dovute ad azioni sismiche e/o vibratorie**

I fenomeni vibratorii/sismici possono arrecare estesi danni alle strutture in muratura in funzione di intensità e frequenza ovvero alla rapidità di vibrazione. Le vibrazioni da traffico sono, ad esempio, caratterizzate da piccola ampiezza ed elevata frequenza, mentre a quelle corrispondenti al sisma sono associate ampiezze maggiori e frequenze ridotte. Le forze associate a questi fenomeni sono generalmente orizzontali. Ad eccezione del vento, che agisce attraverso la sua pressione sulle pareti che individuano l'involucro strutturale, le altre azioni vibratorie sono trasmesse alla struttura attraverso le sue fondazioni. A seconda che l'azione sia esercitata, rispetto i pannelli murari, nel loro piano o perpendicolarmente ad essi, gli effetti cambiano. La presenza di orizzontamenti rigidi nel proprio piano ha generalmente un effetto benefico relativamente al comportamento scatolare del fabbricato, migliorandone le capacità strutturali. Le lesioni caratteristiche associate ai moti vibratorii sono relativi alle azioni nel piano



**Lesioni da sisma – 23 novembre 1980 – A. Spizuoco**



**Lesioni primarie e secondarie – 23 novembre 1980.  
A. Spizuoco**





**Crollo di muratura per eccessiva fratturazione a scossa primaria – 23 novembre 1980 – A. Spizuoco**

Comunemente, gli edifici in muratura presentano quadri di dissesto di origine sismica catalogati in termini di meccanismi di collasso; ad esempio, la rotazione fuori piano della facciata. In presenza, poi, di solai in travi di legno o acciaio semplicemente “incastrate” nella muratura o di travi di copertura, è possibile che la parete di “appoggio” sia punzonata dalle travi stesse che, soggette all’azione sismica, agiscono come un “ariete” sulla struttura.



**L'ing. Angelo Spizuoco sui luoghi del disastro Onna (AQ).**



**Fratture generate dalla prima onda sismica e da quelle successive Onna (AQ) Sisma aprile 2009 – A. Spizuoco**



**Crollo delle volte a mezza botte rampante della scala,  
Sisma del 14 febbraio 1981 - Visciano (NA) – A. Spizuoco**



**Lesioni in chiave di un'arcata della Chiesa Madre,  
Afragola (NA) – A. Spizuoco 1981**



**Lesioni in chiave di un'arcata della Chiesa Madre,  
Afragola (NA) – A. Spizuoco 1981**

Infine, il terreno di fondazione può subire, in presenza di sisma ed altri fenomeni vibratorii, costipamenti e smottamenti che influiscono sulle strutture sovrastanti sotto forma di cedimenti fondali, provocando i dissesti conseguenti.

Nei paragrafi precedenti si è tentato di fornire una breve sintesi delle principali cause di dissesto e della modalità di manifestazione in via più generale possibile; va per questo motivo specificato che nella pratica professionale è molto facile imbattersi in uno scostamento tra la morfologia delle lesioni reali e quelle teoriche, differenza prodotta da anomalie costruttive, frequentemente presenti nelle strutture murarie. Tali anomalie possono essere ricondotte a tutte quelle opere di manutenzione, modifica, demolizione, o ampliamento che si sono succedute nel corso del tempo, oppure alla presenza di tecniche e/o materiali costruttivi scadenti. Un tipico esempio è quello relativo all'assenza di ammorsamenti murari fra pareti mutuamente ortogonali che generano lesioni strutturali (vedi foto seguente), come pure possono aversi delle lesioni orizzontali in corrispondenza dei giunti di malta delle murature, fenomeno attribuibile ad un comportamento anomalo intonaco/muratura.



**Dissesto da sisma 23-11-1980 Chiesa di San Vitaliano (NA)**

**A. Spizuoco 1980**



**Lesione in chiave ed al portale, 23-11-1980 Chiesa di San Vitaliano (NA) a piazza Nicola Tofano – A. Spizuoco**

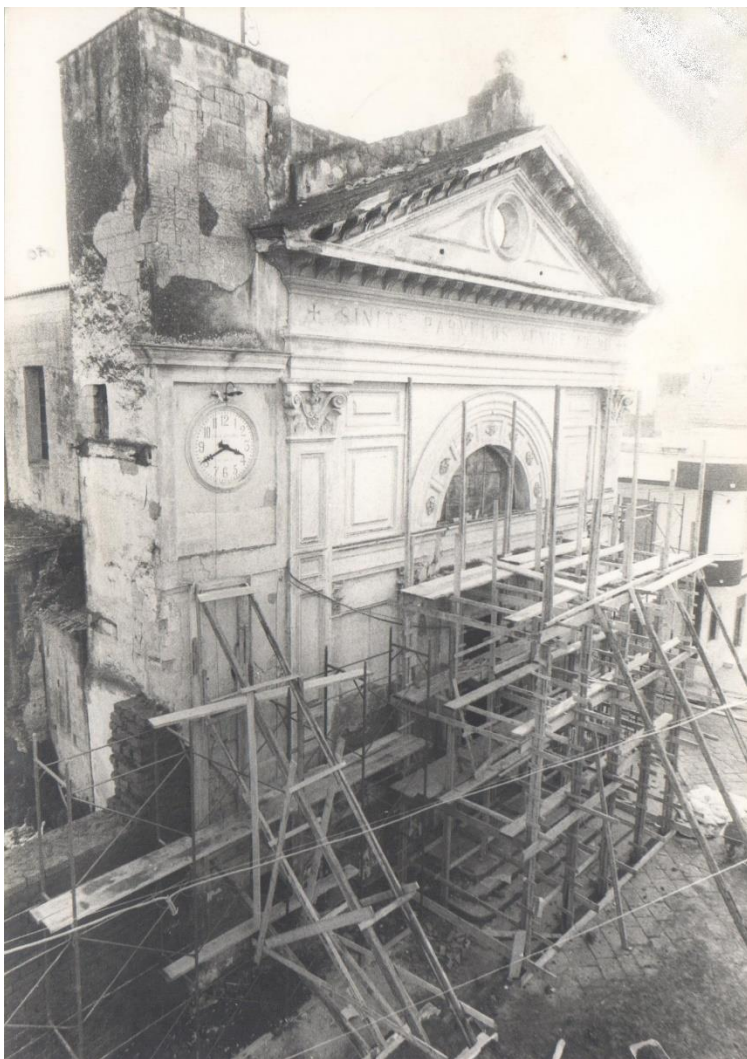


**Frattura da sisma 23-11-1980 torre orologio –  
Piazza Nicola Tofano San Vitaliano (NA) – A. Spizuoco**

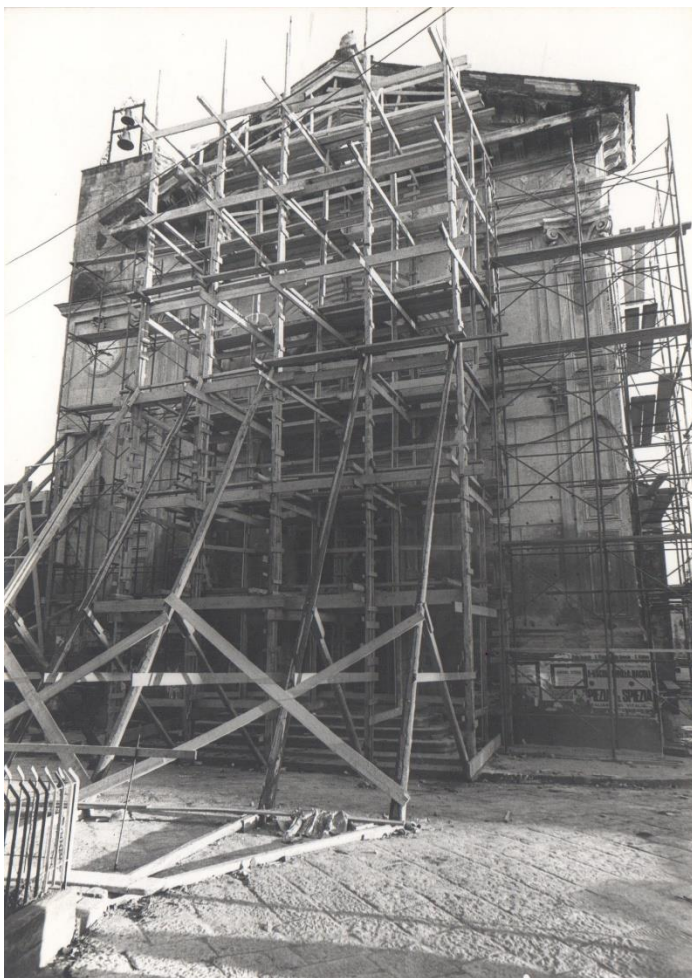




**Particolare del dissesto alla torre civica dell'orologio  
A. Spizuoco 1980**



**Fase iniziale di puntellamento – A. Spizuoco 1980**



**Ulteriore fase preparatoria – A. Spizuoco 1980**



**Puntellatura e armatura in legno predisposta dall'ing. Angelo Spizuoco, il giorno immediatamente dopo il Sisma del 23-11-1980, per lavori di messa in sicurezza e riparazione della parrocchia di San Vitaliano (NA) progettati e diretti dal medesimo.**

**Il tutto fu eseguito con carpenteria in legno giacché il giorno successivo al sisma erano introvabili puntellature e/o ponteggi metallici.**

## **4.2 Anomali quadri fessurativi in manufatti di Architettura sottrattiva: il caso di Bet Aba Libanos**

### **4.2.1. Premessa**

Nel Centro-Nord dell’Etiopia a circa 600km a Nord di Addis Abeba in una delle zone più povere a Lalibela, una cittadina di 12000 abitanti, ad un’altitudine di 2500m esiste uno splendido complesso medioevale di chiese scavate nella roccia tufacea di origine vulcanica, in zona rinvenibile ovunque.

Questo complesso di 11 chiese fu realizzato durante il regno del re Lalibela (1185-1207) della dinastia Zagwe.

## **6.1 CONCLUSIONI**

L'esame delle lesioni nei fabbricati in muratura è un'attività molto difficile e per essa, quasi sempre, non bastano le cognizioni scientifiche in possesso del tecnico chiamato a tale ruolo, ma occorre una grande esperienza formatasi con una pratica svolta effettivamente su lavori eseguiti con fenomeni osservati e sperimentati in una lunga attività professionale ed a questo proposito si ricorda che quasi tutta la documentazione fotografica allegata nei diversi Capitoli è attinta dell'archivio personale degli autori, frutto di un'intensa e lunga operosità lavorativa. Nella pratica, spesso, si ha l'esigenza di formulare, in tempo brevissimo, una diagnosi su di un fabbricato dissestato e/o in fase di dissesto e di dover risalire alle cause decretando provvedimenti d'urgenza o rimedi definitivi con giudizi pregnanti di responsabilità, specialmente quando si è chiamati a risolvere casi gravi in cui il tempo è esiguo e ogni esitazione potrebbe essere fatale: solo un'eccellente preparazione e conoscenza maturata nel tempo consente di fare ciò.

## **Bibliografia**

- Fascia Flavia – Iovino Renato (2008) LA STRUTTURA IN CEMENTO ARMATO PER L'ARCHITETTURA – ed. Aracne;
- Sigmund Carlo – (2008) CEMENTO ARMATO – Dario Flaccovio Editore;
- Atti tratti dal seminario Cavità Antropiche Nel Tufo Della Piana Campana: PROBLEMATICHE GEOLOGICHE E GEOMECCANICHE tenuto da Angelo Spizuoco nel febbraio 1990 presso Dipartimento Scienze della Terra – Università degli Studi di Napoli;
- Dispense Corso integrativo di geologia applicata per gli studenti del quarto anno del corso di laurea in Scienze Geologiche tenuto da Angelo Spizuoco presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Napoli nell'anno accademico 1990/1991.
- Dispense Corso-concorso esterno in “Difesa del suolo - Tecnica delle fondazioni (Geotecnica) - Pianificazione territoriale” per l'accesso alla prima qualifica dirigenziale Area Ingegneristica tenuto da Angelo Spizuoco nell'anno 1992 presso la Regione Molise a seguito bando con D.P.R. n.1362 del 18/4/1990.
- Dispense Corso di formazione avanzata “Ambiente fisico del sottosuolo delle

pianure” tenuto da Angelo Spizuoco presso la facoltà di Scienze Matematiche/Fisiche e Naturali dell’Università degli Studi di Parma nell’annualità 1994/95.

- Ortolani F., Pagliuca S., Spizuoco A. (2009) – SISMA DELL’AQUILA ED EFFETTI LOCALI: DOVE FINISCE LA NATURA COMINCIA LA MANO DELL’UOMO - PERIODICO TRIMESTRALE DELLA SIGEA – Società Italiana di Geologia Ambientale N°3/2009 –ISSN: 1591-5352;
- Ortolani F., Pagliuca S., Spizuoco A. – GEOLOGIA TECNICA TERRITORIALE IN AREE SISMICHE: PROBLEMATICHE CONNESSE ALLA VALUTAZIONE DELL’AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE – Conferenza Scientifica Annuale sulle Attività di Ricerca del Dipartimento di Scienze della Terra Università di Napoli Federico II -1991;
- Spizuoco A. Aprile F. - PARAMETRI STATICI E DINAMICI DEI TERRENI SUPERFICIALI IN UN’AREA DEL NOLANO - Conferenza Scientifica Annuale sulle Attività di Ricerca del Dipartimento di Scienze della Terra Università di Napoli Federico II -1991;
- Spizuoco A., Ortolani F., - ELEMENTI STRUTTURALI, EFFETTI LOCALI E



- DANNI AI MANUFATTI NELL'AREA ABRUZZESE INTERESSATA DAL SISMA DEL 6 APRILE 2009 – Workshop – il terremoto aquilano dell'aprile 2009: primi risultati e strategie future – Università “G. D'Annunzio” di Chieti – Pescara;
- Spizuoco Angelo, Ortolani Franco, Spizuoco Anna ed altri, - IL SISTEMA AMBIENTALE ITALIANO NEL CONTESTO DEL BACINO MEDITERRANEO – 2014 - Ed. Giambra;
  - Raccomandazioni Ass.ne Geotecnica Italiana;
  - Guerra C. (1945) ARCHITETTURA TECNICA Terza Edizione Casa editrice R. Pironti –Napoli;
  - Atti del seminario “Stabilità dei versanti” tenuto da Angelo Spizuoco presso il Dipartimento di Scienze della terra dell'Università degli Studi di Napoli - 1991;
  - Atti del seminario “Pendii naturali e fronti di scavo: problematiche geologiche e geomeccaniche” tenuto da Angelo Spizuoco presso il Dipartimento di Scienze della terra dell'Università degli Studi di Napoli – 1991;
  - Atti del seminario “Aree potenzialmente instabili: problematiche geologiche e geomeccaniche” tenuto da Angelo Spizuoco presso il Dipartimento di

Scienze della terra dell'Università degli Studi di Napoli – 1991;

- Atti del seminario “Attività estrattiva e difesa del suolo: problematiche geologiche e geomeccaniche” tenuto da Angelo Spizuoco presso il Dipartimento di Scienze della terra dell'Università degli Studi di Napoli nell'anno accademico 1991/92;
- Atti del seminario “Prove in sito e di laboratorio” tenuto da Angelo Spizuoco presso il Dipartimento di Scienze della terra dell'Università degli Studi di Napoli nell'anno accademico 1991/92.
- Atti del seminario “Tecnologia delle costruzioni sulle formazioni rocciose: caratteri litologici, geologici e geomeccanici” tenuto da Angelo Spizuoco presso il Dipartimento di Scienze della terra dell'Università degli Studi di Napoli nell'anno accademico 1991/92.
- Dispense lezioni di “Elementi di Statica e Meccanica del continuo” tenute da Angelo Spizuoco -1987;
- Dispense lezioni “Calcolo delle Deformazioni nelle Strutture isostatiche” tenute da Angelo Spizuoco – 1988;
- Disp. lez. sulle “Strutture iperstatiche” tenute da Angelo Spizuoco – 1988;
- Disp. lez. di “Costruzioni in Muratura” tenute da Angelo Spizuoco – 1989;

- Dispense lezioni modulo di “Geotecnica” tenuto da Angelo Spizuoco per il corso di superdiploma in “Restauro e Recupero dei Centri Storici” su autorizzazione del Ministero della Pubblica Istruzione ed in collaborazione con l’Università degli Studi di Napoli “Federico II -1999 ÷2001;
- Dispense lezioni di “Costruzioni” tenute da Angelo Spizuoco – 1990÷2010;
- SPIZUOCO A., Ortolani F., - Elementi Strutturali, Effetti Locali E Danni Ai Manufatti Nell’Area Abruzzese Interessata Dal Sisma Del 6 Aprile 2009 – Workshop – il terremoto aquilano dell’aprile 2009: primi risultati e strategie future – Università “G. D’Annunzio” di Chieti – Pescara;
- SPIZUOCO A., Ortolani F. ed altri, - L’ALLUVIONE DI MESSINA ED IL DISSESTO IDROGEOLOGICO IN ITALIA – Ed. Reg. Sicilia & Colleg. Prov. Geom. Laureati di Messina;
- SPIZUOCO A., Ortolani F., Spizuoco Anna ed altri, - UN TRIENNIO DI ALLUVIONE IN ITALIA 2009-2011- Ed. Giambra;
- SPIZUOCO Angelo, “Elemento di fabbrica: fondazione” dispense delle lezioni tenute da A. SPIZUOCO per allievi del corso di Architettura Tecnica 2 – Università Degli Studi Di Napoli Federico II – Laurea in

Ingegneria edile & Architettura –anno acc. 2012-2013;

- Ortolani F., SPIZUOCO A. (2010) – Evento Alluvionale Del Messinese Del 1° Ottobre 2009. La devastazione causata a Scaletta Zanclea Marina dal flusso fangoso-detritico del torrente Racinazzo - Periodico Trimestrale Della SIGEA – Società Italiana di Geologia Ambientale N°1/2010 –ISSN: 1591-5352;
- Ortolani F., Pagliuca S., SPIZUOCO A. (2009) – Sisma Dell’Aquila Ed Effetti Locali: Dove Finisce La Natura Comincia La Mano Dell’Uomo - Periodico Trimestrale Della SIGEA – Società Italiana di Geologia Ambientale N°3/2009 –ISSN: 1591-5352;
- Spizuoco Angelo - LEZIONI SUL Cemento Armato – ED. LER NAPOLI/ROMA – ISBN 88-8264-230-8;
- Spizuoco Angelo – Elementi di fabbrica – Fondazioni: Casi reali d’insuccesso – Indagini in sito – ISBN 9788827500545 – Ingegneria Civile e Ambientale – Italia – 03-03-2018;
- Spizuoco Angelo, Scavi e tipologie fondali - Predimensionamento delle fondazioni - ISBN 9788827583562 - Ingegneria Civile e Ambientale – Italia -15-03-2018;
- Spizuoco Angelo, Anna Spizuoco – Dissesti e quadri fessurativi di fabbricati in

muratura – ISBN 9788827597958 -  
Ingegneria Civile e Ambientale – Italia -  
31-03-2018;

- Spizuoco Angelo, Anna Spizuoco –  
Indagini e Tecniche d'intervento per il  
Consolidamento di edifici in muratura –  
ISBN 9788827599709 - Ingegneria Civile e  
Ambientale – Italia - 02-04-2018;
- Spizuoco Angelo, Anna Spizuoco –  
Costruzioni in Muratura (conoscere il  
passato per comprendere il presente) –  
ISBN 9788829596034 - Ingegneria Civile e  
Ambientale – Italia -13-01-2019;
- Spizuoco Angelo – Teoria elementare del  
c.a. (conoscere il passato per  
comprendere il presente) – ISBN  
9788832513554 –Ingegneria Civile e  
Ambientale- Italia-10/02/2019;
- Spizuoco Angelo – Edifici in Cemento  
Armato (conoscere il passato per  
comprendere il presente) – ISBN  
9788832551310 – Ingegneria Civile e  
Ambientale – Italia- 24/03/2019;
- Spizuoco Angelo – Prima raccolta di  
Analisi, Studi, Perizie ed altre cose (in)utili  
– ISBN 9788834107164 -Ingegneria Civile  
e Ambientale – Italia- 10/05/2019;
- Spizuoco Angelo - Seconda Raccolta di  
Analisi, Studi, Perizie e altre cose (in)utili  
– ISBN 9788834136645 – Ingegneria  
Civile e Ambientale – Italia – 11-06-2019

- Spizuoco Angelo - Terza Raccolta di Analisi, Studi, Perizie e altre cose (in)utili – ISBN 9788834144534 – Ingegneria Civile e Ambientale – Italia – 21-06-2019
- Spizuoco Angelo - Quarta Raccolta di Analisi, Studi, Perizie e altre cose (in)utili – ISBN 9788834164891 – Ingegneria Civile e Ambientale – Italia – 02-08-2019
- Spizuoco Angelo - Quinta Raccolta di Analisi, Studi, Perizie e altre cose (in)utili – ISBN 9788834181164 – Ingegneria Civile e Ambientale – Italia – 06-09-2019
- Documentazione tratta dall'archivio "lavori SPIZUOCO A." del Centro Studi Progettazioni – Strutture & Geologia – Geotecnica di San Vitaliano (NA).
- Spizuoco Angelo – Lessons on Reinforced Concrete – ED. LER NAPOLI/ROMA;
- Spizuoco Angelo – Elements of a building - Foundations: Actual Cases of Failure – On-site studies – Civil and Environmental Engineering – Italy;
- Spizuoco Angelo, Excavations and Foundations types – Foundations Pre-dimensioning - Civil and Environmental Engineering – Italy;
- Spizuoco Angelo, Anna Spizuoco – Structural Dislocations and Crack Patterns on Masonry Buildings – Civil and Environmental Engineering – Italy;

- Spizuoco Angelo, Anna Spizuoco – Surveys and Reinforcement Measures Technics of Masonry Buildings – Civil and Environmental Engineering – Italy;
- Spizuoco Angelo, Anna Spizuoco – Masonry Buildings (Knowing the Past to Understand the Present) – Civil and Environmental Engineering – Italy;
- Spizuoco Angelo – Reinforce Concrete Elementary Theory (Knowing the Past to Understand the Present) – Civil and Environmental Engineering – Italy;
- Spizuoco Angelo – Reinforce Concrete Buildings (Knowing the Past to Understand the Present) – Civil and Environmental Engineering – Italy;
- Spizuoco Angelo – A First Collection of Analysis, Studies, Surveys and Other (Un)necessary Things – Civil and Environmental Engineering – Italy;
- Spizuoco Angelo - A Second Collection of Analysis, Studies, Surveys and Other (Un)necessary Things – Civil and Environmental Engineering – Italy;
- Spizuoco Angelo - A Third Collection of Analysis, Studies, Surveys and Other (Un)necessary Things – Civil and Environmental Engineering – Italy;
- Spizuoco Angelo - A Fourth Collection of Analysis, Studies, Surveys and Other

(Un)necessary Things – Civil and Environmental Engineering – Italy;

- Documents from “SPIZUOCO A. Works” archives at Projects and Studies Centre – Structures & Geology-Geotechnics – San Vitaliano (NA).
- Spizuoco Angelo - A Fifth Collection of Analysis, Studies, Surveys and Other (Un)necessary Things – Civil and Environmental Engineering – Italy;

Nell’eventualità che passi antologici, citazioni od illustrazioni di competenza altrui siano riprodotti in questo volume, l’autore è a disposizione degli aventi diritto non potuti reperire. L’autore porrà, inoltre, rimedio, in caso di cortese segnalazione, ad eventuali errori e/o omissioni nei riferimenti relativi.

#### SITI INTERNET:

[www.lavoripubblici.regione.campania.it](http://www.lavoripubblici.regione.campania.it)

<http://digilander.iol.it/spizuoco/>

[www.geologiatecnica.it](http://www.geologiatecnica.it)

[www.ingegneriageotecnica.it](http://www.ingegneriageotecnica.it)

[www.spizuoco.it](http://www.spizuoco.it)



**Anna Spizuoco** diplomatasi geometra presso I.T.C.G. “Manlio Rossi Doria” di Marigliano (NA) con votazione 100/100, successivamente si è laureata in “Ingegneria edile” e poi ha conseguito la laurea magistrale in “Ingegneria dei Sistemi Edilizi” conseguita con votazione di 107/110 presso l’Università degli Studi di Napoli Federico II; Fin dall’anno 2002 prima in qualità di geometra e successivamente da ingegnere ha collaborato con il Centro Studi “progettazioni – strutture & geologia – geotecnica” per la risoluzione di “Studi Ed Applicazioni Sul Territorio In Materia Di Dissesti Di Natura Antropica Ed Idrogeologica, Progettazione Geotecnica, Verifica Di Versanti, Fronti Di Cava E Progettazione Di Strutture”;

Dal 13/02/2014 al 12/07/2014 ha partecipato al progetto “Lavoro e Sviluppo 4” convenzione stipulata tra Enfac Emilia Romagna per conto di Promuovi Italia Spa e ISARAIL spa n°236del 13/02/2014;

Ha stipulato un contratto di lavoro a progetto con la ISITEK srl nel settore dell’ingegneria ferroviaria con particolare riferimento a “Attività di verifica sottosistema IXL Torino-Padova per il quale ha prestato la propria attività professionale raggiungendo lo scopo previsto; Successivamente sempre con la medesima società ha definito un contratto di lavoro a progetto nel settore dell’ingegneria ferroviaria con particolare riferimento all’attività di simulazione NA L6; Ha verificato le strutture degli edifici (stazioni, passerelle, rampe, percorsi di afflusso e deflusso viaggiatori, fabbricati per il ricovero del personale, fabbricati uffici, fabbricati per il sistema di controllo e sicurezza, ecc.) della Metropolitana di RIAD in Arabia Saudita;

Coautrice di “lista di controllo per verifica Strutturale-Architettonica-Impiantistica e Sicurezza di linee metropolitane e Grandi Stazioni”.

Coautrice di “Il tempo geologico e la storia della terra di Lauro” volume realizzato con il cofinanziamento dell’Unione Europea.

Coautrice del Testo “UN TRIENNIO DI ALLUVIONE IN ITALIA 2009-2011” Studi, Idee, Proposte Innovative Mirate A Salvaguardia Dei Territori A Rischio Idrogeologico, Antropico Ed Ambientale – Ed. Regione Sicilia & Collegio Geometri Laureati di Messina. Coautrice del volume, “Il sistema ambientale italiano nel contesto del bacino Mediterraneo”, contenente monitoraggio, analisi, studi, idee e proposte innovative mirate alla salvaguardia dei territori a rischio idrogeologico, antropico e ambientale - casa editrice Giambra Editori - 2014. Coautrice del volume “Indagini e tecniche d’intervento per il consolidamento di edifici in muratura” edito da Ingegneria Civile e Ambientale – Italia.

**A tutt’oggi è la responsabile della Sezione “Progettazione Strutture” del Centro Studi “Progettazioni-Strutture & Geologia-Geotecnica” sito in San Vitaliano (NA) [www.spizuoco.it](http://www.spizuoco.it)**

**Angelo Spizuoco** nato a San Vitaliano il 12/01/1952, diplomatosi geometra al Masullo di Nola, si è **laureato con lode in Ingegneria civile edile** presso il Politecnico di Napoli. E' **dottore di ricerca in "Ingegneria delle Costruzioni"**, si è **perfezionato in "Politica Ambientale"** ed ancora, con il massimo dei voti, si è **perfezionato in "Gestione della fascia costiera e del sistema portuale**. Ha effettuato numerosi interventi di risanamento di strutture, di protezione del suolo e di stabilità di versanti. **Dirige il "Centro Studi progettazioni-strutture & geologia-geotecnica"** di San Vitaliano (NA); Docente emerito di "Costruzioni" è altresì abilitato alla docenza di "Geologia e Mineralogia" nei Dipartimenti Degli Istituti Minerari. Ha tenuto presso il Dipartimento di Scienze della Terra (Facoltà Geologia Università Napoli) più di 40 seminari teorico-applicativi ed un corso integrativo di geologia applicata. E' stato, docente di difesa del suolo, geotecnica e pianificazione territoriale presso la Regione Molise. Ha tenuto presso l'I. T. G. di Marigliano il modulo di "geotecnica" per il corso "Restauro e Recupero dei Centri Storici" in collaborazione con l'Università "Federico II". Per gli allievi di Ingegneria Edile-Architettura nell'ambito di "Architettura Tecnica" ha tenuto un corso sui dissesti fondali e sulla progettazione delle fondazioni. Nella Facoltà di Geologia dell'Università di Parma ha fatto parte del Collegio dei Docenti del Corso di Formazione Avanzata "Ambiente Fisico Del Sottosuolo Delle Pianure". In occasione del sisma 80, effettuò innumerevoli interventi di risanamento strutturali su edifici dissestati ed eseguì rilievi sul campo per studiare il "fenomeno dell'amplificazione sismica locale" che fu presentato alla "Conferenza Scientifica annuale 1992 del Dipartimento di Scienze della Terra". Ha prodotto un consistente volume dal titolo "Lezioni sul c.a." edito dalla LER, una moltitudine di pubblicazioni e ulteriori 10 corposi volumi in materia di ingegneria civile e ambientale. Ha trattato il dissesto idrogeologico della provincia di Napoli e l'Alluvione di Sarno del maggio 1998. Ha fornito rilevanti apporti scientifici derivanti dalla sua intensa attività esplicata direttamente sui luoghi di sciagura e sintetizzati in diverse pubblicazioni. In occasione del sisma 2009 in Abruzzo ha fornito notevoli contributi scientifici presentando lavori al Workshop Internazionale presso l'Università di Chieti-Pescara e su periodici a tiratura nazionale. Si attivò anche per la catastrofe idrogeologica "Siciliana" per la quale alcune sue originali attività scientifiche sono contenute in diverse opere (vedi Sistema ambientale italiano nel contesto del bacino Mediterraneo). Ha effettuato perizie giudiziarie interdisciplinari di "statica-geologia-geotecnica" su opere infrastrutturali (gallerie e viadotti autostradali) tra cui quella relativa al noto crollo del Viadotto Italia.

**Per rendersi conto delle innumerevoli e svariate tematiche trattate dal professionista, è sufficiente digitare "Angelo Spizuoco" in un qualsiasi motore di ricerca sul Web oppure [www.spizuoco.it](http://www.spizuoco.it)**