

Corso di aggiornamento professionale

# Vulnerabilità Sismica ed Adeguamento di Costruzioni Esistenti in Calcestruzzo Armato

***7 maggio – 7 giugno 2013***

*Aula Magna Seminario Vescovile Via Puccini, 36 - Pistoia*



ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI PISTOIA



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA



## ***Valutazione e riduzione della vulnerabilità degli elementi strutturali, non strutturali ed impianti.***

- La conoscenza del manufatto. Indagini in situ distruttive e non distruttive.
- La valutazione della capacità degli elementi strutturali di calcestruzzo armato.
- Il ruolo del confinamento del calcestruzzo e la verifica della duttilità.
- Esempi applicativi: edificio multipiano di calcestruzzo armato ed edificio prefabbricato.

**Rosario Gigliotti**

rosario.gigliotti@uniroma1.it



# Introduzione

# L'edilizia esistente

Tipologia di degrado	Migliaia di alloggi a rischio	% sul totale generale
<b><i>Degrado per vetustà</i></b>		
Edilizia storica nelle grandi città	105	2,9
Edilizia storica nel resto del territorio nazionale	430	12,1
Edifici con oltre 40 anni di vita	770	21,5
<b><i>Totale</i></b>	<b>1.305</b>	<b>36,5</b>
<b><i>Degrado per ragioni costruttive</i></b>		
Boom edilizio di fine anni '60	680	19,0
Edifici abusivi multipiano	1.590	44,5
<b><i>Totale</i></b>	<b>2.270</b>	<b>63,5</b>
<b>Totale Generale</b>	<b>3.575</b>	<b>100,0</b>

Fontedati: *Il Laterizio*

# Collassi sismici





# Collassi sismici



# Collassi sismici



# Collassi sismici







# Collassi sismici





# Collassi sismici





# Collassi sismici



# L'Aquila 2009

© Reluis 2009

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



## Danni alle tamponature

**Danneggiamento delle tamponature: edificio in calcestruzzo armato di quattro piani**  
Sono evidenti le tipiche fessurazione diagonali presenti sulle tamponature dei primi due livelli.

*Foto di P. Ricci e G.M. Verderame*



# L'Aquila 2009



# L'Aquila 2009



## Danneggiamento nodo di estremità

### **Danneggiamento nodo d'estremità**

La fessura diagonale evidenzia una crisi a taglio del nodo di estremità. Lo svergolamento della barra longitudinale manifesta la totale assenza di staffe nel nodo e nei primi 20-30 cm dell'estremità superiore della colonna.

*Foto di P. Ricci e G.M. Verderame*

## L'Aquila 2009

### Danneggiamento nodo d'estremità



#### **Danneggiamento nodo d'estremità**

L'assenza di staffe nel nodo comporta lo svergolamento della barre longitudinali del pilastro, l'espulsione del copriferro causato dall'ancoraggio delle barre longitudinali della trave ortogonale.

*Foto di P. Ricci e G.M. Verderame*

# L'Aquila 2009

## Danneggiamento pilastro



### Danneggiamento pilastro

La crisi dell'estremità superiore della colonna evidenzia in maniera netta la ripresa di getto tra la colonna e la trave. Anche in questo caso si evidenzia l'assenza di staffe nel nodo e nei primi 20-30cm del pilastro.

*Foto di P. Ricci e G.M. Verderame*



# L'Aquila 2009

## Danneggiamento pilastro



### Danneggiamento pilastro

Particolare di sovrapposizione delle armature longitudinali del pilastro. L'armatura è costituita da barre lisce con ganci ad uncino di estremità; si registra l'assenza di staffe nei primi 30-40 cm del pilastro.

Foto di *P. Ricci e G.M. Verderame*

# L'Aquila 2009

© Reluis 2009

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



## Danneggiamento pilastro

### Danneggiamento pilastro

Crisi a taglio dell'estremità superiore del pilastro. Si registra svergolamento delle barre longitudinali e la modesta quantità di staffe.

*Foto di P. Ricci e G.M. Verderame*

# L'Aquila 2009



## Danneggiamento pilastro

### Danneggiamento pilastro

Crisi diagonale della estremità superiore della colonna che interessa parte del nodo trave-colonna. Si evidenzia lo svergolamento delle due barre longitudinali del pilastro e l'assenza di staffe nei primi 20 cm della colonna.

*Foto di P. Ricci e G.M. Verderame*

## L'Aquila 2009

### Danneggiamento scala



© Reluis 2009

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

#### Danneggiamento scala

Si registra una ampia fessura tra il pianerottolo e l'ultimo gradino. La tipologia della scala è palesemente con gradini a sbalzo mentre il pianerottolo è vincolato alle due travi a ginocchio.

*Foto di P. Ricci e G.M. Verderame*

# L'Aquila 2009



# L'Aquila 2009



# Pettino (AQ) 2009





# L'Aquila 2009

## Hotel Duca degli Abruzzi





# L'Aquila

- Casa dello Studente



## Casa dello Studente (AQ)

Immagine della porzione dell'edificio crollata. Il meccanismo di crisi ha coinvolto tutti piani; è evidente la notevole rotazione plastica subita dalle travi di ciascun impalcato.

*Foto di I. Iervolino*

# Pettino (AQ)



© Reluis 2009

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

Edificio in c.a. di  
3 piani  
Collasso di  
piano

**Edificio in c.a. di tre piani caratterizzato da un meccanismo di piano soffice. Pettino (AQ)**

Il piano terra a differenza dei restanti piani è caratterizzato da ampie aperture (ingresso edificio e garage); la richiesta di spostamento si è concentrata al piano terra.

*Foto di P. Ricci e G.M. Verderame*

# Pettino (AQ)



© Reluis 2009

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

Edificio in c.a. di  
3 piani  
Collasso di  
piano

**Edificio in c.a. di tre piani caratterizzato da un meccanismo di piano soffice. Pettino (AQ)**

Particolare del danneggiamento subito dalle colonne del primo livello. La prima e la terza colonna sono completamente “staccate” dalla struttura, la colonna centrale rimasta nella sua posizione originale sembra aver subito un cedimento di fondazione.

*Foto di P. Ricci e G.M. Verderame*

# Pettino (AQ)



Edificio in c.a. di  
3 piani

Meccanismo di  
piano soffice

**Edificio in c.a. di quattro piani caratterizzato da un meccanismo di piano. Pettino (AQ)**

Analogamente all'edificio precedente il piano terra a differenza dei restanti piani è caratterizzato da ampie aperture (ingresso edificio e garage); la richiesta di spostamento si è concentrata al piano terra.

*Foto di P. Ricci e G.M. Verderame*

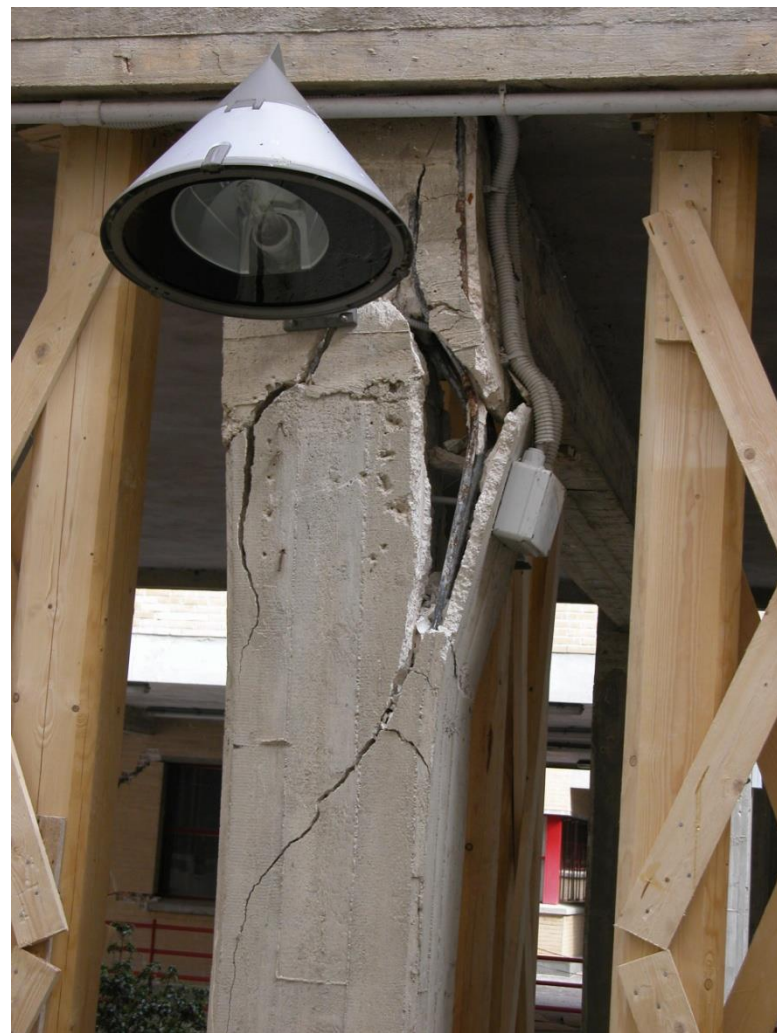
# L'Aquila

- Ospedale San Salvatore



# L'Aquila

## Ospedale San Salvatore





# L'Aquila 2009



# L'Aquila 2009





# L'Aquila (San Gregorio)



# L'Aquila (San Gregorio)



Meccanismo fragile di piano causato dalla rottura a taglio dei pilastri del primo livello.

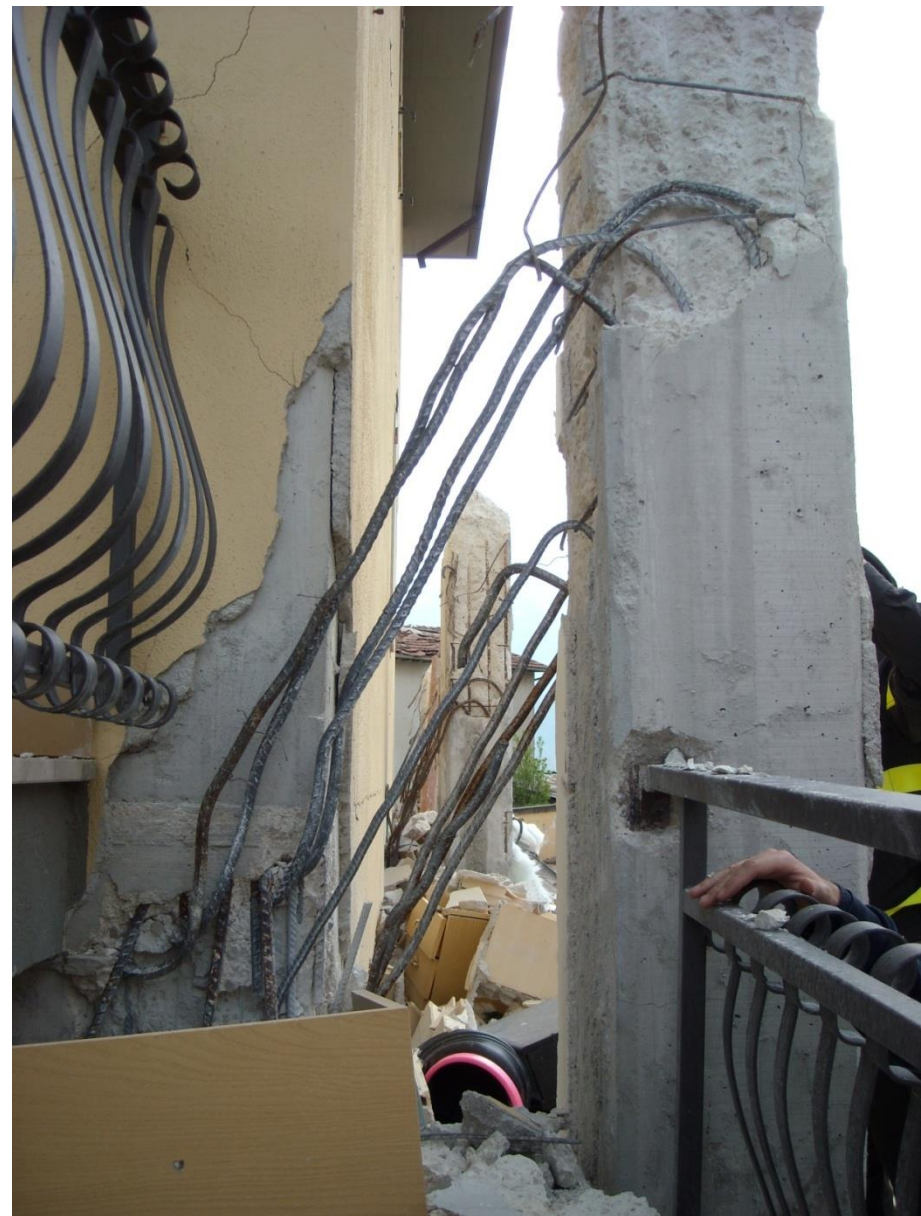
# L'Aquila (San Gregorio)



# L'Aquila (San Gregorio)

*Armature longitudinali:* barre ad aderenza migliorata

*Staffe:* barre lisce di piccolo diametro (passo elevato)





# L'Aquila (San Gregorio)



# L'Aquila (San Gregorio)



# Patologie strutturali

- I danni osservati sono conseguenza di una tradizione progettuale e costruttiva che non teneva conto della peculiarità dell'azione sismica:
  - Intensità sismica spesso maggiore di quella di progetto
  - Variabilità in direzione e verso
  - Carattere dinamico della risposta sismica
- Le principali patologie strutturali sono dovute a:
  - Errata concezione strutturale
  - Errata concezione o esecuzione dei dettagli costruttivi

# Errata concezione strutturale

- Assenza di telai in una delle due direzioni principali
- Diversa rigidezza tra corpi scala-ascensore e telai
  - conseguente concentrazione del danneggiamento degli elementi più rigidi
- Assorbimento dell'azione sismica da parte di pochi elementi molto rigidi che trasmettono elevate sollecitazioni in fondazione
- Effetti torsionali dovuti ad irregolarità meccaniche e geometriche in pianta
  - ad es., presenza di elementi rigidi (corpi scala, pareti) eccentrici rispetto al baricentro delle masse



# Errata concezione strutturale

- Variazione di rigidezza e resistenza in elevazione
  - concentrazione di danni in corrispondenza dei piani meno rigidi e/o resistenti
- Giunti tecnici di insufficiente ampiezza
  - martellamento tra strutture adiacenti
- Presenza di pannelli esterni
  - la cui caduta può provocare danni
- Presenza di tamponature all'interno di campi di telaio
  - l'interazione potrebbe essere dannosa

# Errata concezione o esecuzione dei dettagli costruttivi

- Interasse eccessivo tra le staffe, che comporta:
  - scarso confinamento del nucleo di cls
  - scarso contenimento dei ferri longitudinali
  - scarsa resistenza a taglio con rottura fragile
- Ancoraggio insufficiente delle staffe
- Inadeguata armatura trasversale nel nodo
- Rotture a taglio nelle travi
  - i tradizionali ferri piegati assorbono lo sforzo di taglio in un solo verso
- Travi a spessore non ben concepite
  - non consentono un'adeguata trasmissione degli sforzi nei pilastri