

**Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
e  
Associazione Scuole per il Terzo Millennio**

**Lunedì 17/06/2019**

**Sala della Protomoteca**

**Seminario tecnico:**

**PROGETTARE LA CITTA' DEL TERZO  
MILLENNIO: LA SFIDA DELLA  
SOSTENIBILITA'**

**COME MIGLIORARE SICUREZZA ANTISISMICA ED  
ACCESSIBILITA' DELLE STRUTTURE**

**Relatore: Ing. ANTONIO TRIMBOLI**

# **COME MIGLIORARE LA SICUREZZA STRUTTURALE**

**NORME PER LA SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI ESISTENTI**

**APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN C.A.**

**APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN MURATURA**

**CONCLUSIONI**

# NORME PER LA SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI ESISTENTI

## *Una nuova cultura per il miglioramento statico delle costruzioni esistenti*

2001 - Disegno di Legge per l'adeguamento antisismico degli edifici pubblici e privati presentato al Parlamento Italiano il 27 giugno 2001 avente per oggetto le “Norme per l'adeguamento antisismico di edifici pubblici e privati e di infrastrutture in zone a rischio”

Gli interventi devono “**garantire**, anche in caso di emergenza, un'adeguata **mobilità** all'interno dei tessuti urbani e l'**accessibilità ai presidi strategici**, quali uffici territoriali del governo, ospedali, municipio, caserme, ed agli spazi liberi da attrezzare per le **esigenze di assistenza e di protezione civile**”.

OPCM 3274 del 20.03.2003 ...successive OPCM per costruzioni pubbliche  
“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”

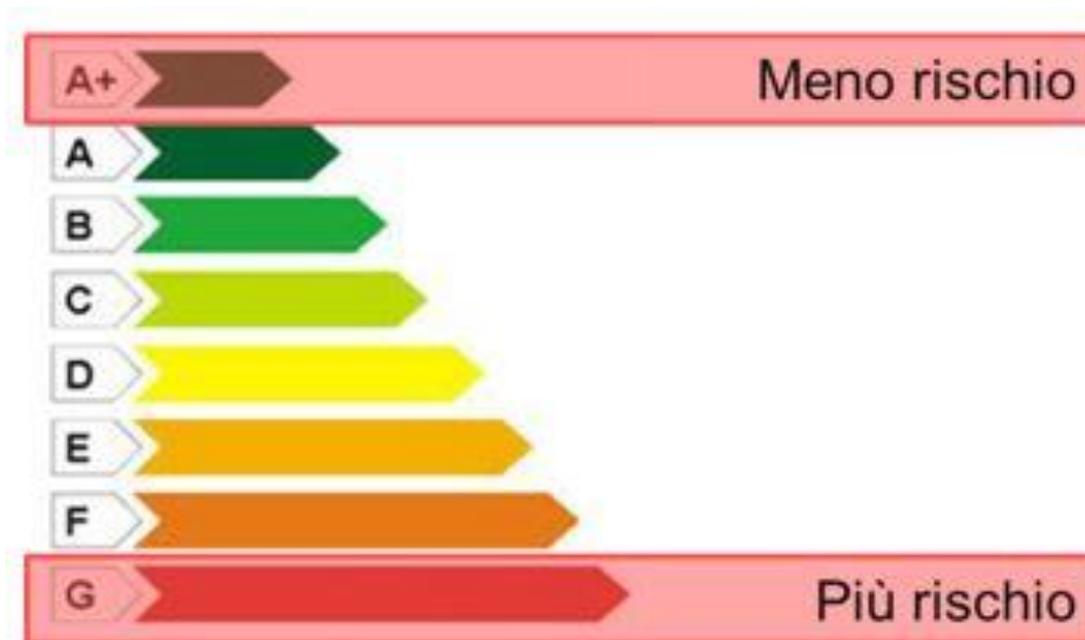
OPCM 4007 del 29.02.2012 ...successive OPCM per costruzioni private  
“Concessione di contributi finalizzati alla esecuzione di interventi strutturali di rafforzamento locale o di miglioramento sismico o eventualmente, di demolizione e ricostruzione, di edifici privati”

# NORME PER LA SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI ESISTENTI

## *Incentivi fiscali per la riduzione della vulnerabilità delle costruzioni esistenti*

### SISMA BONUS

- riduzione di 1 classe di rischio = detrazione 75%
- riduzione di 2 classi di rischio = detrazione 85%



Novità dal 2018: Possibilità della cessione del credito a terzi

## *Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17.01.2018*

Cap. 8 - Costruzioni esistenti): **“la valutazione della sicurezza DEVE effettuarsi quando ricorra anche una sola delle seguenti situazioni:**

- **riduzione evidente della capacità resistente** e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a **significativo degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali**, deformazioni significative conseguenti anche a problemi in fondazione, danneggiamenti prodotti da azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni), o da situazioni di funzionamento ed uso anomali;
- **provati gravi errori** di progetto o **di costruzione**;
- cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o della classe d'uso della costruzione;
- esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità o ne modifichino la rigidità;
- ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al 8.4;
- **opere realizzate** in assenza o difformità dal titolo abitativo, ove necessario al momento della costruzione, o **in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione**”.

# NORME PER LA SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI ESISTENTI

## *Opere realizzate in difformità alle norme tecniche dell'epoca*

Esempio:

anche in caso di interventi non dichiaratamente strutturali (rifacimento finiture esterne) su edifici esistenti in c.a. se rimuovendo l'intonaco emerge l'assenza di staffe per ampi tratti nei nodi, o la chiusura a 90° (casi entrambi frequenti), allora, prima di qualsiasi intervento di finitura, è necessario fare una valutazione globale che tenga conto di quanto visto e non è sufficiente il ripristino dell'intonaco, piuttosto **bisogna prevedere un rinforzo tale da perseguire almeno il funzionamento atteso dalla corretta applicazione delle norme cogenti all'epoca della costruzione.**



# NORME PER LA SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI ESISTENTI

*Opere realizzate in difformità alle norme tecniche dell'epoca*

## ESEMPIO

Regio Decreto 16 novembre 1939, n° 2229 “*Norme per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio semplice od armato*” richiedevano che le membrature compresse siano dotate “*di conveniente **staffatura** continua o discontinua **con passo o distanza non superiore alla metà della dimensione minima della sezione** né a 10 volte il diametro dei ferri dell'armatura longitudinale*”.



# NORME PER LA SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI ESISTENTI

*Opere realizzate in difformità alle norme tecniche dell'epoca*

È sufficiente la bonifica dei materiali o bisogna prevedere un intervento di rinforzo?



# COME MIGLIORARE LA SICUREZZA STRUTTURALE

NORME PER LA SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI ESISTENTI

**APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN C.A.**

APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN MURATURA

CONCLUSIONI

## APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN C.A.

*Esempio danno negli edifici in c.a. nel nodo in caso di sisma*



## APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN C.A.

*Esempio danno negli edifici in c.a. in caso di sisma in testa al pilastro*



# APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN C.A.

## *Importanza del confinamento del nucleo di calcestruzzo*

***Il confinamento consente al calcestruzzo di raggiungere tensioni e deformazioni più elevate di quelle proprie del calcestruzzo non confinato***

Deformazione ultima del calcestruzzo confinato:  $\varepsilon_{cu}^* = \varepsilon_{cu} + 0,5 \cdot \alpha \cdot \rho_s \cdot \frac{f_y}{f_c}$  EC8

- $\varepsilon_{cu}^*$  = deformazione ultima calcestruzzo confinato = 20-25 ‰
- $\varepsilon_{cu}$  = deformazione ultima del calcestruzzo non confinato = 3,5 ‰

- $\rho_s = n_b \cdot \frac{A_{staffe}}{b_0 \cdot s_h}$  = percentuale di armatura trasversale

- $s_h$  = interasse staffe nella zona critica
- $n_b$  = numero bracci delle staffe
- $A_{staffe}$  = area delle staffe

- fattore di efficienza del confinamento  $\alpha = \alpha_n \cdot \alpha_s = \left(1 - \frac{s_h}{2 \cdot b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s_h}{2 \cdot h_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{\sum b_i^2}{6 \cdot b_0 \cdot h_0}\right)$

- $b_0$  ed  $h_0$  rispettivamente base ed altezza del nucleo confinato
- $b_i$  = distanze tra barre longitudinali trattenute da staffe lungo il perimetro

## APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN C.A.

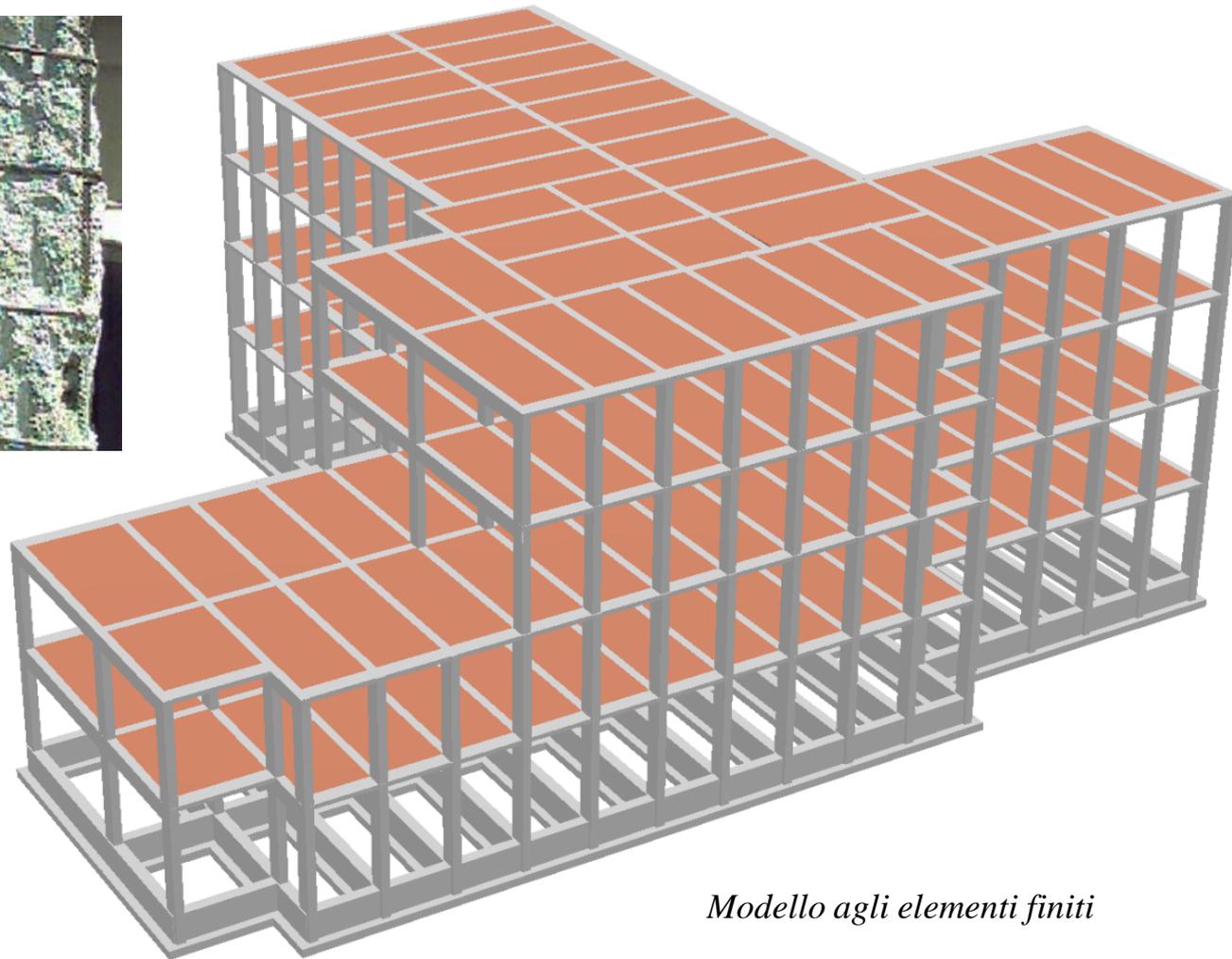
Circolare n° 7/2019 (cfr. C.8.7.2.3.2): “*il fattore di efficienza del confinamento  $\alpha$  è definito nell’ipotesi che le staffe presenti nell’elemento abbiano ancoraggi idonei ad evitare l’apertura delle stesse, ad esempio se presentano una chiusura con ganci a  $135^\circ$ . Nel caso tale ipotesi non sia soddisfatta, è opportuno assumere  $\alpha = 0$ ’.*”



*Staffe chiuse a  $90^\circ$  senza capacità di confinare il nucleo di cls*

# APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN C.A.

*Caso di studio: scuola anni Settanta, classe d'uso III*



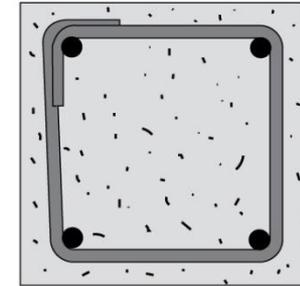
*Modello agli elementi finiti*

# APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN C.A.

*Caso di studio: scuola anni Settanta, classe d'uso III*

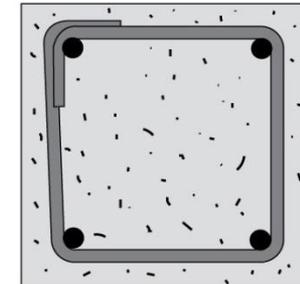
Ipotesi 1:

- $R_{cm}$  20 N/mm<sup>2</sup>
  - Barre Feb32k
  - Staffe chiuse a 90°       $\alpha = 0$
- Rapporto capacità/domanda = 0,40**



Ipotesi 2:

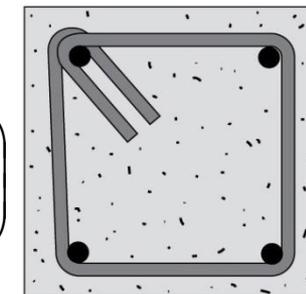
- $R_{cm}$  35 N/mm<sup>2</sup>
  - Barre Feb32k
  - Staffe chiuse a 90°       $\alpha = 0$
- Rapporto capacità/domanda = 0,60**



Ipotesi 3:

- $R_{cm}$  20 N/mm<sup>2</sup>
- Barre Feb32k
- Staffe chiuse a 135°       $\alpha = \left(1 - \frac{s_h}{2 \cdot b_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{s_h}{2 \cdot h_0}\right) \cdot \left(1 - \frac{\sum b_i^2}{6 \cdot b_0 \cdot h_0}\right)$

**Rapporto capacità/domanda = 1,10**



## APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN C.A.

### *Ruolo delle staffe sul confinamento del calcestruzzo*

Sistema François Hennebique (brevetto 1892): «*poutre à étrier*».

Maison Hennebique: «*l'étrier engendre la poutre et la poutre engendre l'ouvrage*».



*François  
Hennebique  
(1842-1921)*

*Da "Le béton en représentation – La memoire photographique de l'entreprise Hennebique 1890-1930"*

# APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN C.A.

*Esempi di intervento sui pilastri per confinare il calcestruzzo*



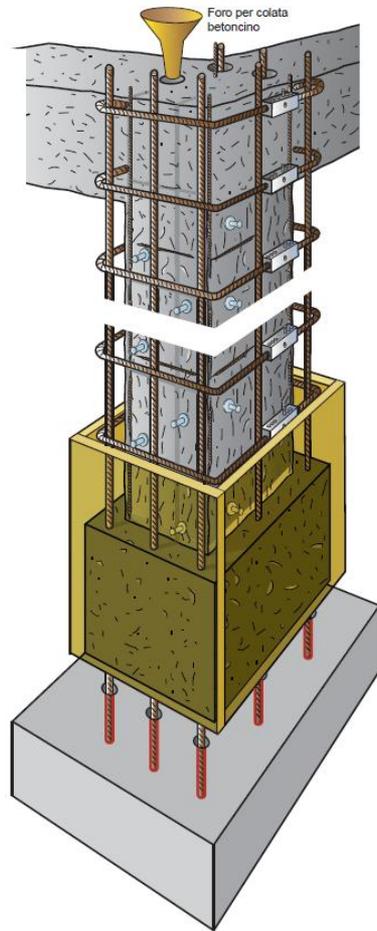
*Rinforzo con materiali FRP*



*Rinforzo con materiali FRCM*

# APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN C.A.

## *Esempi di intervento sui pilastri per confinare il calcestruzzo*



*Incamicatura di un pilastro: schema di intervento e fase di cantiere*

# **COME MIGLIORARE LA SICUREZZA STRUTTURALE**

**NORME PER LA SICUREZZA DELLE COSTRUZIONI ESISTENTI**

**APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN C.A.**

**APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN MURATURA**

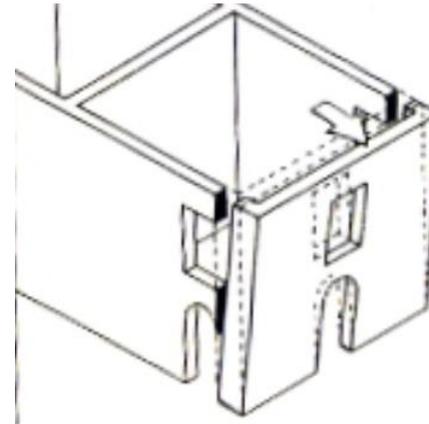
**CONCLUSIONI**

# APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN MURATURA

## *La rigenerazione dei letti di malta nelle pareti murarie*

Le costruzioni in muratura sono composte da pannelli che devono garantire un comportamento monolitico.

Tuttavia le malte subiscono una naturale degradazione reagendo con l'ambiente.



*Scarifica delle pareti in pietra naturale*



*Scarifica delle pareti in mattoni artificiali*

## *La rigenerazione dei letti di malta nelle pareti murarie*

Vitruvio, *De Architectura*, libro II

*“Le pietre che sono per natura tenere e porose tendono a disseccare il muro, assorbendo tutta l’umidità della malta; quando allora la calce e la sabbia sono molto abbondanti, il muro più ricco di umidità non si indebolisce presto e si mantiene compatto. Quando invece la porosità della pietra assorbe tutta l’umida sostanza della malta, anche la **calce** si dissocia dalla sabbia diventando **polvere**, per cui non può più cementare saldamente insieme le pietre e questo **causa, con il passar del tempo, il crollo dei muri**”.*



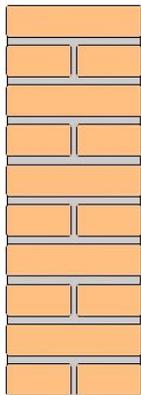
*Da Reluis*

*Crisi per disgregazione della muratura*

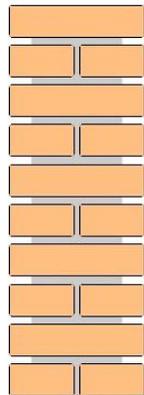
# APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN MURATURA

## *La rigenerazione dei letti di malta nelle pareti murarie*

Stato iniziale



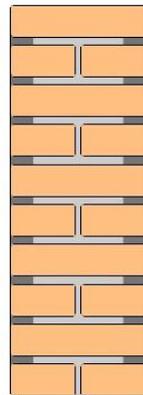
Scarifica



≥3 cm  
✱✱

≥3 cm  
✱✱

Ristilatura



≥3 cm  
✱✱

≥3 cm  
✱✱

Malta originaria

Malta nuova



*Pulizia mediante getto d'acqua*



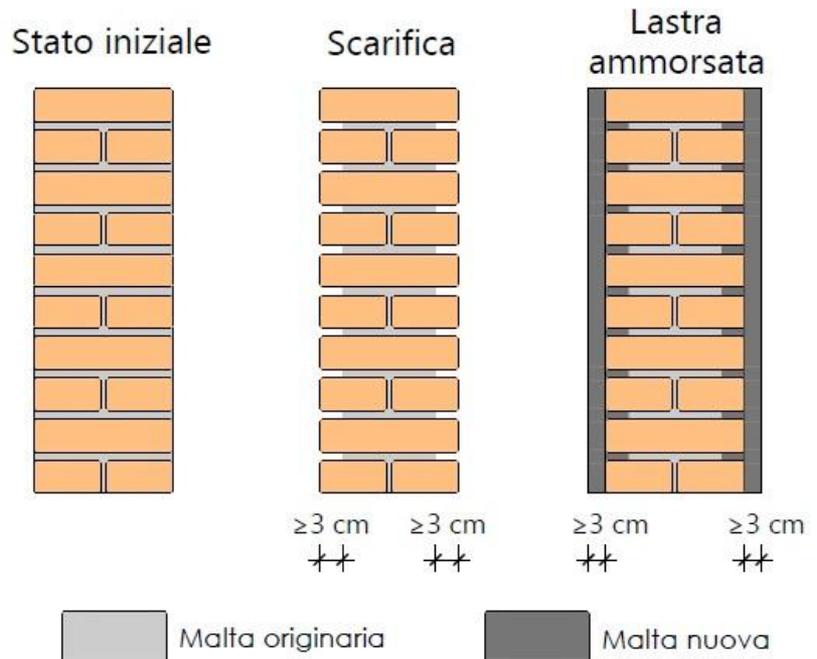
*Ricostruzione con nuova malta*

# APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN MURATURA

## *Rinforzo delle pareti mediante intonaco armato*

Realizzare uno strato di malta a base pozzolanica o calce, ben ammorsata alla parete scarificata.

Nel caso di pareti a sacco è necessario collegare i paramenti esterni mediante diatoni.



# APPROCCIO AGLI INTERVENTI SU COSTRUZIONI IN MURATURA

*Rinforzo delle pareti mediante reti di fibre ad alta resistenza*



*Rinforzo con materiali FRCM*

## CONCLUSIONI

Le costruzioni hanno una loro vita e sono soggette ad un processo di degrado che richiede una periodica manutenzione.

Le norme richiedono di valutare la sicurezza delle costruzioni esistenti in molte situazioni frequenti (perdita di resistenza per degrado dei materiali, errori in fase di costruzione, violazione delle norme tecniche dell'epoca), oltre che per azioni sismiche ed eventi eccezionali.

Interventi correttivi, anche semplici, su costruzioni in muratura e in cemento armato permettono la riduzione della classe di rischio sismico e la possibilità di usufruire di incentivi fiscali.

L'utilizzo delle moderne tecniche di rinforzo assume significato se accompagnato dal rispetto della regola dell'arte, non dimenticando le lezioni del passato.

**Grazie per l'attenzione**