

# STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO: INFLUENZA DEL DANNO LOCALIZZATO SULLA VULNERABILITÀ STATICÀ E SISMICA.

Diagnostica e monitoraggio strutturale

Piattaforma Webinar Fondazione CNI

22 giugno 2020

Relatore Lucia Rosaria Mecca

tel: +39 0971 81621 - mob +39 338 9649803 – mail: [lr.mecca@meccaingegneria.it](mailto:lr.mecca@meccaingegneria.it)

# Agenda

## REDAZIONE DEL PIANO DI INDAGINE STRUMENTALE:

- IMPORTANZA DELLA PREDIAGNOSI;

## INDAGINI NON DISTRUTTIVE QUALITATIVE:

- I CONTROLLI VISIVI;
- I MONITORAGGI;

## INDAGINI SEMIDISTRUTTIVE PER CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI:

- I CAROTAGGI;



# REDAZIONE DEL PIANO DI INDAGINE STRUMENTALE:

- IMPORTANZA DELLA PREDIAGNOSI;

- INDAGINI NON DISTRUTTIVE QUALITATIVE:

- I CONTROLLI VISIVI;
- I MONITORAGGI;

- INDAGINI SEMIDISTRUTTIVE PER CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI:

- I CAROTAGGI;



**PER REDIGERE UN BUON PIANO DI INDAGINE OCCORRE  
SEMPRE VALUTARE DOVE-ALL'INTERNO DI UN  
PERCORSO DIAGNOSTICO- SI COLLOCANO I RISULTATI  
DELLE INDAGINI CHE SVOLGIAMO.**

**QUAL E' L'OBBIETTIVO DELLA  
SPECIFICA INDAGINE CHE STIAMO  
APPRONTANDO?**

# QUAL E' L'OBBIETTIVO DELLA SPECIFICA INDAGINE CHE STIAMO APPRONTANDO? ... E CHI CE LO DICE...?

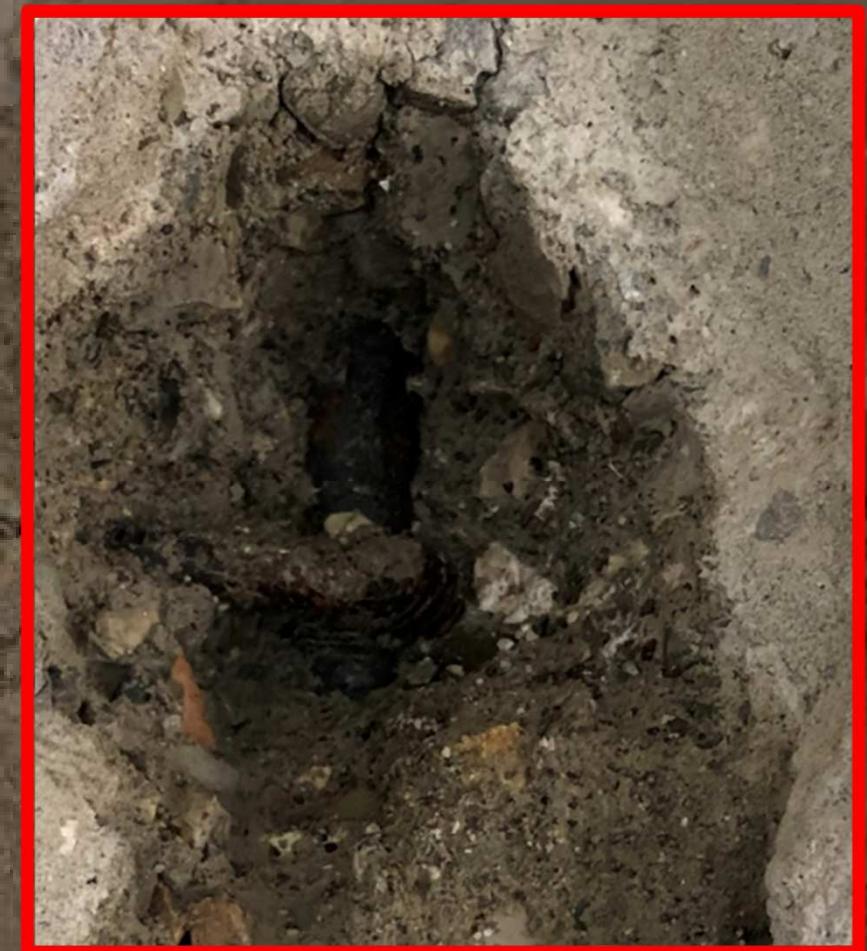
- NON PUO' DIRLO IL COMMITTENTE...;
- NON PUO' DIRLO LO SPERIMENTATORE...;
- NON PUO' DIRLO IL LEGISLATORE...;

LE PRIME INDICAZIONE SONO DEDOTTE DA  
MANIFESTAZIONI DELLO STATO DELLA STRUTTURA.



QUELLE INDAGINE SVOLGIAMO?  
CON I NOSTRI TEST INDAGHEREMO SUL MODULO  
ELASTICO O LEGGEREMO SOLO GLI EFFETTI DI  
DISOMOGENEITA' E DIFETTI?  
...DIPENDE DALLA TIPOLOGIA DEL DEGRADO!...  
COSA SEGNALA LA LESIONE ?  
UN FENOMENO MECCANICO?  
UN FENOMENO CHIMICO FISICO?

UN AIUTO...





**DIFFERENTE GRADO DI CORROSIONE IN MEDESIMO AMBIENTE ...**

**ARMATURE PIU SUPERFICIALI SONO MENO CORROSE DI QUELLE PROFONDE**

## FASE DI INDAGINE

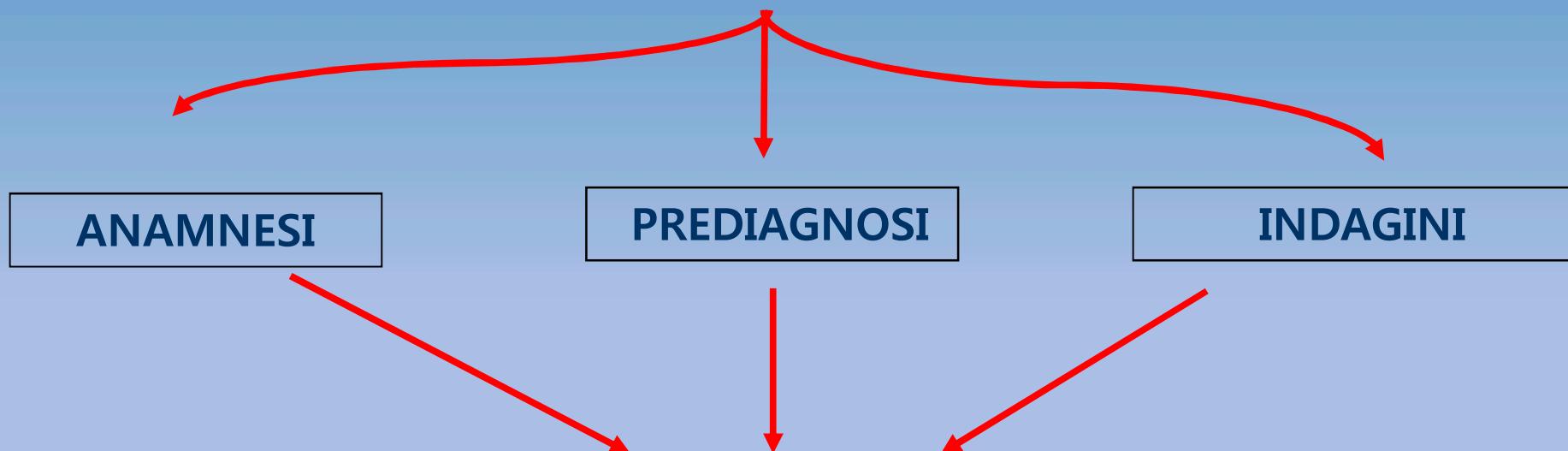


## FASE DI INTERVENTO



QUALI INDAGINI SONO STATE MESSE N CAMPO?

IL PIANO DI INDAGINE E' UNO STRUMENTO DI SUPPORTO ALLA  
DIAGNOSI PER COMPORRE LA QUALE OCCORRE ALMENO LA  
COMPILAZIONE DI UN SISTEMA COMPLETO DI:



SI TRATTA DI FATTORI TRA LORO CORRELATI.  
UN ADEGUATO PIANO DI INDAGINE VA CALIBRATO SEMPRE SU UNA  
PREDIAGNOSI ( SPESSO ANCHE SOLO DI TIPO QUALITATIVO) IN MODO DA  
CONSENTIRE L'EMISSIONE DI UN CORRETTO REFERTO

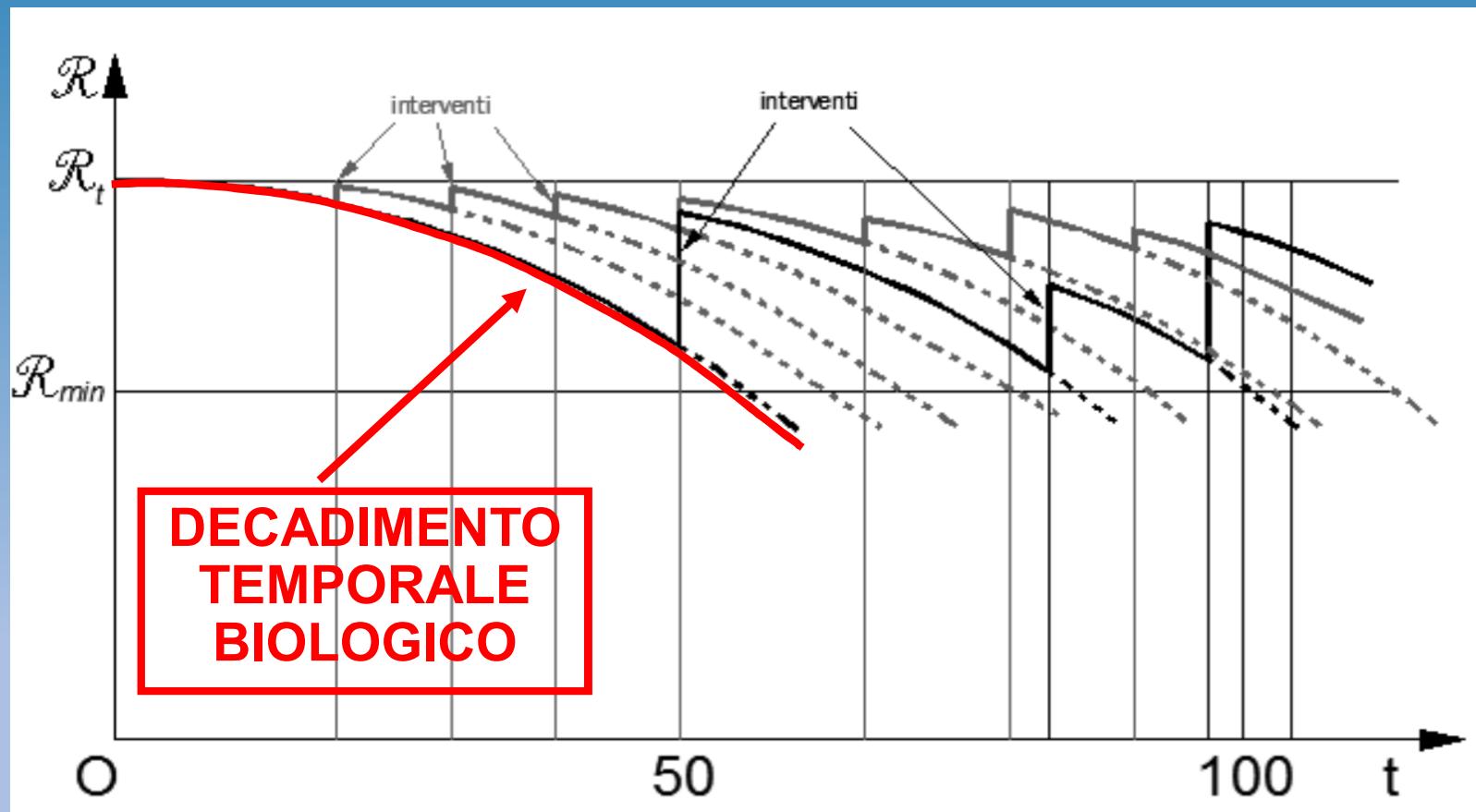
# PIANI DI INDAGINE, VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA E DURABILITA' DELLE OPERE



**CONTROLLI VISIVI E  
STRUMENTALI**



# I CONTROLLI STRUTTURALI NON COSTITUISCONO ATTIVITA' STRAORDINARIA !



CIRCOLARE ESPLICATIVA 7/2019 NTC 2018-Fig. C.2.1 – Evoluzione dell'affidabilità strutturale e del periodo di vita nominale in funzione delle strategie di intervento.  
PROGRAMMA DI MANUTENZIONE : [...] individuare il livello prestazionale (qualitativo e quantitativo) nei successivi momenti della vita del bene, individuando la dinamica della caduta delle prestazioni aventi come estremi il valore di collaudo e quello minimo di norma [...]."

I NOSTRI MODELLI DELLE STRUTTURE ESISTENTI ED ANCORA PRIMA LE GRANDEZZE CHE MISURIAMO DURANTE I TEST DI CONTROLLO SONO INFLUENZATI DA VARIE CARATTERISTICHE DEL MEZZO SOLIDO QUALI RESISTENZE MECCANICHE, DIFETTI, CAVITA', OLTRE CHE DAI SUOI STATI TENSIONALI E DUNQUE DAGLI SCHEMI STATICI DEL MANUFATTO.



PERCIO' LA SCELTA DI UN TEST NDT NON PUO' PRESCINDERE DA UNA APPROFONDITA CONOSCENZA DEL MATERIALE INDAGATO

## REDAZIONE DEL PIANO DI INDAGINE STRUMENTALE:

- IMPORTANZA DELLA PREDIAGNOSI;

## INDAGINI NON DISTRUTTIVE QUALITATIVE:

- CONTROLLI VISIVI;
- I MONITORAGGI;

## INDAGINI SEMDISTRUTTIVE PER CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI:

- I CAROTAGGI;



**LA PRIMA VALIDAZIONE DEL TEST E' DI TIPO VISIVO  
IN FUNZIONE DEGLI OBIETTIVI DELL'ANALISI DOBBIAMO STABILIRE SE  
L'INDAGINE CHE SIAMO IN PROCINTO DI SVOLGERE E' CONFACENTE O  
MENO AL CASO DI INTERESSE  
PERCIO' OPERIAMO SEMPRE UNA PRIMA CLASSIFICAZIONE DEI  
FENOMENI DI DEGRADO CATALOGANDOLI TRA :  
FENOMENI CHIMICO-FISICI E FENOMENI MECCANICI**



IN PRESENZA DI DEGRADI CHIMICO FISICI UN PARTICOLARE TEST POTREBBE BEN CORRELARSI CON OMOGENEITA' DEI GETTI, CONCENTRAZIONI DI ANOMALIE, PRESENZA DI CAVITA', ED ESSERE INVECE MOLTO POCO INDICATIVO DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL CONGLOMERATO;



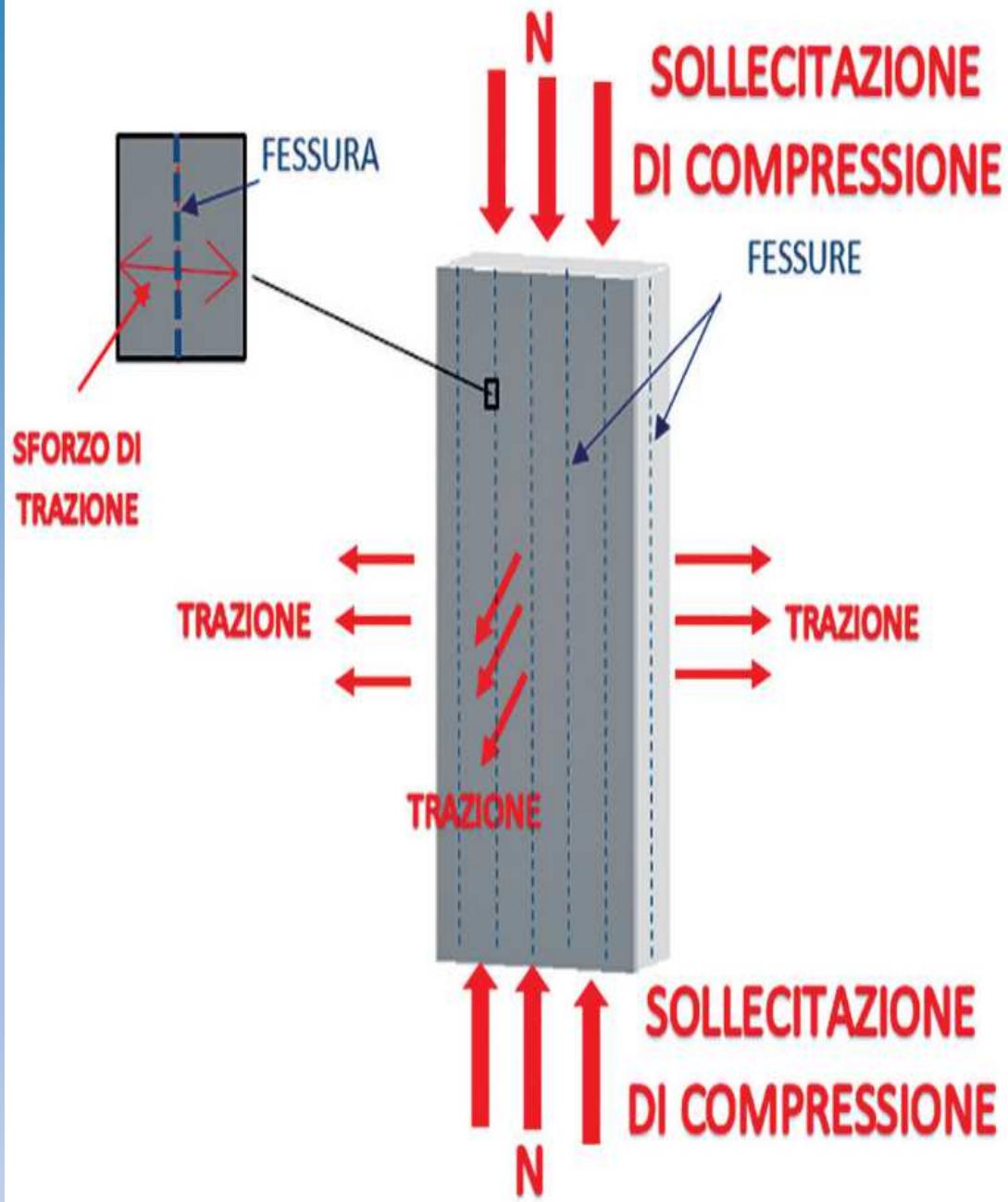
IN PRESENZA DI DEGRADI MECCANICI ALCUNI PARTICOLARI TEST POSSONO RAGIONEVOLEMENTE RITENERSI CORRELABILE A CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL MATERIALE ED ESSERE INDICATORI DI DIFETTI QUALI FRATTURE, DISTACCHI DEL COPRIFERRO...;







# FENOMENI MECCANICI

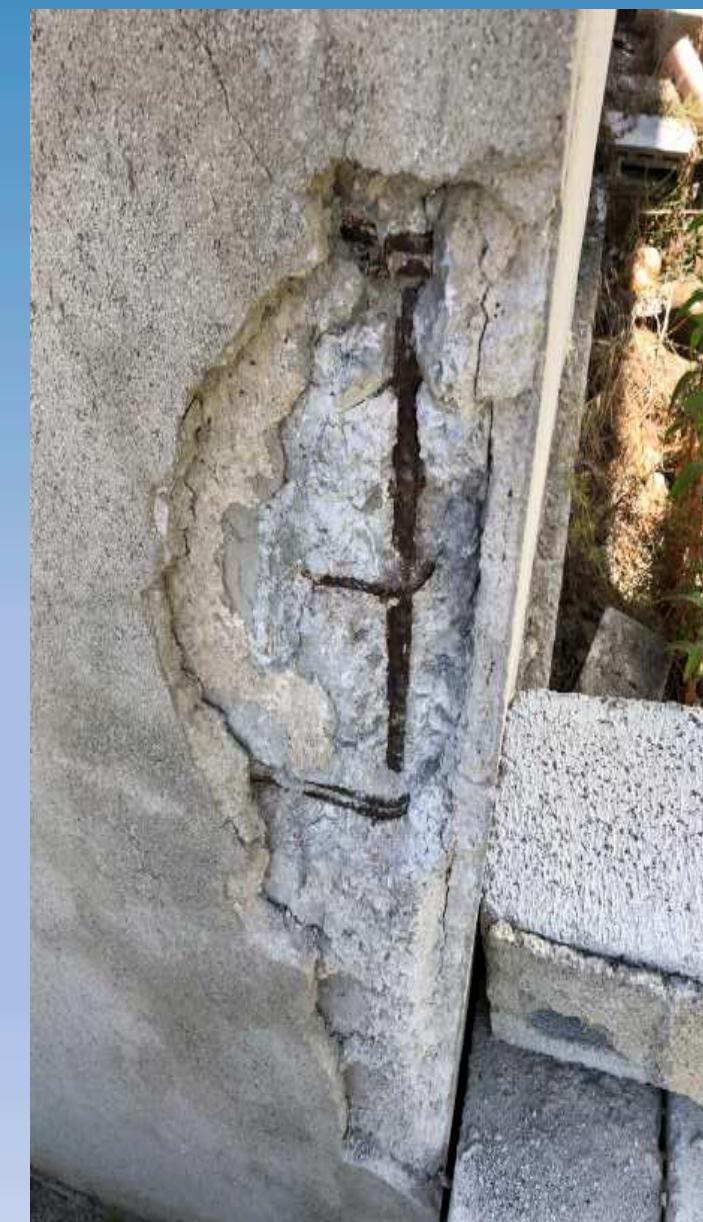


## DEGRADO PER EFFETTO DI AZIONI:

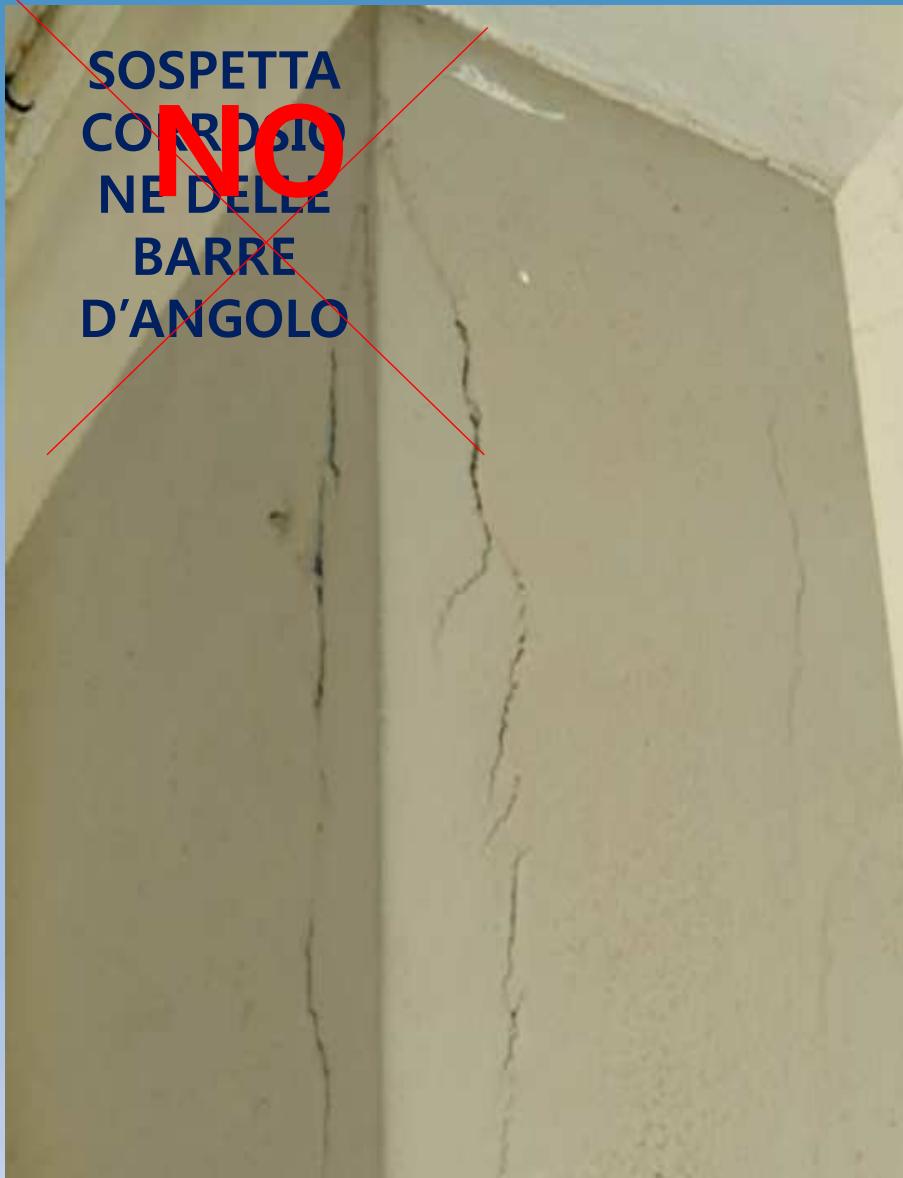
Nell'ambito dei fenomeni di **FESSURAZIONI PRIMARIE** (così chiameremo le fessure che insorgono unicamente per effetto delle azioni e non sono dovute a riduzione delle sezioni dei materiali strutturali o delle caratteristiche dei materiali a causa di degradi) riusciamo a classificare i vari tipi di fessurazione sulla base della *morfologia*, dell'*orientamento* e della *ubicazione* del quadro fessurativo in modo da dedurre l'azione che li ha originati. Nel seguito una breve carrellata delle fessure che si associano ai vari meccanismi di azione.

### FESSURAZIONE PER COMPRESSIONE

**SOSPETTA  
CORROSIONE  
DELLE BARRE  
D'ANGOLO**



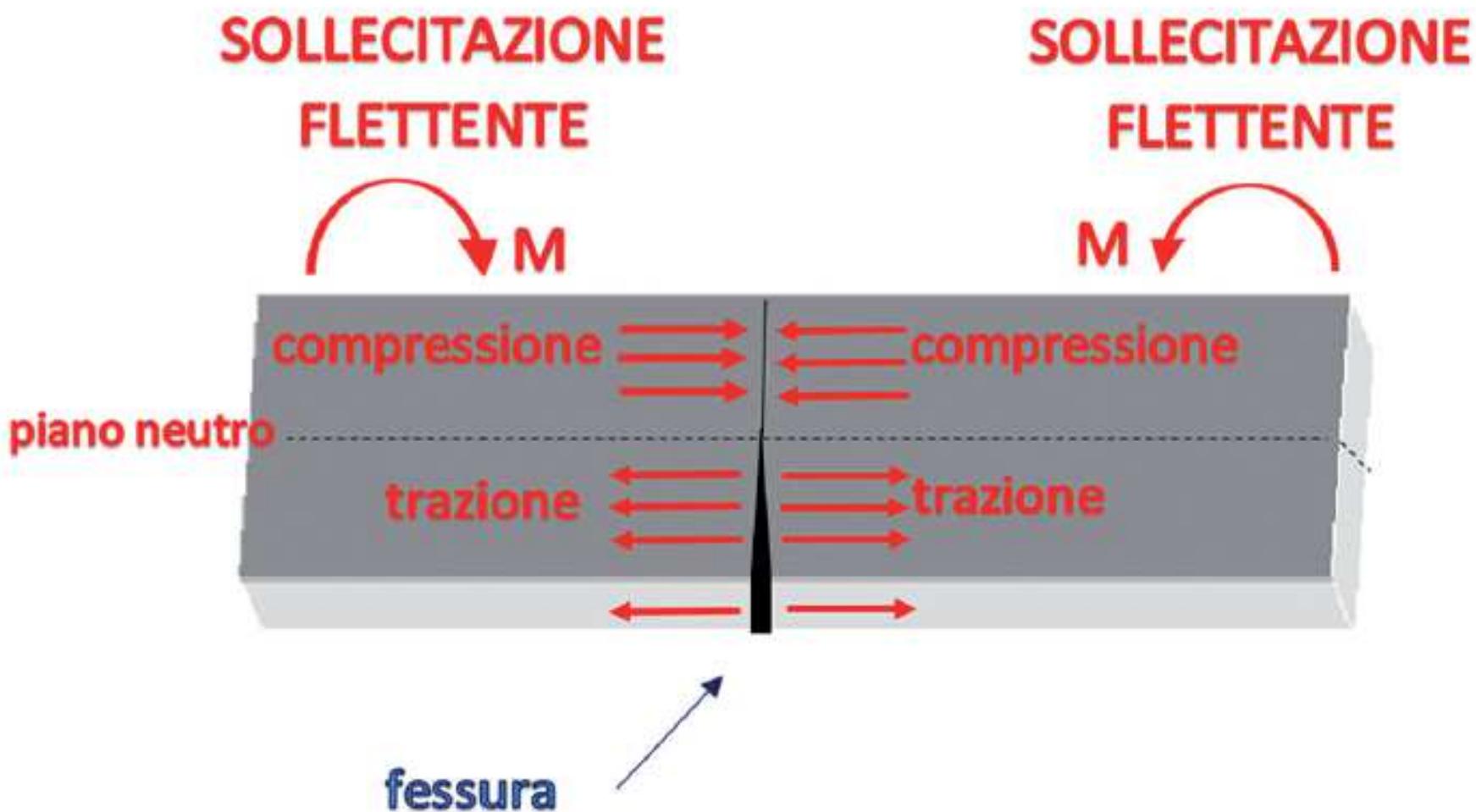
DEGRADO PER EFFETTO DI AZIONI:  
FESSURAZIONE PER COMPRESSIONE



*Rottura di un pilastro*



DEGRADO PER EFFETTO DI AZIONI:  
FESSURAZIONE IN CAMPATA PER FLESSIONE



DEGRADO PER EFFETTO DI AZIONI:  
VISUALIZZAZIONE DELLO STATO TENSIONALE ( fuori scala )

La geomotica applicata alla Tecnica delle Costruzioni: casi pratici



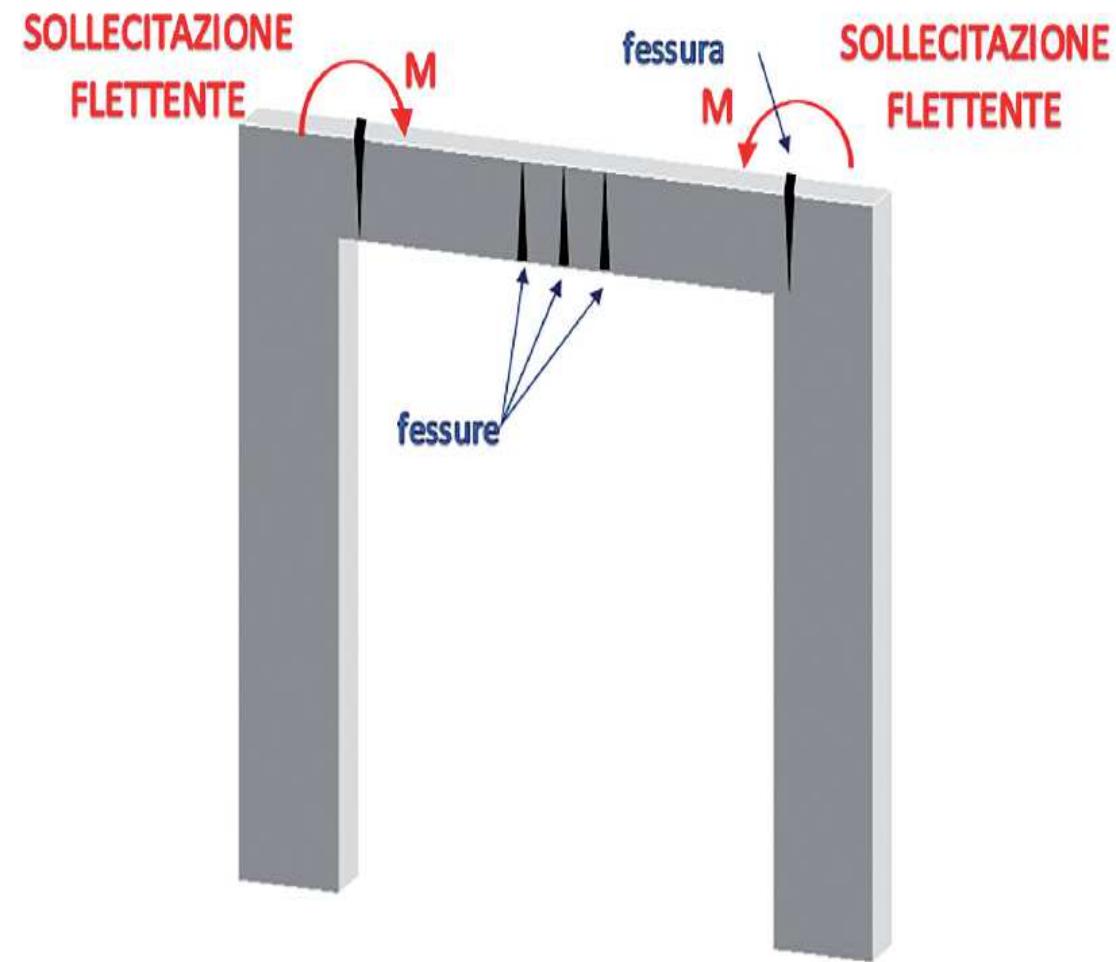
15

DEGRADO PER EFFETTO DI AZIONI:  
FESSURAZIONE IN CAMPATA PER FLESSIONE



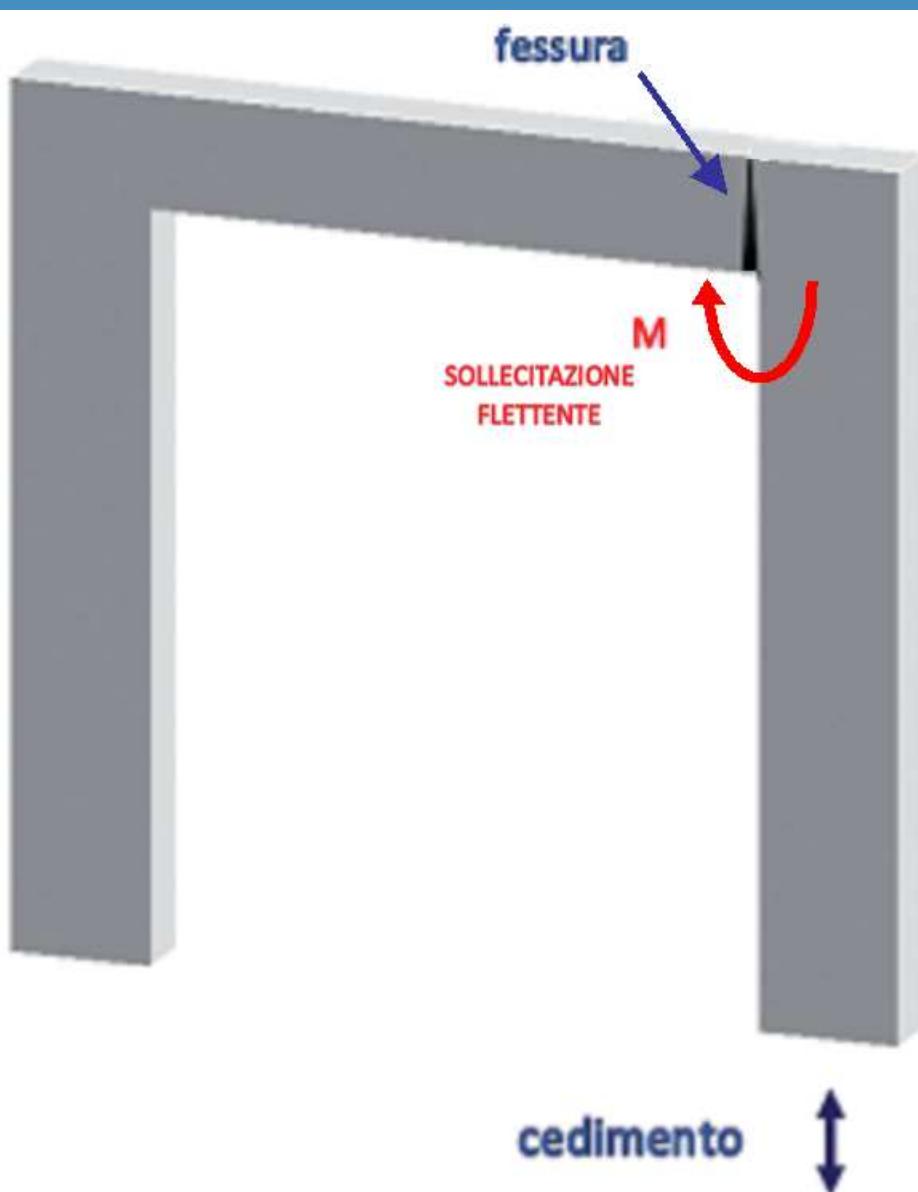
*(Complesso sala teatro-multicinema)*

DEGRADO PER EFFETTO DI AZIONI:  
FESSURAZIONE ALL' APPOGGIO PER FLESSIONE



( Felitti-Mecca)

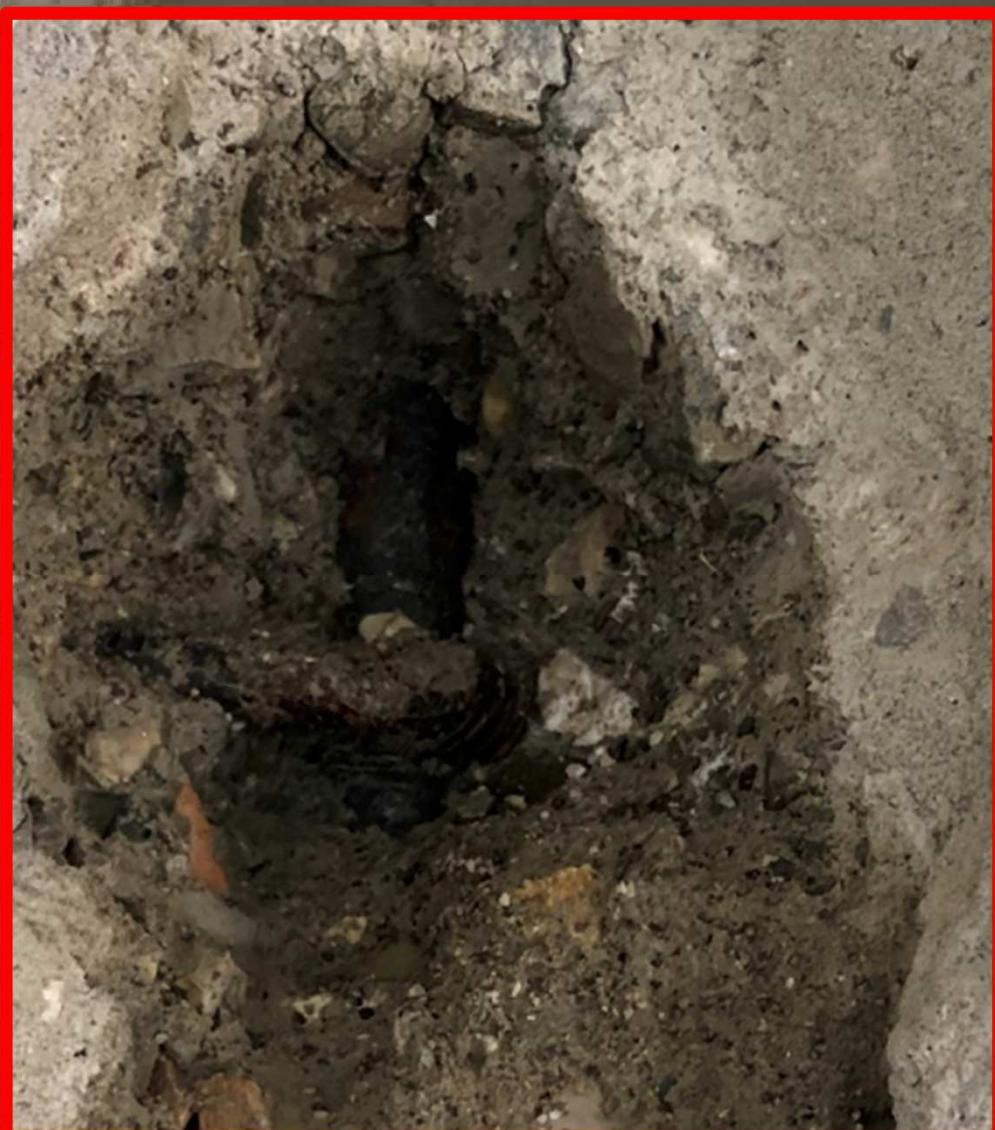
DEGRADO PER EFFETTO DI AZIONI:  
FESSURAZIONE ALL'APPOGGIO PER FLESSIONE



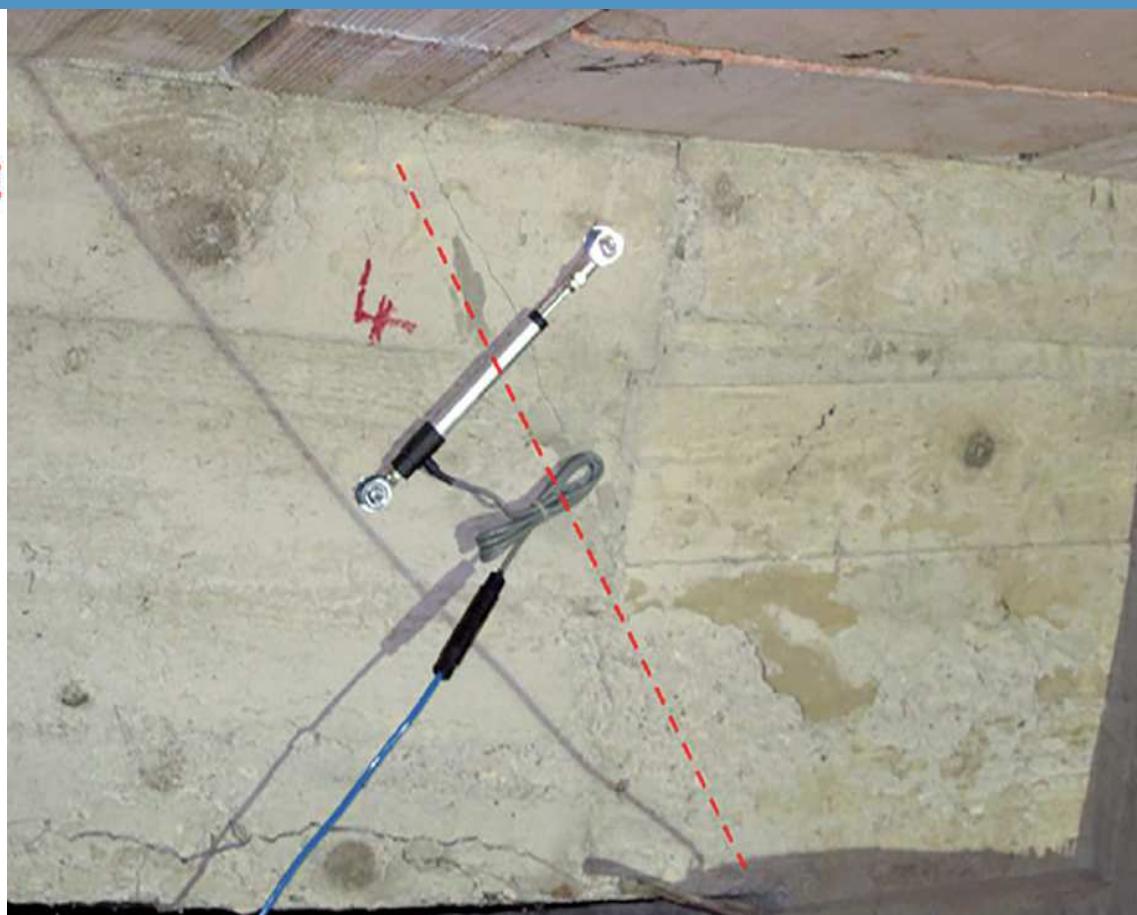
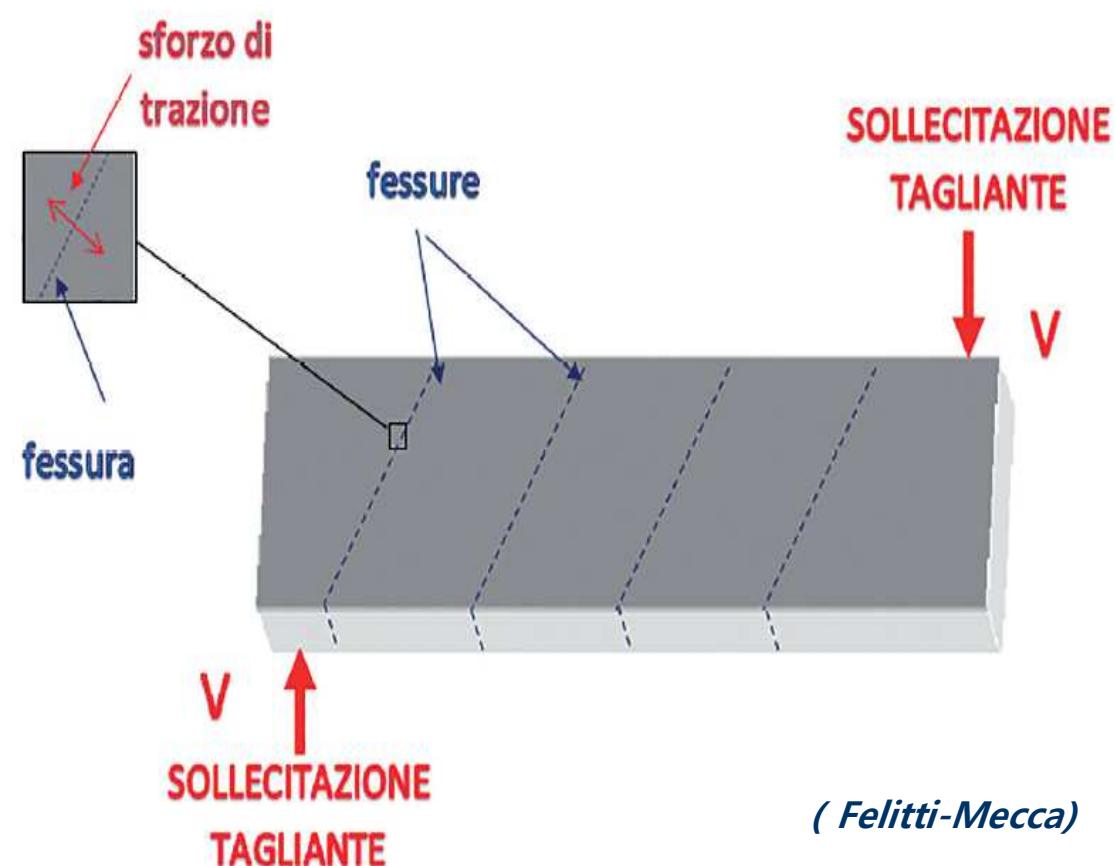


CHIMICO FISICO  
O  
MECCANICO?

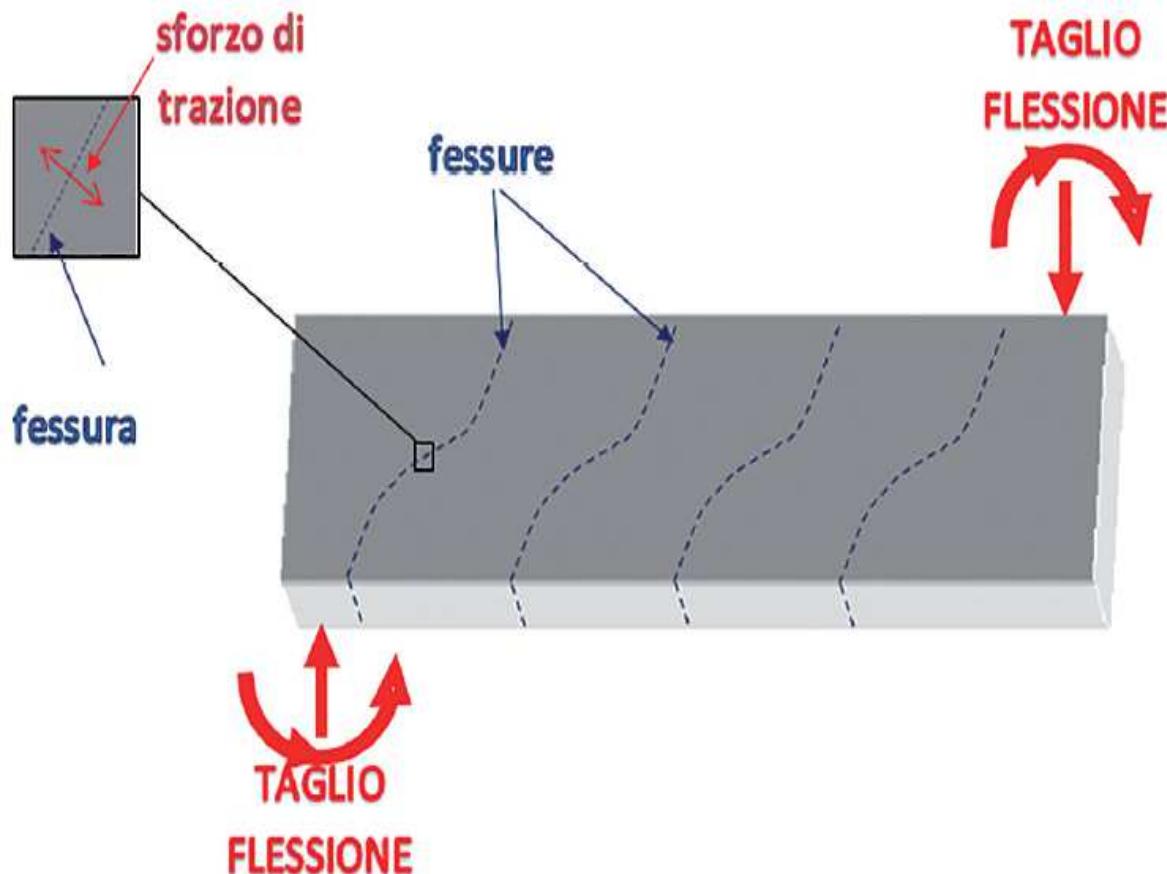
UN AIUTO...



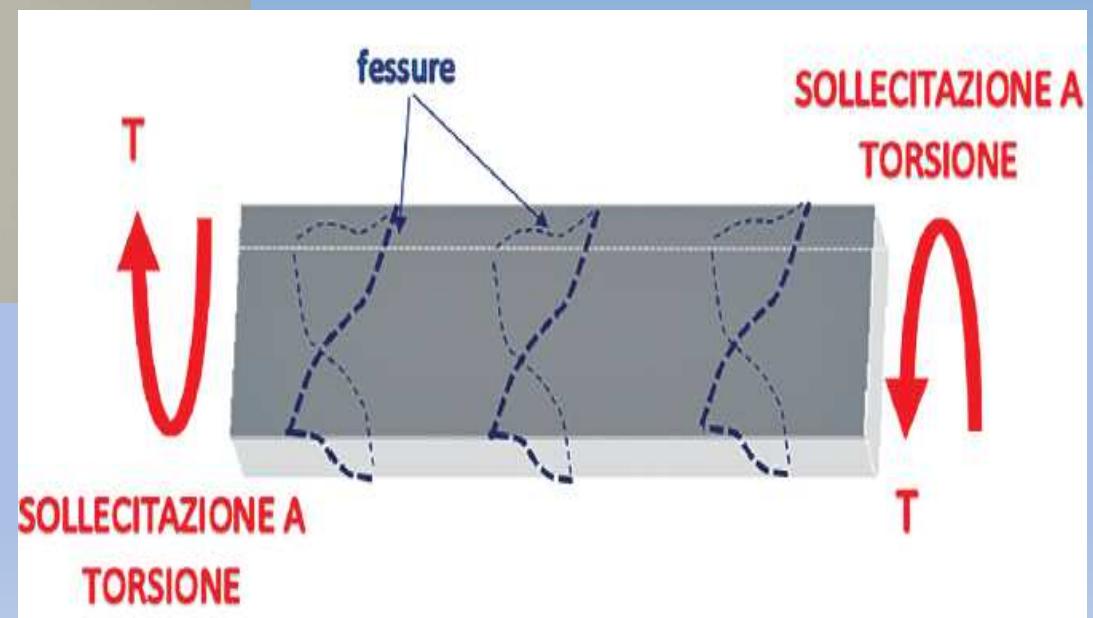
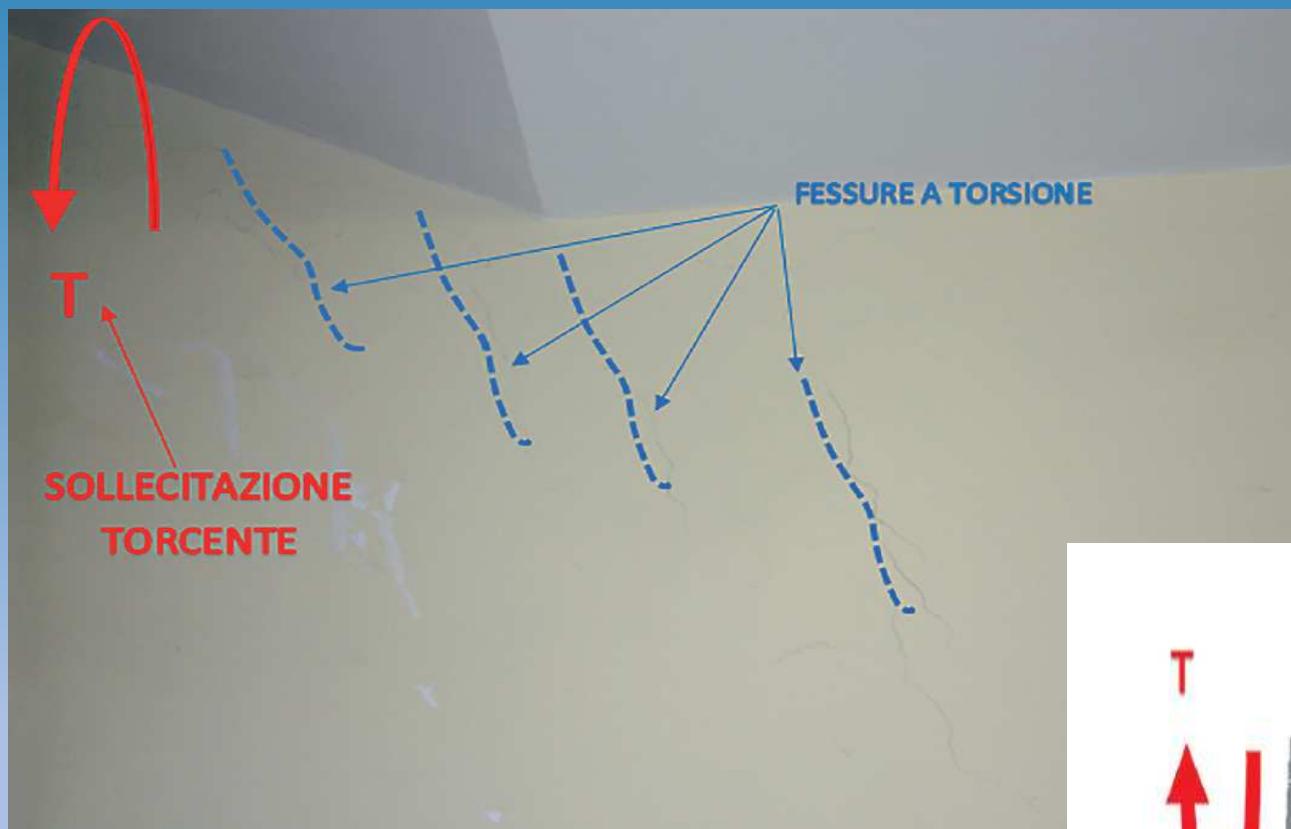
## DEGRADO PER EFFETTO DI AZIONI: FESSURAZIONE ALL'APPOGGIO PER TAGLIO



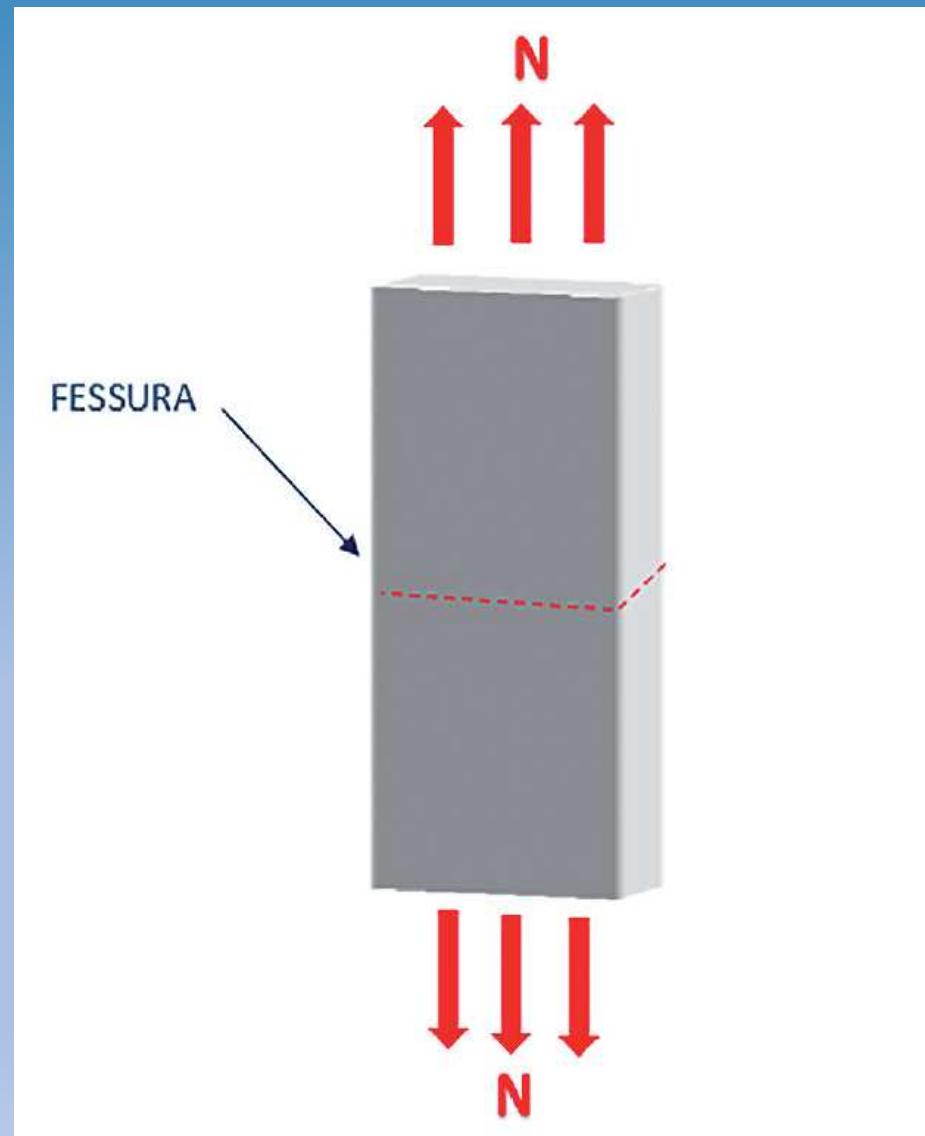
DEGRADO PER EFFETTO DI AZIONI:  
FESSURAZIONE ALL'APPOGGIO PER TAGLIO-FLESSIONE



DEGRADO PER EFFETTO DI AZIONI:  
FESSURAZIONE A TORSIONE



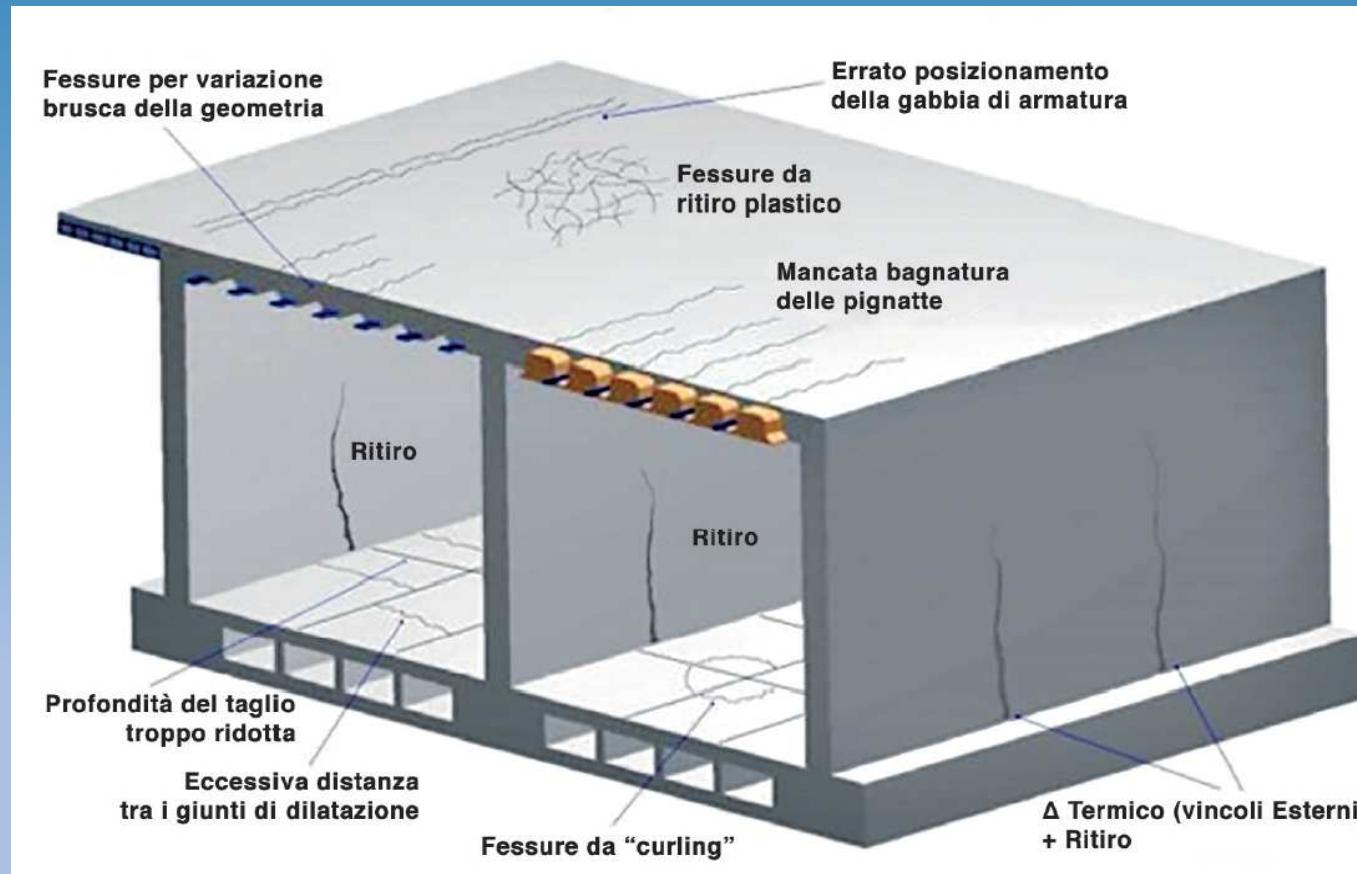
DEGRADO PER EFFETTO DI AZIONI  
FESSURE A TRAZIONE



RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA

# FESSURAZIONI TECNOLOGICHE

## DEGRADO PER CAUSE ENDOGENE



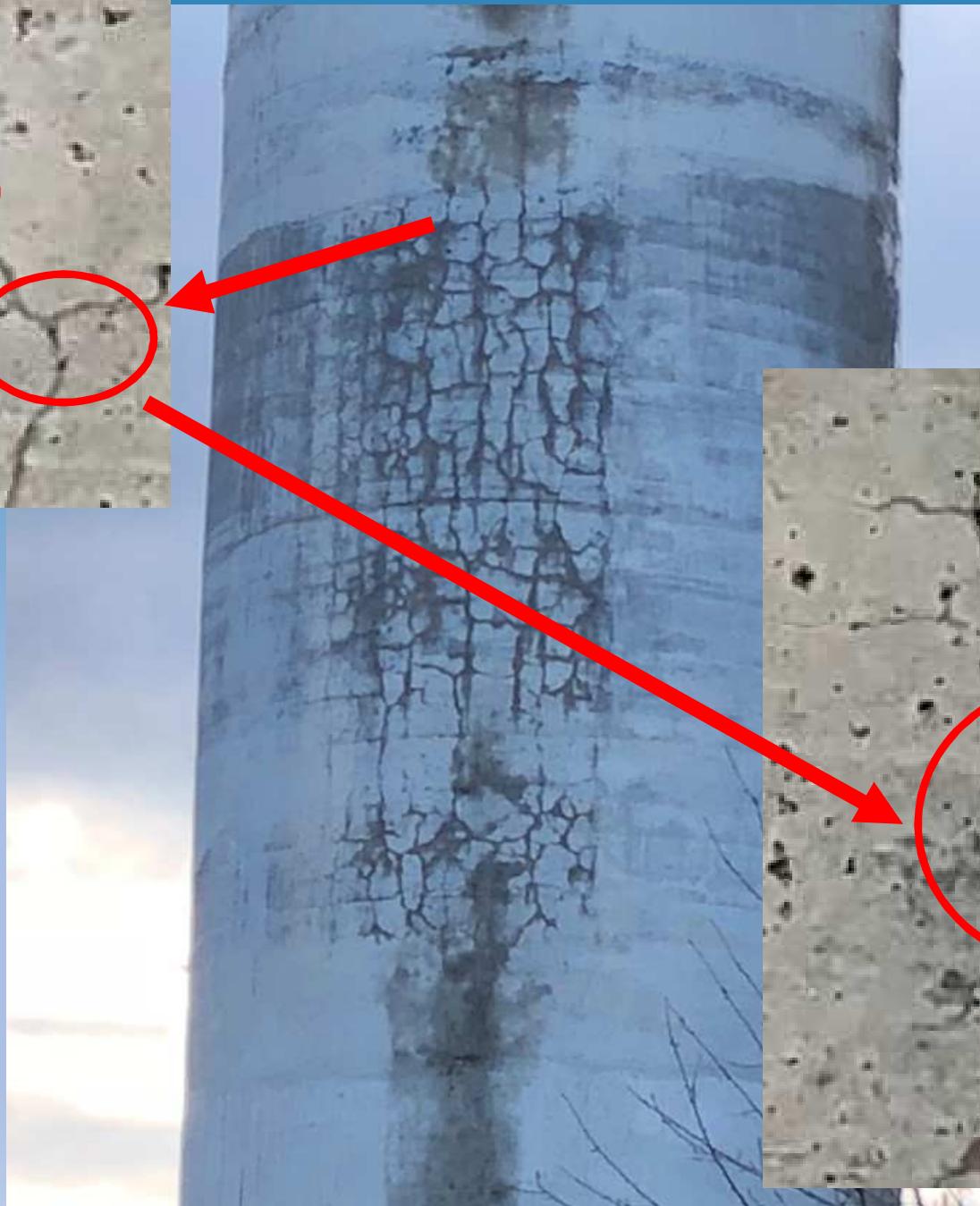
A DIFFERENZA DELLE FESSURE DOVUTE A SOLLECITAZIONI ESTERNE, DUNQUE PER **CAUSE ESOGENE**, LE FESSURE DI TIPO TECNOLOGICO SONO CONSEGUENZA DEL COMPORTAMENTO REOLOGICO DEL CALCESTRUZZO CHE COMPORTA LA NASCITA DI AUTOTENSIONI.

IN ASSENZA DI CARICHI COME NEL FENOMENO DEL RITIRO E DELLE VARIAZIONI TERMICHE, O IN PRESENZA DI CARICO PERMANENTE, COME NEL CASO DELLA VISCOSITÀ SI GENERANO STATI TENSIONALI DOVUTI A CONFIGURAZIONI DI AUTOEQUILIBRIO CHE POSSONO PROVOCARE QUADRI FESSURATIVI.

## FESSURAZIONI TECNOLOGICHE



2) RITIRO IDRAULICO ( O IGROMETRICO). E' QUELLO CHE SI VERIFICA A SEGUITO DELL'ESSICAMENTO AD INDURIMENTO AVVENUTO.



1) RITIRO PLASTICO (CHE PUO' RAGGIUNGERE AMPIEZZE FINO A 2-3 MM ). E' QUELLO CHE SI REALIZZA NEI PRIMI TEMPI DELLA PRESA



Pila di viadotto in Provincia di Macerata.

## FESSURAZIONI TECNOLOGICHE

### FESSURAZIONE PER VARIAZIONI TERMICHE

ALTRA FAMIGLIA DI FESSURAZIONI SONO QUELLE PER VARIAZIONI TERMICHE.

1. GRADIENTI TERMICI ESTERNI. NE E' INTERESSATO L'INTERO ELEMENTO COSTRUTTIVO CHE SI DILATA CON L'AUMENTARE DELLA TEMPERATURA E SI CONTRAE CON L'ABBASSAMENTO DELLA STESSA. IN PRESENZA DI VINCOLI TALI ESCURSIONI DIMENSIONALI COMPORTANO L'INSTAURARSI DI UN QUADRO FESSURATIVO LOCALIZZATO NEI PUNTI DI MAGGIOR SOLLECITAZIONE CHE SI AMPLIFICA E SI RIDUCE CICLICAMENTE IN DIPENDENZA DELL'ANDAMENTO DELLA TEMPERATURA.
1. VARIAZIONI TERMICHE LOCALIZZATE CHE NON INTERESSANO IN MODO OMOGENEO L'INTERO CORPO DI MASSA. QUESTE NON SI TRADUCONO IN SOLLECITAZIONI GLOBALI MA SI ESAURISCONO LOCALMENTE DISTRIBUENDOSI SECONDO UNO STATO TENSIONALE PIU' CAOTICO. I CASI DI MAGGIOR INTERESSE IN AMBITO APPLICATIVO SONO I GETTI MASSIVI O I GETTI IN ELEMENTI SOTTILI AD ELEVATO SVILUPPO PIANO.

# FESSURAZIONI TECNOLOGICHE

## FESSURAZIONE PER VARIAZIONI TERMICHE IN GETTI MASSIVI



# FESSURAZIONI TECNOLOGICHE

## FESSURAZIONE PER VARIAZIONI TERMICHE IN GETTI MASSIVI



# FESSURAZIONI TECNOLOGICHE

## FESSURAZIONE PER VARIAZIONI TERMICHE IN GETTI MASSIVI



# FESSURAZIONI TECNOLOGICHE

## ALTERAZIONI PER AUTOTENSIONI

### FESSURAZIONE PER VARIAZIONI TERMICHE IN GETTI MASSIVI



### DEPOSITI DI CARBONATO DI CALCIO

LA CONFERMA CHE LA ROTTURA DELLA CAROTA NON E' AVVENUTA IN FASE DI ESTRAZIONE DEI CAMPIONI CE LA FORNISCE PROPRIO L'ANALISI DELLE FACCE IN CORRISPONDENZA DELLA FRATTURA. SONO EVIDENTI, INFATTI, NEMEROSE CONCREZIONI . I DEPOSITI DI CARBONATO DI CALCIO SONO LEGATI A CIRCOLAZIONE DI ACQUA DATATA ALMENO QUANTO IL GETTO...

L'UTILIZZO SEMPRE PIÙ EVOLUTO DEI CONTROLLI STRUTTURALI RIGUARDA MOLTE FASI DELL'ATTIVITÀ TECNICA A PARTIRE DALLA FASE DI PROGETTAZIONE PER POI PROSEGUIRE DURANTE L'ESECUZIONE FINO AI CONTROLLI NELLA VITA DI ESERCIZIO.

SAPER REDIGERE UN CORRETTO PIANO DI INDAGINE CONSENTE

- Progettazione adeguata dei Piani di Manutenzione delle Opere;
  - Controlli efficaci, in sicurezza e sostenibili nella vita di esercizio;
    - Diagnostica di supporto agli studi sulle strutture;
- Supporto al tema che l'ingegneria strutturale dovrà affrontare nei prossimi anni:  
adattamento del

**MODELLO COMPUTAZIONALE  
AL  
COMPORTAMENTO REALE DELL'OPERA.**

**MODELLI  
COMPUTAZIONALI MOLTO  
SPINTI E AFFINATI**

**SENSORISTICA E SISTEMI DI  
RILIEVO TRATTAMENTO E  
CATALOGAZIONE DI DATI  
MOLTO SOFISTICATA**

**UTILIZZO DI BANCHE DATI  
MOLTO GREZZE: I NOSTRI  
MODELLI COMPUTAZIONALI  
NON SANNO TRATTARE DATI DI  
TIPO EVOLUTO E DISTRIBUITI  
IN MODO DIFFUSO RELATIVI AI  
DEGRADI**

# QUESTO NELL'INPUT DEI NOSTRI MODELLI?



Tratto da **TECNICHE DI DIAGNOSI RIPARAZIONE E MIGLIORAMENTO DI STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO DEGRADATO** ( Felitti-Mecca)

# QUESTO NELL'INPUT DEI NOSTRI MODELLI?



Tratto da **TECNICHE DI DIAGNOSI RIPARAZIONE E MIGLIORAMENTO DI STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO DEGRADATO** ( Felitti-Mecca)





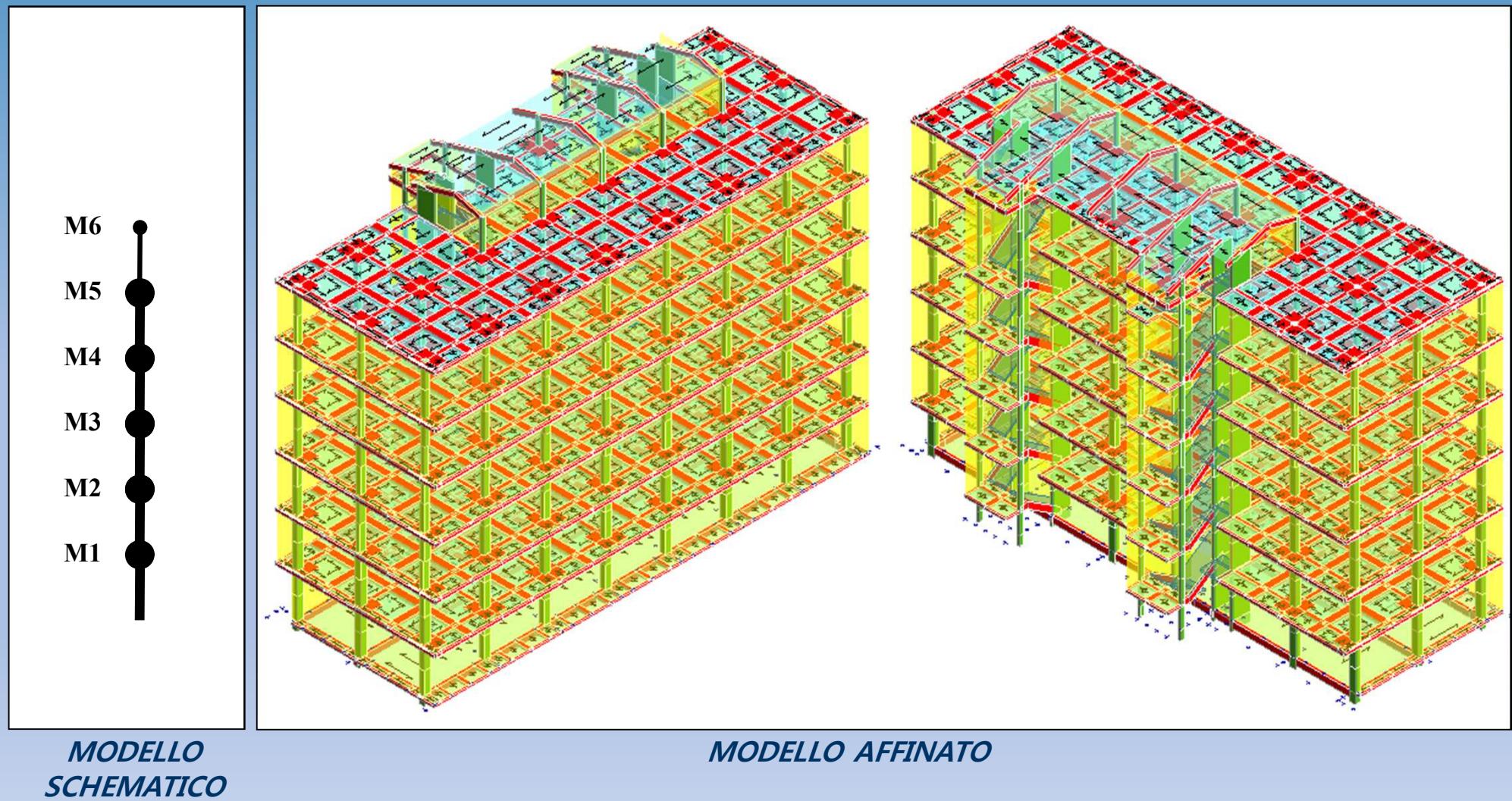
MODELLO TEORICI COMPORTAMENTALI;  
COMPORTAMENTI REALI ...

QUANTO SONO DISTANTI?

Analizziamo perciò nel seguito i motivi di scarsa corrispondenza tra  
modello strutturale **TEORICO** e **FISICO**:

### ESIGENZE DI MODELLAZIONE

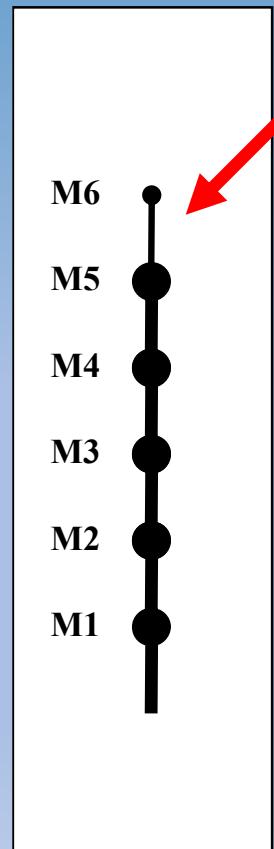
#### IL CASO DEI PADIGLIONI OSPEDALE PSICHiatrico DON UVA (PZ)



## ESIGENZE DI MODELLAZIONE

### IL CASO DEI PADIGLIONI OSPEDALE PSICHiatrico DON UVA (PZ)

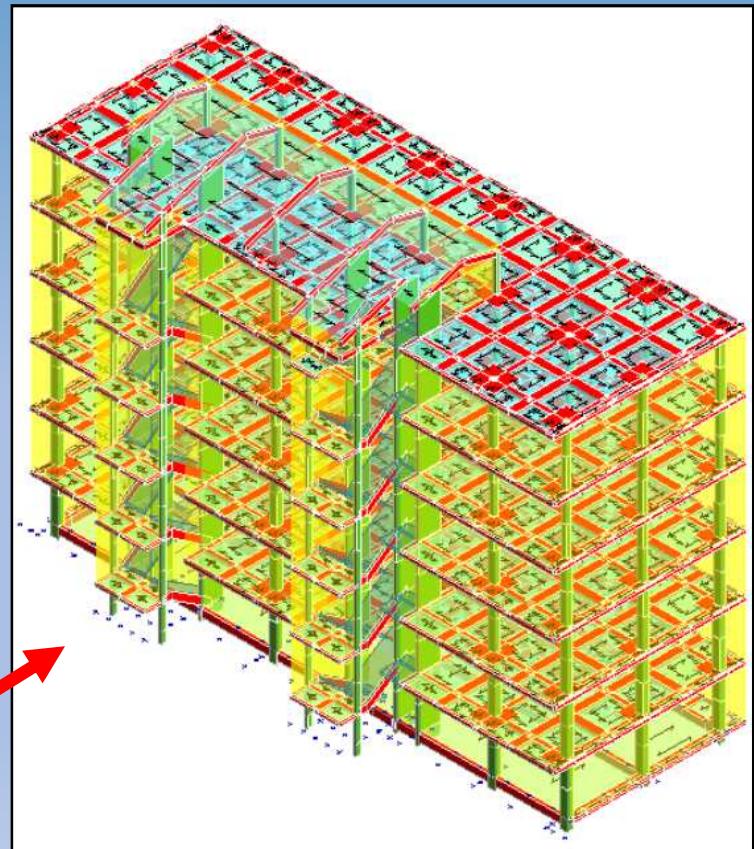
La scelta del modello di calcolo è ovviamente funzione degli obiettivi della modellazione.



Per particolari utilizzi potrebbe risultare sufficientemente rappresentativo il modello schematico ad aste verticali, la cui rigidezza è somma delle rigidezze dei pilastri, e le masse concentrate ai piani sono pari al totale delle masse distribuite ed afferenti ad ogni piano.

Per studi di dettaglio abbiamo esigenze di modellazione differenti e ci occorrono invece modelli più affinati.

*MODELLO  
SCHEMATIC*



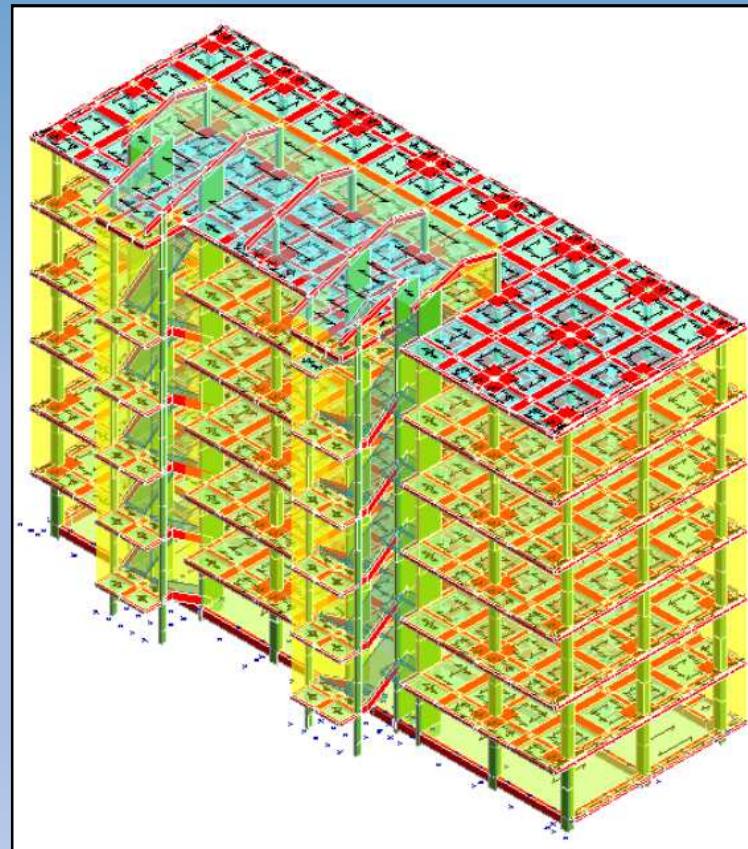
*MODELLO DI CALCOLO AFFINATO*

## ESIGENZE DI MODELLAZIONE

### IL CASO DEI PADIGLIONI OSPEDALE PSICHiatrico DON UVA (PZ)

Spesso sono proprio le esigenze di modellazione ad allontanare il modello computazionale dal modello fisico.

Nello studio della struttura del fabbricato a destra dovevamo effettuare una analisi pushover per la qual cosa ci interessava modellare la struttura con elementi strutturali di tipo mono dimensionale (travi e pilastri) per i quali è ammessa la formazione di cerniere plastiche locali. Peculiarità che non riguarda gli elementi bidimensionali (setti e piastre) entrambi presenti nel manufatto.

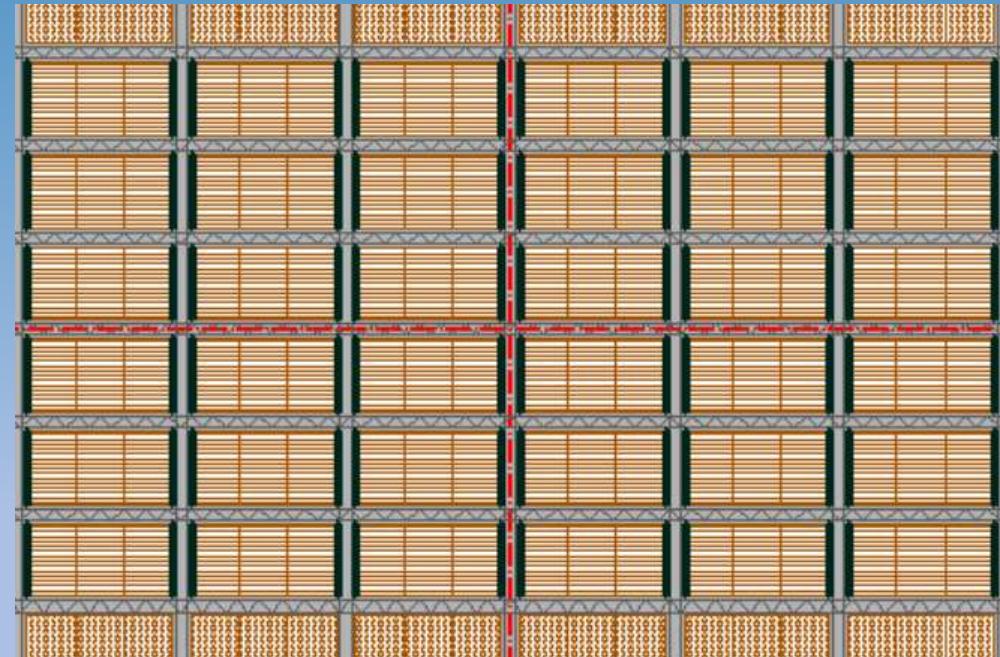


## ESIGENZE DI MODELLAZIONE

Il primo problema che abbiamo dovuto affrontare è stata la modellazione dei solai di piano. Si trattava di solai bidirezionali e in assenza di travi di collegamento tra i pilastri



*ESECUZIONE DI SOLAIO BIDIREZIONALE*



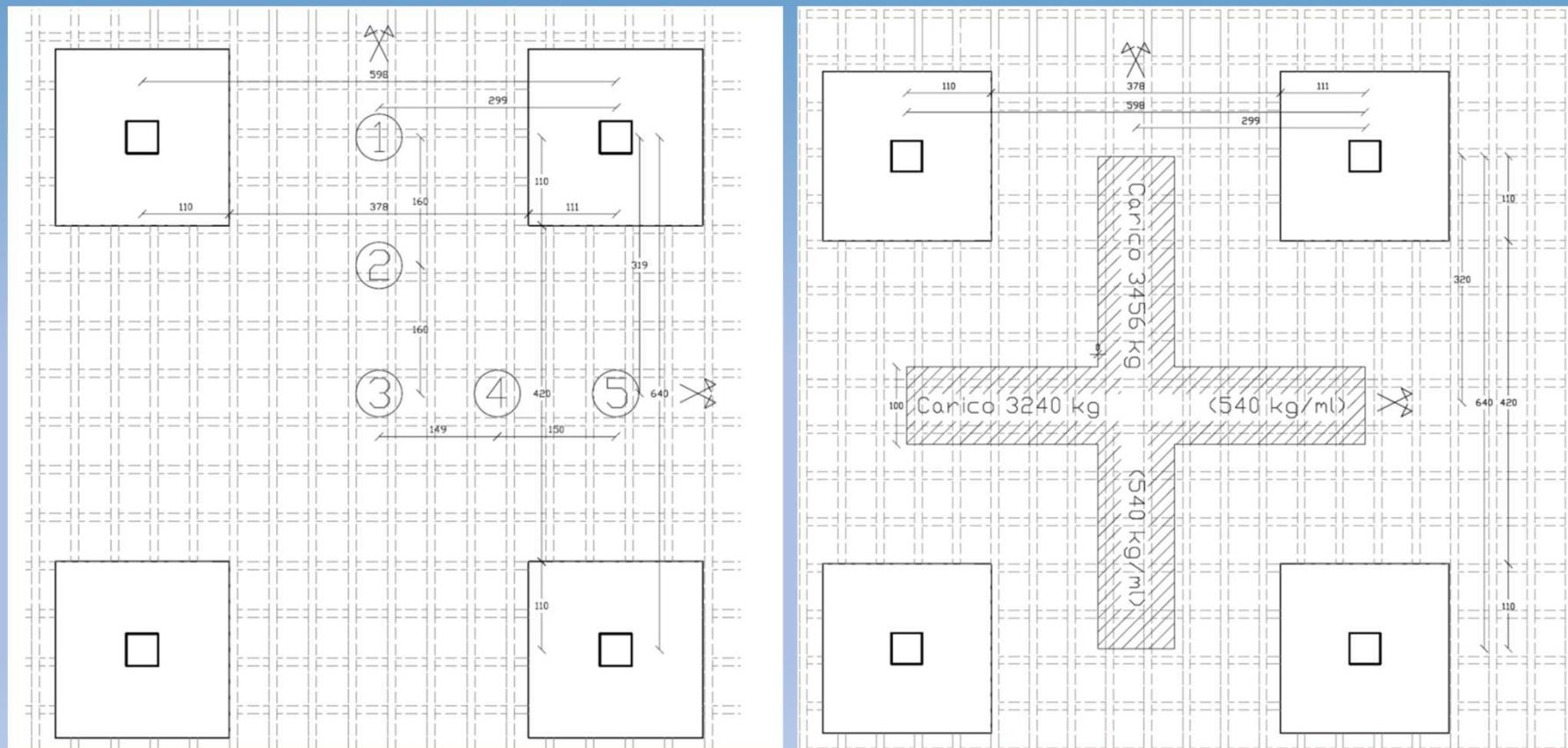
*ESTRATTO CARPENTERIA SOLAIO BIDIREZIONALE*

Il modello maggiormente rappresentativo di un solaio bidirezionale  
è costituito da una **piastra di rigidezza equivalente**.

## ESIGENZE DI MODELLAZIONE

Per ricavare la rigidezza del solaio abbiamo condotto una prova finalizzata alla calibratura della piastra equivalente.

Scelta la disposizione della zavorre ed ubicati i sensori di lettura abbiamo optato per una prova di tipo leggero, da incrementare per gradini successivi di carico sia per ottenere piu' parametri di correlazione sia per controllare il buon comportamento del solaio, il quale non era noto.

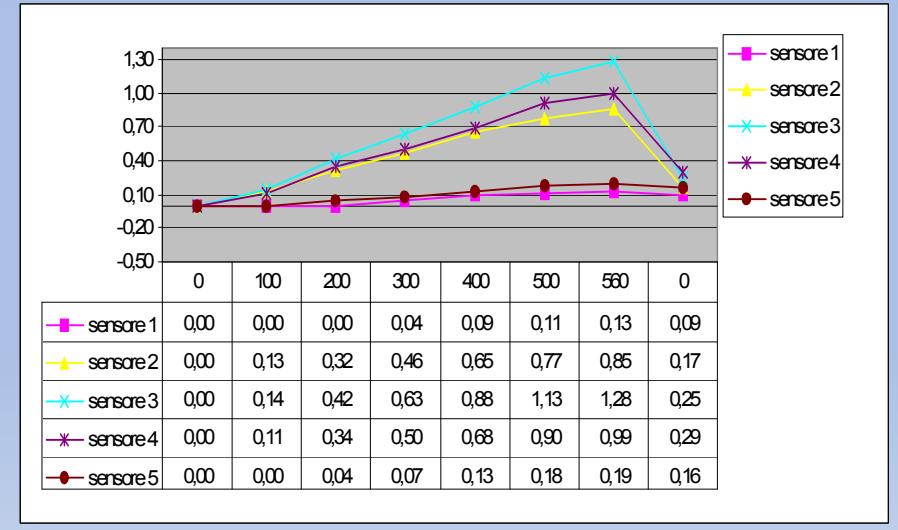
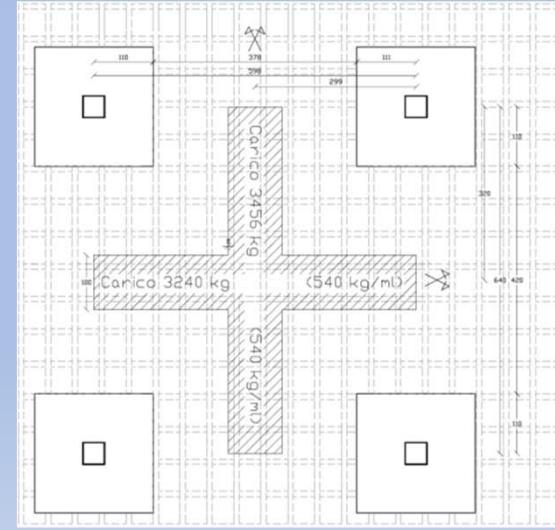
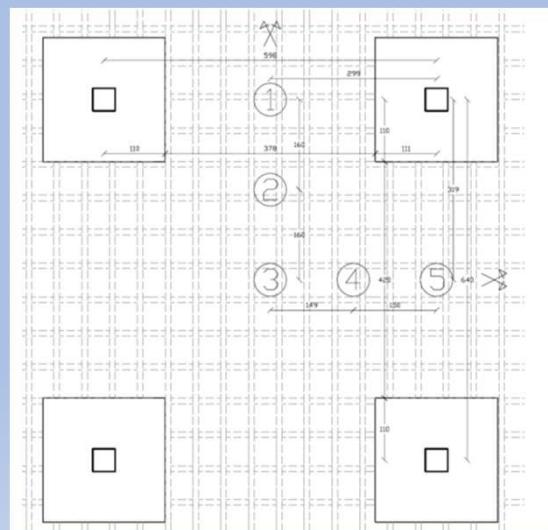
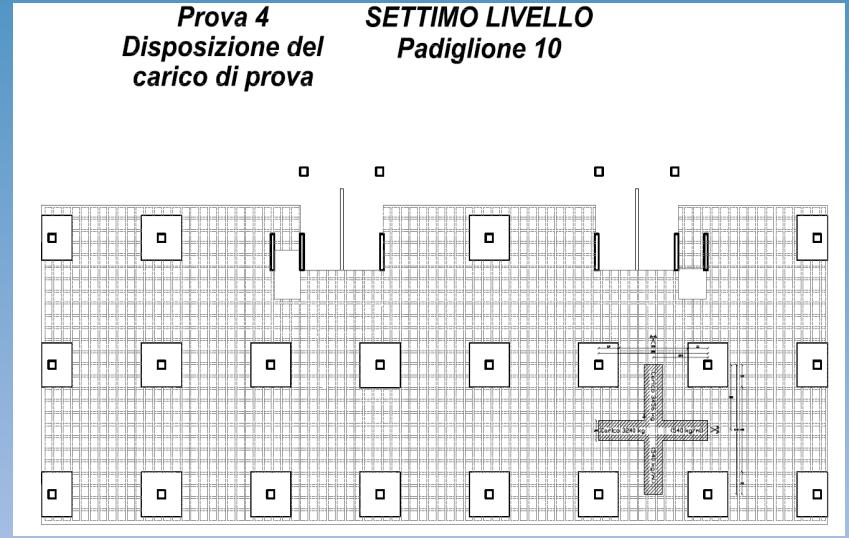


## ESIGENZE DI MODELLAZIONE



## ESIGENZE DI MODELLAZIONE

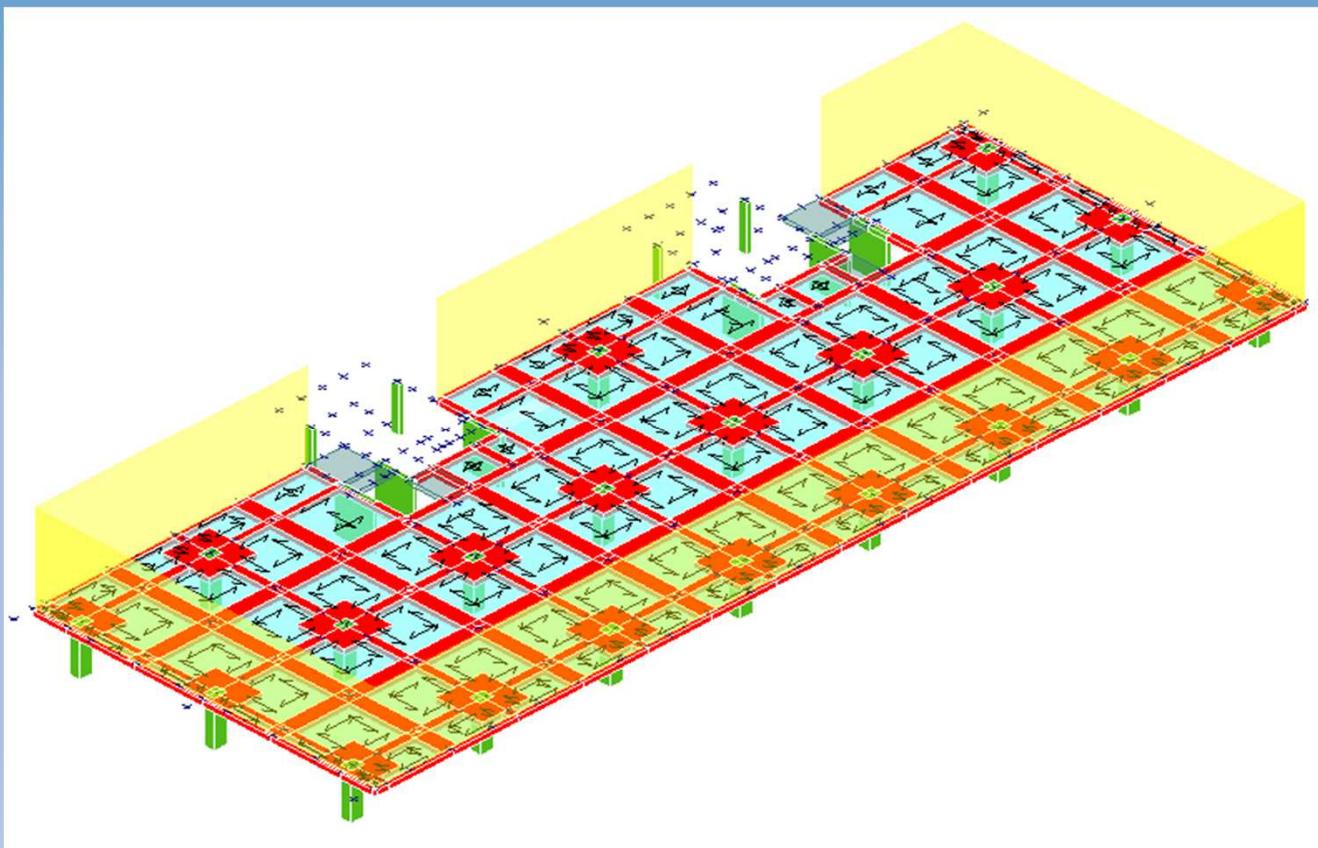
Dalla elaborazione dei dati risultanti dalle fasi di carico e scarico abbiamo dedotto la risposta del solaio al variare dei gradini di carico. In questo modo abbiamo caratterizzato (deducendone la rigidezza) la piastra equivalente.



## ESIGENZE DI MODELLAZIONE

Eraamo però partiti da una precisa esigenza di modellazione: modellare la struttura con **elementi di tipo mono dimensionale (travi e pilastri)....**

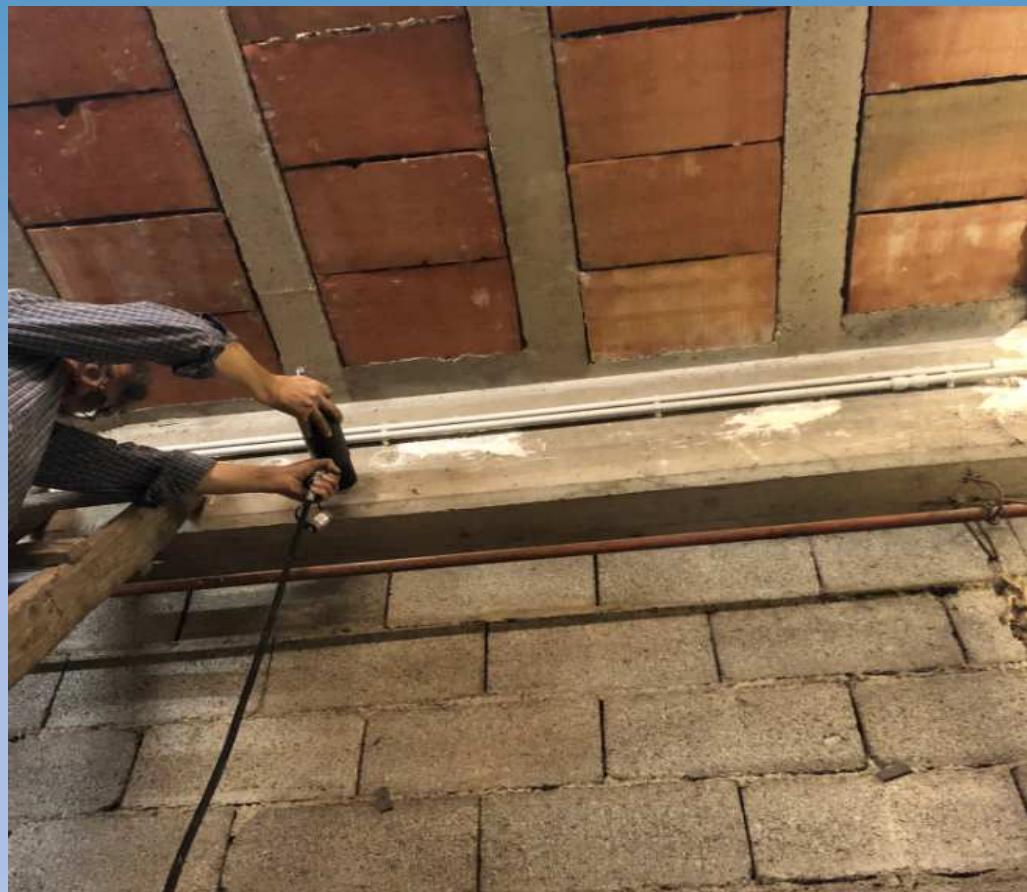
Per soddisfare tale esigenza si è utilizzato un sistema di travi equivalenti alla piastra (...a sua volta equivalente ad un solaio bidirezionale!!!!). Il modello risultante è quello della figura sottostante. E' ovvia la considerazione che ogni volta che introduciamo una approssimazione ( questa volta necessaria per esigenze di calcolo) ci allontaniamo dal reale comportamento del modello fisico.



# Motivi di scarsa corrispondenza tra modello strutturale **TEORICO e FISICO:**

## INFLUENZA DELLA RIGIDEZZA ELEMENTI NON STRUTTURALI

### IL CASO DI UN PICCOLO MANUFATTO



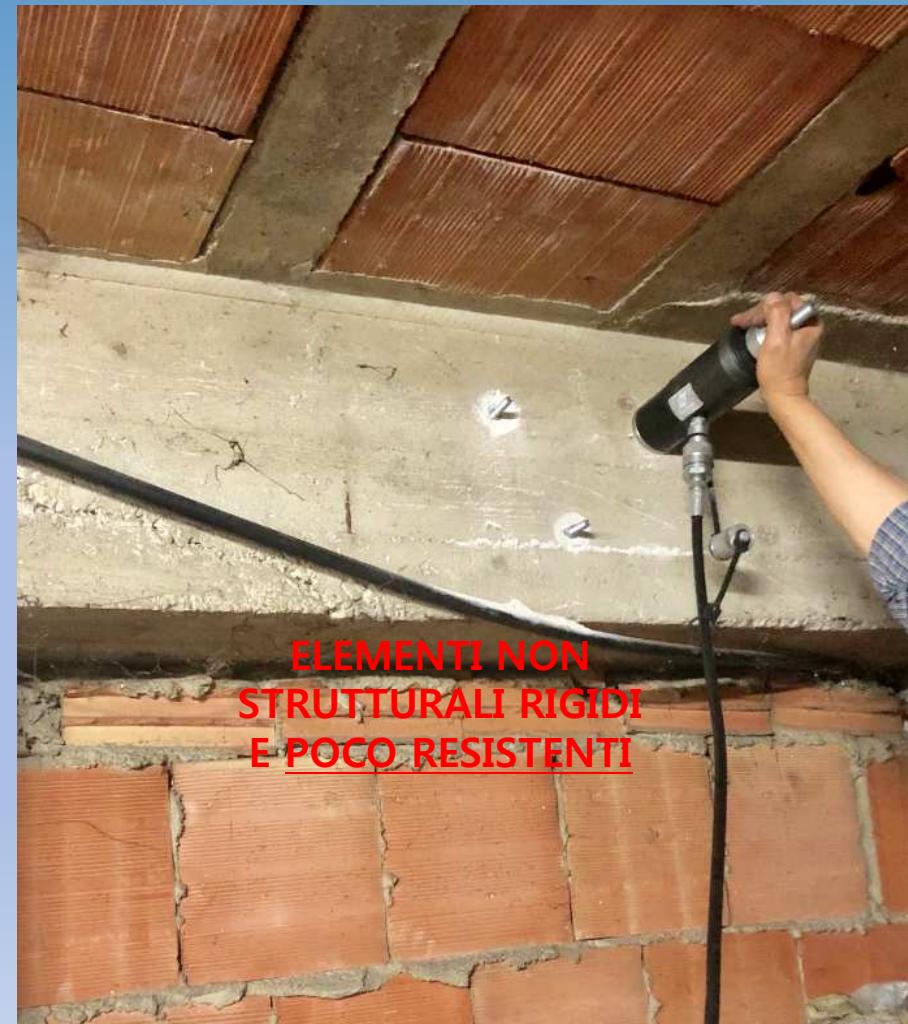
*TAMPONATURE IN CLS*



*TAMPONATURE IN LATERIZIO*

## INFLUENZA DELLA RIGIDEZZA ELEMENTI NON STRUTTURALI

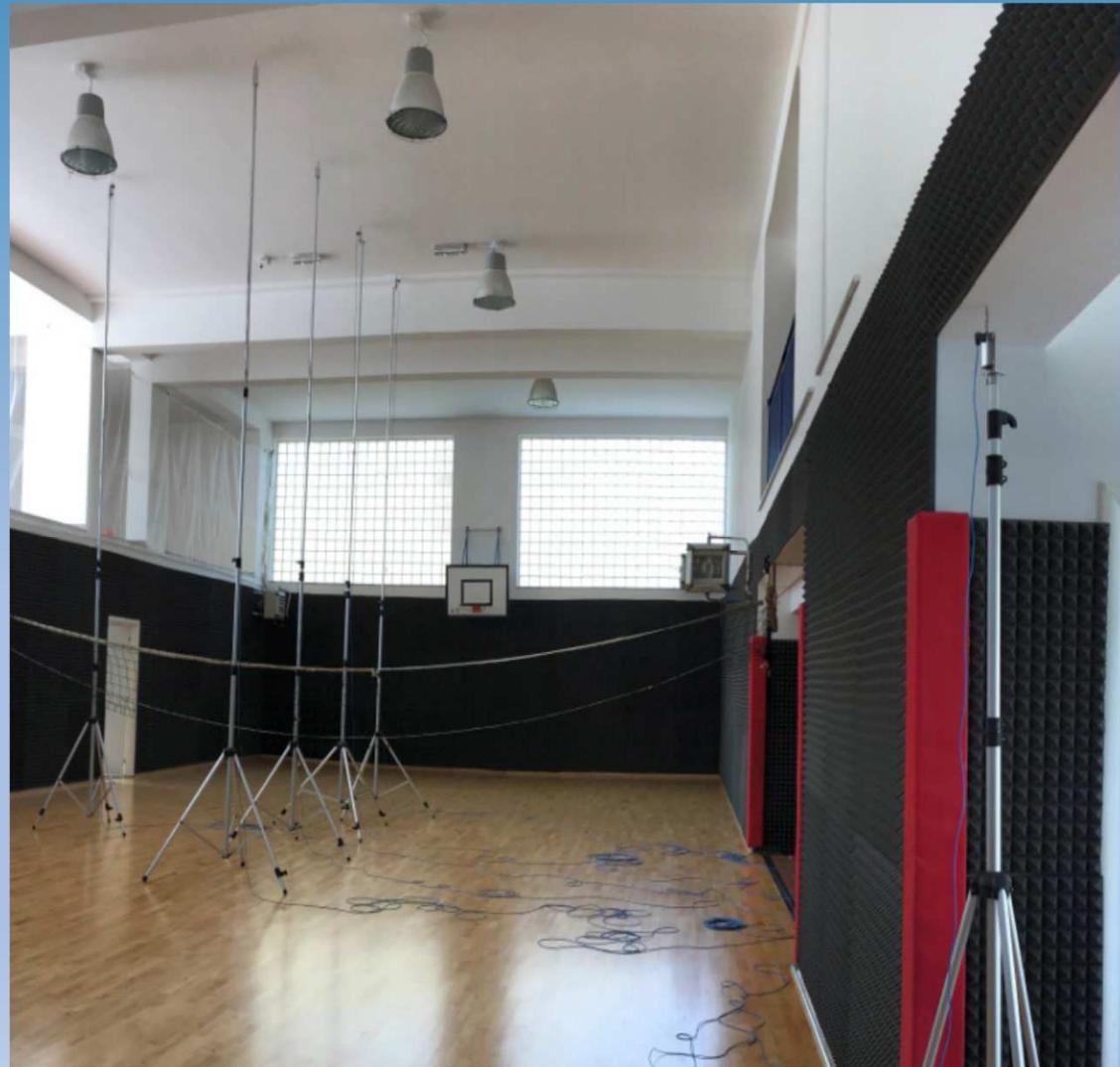
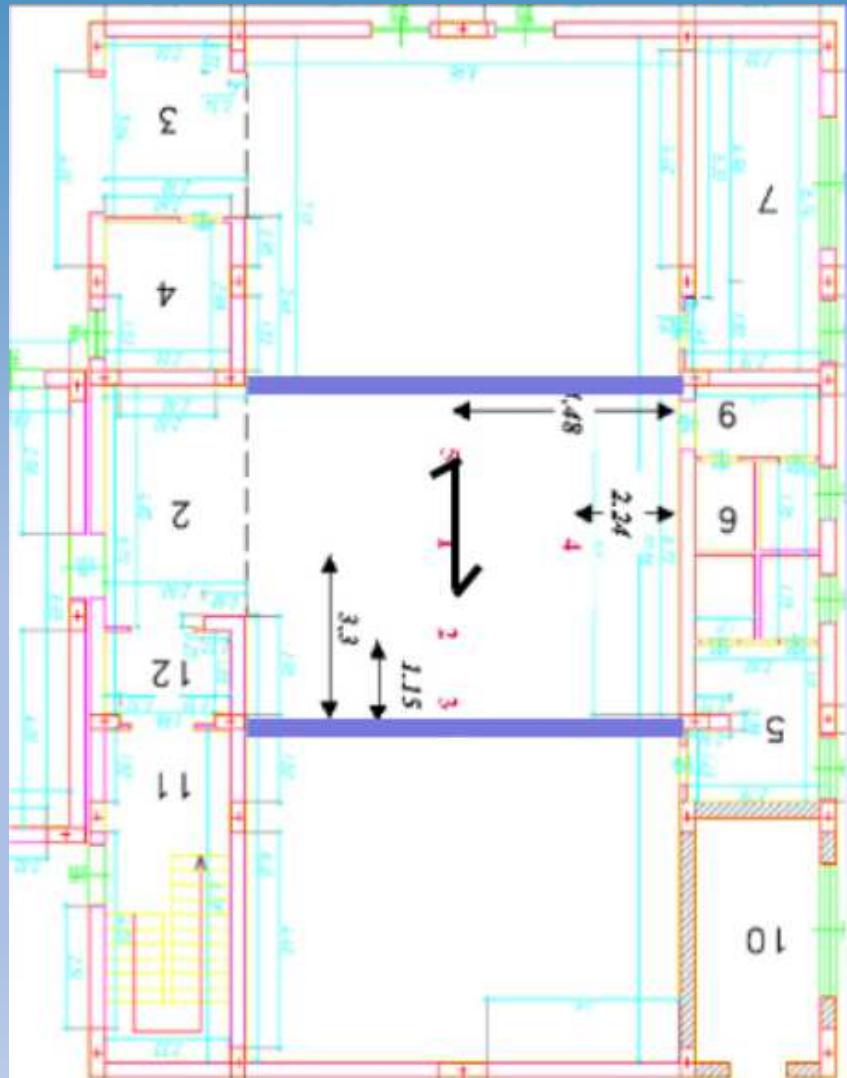
Salvo rarissimi casi l'inserimento nella modellazione di calcolo di elementi rigidi non strutturali non è una pratica ricorrente. E' del tutto evidente che un conto e' adottare correttivi al modello mediante l'uso di fattori che contemplino gli effetti di tali disomogeneità altra cosa è considerare l'effettiva distribuzione delle rigidezze che si determina sullo scheletro strutturale oggetto di studio.



# Motivi di scarsa corrispondenza tra modello TEORICO e REALE:

## SEMPLIFICAZIONE PER ONERI COMPUTAZIONALI

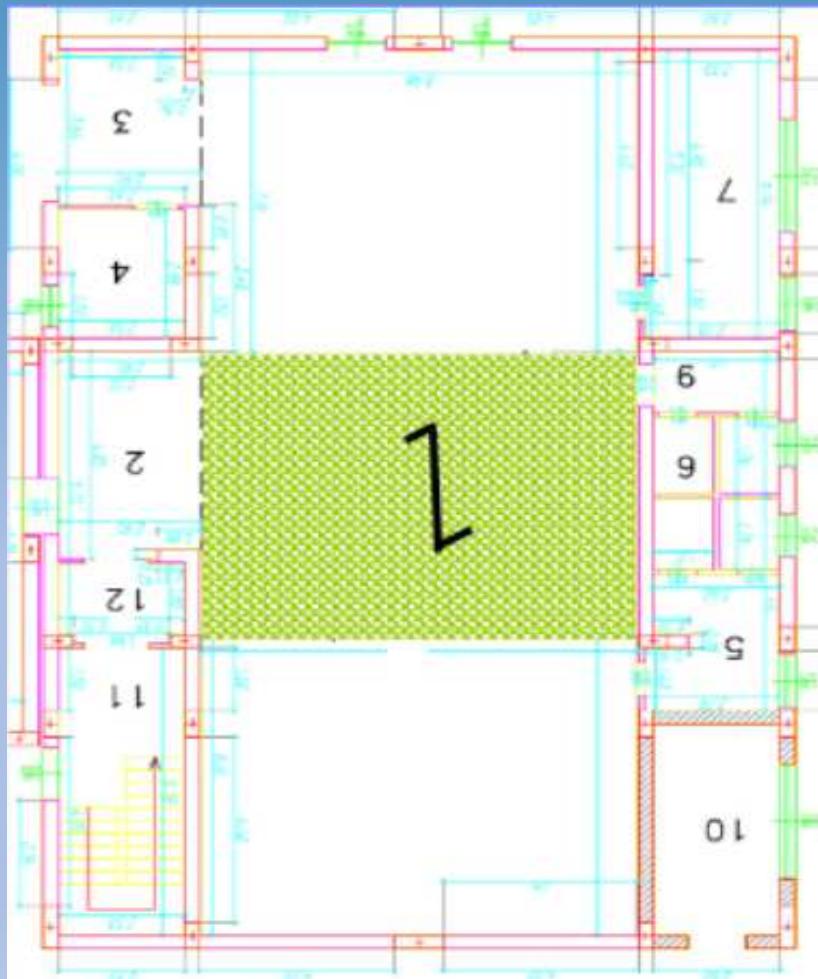
### IL CASO DI SOLAIO MONODIREZIONALE DI UNA PALESTRA



# Motivi di scarsa corrispondenza tra modello TEORICO e REALE:

## SEMPLIFICAZIONE PER ONERI COMPUTAZIONALI

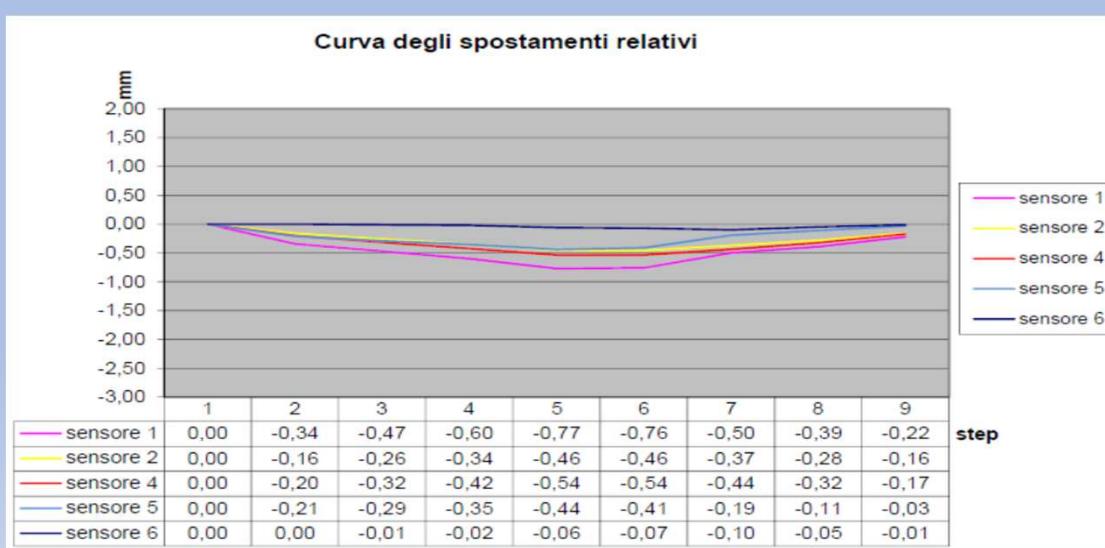
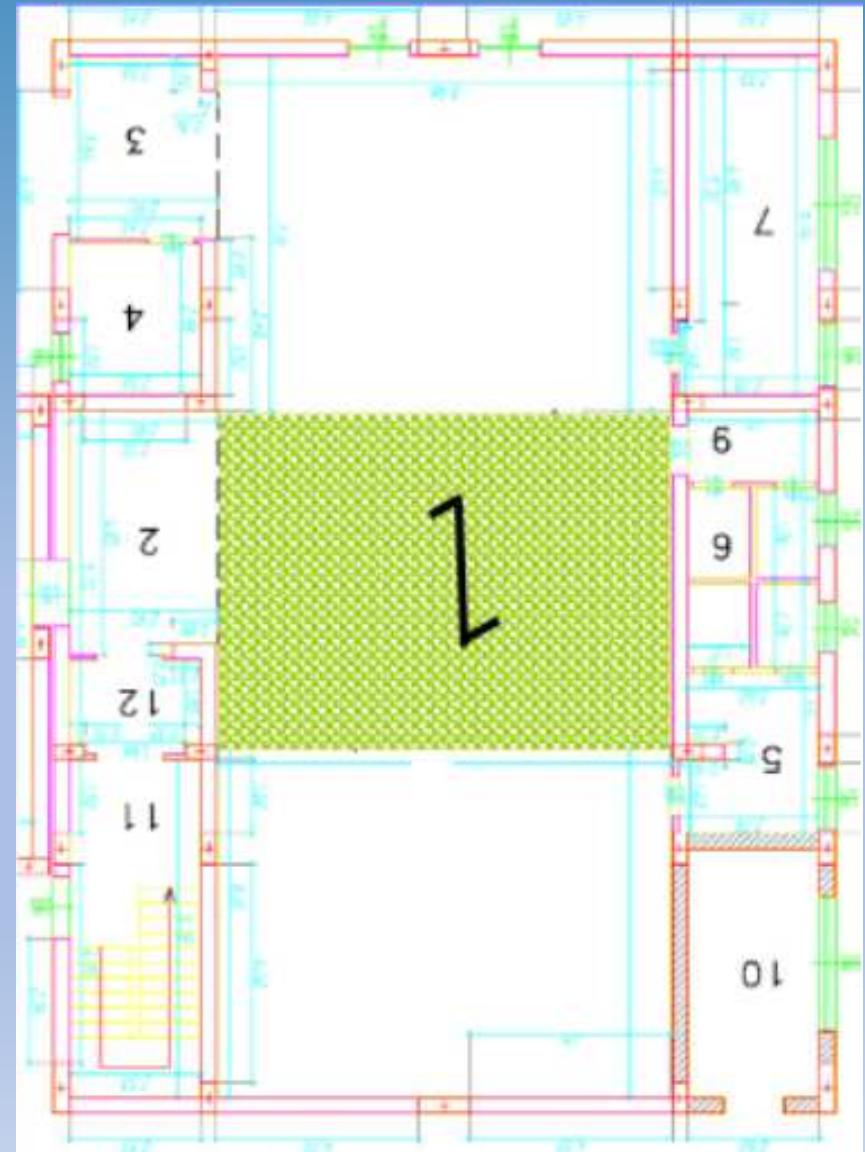
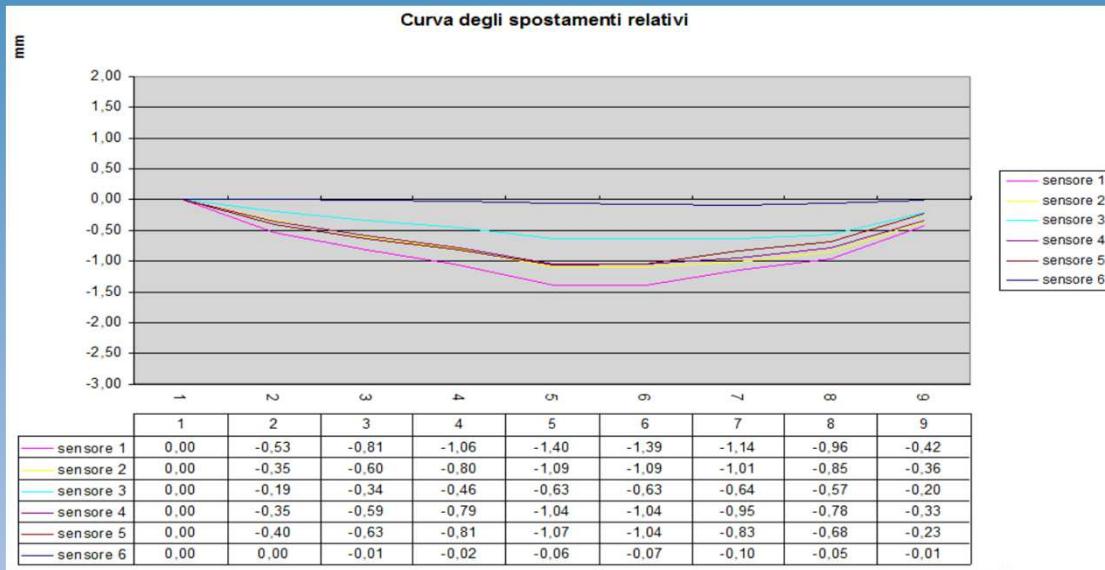
### IL CASO DI SOLAIO MONODIREZIONALE DI UNA PALESTRA



# Motivi di scarsa corrispondenza tra modello TEORICO e REALE:

## SEMPLIFICAZIONE PER ONERI COMPUTAZIONALI

### IL CASO DI SOLAIO MONODIREZIONALE DI UNA PALESTRA



Tra i motivi di scarsa corrispondenza tra modello TEORICO e REALE:

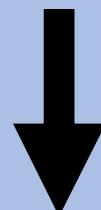
ESIGENZE DI MODELLAZIONE

INFLUENZA DELLA RIGIDEZZA ELEMENTI NON STRUTTURALI

SEMPLIFICAZIONE PER ONERI COMPUTAZIONALI



ASPETTI SUI QUALI EFFETTUAMO UN  
CONTROLLO IN FASE DI PROGETTO SCEGLIENDO  
MODELLI CHE RITENIAMO MAGGIORMENTE  
RAPPRESENTATIVI IN RELAZIONE ALLA FINALITA'  
DELLA NOSTRA ANALISI



ATTUIAMO LA CALIBRAZIONE DEL MODELLO

QUANDO INVECE SONO ANCHE PRESENTI ANOMALIE E PATOLOGIE LA  
DEDUZIONE DEL MODELLO SI COMPLICA SIGNIFICATIVAMENTE

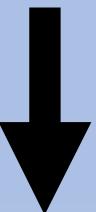
## DIFFERENZA TRA MODELLO STRUTTURALE TEORICO E REALE:

L'ESERCIZIO DEL MANUFATTO E' CARATTERIZZATO DA NUMEROSE INTERFERENZE CON FATTORI CHE LO ALLONTANANO ANCHE SIGNIFICATIVAMENTE DAL MODELLO CALIBRATO AD HOC PERCHE' POSSA ESSERE RAPPRESENTATIVO IN RELAZIONE AD UNA PARTICOLARE FINALITA'



GIA' L'ENTRATA IN FUNZIONE DELLA STRUTTURA NE MODIFICA IL COMPORTAMENTO IPOTEZZATO IN FASE DI MODELLAZIONE

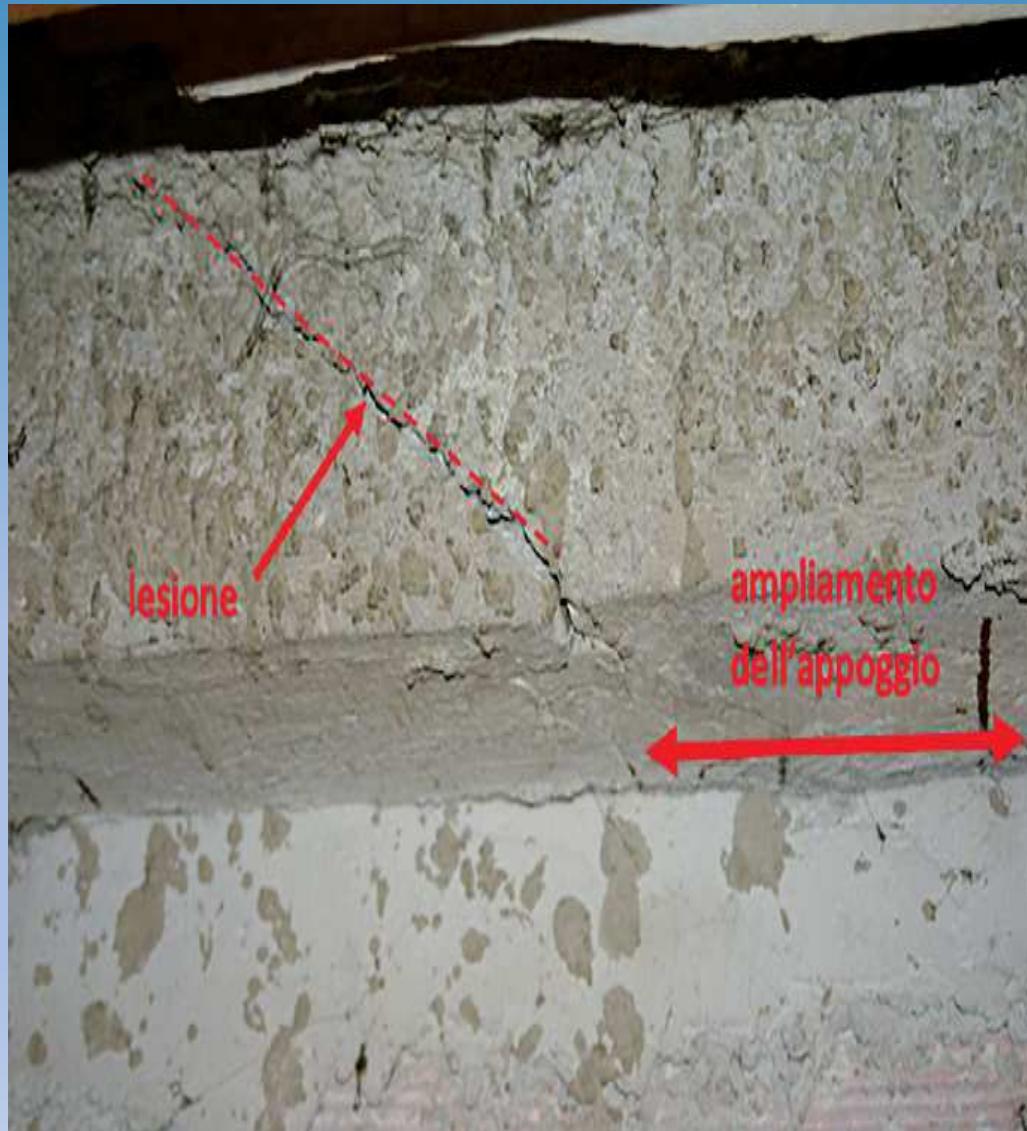
**SE SI AGGIUNGONO ANOMALIE ED INVECCHIAMENTI**



COSA DIVENTA IL MANUFATTO ?

# DEDUZIONE MODELLO COMPORTAMENTALE

## MODELLO TEORICO E COMPORTAMENTO REALE



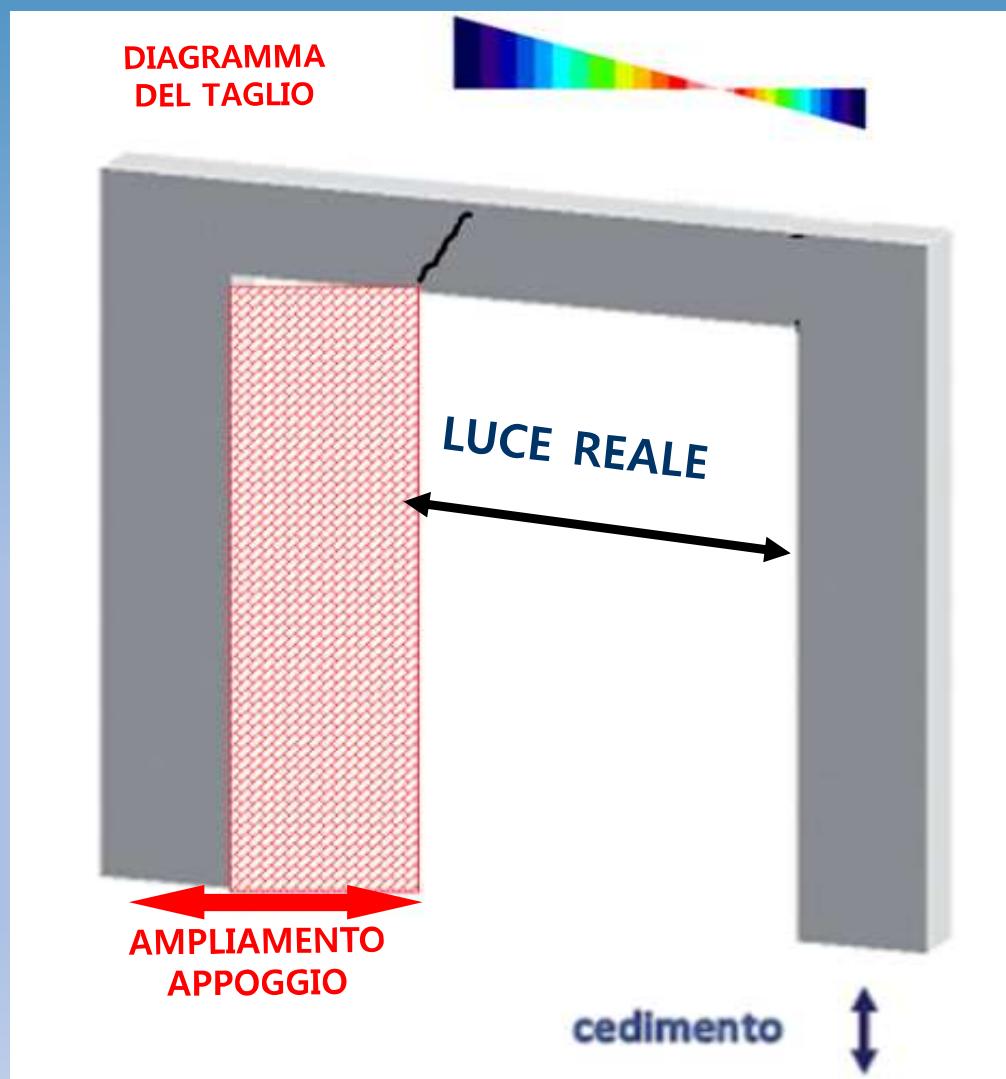
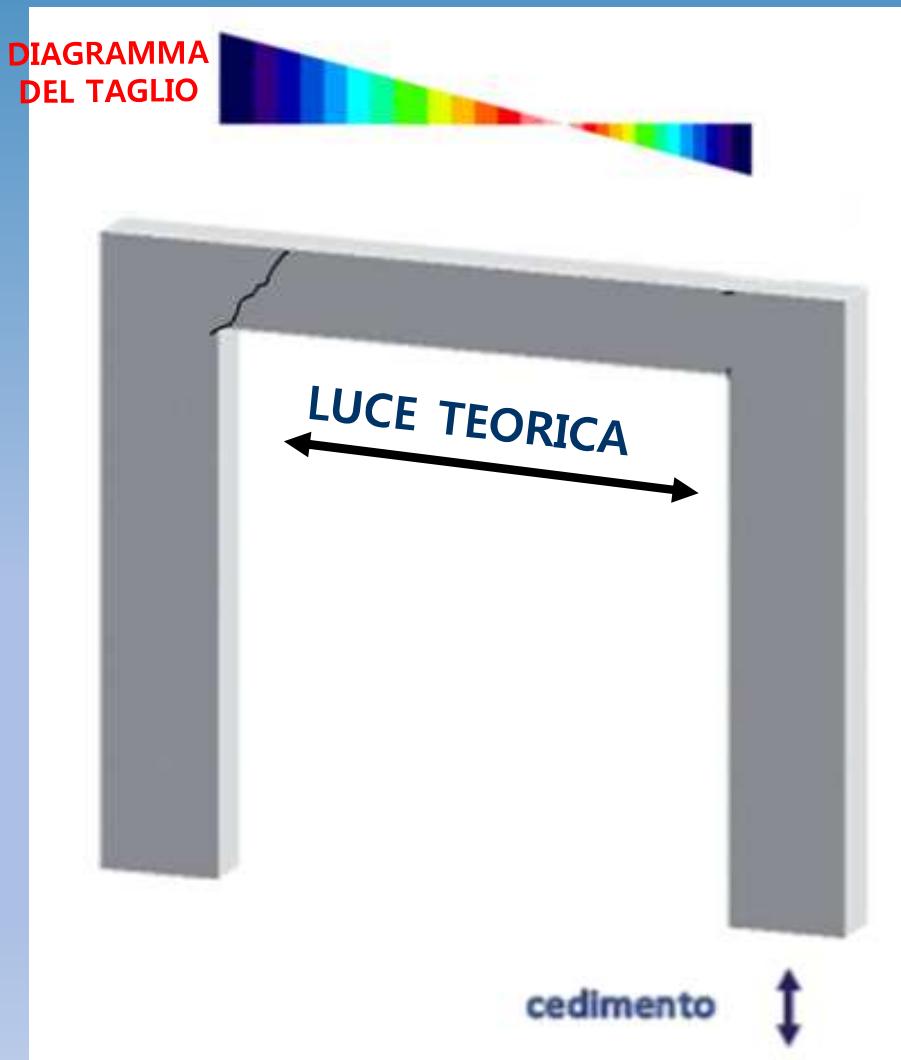
( Felitti-Mecca)



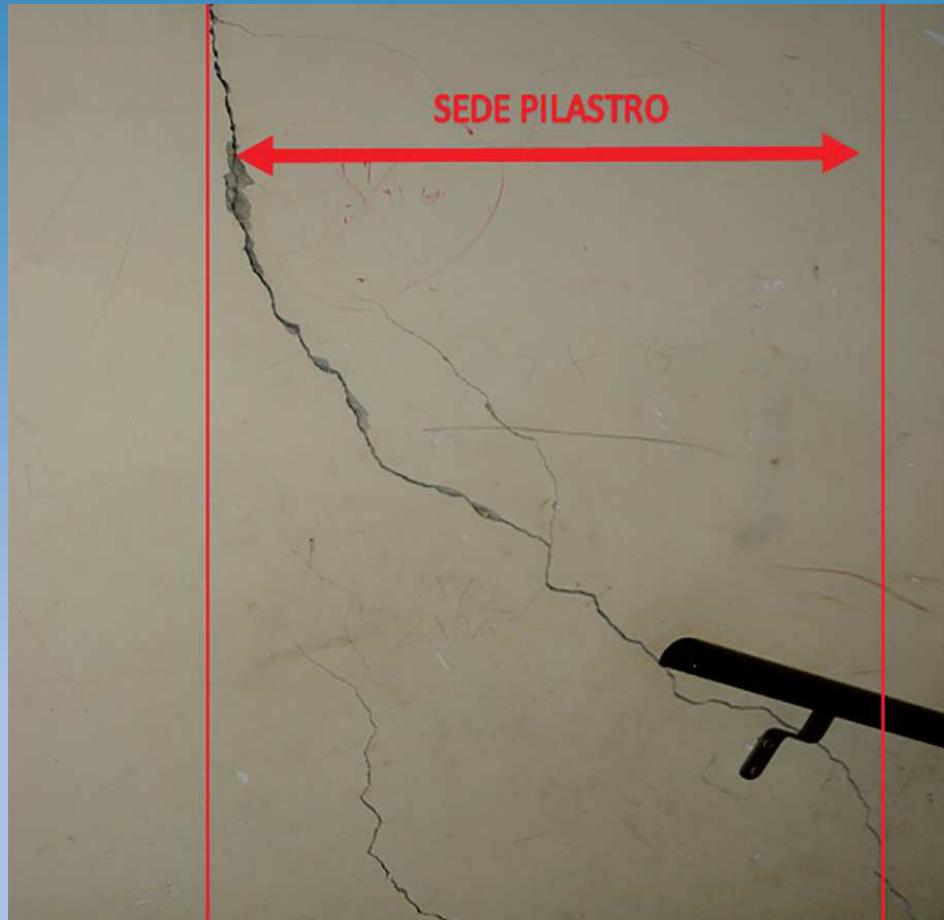
( Felitti-Mecca)

# DEDUZIONE MODELLO COMPORTAMENTALE

## MODELLO TEORICO E COMPORTAMENTO REALE



# L'IMPORTANZA DELLA LETTURA DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI



( Felitti-Mecca)



( Felitti-Mecca)

GLI ELEMENTI NON STRUTTURALI ANTICIPANO NEL TEMPO SEGNALI DI ANOMALIE IN QUANTO MOLTO RIGIDI MA POCO RESISTENTI. ESSI PERCIO' SONO DI IMPORTANTE AIUTO NELLA INTERPRETAZIONE DI ANOMALIE IN ATTO.

**ATTENZIONE ALLE RIMOZIONI DI ELEMENTI NON STRUTTURALI!!!**

## REDAZIONE DEL PIANO DI INDAGINE STRUMENTALE:

- IMPORTANZA DELLA PREDIAGNOSI;

## INDAGINI NON DISTRUTTIVE QUALITATIVE:

- CONTROLLI VISIVI;
- I MONITORAGGI;

## INDAGINI SEMDISTRUTTIVE PER CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI:

- I CAROTAGGI;



NELLA DEDUZIONE DEL MODELLO COMPORTAMENTALE  
POTREBBE RILEVARSI NON ESAUSTIVO IL RILIEVO E LA  
CATALOGAZIONE DEL

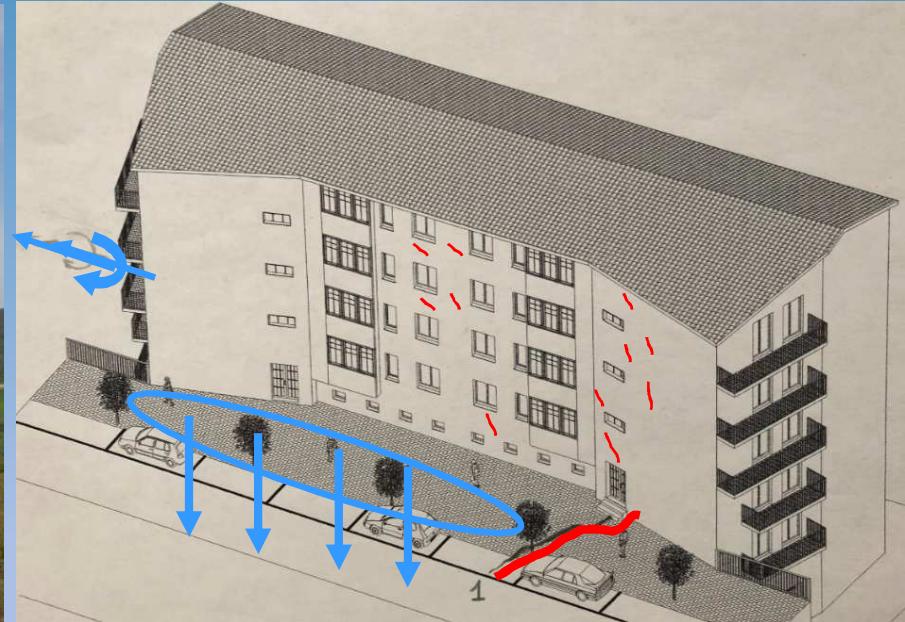


SPESSO PER CHIUDERE UNA DIAGNOSI OCCORRE  
EFFETTUARE IL CONTROLLO DELL'

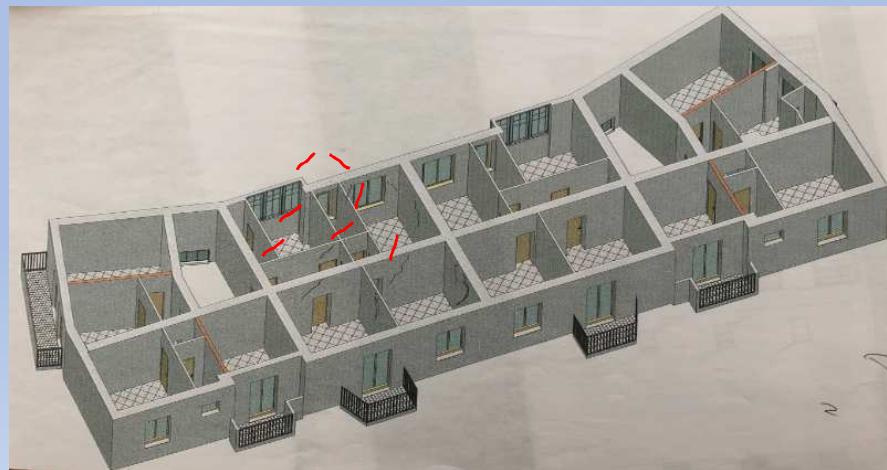
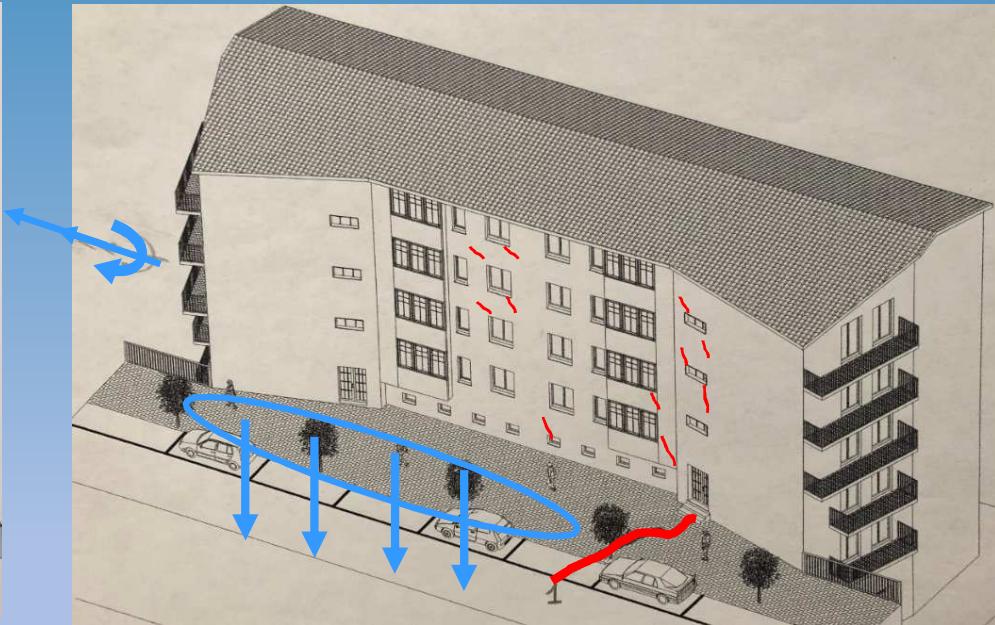
EVOLUZIONE NEL TEMPO

# CONTROLLI STRUMENTALI NELLA DIAGNOSI DELLE ANOMALIE

## I MONITORAGGI



## MONITORAGGIO DEI QUADRI FESSURATIVI NELL'EVOLUZIONE DEL DISSESTO



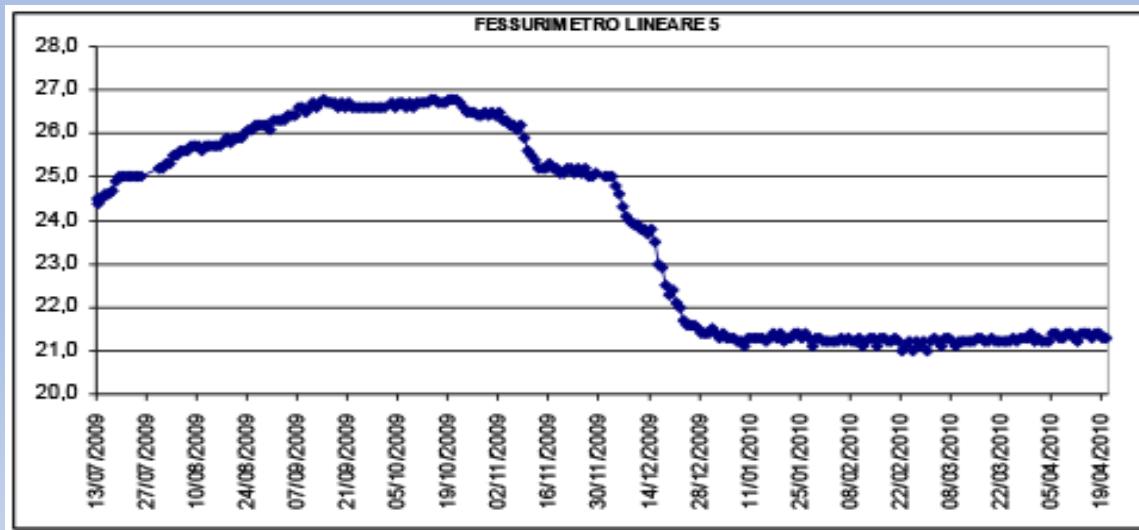
- Le problematiche della copertura (**infiltrazioni, rotture, fessure...**) si ripropongono dopo pochi anni da un precedente intervento di riparazione di anomalie e fanno richiedere una perizia...
- Il rilievo del danno evidenzia che lo stesso e' concentrato principalmente all'**ultimo piano** e in copertura...

## MONITORAGGIO DEI QUADRI FESSURATIVI NELL'EVOLUZIONE DEL DISSESTO



*(Impianto di monitoraggio struttura privata Frosinone)*

## MONITORAGGIO DEI QUADRI FESSURATIVI NELL'EVOLUZIONE DEL DISSESTO



## REDAZIONE DEL PIANO DI INDAGINE STRUMENTALE:

- IMPORTANZA DELLA PREDIAGNOSI;

## INDAGINI NON DISTRUTTIVE QUALITATIVE:

- CONTROLLI VISIVI;
- I MONITORAGGI;

## INDAGINI SEMIDISTRUTTIVE PER CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI:

- I CAROTAGGI;



10/09/2014 14:44

## PROVE SU CAROTE

AFFICHE' LE CAROTE ESTRATTE SIANO RAPPRESENTATIVE DEL CALCESTRUZZO POSTO IN OPERA È NECESSARIO CHE LE PROCEDURE DI ESTRAZIONE, LE LAVORAZIONI DEI CAMPIONI ESTRATTI PER OTTENERE I PROVINI E LE RELATIVE MODALITÀ DI PROVA SEGUANO LE SEGUENTI AVVERTENZE DELLE NORMATIVE DI RIFERIMENTO:

**UNI EN 12504-1;**

**UNI EN 13791:2008;**

**UNI EN 13791:2019;**

**NTC 2018;**

- 1) IL **DIAMETRO** DELLE CAROTE DEVE ESSERE ALMENO SUPERIORE A TRE VOLTE IL DIAMETRO MASSIMO DEGLI AGGREGATI. I DIAMETRI CONSIGLIATI SONO COMPRESI TRA 75 E 150 MM;
- 2) LE CAROTE DESTINATE ALLA VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA DEVONO RISULTARE **PRIVE DEI FERRI** D'ARMATURA. PROVINI CONTENENTI BARRE D'ARMATURA INCLINATE O PARALLELE ALL'ASSE VANNO SCARTATI;
- 3) AL FINE DI OTTENERE UNA STIMA ATTENDIBILE DELLA RESISTENZA DI UN'AREA DI PROVA DEVONO ESSERE PRELEVATE E PROVATE ALMENO **TRE CAROTE**;
- 4) IL RAPPORTO **LUNGHEZZA/DIAMETRO** DEI PROVINI DEVE ESSERE POSSIBILMENTE COMPRESO **TRA 1 E 2**, EVITANDO RAPPORTI LUNGHEZZA/DIAMETRO INFERIORI A 1 O SUPERIORI A 2;
- 5) I CAMPIONI ESTRATTI DEVONO ESSERE PROTETTI NELLE FASI DI LAVORAZIONE E DI DEPOSITO RISPETTO ALL'ESSICCAZIONE ALL'ARIA.
- 6) A MENO DI DIVERSA PRESCRIZIONE, LE PROVE DI COMPRESSIONE DEVONO ESEGUITE SU PROVINI UMIDI;
- 7) NEL PROGRAMMARE L'ESTRAZIONE DEI CAMPIONI SI DEVE TENER CONTO CHE LA **RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO DIPENDE DALLA POSIZIONE E GIACITURA DEL GETTO**.

## DIAMETRI, ARMATURE, INGOMBRI: AVVERTENZE NORMATIVE E PROBLEMATICHE

- 1) IL **DIAMETRO** DELLE CAROTE DEVE ESSERE ALMENO SUPERIORE A TRE VOLTE IL DIAMETRO MASSIMO DEGLI AGGREGATI. I DIAMETRI CONSIGLIATI SONO COMPRESI TRA 75 E 150 MM;

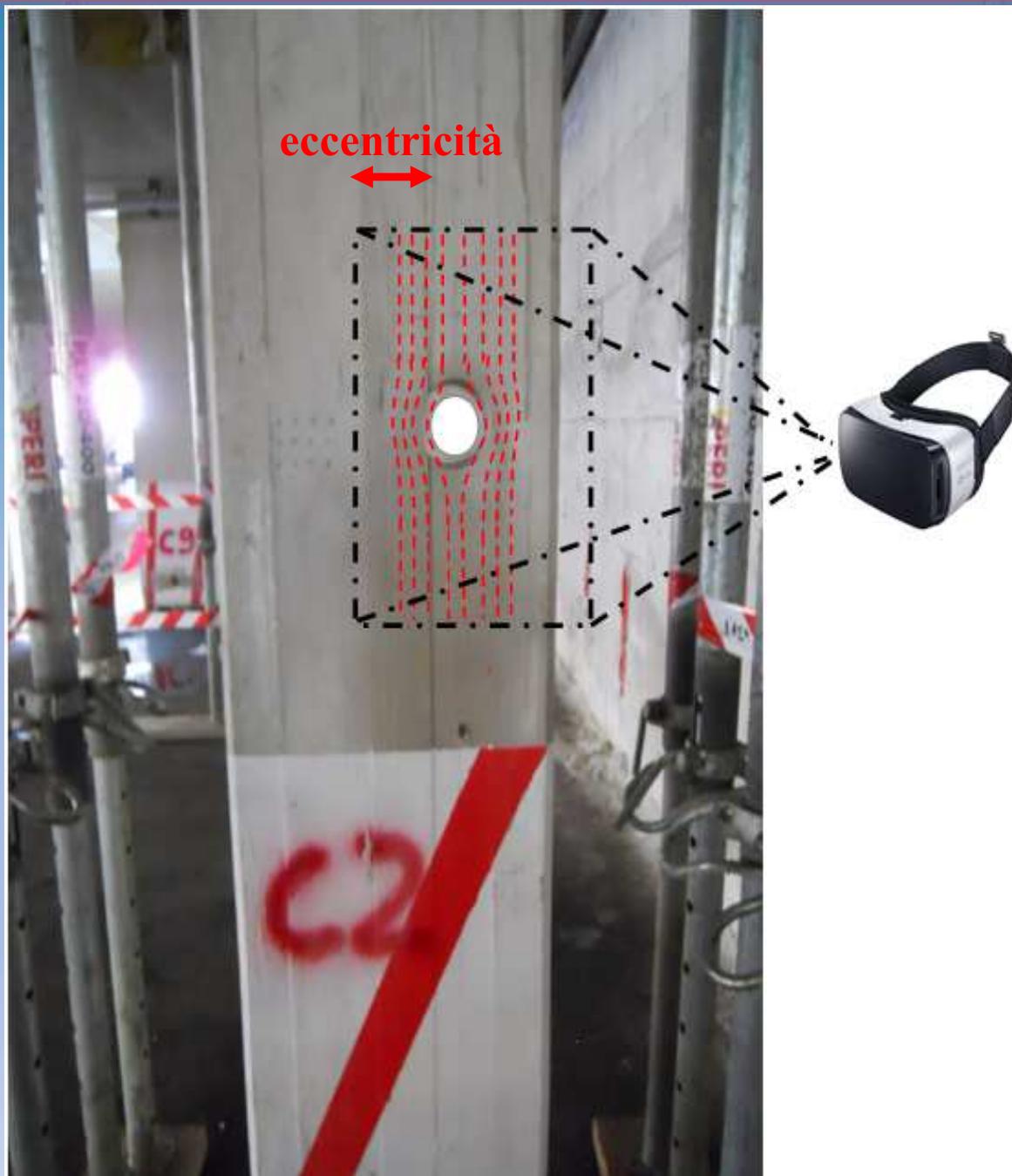
*...IL DIAMETRO MASSIMO DEGLI AGGREGATI LO CONOSCIAMO DOPO L'ESTRAZIONE ...*



*Carota edificio scolastico Potenza*



*Carota edificio scolastico Melfi*



## DIAMETRI, ARMATURE, INGOMBRI: AVVERTENZE NORMATIVE E PROBLEMATICHE

2 ) AL FINE DI OTTENERE UNA STIMA ATTENDIBILE DELLA RESISTENZA DI UN AREA DI PROVA DEVONO ESSERE PRELEVATE E PROVATE ALMENO **TRE CAROTE**;

....*DISPOSIZIONE DELLE ARMATURE, L'ESIGENZA DI SCEGLIERE ZONE MENO SOLLECITATE E L'INGOMBRO DELLA CAROTATRICE POSSONO RENDERE IL PRELIEVO NON SOSTENIBILE ECONOMICAMENTE...*



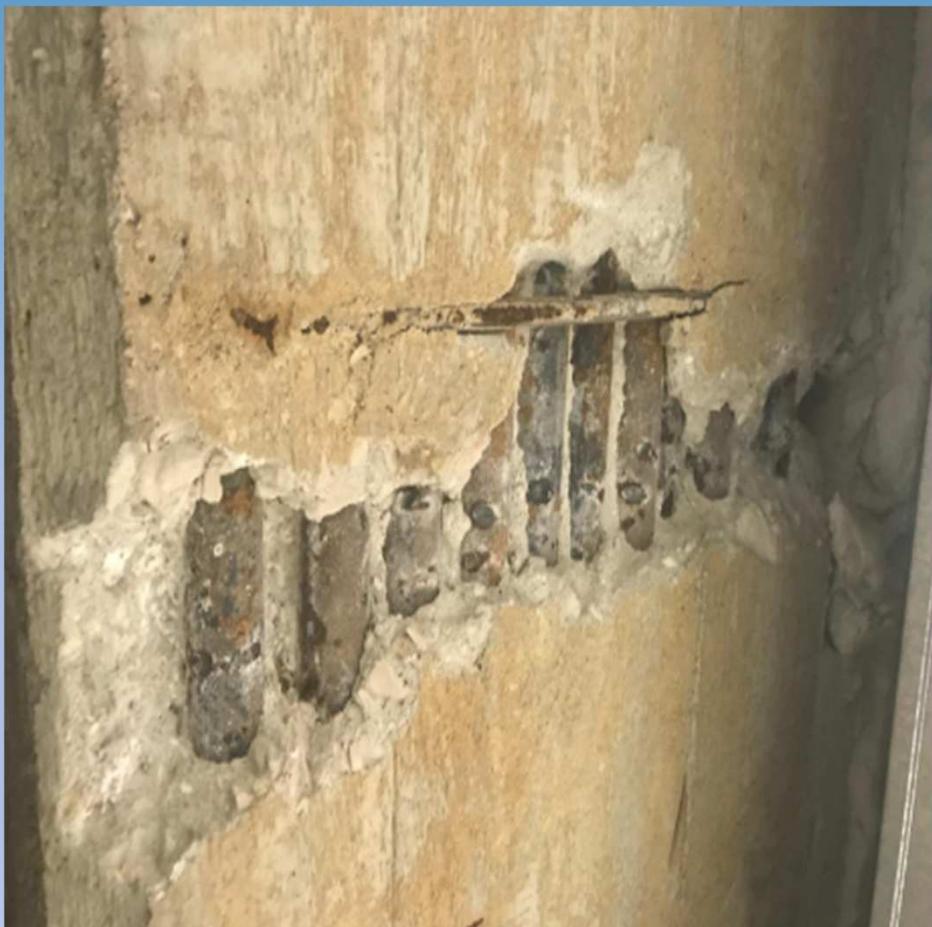
*Saggio Ufficio Pubblico Matera*



*Saggio Ospedale Psichiatrico*

## DIAMETRI, ARMATURE, INGOMBRI: AVVERTENZE NORMATIVE E PROBLEMATICHE

....*DISPOSIZIONE DELLE ARMATURE, L'ESIGENZA DI SCEGLIERE ZONE MENO SOLLECITATE E L'INGOMBRO DELLA CAROTATRICE POSSONO RENDERE IL PRELIEVO NON SOSTENIBILE ECONOMICAMENTE...*



LA PRESENZA DI ARMATURE MOLTO FITTE RENDE PROBLEMATICA L'ESTRAZIONE DELLA CAROTE.

- 1) LE CAROTE DA TESTARE INFATTI DEVONO ESSERE INTEGRE E **PRIVE DI BARRE** ( CIO' QUANDO LE BARRE SONO PERPENDICOLARI ALL'ASSE DELLA CAROTA SAREBBE ANCHE RISOLVIBILE IN FASE DI PREPARAZIONE DEL PROVINO);
- 2) IL DANNO INDOTTO DAL TAGLIO DEI FERRI DI ARMATURA NON E' MAI COMPLETAMENTE RIPRISTINABILE. LE OPERAZIONI DI REALIZZAZIONE DEI VARCHI PER L'INSERIMENTO DEI FERRI AGGIUNTIVI GENERANO UNA MIGRAZIONE DEL FLUSSO TENSIONALE CHE ANCHE A SEGUITO DELLA RICOSTRUZIONE NON SI RIPRISTINA LUNGO L'ORIGINARIO PERCORSO ( A MENO DI CEDIMENTI....)

## DIAMETRI, ARMATURE, INGOMBRI: AVVERTENZE NORMATIVE E PROBLEMATICHE

**DIAMETRI PICCOLI** SOTTOSTIMANO MOLTO LE RESISTENZE NOMINALI



NEL CASO L'INTERFERRO SIA PICCOLO ED IL DIAMETRO DELL'AGGREGATO LO CONSENTA ( IL DIAMETRO DELLE CAROTE DOVREBBE ESSERE ALMENO 3 VOLTE IL DIAMETRO DELL'AGGREGATO...) POTREBBERO CAMPIONARSI CAROTE CON **DIAMETRI PIU' PICCOLI**. E' DA TENERE SEMPRE IN CONSIDERAZIONE PERÒ CHE, IN TAL CASO, SOPRATTUTTO PER CLS CON RESISTENZE NON MOLTO ALTE, POTREBBERO INTERVENIRE EFFETTI DI BORDO ( ESPULSIONE DEGLI AGGREGATI).

*Risultati di prova*

N°	Sigla int.	Verb. Prelievo		Dimensioni		m <sub>s</sub>	V <sup>(1)</sup>	D <sup>(2)</sup>	A <sub>c</sub> <sup>(3)</sup>	F <sup>(4)</sup>	f <sub>c</sub> <sup>(5)</sup>	Provino <sup>(6)</sup>		Tipo di rottura <sup>(7)</sup>	
		Data	N°	diam.	alt.							rettifica	G <sub>m</sub>	Sod.	Non Sod
1	US3-VII	18/03/14	-	94,0	96,0	1,430	0,0007	21,04	639,76	152,64	21,99	S2	-	4	-

*Risultati di prova*

N°	Sigla int.	Verb. Prelievo		Dimensioni		m <sub>s</sub>	V <sup>(1)</sup>	D <sub>s</sub> <sup>(2)</sup>	A <sub>c</sub> <sup>(3)</sup>	F <sup>(4)</sup>	f <sub>c</sub> <sup>(5)</sup>	Provino <sup>(6)</sup>		Tipo di rottura <sup>(7)</sup>	
		Data	N°	diam.	alt.							rettifica	G <sub>m</sub>	Sod.	Non Sod
1	SU3M - LVII	08/05/14	-	44,0	90,0	0,321	0,0001	22,97	1520,53	21,75	14,30	S2	-	4	-

## DIAMETRI, ARMATURE, INGOMBRI: AVVERTENZE NORMATIVE E PROBLEMATICHE

IMPORTANZA DELLA **STABILITA'** DELLA CAROTATRICE .....



IN ALCUNI CASI CI SONO PROBLEMATICHE LEGATE ANCHE ALL'INGOMBRO DELLA CAROTATRICE. POTREMMO, PER ESEMPIO, DISPORRE DI UNA FACCIA UTILE PER IL CAMPIONAMENTO MA NON RIUSCIRE A POSIZIONARE L'ATTREZZATURA A CAUSA DELLE SUE DIMENSIONI. L'IMPIEGO DI CAROTATRICI MENO INGOMBRANTI POTREBBE ASSOCIARSI A MAGGIORI **VIBRAZIONI** DELL'ATTREZZO CON CONSEGUENTE DANNO AL CAMPIONE CHE DEVE ESSERE PRELEVATO CON IL MINOR DISTURBO POSSIBILE. A TALE SCOPO DURANTE LE OPERAZIONI DI PRELIEVO LA TAZZA DEVE ESSERE COSTANTEMENTE LUBRIFICATA E RAFFREDDATA DA ACQUA CORRENTE.

## INFLUENZA DELLA POSIZIONE E DELL'ORIENTAMENTO DEL GETTO



## *Estrazione di carota contenzioso*

## PARTE ESTERNA

## PARTE INTERNA

## **Risultati di prova**

N°	Sigla / Sigla interna	Verb. Prelievo		Dimensioni		m <sub>s</sub>	V <sub>1</sub> (1)	D <sub>s</sub> (2)	A <sub>c</sub> (3)	F <sub>1</sub> (4)	f <sub>c</sub> (5)	Provino		Tipo di rottura (7)	Data di Prova				
		Diam.	Alt.	[mm]	[mm]							[kg]	[m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[kN]	[M <sup>2</sup> mm <sup>2</sup> ]	rettifica	G <sub>m</sub>
1	C7	20/11/18	-	94,0	94,0	1,475	0,0007	22,11	6939,78	324,50	40,76				S2	-	4	-	11/12/2018
2	C8I	22/11/18	-	94,0	94,0	1,490	0,0007	22,40	6939,78	242,80	34,99				S2	-	4	-	11/12/2018
3	C8E	22/11/18	-	94,0	94,0	1,429	0,0007	21,48	6939,78	215,90	31,11				S2	-	4	-	11/12/2018

## *Estrazione di carota caratterizzazione viadotto*



100 cm" IN PIANTA  
120 cm IN ALTEZZA  
TAGLIO STAFFE



100 cm" IN PIANTA  
120 cm IN ALTEZZA  
TAGLIO STAFFE

## LIVELLI DI CONOSCENZA DI EDIFICI IN C.A.

VERIFICHE e PROVE	VERIFICHE SUI DETTAGLI COSTRUTTIVI	PROVE PER LE PROPRIETA' DEI MATERIALI
	Per ogni tipo di elemento "primario" (trave, pilastro, ecc.)	
<b>LIMITATE</b>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il <b>15%</b> degli elementi	<b>1</b> provino di cls. per <b>300 m<sup>2</sup></b> di piano dell'edificio <b>1</b> campione di armatura per piano dell'edificio
<b>ESTESE</b>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il <b>35%</b> degli elementi	<b>2</b> provini di cls. per <b>300 m<sup>2</sup></b> di piano dell'edificio <b>2</b> campioni di armatura per piano dell'edificio
<b>ESAUSTIVE</b>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il <b>50%</b> degli elementi	<b>3</b> provini di cls. per <b>300 m<sup>2</sup></b> di piano dell'edificio <b>3</b> campioni di armatura per piano dell'edificio
<b>N.B.</b>	E' consentito sostituire alcune prove distruttive, <b>non più del 50%</b> con un più ampio numero, <b>almeno il triplo</b> , di <b>PROVE NON DISTRUTTIVE</b> , singole o combinate, <u>tarate su quelle distruttive</u>	

ALLA LUCE DELLE CONSIDERAZIONI FATTE IN MERITO AI LIMITI DELLE PROVE SU CAMPIONI DI CAROTE ESTRATTE IN SITO POSSIAMO FARE ALCUNE VALUTAZIONI SU QUELLO CHE È IL RIFERIMENTO NORMATIVO NELLA REDAZIONE DI PIANI DI INDAGINE. LA TABELLA A C8 A.1.3 DEL DM 2018 DEFINISCE I LIVELLI DI CONOSCENZA IN FUNZIONE DEI QUANTITATIVI DI MATERIALE TESTATO O VERIFICATO. NON SEMPRE L'INTERPRETAZIONE DELLE INDICAZIONI IN TABELLA AVVIENE IN MODO CORRETTO. BISOGNA INFATTI CONSIDERARE CHE L'OBBIETTIVO È SEMPRE LA CONOSCENZA DELLA STRUTTURA, NON LA COMPILAZIONE DI NUMERI PREFISSATI DI PROVA. A SECONDA DEI CASI, INFATTI, I QUANTITATIVI IN TABELLA POTREBBERO ESSERE ECCESSIVI O ASSOLUTAMENTE INSODDISFACENTI. QUESTO CE LO PUÒ DIRE SOLO LA NOSTRA CAPACITA' DI INTERPRETARE LA STRUTTURA. IN UN CORRETTO APPROCCIO L'INDAGINE DEVE INTENDERSI SOLO CONFERMA O CORREZIONE ALLA NOSTRA PREDIAGNOSI.

## LIVELLI DI CONOSCENZA DI EDIFICI IN C.A.

VERIFICHE e PROVE	VERIFICHE SUI DETTAGLI COSTRUTTIVI	PROVE PER LE PROPRIETA' DEI MATERIALI
		Per ogni tipo di elemento "primario" (trave, pilastro, ecc.)
<b>LIMITATE</b>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il <b>15%</b> degli elementi	<b>1</b> provino di cls. per <b>300 m<sup>2</sup></b> di piano dell'edificio <b>1</b> campione di armatura per piano dell'edificio
<b>ESTESE</b>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il <b>35%</b> degli elementi	<b>2</b> provini di cls. per <b>300 m<sup>2</sup></b> di piano dell'edificio <b>2</b> campioni di armatura per piano dell'edificio
<b>ESAUSTIVE</b>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il <b>50%</b> degli elementi	<b>3</b> provini di cls. per <b>300 m<sup>2</sup></b> di piano dell'edificio <b>3</b> campioni di armatura per piano dell'edificio
<b>N.B.</b>	<b>E' consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50% con un più ampio numero, almeno il triplo, di PROVE NON DISTRUTTIVE, singole o combinate, tarate su quelle distruttive</b>	

### TABELLA C8A.1.3 (a) E NOTE ESPLICATIVE

(c) Ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con un più ampio numero, almeno il triplo, di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive.

(d) Il numero di provini riportato nelle tabelle 8A.3a e 8A.3b può esser variato, in aumento o in diminuzione, in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Nel caso del calcestruzzo in opera tali caratteristiche sono spesso legate alle modalità costruttive tipiche dell'epoca di costruzione e del tipo di manufatto, di cui occorrerà tener conto nel pianificare l'indagine. Sarà opportuno, in tal senso, prevedere l'effettuazione di una seconda campagna di prove integrative, nel caso in cui i risultati della prima risultino fortemente disomogenei.

## LINEE GUIDA PER LA VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO IN OPERA:

«È consuetudine suddividere i metodi in:

- **non distruttivi**, che non danneggiano sensibilmente la struttura in esame;
- **parzialmente distruttivi**, che infliggono un danno accettabile, per di più

generalmente superficiale, e l'integrità delle sezioni può essere facilmente ripristinata.»

### INVASIVITA' STRUTTURALE E' ASPETTO BEN DIVERSO DALL'INVASIVITA' GENERALE DELLA PROVA.

Metodo di prova	Costo	Velocità di esecuzione	Danno apportato alla struttura	Rappresentatività dei dati ottenuti	Correlazione fra grandezza misurata e resistenza del cls
Carotaggio	Elevato	Lento	Moderato	Buona	Ottima
Indice di rimbalzo	Molto basso	Veloce	Nessuno	Interessa solo la superficie (1)	Debole
Velocità di propagazione di ultrasuoni	Basso	Veloce	Nessuno	Buona, se la prova è ben calibrata. Riguarda tutto lo spessore	Debole Da calibrare caso per caso (2)
Estrazione di inserti	Moderato	Veloce	Limitato	Interessa solo la superficie	Buona (3)
Resistenza alla penetrazione	Moderato	Veloce	Limitato	Interessa solo la superficie	Debole

PER DELUCIDAZIONI IN MERITO AGLI ARGOMENTI TRATTATI NON  
ESITATE A CONTATTARMI.  
I MIEI RIFERIMENTI:

Lucia Rosaria Mecca

MECCAINGEGNERIA

tel. +39 0971 81621 mob. +39 338 9649803  
[lr.mecca@meccaingegneria.it](mailto:lr.mecca@meccaingegneria.it)

[INFO@MECCAINGEGNERIA.IT](mailto:INFO@MECCAINGEGNERIA.IT)

[WWW.MECCAINGEGNERIA.IT](http://WWW.MECCAINGEGNERIA.IT)