

Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma

ROFIX[®]
Sistemi per costruire



Fondazione
Ordine degli Ingegneri
Provincia di Roma

SEMINARIO FORMATIVO

PROGETTAZIONE ANTISISMICA DI EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA E METODOLOGIE DI RINFORZO

ORDINE DEGLI INGEGNERI DI ROMA
PIAZZA DELLA REPUBBLICA 59
00185 ROMA

**MECCANICA, ANALISI DEL DANNO SISMICO, ANALISI E VERIFICA DI SICUREZZA,
COMPORTAMENTO LOCALE E GLOBALE DI COSTRUZIONI IN MURATURA**

DR. ING. GIULIO CASTORI
DIPARTIMENTO INGEGNERIA, UNIVERSITÀ DI PERUGIA

ROMA, 27 MARZO 2024

DR. GIULIO CASTORI (BENG, MSc, PhD)

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA

UNIVERSITÀ DI PERUGIA

VIA DURANTI, 93

06125 PERUGIA, ITALIA

TEL: +39 075 5853838

E-MAIL: GIULIO.CASTORI@UNIPG.IT

RIFERIMENTI NORMATIVI

- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI – DM 14.1.2008 (GU N. 29 DEL 4.2.2008) **“NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI”**
- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI – CIRC. 2.2.2009, N. 617 (GU N. 47 DEL 26.02.2009, SUPPLEMENTO ORDINARIO N. 27) ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE **“NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI” DI CUI AL D.M. 14 GENNAIO 2008**
- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI – DM 17.1.2018 (GU N. 42 DEL 20.2.2018) **AGGIORNAMENTO DELLE “NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI”**
- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI – CIRC. 21.01.2019, N. 7 (GU N. 35 DEL 11.02.2019, SUPPLEMENTO ORDINARIO N. 5) ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELL' **AGGIORNAMENTO DELLE “NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI” DI CUI AL D.M. 17 GENNAIO 2018**



NOTA:

LE SLIDES CHE RIPORTANO IL TESTO NORMATIVO HANNO UNA DELLE SEGUENTI ETICHETTE:

NTC 2008

CIRC 2009

APP 2009

NTC 2018

CIRC 2019

IN QUESTE SLIDES IL TESTO DELLA NORMA È RIPORTATO IN CORSIVO.

NOTA:

MOLTE DELLE SLIDES SEGUENTI SONO STATE MESSE A PUNTO CON LA COLLABORAZIONE DI ALTRI COLLEGHI DI CUI È DOVEROSO RICORDARE IL CONTRIBUTO.

SI CITANO DIFFUSAMENTE LE LEZIONI TENUTE DAL **PROF. BORRI E DAL **ING. DE MARIA** NELL'AMBITO DEI CORSI DI AGGIORNAMENTO PROFESSIONALE DEL **CENTRO STUDI SISTO MASTRODICASA** DIRETTO DALLO STESSO **PROF. ANTONIO BORRI**.**

LE SPERIMENTAZIONI ILLUSTRATE SONO STATE REALIZZATE DAL SOTTOSCRITTO UNITAMENTE AL **PROF. BORRI, AL **PROF. CORRADI**, ALL' **ING. SISTI** E ALTRI.**

MOLTE IMMAGINI DERIVANO DA LAVORI DELL'ING. GIOVANNI GANGI** E DELL'**ING. DE MARIA** E DALLE RELATIVE PUBBLICAZIONI CITATE NELLA BIBLIOGRAFIA SINTETIZZATA NELLE ULTIME SLIDES**

SI RINGRAZIA INOLTRE L'ING ANDREA BAROCCI** PER AVER MESSO A DISPOSIZIONI MOLTE DELLE IMMAGINI RELATIVE ALL'ULTIMO EVENTO SISMICO DELLO SCORSO 24 AGOSTO 2016**

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE

ANALISI DEL DANNO

AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA



Amatrice, certificate antisismiche dal Genio Civile le case crollate dell'Ater

Si tratta delle due palazzine di Piazza Sagnotti, con 6 alloggi ciascuna (10 alloggi su 12 a partire dal 2001 sono stati riscattati dagli inquilini), entrambe costruite tra il 1974 e il 1977, secondo la normativa antisismica vigente all'epoca.

«Entrambe - scrive in una nota lo stesso Commissario - risulterebbero dotate di certificazione antisismica rilasciata dal Genio Civile di Rieti l'11 luglio 1985, oltre che di autorizzazione all'abitabilità rilasciata dal Comune di Amatrice il 9 ottobre 1985».

Terremoto, ad Amatrice ed Accumoli decine di edifici sotto inchiesta. "Crollati nonostante certificazioni di sicurezza"



IL RAPPORTO DELLA FINANZA ALL'ANAC

Così il Comune menti sui lavori nella scuola: «Ora è antisismica»

La scuola di Amatrice è crollata nonostante i lavori di «miglioramento sismico»: vennero assegnati e spesi 700 mila euro tra il 2011 e il 2012. Due le gare d'appalto, entrambe vinte dal Consorzio Stabile Valore, un cartello che riunisce 79 aziende

La differenza è che i lavori di "adeguamento" sono sottoposti a regole precise, costano dai 200 ai 300 euro a metro quadro, ma conducono a un'effettiva messa in sicurezza del fabbricato. Il "miglioramento" è invece un concetto generico, non codificato. Come ha

AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

RISCHIO SISMICO

DEF: GRANDEZZA PROBABILISTICA CHE MISURA LE PERDITE DI ORIGINE SISMICA CHE POSSONO AVVENIRE IN UN PREFISSATO SITO, IN UN DATO INTERVALLO DI TEMPO

PERICOLOSITÀ (P)

PROBABILITÀ CHE SI VERIFICHI UN EVENTO SISMICO DI UNA DETERMINATA INTENSITÀ, IN UN DETERMINATO INTERVALLO TEMPORALE, IN UN DATO LUOGO (⇒ **FUNZIONE DELL'INTENSITÀ SISMICA**)

ESPOSIZIONE (E)

VALUTAZIONE PROBABILISTICA DELLE CONSEGUENZE SOCIO-ECONOMICHE PRODOTTE DAL RAGGIUNGIMENTO DI DETERMINATI LIVELLI DI DANNO AGLI ELEMENTI (⇒ **FUNZIONE PRESENZA DI PERSONE E BENI**)

VULNERABILITÀ (V)

PROBABILITÀ CHE, PER EFFETTO DI UN EVENTO DI UNA DETERMINATA INTENSITÀ, SI PRODUCA UN DETERMINATO LIVELLO DI DANNO ALLA COSTRUZIONE (⇒ **FUNZIONE DELLA TIPOLOGIA EDILIZIA**)

$$R_{[RISCHIO]} = P_{[PERICOLOSITÀ]} \times E_{[ESPOSIZIONE]} \times V_{[VULNERABILITÀ]}$$

⇒ SE ANCHE UNO SOLO DEI TRE CONTRIBUTI È NULLO O TRASCURABILE IL RISCHIO È NULLO O TRASCURABILE

AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

RISCHIO SISMICO: VULNERABILITÀ

DEF: GRANDEZZA PROBABILISTICA CHE MISURA LE PERDITE DI ORIGINE SISMICA CHE POSSONO AVVENIRE IN UN PREFISSATO SITO, IN UN DATO INTERVALLO DI TEMPO

PERICOLOSITÀ (P)

PROBABILITÀ CHE SI VERIFICHI UN EVENTO SISMICO DI UNA DETERMINATA INTENSITÀ, IN UN DETERMINATO INTERVALLO TEMPORALE, IN UN DATO LUOGO ($\Rightarrow$ **FUNZIONE DELL'INTENSITÀ SISMICA**)

ESPOSIZIONE (E)

VALUTAZIONE PROBABILISTICA DELLE CONSEGUENZE SOCIO-ECONOMICHE PRODOTTE DAL RAGGIUNGIMENTO DI DETERMINATI LIVELLI DI DANNO AGLI ELEMENTI ($\Rightarrow$ **FUNZIONE PRESENZA DI PERSONE E BENI**)

VULNERABILITÀ (V)

PROBABILITÀ CHE, PER EFFETTO DI UN EVENTO DI UNA DETERMINATA INTENSITÀ, SI PRODUCA UN DETERMINATO LIVELLO DI DANNO ALLA COSTRUZIONE ($\Rightarrow$ **FUNZIONE DELLA TIPOLOGIA EDILIZIA**)

$$R_{[RISCHIO]} = P_{[PERICOLOSITÀ]} \times E_{[ESPOSIZIONE]} \times V_{[VULNERABILITÀ]}$$

INTERVENIAMO SULLA VULNERABILITÀ

INCREMENTARE IL LIVELLO DI SICUREZZA ATTRAVERSO INTERVENTI MIRATI

AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA

AZIONE SISMICA

+

VULNERABILITÀ DEGLI EDIFICI IN MURATURA

=



AREA TEMATICA

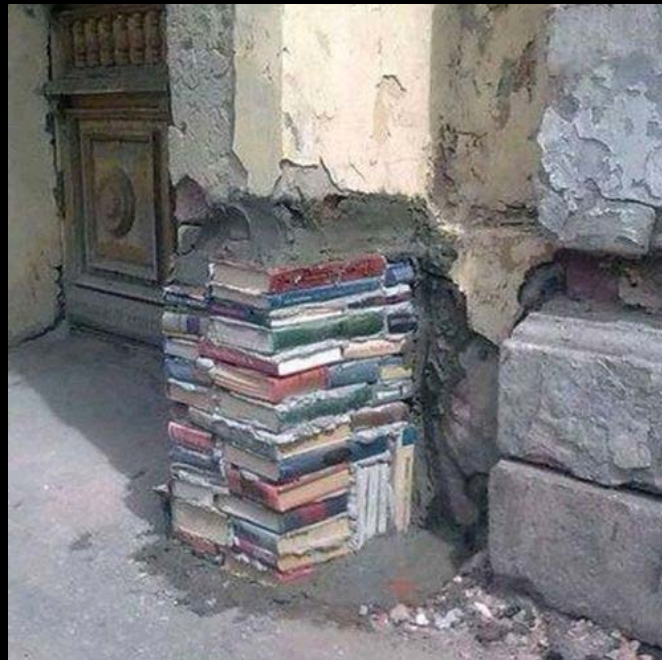
MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA

COME INTERVENIRE?

CONOSCERE, CONOSCERE, CONOSCERE

IMPORTANZA DELLA CONOSCENZA CHE PERÒ NON DEVE ESSERE FINE A SE STESSA



***"LA CONOSCENZA È
ALLA BASE"***

AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA

COME INTERVENIRE?



CONOSCERE, CONOSCERE, CONOSCERE

IMPORTANZA DELLA CONOSCENZA CHE PERÒ NON DEVE ESSERE FINE A SE STESSA



⇒ LA CONOSCENZA DEVE SERVIRE PER INTERVENIRE IN MODO ADEGUATO E PREVENIRE I DISASTRI

AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

RISCHIO SISMICO: VULNERABILITÀ

COME INTERVENIRE?



QUESTO EDIFICIO HA DEI PROBLEMI?

AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

RISCHIO SISMICO: VULNERABILITÀ

COME INTERVENIRE?



QUESTO EDIFICIO HA DEI PROBLEMI?

AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

RISCHIO SISMICO: VULNERABILITÀ

COME INTERVENIRE?



QUESTO EDIFICIO HA DEI PROBLEMI?

AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

RISCHIO SISMICO: VULNERABILITÀ

COME INTERVENIRE?



QUESTO EDIFICIO HA DEI PROBLEMI?

AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

RISCHIO SISMICO: VULNERABILITÀ

COME INTERVENIRE?

PROBLEMA MURATURA: NECESSITÀ DI UN PERCORSO METODOLOGICO DI ANALISI E DI PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI CHE RISULTI DIVERSO DALL'ABITUALE PERCORSO SEGUITO NEL CASO DELLE NUOVE COSTRUZIONI

PARALLELO CON QUANTO ACCADE IN MEDICINA

METAFORA MEDICO – PAZIENTE

(DA SISTO MASTRODICASA)

PROCESSO DIAGNOSTICO

(“SERIE DI INDAGINI CHE PORTA ALLA FORMULAZIONE DI UNA DIAGNOSI”)

DIAGNOSI

(“FORMULAZIONE DI UNA IPOTESI SULLA NATURA E/O SULLA SEDE DI UNA MALATTIA A SEGUITO DELLA VALUTAZIONE DEI SINTOMI”)

TERAPIA

(“PROVVEDIMENTI ADOTTATI ALLO SCOPO DI COMBATTERE LA MALATTIA”)

AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

QUANTO CONOSCIAMO LE MURATURE?

I MECCANISMI DI DANNO INNESCATI DALLE AZIONI SISMICHE ED ASSOCIATI A DETERMINATE CARENZE STRUTTURALI SONO CLASSIFICABILI PER TIPI E, IN ASSENZA DI PROVVEDIMENTI RISOLUTIVI, **TENDONO A RIPROPORSI IN OCCASIONE DI ALTRI EVENTI SISMICI CON LE STESSA MODALITÀ E CON MAGGIOR AMPIEZZA**



I MASTRI MURATORI CHE OPERAVANO IN PASSATO, SUPPORTATI **DALL'ESPERIENZA E DALL'INTUITO**, SI BASAVANO ESSENZIALMENTE **SULL'OSSERVAZIONE DIRETTA DEL DANNO SISMICO** E PROPONEVANO, DI CONSEGUENZA, SOLUZIONI CHE SI SONO DIMOSTRATE, ALLA PROVA DEI FATTI, SOSTANZIALMENTE AFFIDABILI



DALLA METÀ DEL XIX SECOLO, CON LA DIFFUSIONE DI NUOVI MATERIALI DA COSTRUZIONE QUALI **L'ACCIAIO ED IL CEMENTO ARMATO**, CHE PERMETTEVANO, AD UN COSTO MINORE, SOLUZIONI ARCHITETTONICHE IMPENSABILI CON LE COSTRUZIONI IN MURATURA, SI È ANDATO PROGRESSIVAMENTE MA INESORABILMENTE PERDENDO QUEL **PATRIMONIO CULTURALE DERIVATO DA SECOLI DI TRADIZIONE COSTRUTTIVA IN MURATURA**

AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

CULTURA DEL CEMENTO ARMATO



LE LEGGI DELL'EQUILIBRIO, I MECCANISMI DI COLLASSO, I CRITERI COSTRUTTIVI BASATI SULL'ESPERIENZA E SULL'EMPIRISMO, LA **REGOLA DELL'ARTE E LA CAPACITÀ DI SCEGLIERE I MATERIALI** SONO STATI **SOSTITUITI** DAI FONDAMENTI DELLA MODERNA **SCIENZA DELLE COSTRUZIONI**: TENSIONI, DEFORMAZIONI, TEORIA DELL'ELASTICITÀ, VERIFICHE DI RESISTENZA



L'ADATTAMENTO DI QUESTE TEORIE, NATE PER IL CEMENTO ARMATO, AL CASO DELLE COSTRUZIONI IN MURATURA HA CONDOTTO A MODELLI DI ANALISI INADATTI A DESCRIVERE IL COMPORTAMENTO DI QUESTI FABBRICATI

È INTERESSANTE NOTARE COME L'EPOCA CHE HA SEGNATO LA GRANDE AFFERMAZIONE DELLA MODERNA TEORIA DELLA SCIENZA DELLE COSTRUZIONI, SIA ANCHE IL PERIODO DI MASSIMO SVILUPPO DELLA FILOSOFIA POSITIVISTA E DELLA SUA CIEGA FIDUCIA NELLA RAGIONE E NEL PROGRESSO DELL'UMANITÀ. IN QUELL'EPOCA NON SONO MANGATI FILOSOFI, QUALI AUGUSTE COMTE, CHE HANNO ADDIRITTURA TENTATO DI SPIEGARE I COMPLESSI MECCANISMI DELL'INTERAZIONE SOCIALE, TRAMITE TEORIE QUASI MATEMATICHE

AREA TEMATICA**MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO****CALCESTRUZZO ARMATO**

MATERIALE DA COSTRUZIONE CONTINUO COSTITUITO DA “CALCESTRUZZO” (NON RESISTENTE A TRAZIONE) E ARMATURE DI ACCIAIO (RESISTENTI A TRAZIONE):

- **DISTINZIONE TRA “TELAIO” PORTANTE E TAMPONATURE**
- **MODELLI IPERSTATICI**
- **EDIFICIO “LEGGERO”**

MURATURA

MATERIALE DA COSTRUZIONE COSTITUITO DA “BLOCCHI” **SEPARATI** (NATURALI O ARTIFICIALI) E (NON NECESSARIAMENTE) DA UN “LEGANTE”:

- **TUTTO È PORTANTE**
- **MODELLI ISOSTATICI**
- **EDIFICIO “PESANTE”**



COMPORTAMENTO MURATURE $\neq$ COMPORTAMENTO COSTRUZIONI IN C.A. O ACCIAIO

MOTIVI:

1. MATERIALE NON RESISTENTE A TRAZIONE
2. VINCOLI MONOLATERI

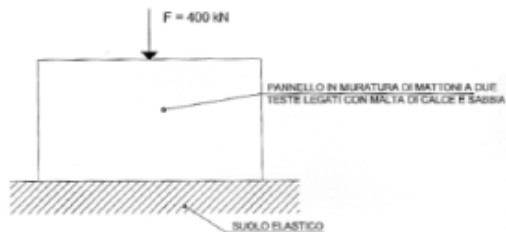
AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

1) IL MATERIALE NON RESISTE A TRAZIONE

LE FORZE SI DIFFONDONO ALL'INTERNO DELLE MURATURE INTERESSANDO SOLO **ZONE BEN DELIMITATE**

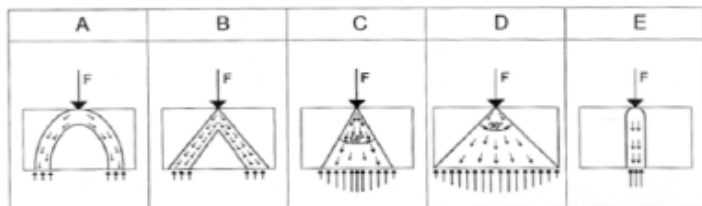
ESEMPIO: PANNELLO MURARIO CARICO VERTICALE (QUESTIONARIO CORSO MURATURE)



Quale è l'andamento (schematico) delle tensioni principali di compressione nel pannello murario?

(scegliere una delle seguenti risposte, barrando una delle caselle sottostanti)

A ☐ B ☐ C ☐ D ☒ E ☐



Della risposta sono:

☐ assolutamente certo
☒ certo
☐ incerto
☐ molto incerto

CENTRO STUDI SISTO MASTRODICASA
QUESTIONARIO CORSO MURATURE

CIRCA 2000 SCHEDE:

- **A - B** $\Rightarrow$ 7% RISPOSTE;
- **C - D** $\Rightarrow$ 90% RISPOSTE;
- **E** $\Rightarrow$ 3% RISPOSTE.

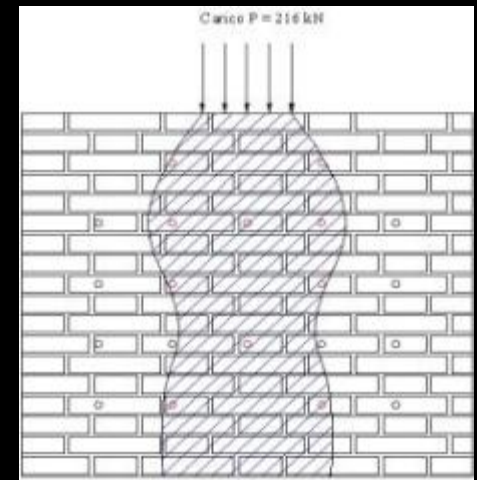
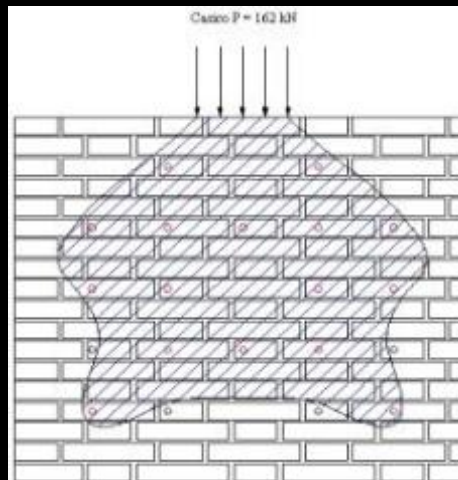
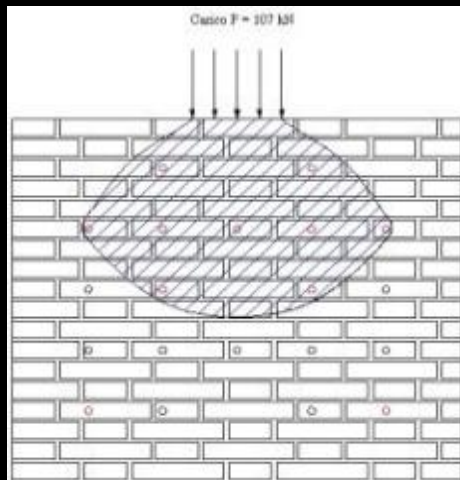
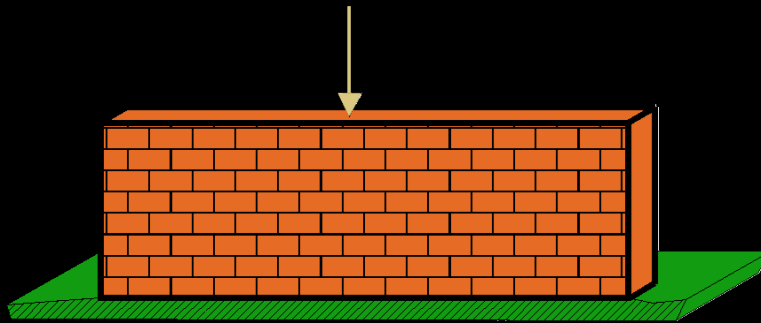
AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

1) IL MATERIALE NON RESISTE A TRAZIONE

LE FORZE SI DIFFONDONO ALL'INTERNO DELLE MURATURE INTERESSANDO SOLO **ZONE BEN DELIMITATE**

ESEMPIO: PANNELLO MURARIO CARICO VERTICALE (PROVE SPERIMENTALI)



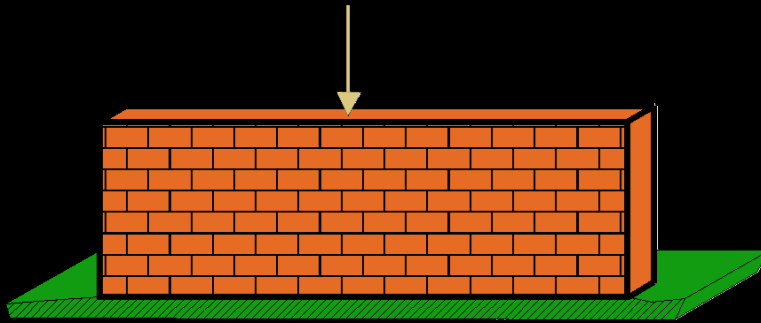
AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

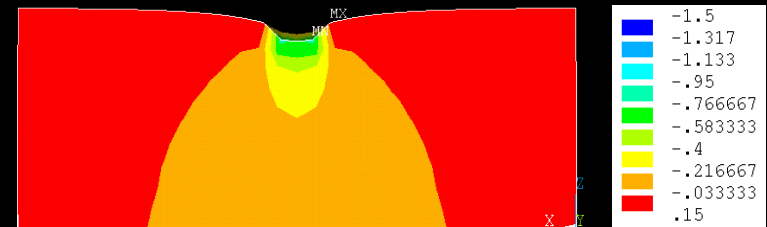
1) IL MATERIALE NON RESISTE A TRAZIONE

LE FORZE SI DIFFONDONO ALL'INTERNO DELLE MURATURE INTERESSANDO SOLO **ZONE BEN DELIMITATE**

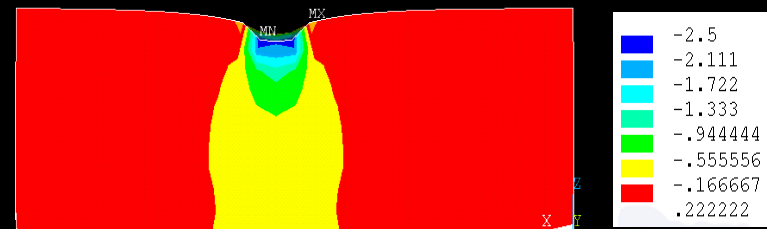
ESEMPIO: PANNELLO MURARIO CARICO VERTICALE (PROVE NUMERICHE)



NB: LA NON RESISTENZA A TRAZIONE CONDUCE AD UNA SEPARAZIONE, ALL'INTERNO DELL'ELEMENTO MURARIO, TRA PORZIONI INTERESSATE DAGLI SFORZI DI COMPRESSIONE (**PARTI RESISTENTI**) E PORZIONI CHE NON PARTECIPANO IN ALCUN MODO (**PARTI INERTI**)



**MATERIALE RESISTENTE A TRAZIONE
(PERFETTAMENTE ELASTICO)**



MATERIALE NON RESISTENTE A TRAZIONE

LE PARTI RESISTENTI, COMPRESSE, SI DEFORMANO IN MODO DIVERSO DA QUELLE ADIACENTI. CIÒ COMPORTA INEVITABILMENTE L'INSORGERE DI FRATTURE (DEL TUTTO FISILOGICHE) CHE SEPARANO LE DUE ZONE

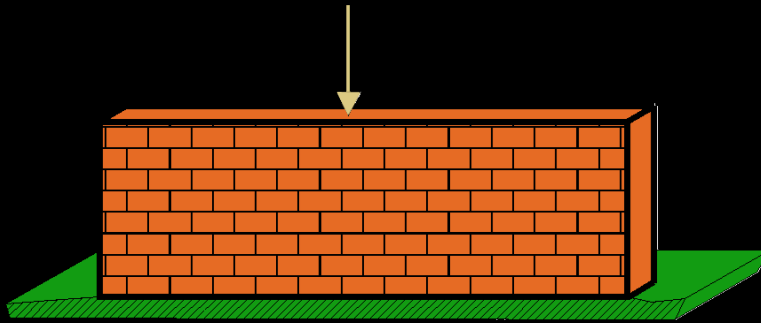
AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

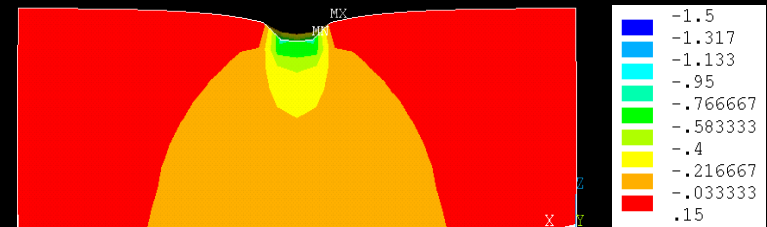
1) IL MATERIALE NON RESISTE A TRAZIONE

LE FORZE SI DIFFONDONO ALL'INTERNO DELLE MURATURE INTERESSANDO SOLO **ZONE BEN DELIMITATE**

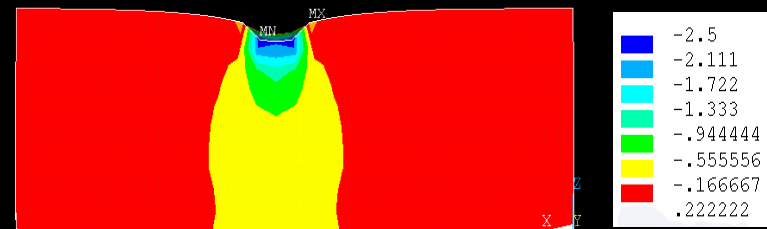
ESEMPIO: PANNELLO MURARIO CARICO VERTICALE (PROVE NUMERICHE)



NB: LA NON RESISTENZA A TRAZIONE CONDUCE AD UNA SEPARAZIONE, ALL'INTERNO DELL'ELEMENTO MURARIO, TRA PORZIONI INTERESSATE DAGLI SFORZI DI COMPRESSIONE (**PARTI RESISTENTI**) E PORZIONI CHE NON PARTECIPANO IN ALCUN MODO (**PARTI INERTI**)



**MATERIALE RESISTENTE A TRAZIONE
(PERFETTAMENTE ELASTICO)**



MATERIALE NON RESISTENTE A TRAZIONE

COMPORTAMENTO DIVERSO DA QUELLO DEI MATERIALI “MODERNI”, DOVE LA DIFFUSIONE DELLE TENSIONI SEGUE LE CAPACITÀ DI DEFORMAZIONE DELL'ELEMENTO STESSO, E DOVE SI TRASMETTONO ANCHE LE TENSIONI DI TRAZIONE.

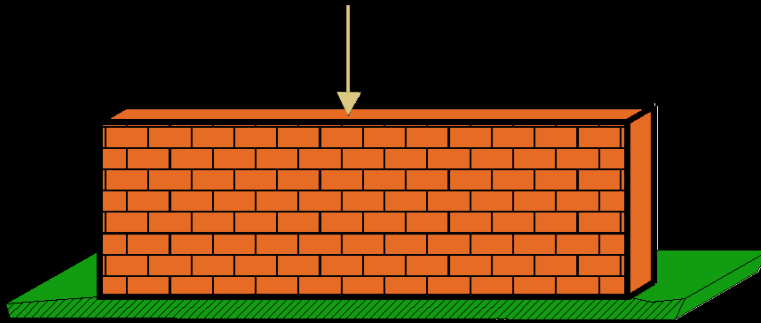
AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

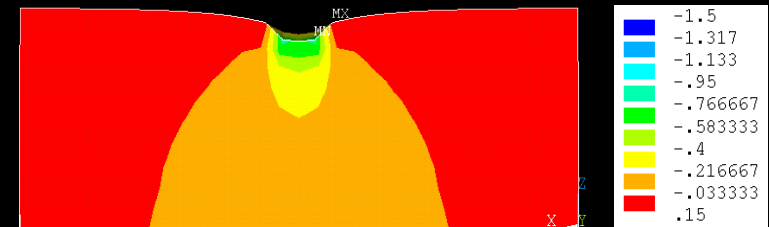
1) IL MATERIALE NON RESISTE A TRAZIONE

LE FORZE SI DIFFONDONO ALL'INTERNO DELLE MURATURE INTERESSANDO SOLO **ZONE BEN DELIMITATE**

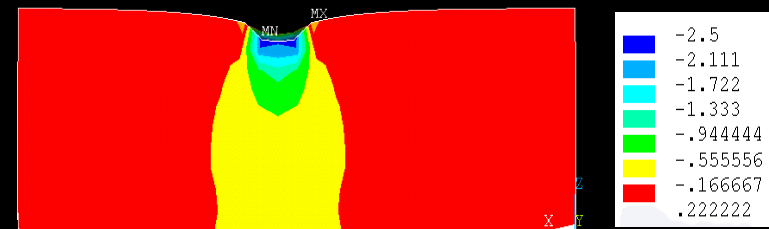
ESEMPIO: PANNELLO MURARIO CARICO VERTICALE (PROVE NUMERICHE)



NB: LA NON RESISTENZA A TRAZIONE CONDUCE AD UNA SEPARAZIONE, ALL'INTERNO DELL'ELEMENTO MURARIO, TRA PORZIONI INTERESSATE DAGLI SFORZI DI COMPRESSIONE (**PARTI RESISTENTI**) E PORZIONI CHE NON PARTECIPANO IN ALCUN MODO (**PARTI INERTI**)



**MATERIALE RESISTENTE A TRAZIONE
(PERFETTAMENTE ELASTICO)**



MATERIALE NON RESISTENTE A TRAZIONE

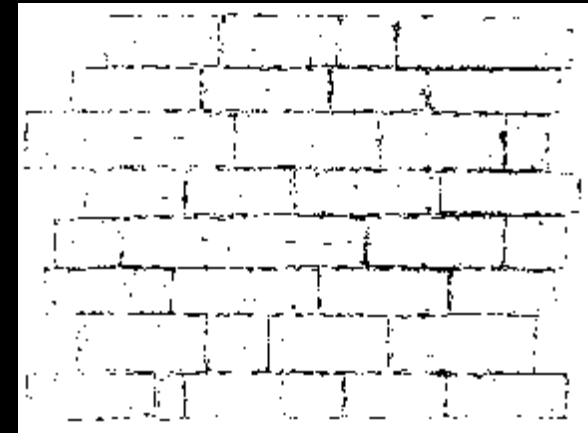
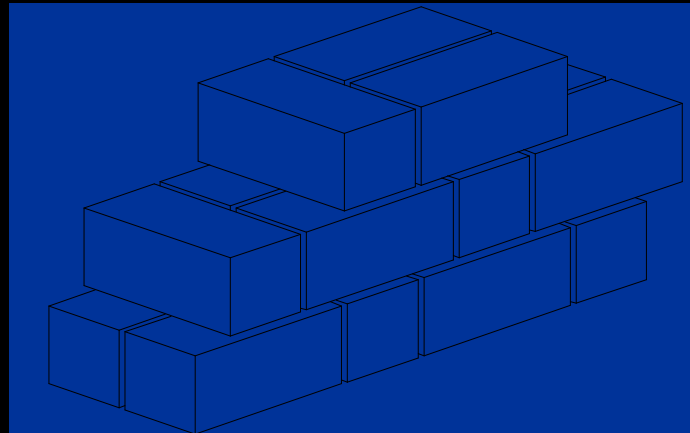
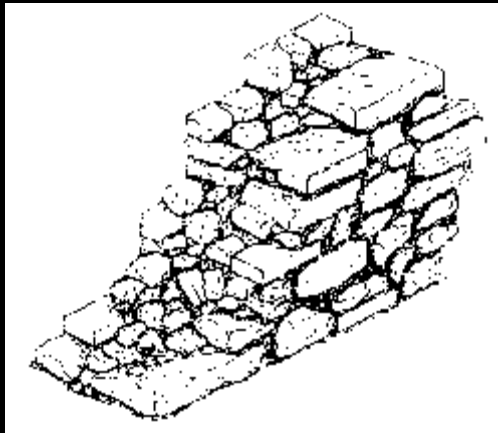
NB: TUTTE QUELLE LE ANALISI BASATE SULL'IPOTESI DI COMPORTAMENTO ELASTICO, CONDUCONO A RISULTATI CHE SONO VALIDI SOLO FINO A VALORI DEI CARICHI CHE PORTANO IL FORMARSI DELLA PRIMA FESSURAZIONE NELL'ELEMENTO MURARIO, E CHE DIVENTANO POI BEN POCO REALISTICI.

AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

2) VINCOLI MONOLATERI

LA COSTRUZIONE MURARIA È CARATTERIZZATA DA UNA CONNESSIONE TRA I SUOI ELEMENTI DI TIPO MONOLATERO: PIETRE SOVRAPPOSTE ASSEMBLATE E **TENUTE INSIEME NON TANTO DALLA MALTA DI CALCE**, CHE NE REGOLARIZZA SOLO I CONTATTI, **QUANTO DAL PESO E DAL MUTUO CONTRASTO** CHE LE TIENE COMPRESSE L'UNA CONTRO L'ALTRA



“NESSUNO HA MAI PENSATO DI INCOLLARE UN ELEMENTO ALL'ALTRO E QUELLA SABBIA MESCOLATA CON POCA CALCINA DISPOSTA TRA UN ELEMENTO E L'ALTRO AVEVA IL SOLO SCOPO DI REGOLARIZZARE LA SUPERFICIE DI APPOGGIO ...”

(A. GIUFFRÈ, MONUMENTI E TERREMOTI - ASPETTI STATICI DEL RESTAURO)

“ASSEMBLAGGIO DI ELEMENTI POSTI UNO SULL'ALTRO,....IL TUTTO È TENUTO INSIEME DALLA SOLA FORZA PESO”

(A. GIUFFRÈ, MONUMENTI E TERREMOTI - ASPETTI STATICI DEL RESTAURO)

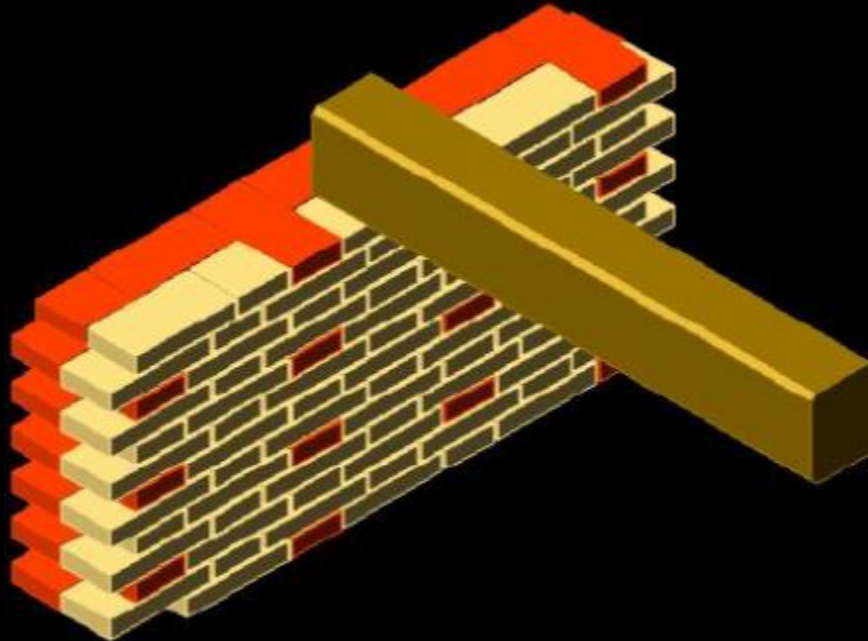
AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

2) VINCOLI MONOLATERI

L'AZIONE SISMICA COMPORTA L'INSORGERE DI **FORZE ORIZZONTALI** CHE I **VINCOLI MONOLATERI**, ADATTI A CONTRASTARE I CARICHI VERTICALI, NON SONO IN GRADO DI FRONTEGGIARE. SONO QUI NECESSARI PERTANTO ALTRI TIPI DI VINCOLO E SE QUESTI MANCANO SI PRODUCONO DISTACCHI CHE POSSONO EVOLVERE FINO AL COLLASSO

ESEMPIO: ORDITURE LIGNEE DEI SOLAI



CARICHI VERTICALI: SONO IN GRADO DI SCARICARE IL PESO SULLA MURATURA PER SEMPLICE AZIONE DI CONTATTO

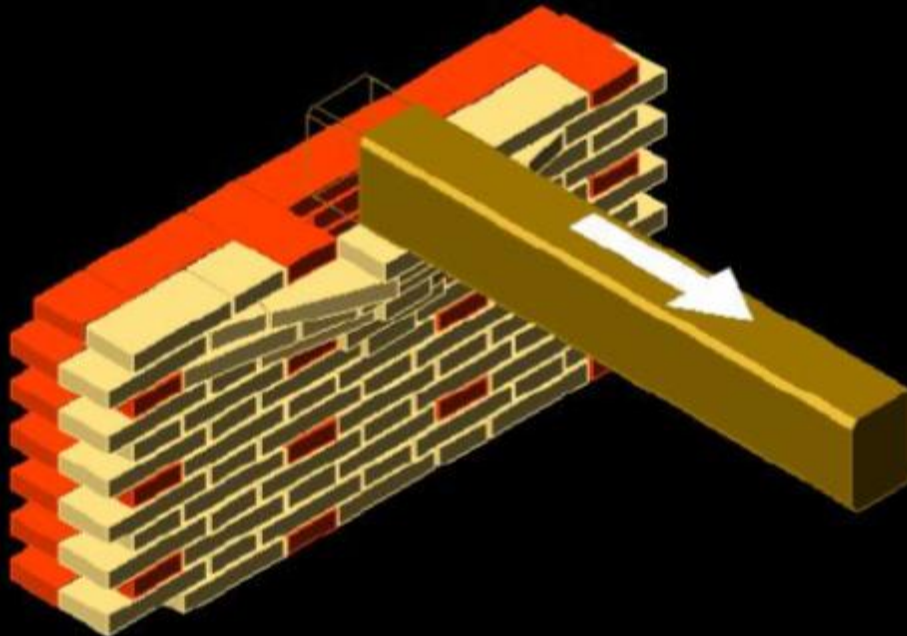
AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

2) VINCOLI MONOLATERI

L'AZIONE SISMICA COMPORTA L'INSORGERE DI **FORZE ORIZZONTALI** CHE I **VINCOLI MONOLATERI**, ADATTI A CONTRASTARE I CARICHI VERTICALI, NON SONO IN GRADO DI FRONTEGGIARE. SONO QUI NECESSARI PERTANTO ALTRI TIPI DI VINCOLO E SE QUESTI MANCANO SI PRODUCONO DISTACCHI CHE POSSONO EVOLVERE FINO AL COLLASSO

ESEMPIO: ORDITURE LIGNEE DEI SOLAI



CARICHI VERTICALI: SONO IN GRADO DI SCARICARE IL PESO SULLA MURATURA PER SEMPLICE AZIONE DI CONTATTO

CARICHI SISMICI: IN ASSENZA DI ALTRI VINCOLI RESISTONO SOLO PER ATTRITO DI FRONTE AD AZIONI ORIZZONTALI CHE TENDONO A PRODURNE LO SFILAMENTO

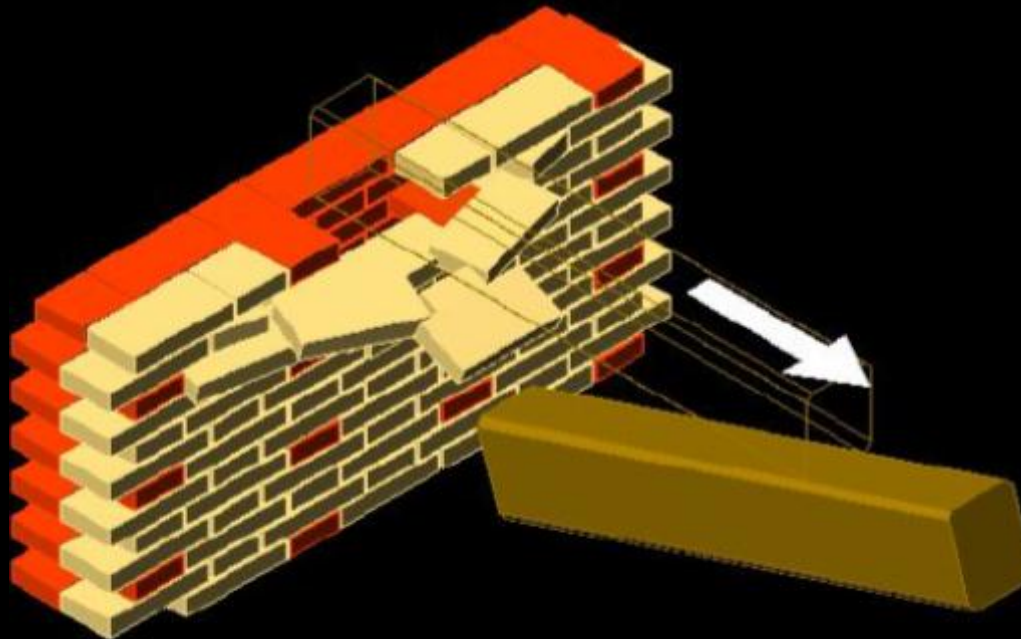
AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

2) VINCOLI MONOLATERI

L'AZIONE SISMICA COMPORTA L'INSORGERE DI **FORZE ORIZZONTALI** CHE I **VINCOLI MONOLATERI**, ADATTI A CONTRASTARE I CARICHI VERTICALI, NON SONO IN GRADO DI FRONTEGGIARE. SONO QUI NECESSARI PERTANTO ALTRI TIPI DI VINCOLO E SE QUESTI MANCANO SI PRODUCONO DISTACCHI CHE POSSONO EVOLVERE FINO AL COLLASSO

ESEMPIO: ORDITURE LIGNEE DEI SOLAI



CARICHI VERTICALI: SONO IN GRADO DI SCARICARE IL PESO SULLA MURATURA PER SEMPLICE AZIONE DI CONTATTO

CARICHI SISMICI: IN ASSENZA DI ALTRI VINCOLI RESISTONO SOLO PER ATTRITO DI FRONTE AD AZIONI ORIZZONTALI CHE TENDONO A PRODURNE LO SFILAMENTO

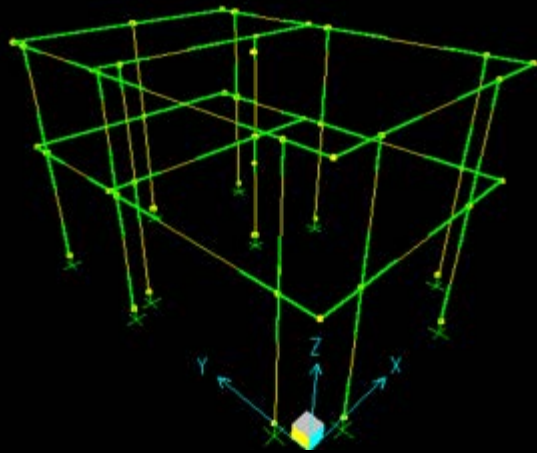
AREA TEMATICA

MECCANICA DELLE COSTRUZIONI MURARIE E ANALISI DEL DANNO

CALCESTRUZZO ARMATO

FUNZIONAMENTO: IN UNA COSTRUZIONE REALIZZATA CON MATERIALI “MODERNI” UNA FORZA APPLICATA IN UN PUNTO PRODUCE EFFETTI IN TUTTA LA STRUTTURA

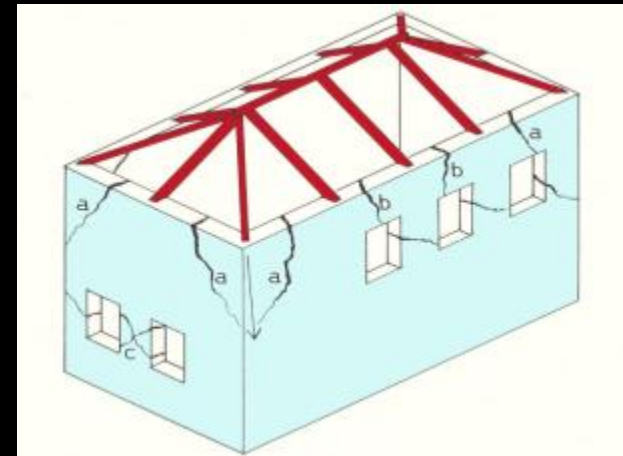
STRUTTURA RESISTENTE = TUTTA, SEMPRE



MURATURA

FUNZIONAMENTO: IN UNA COSTRUZIONE IN MURATURA UNA AZIONE LOCALIZZATA PRODUCE EFFETTI LOCALIZZATI

STRUTTURA RESISTENTE = F(AZIONE)



DISTINZIONE TRA “COSTRUZIONE” E “STRUTTURA RESISTENTE” PER GLI EDIFICI IN MURATURA

MODELLAZIONE DELLE COSTRUZIONI MURARIE

COMPORTAMENTO MECCANICO
DEGLI EDIFICI IN MURATURA

AREA TEMATICA
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE

EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA

AZIONE SISMICA

+

VULNERABILITÀ DEGLI EDIFICI IN MURATURA

=

CRISI DELL'EDIFICIO



8.5 DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI

NELLE COSTRUZIONI ESISTENTI LE SITUAZIONI CONCRETAMENTE RISCONTRABILI SONO LE PIÙ DIVERSE ED È QUINDI IMPOSSIBILE PREVEDERE REGOLE SPECIFICHE PER TUTTI I CASI. DI CONSEGUENZA, IL MODELLO PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DOVRÀ ESSERE DEFINITO E GIUSTIFICATO DAL PROGETTISTA, CASO PER CASO, IN RELAZIONE AL COMPORTAMENTO STRUTTURALE ATTESO...

NTC 2018

AREA TEMATICA
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE

EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA

AZIONE SISMICA

+

VULNERABILITÀ DEGLI EDIFICI IN MURATURA

=

CRISI DELL'EDIFICIO

CASO 1

- MURATURA SCARSA QUALITÀ
- SOLAI E COPERTURA DEFORMABILI NEL LORO PIANO O COLLEGAMENTI INEFFICACI

CASO 2

- MURATURA BUONA QUALITÀ
- SOLAI E COPERTURA DEFORMABILI NEL LORO PIANO O COLLEGAMENTI INEFFICACI

CASO 3

- MURATURA BUONA QUALITÀ
- SOLAI E COPERTURA RIGIDI NEL LORO PIANO
- COLLEGAMENTI EFFICACI

COMPORTAMENTO
"DISGREGATIVO"

CRISI PER DISGREGAZIONE DELLA MURATURA

COMPORTAMENTO
"LOCALE"

CRISI PER CINEMATISMO DEI MACROELEMENTI IN CUI SI È SUDDIVISO IL SOLIDO MURARIO

COMPORTAMENTO
"GLOBALE"

CRISI PER SUPERAMENTO DELLA RESISTENZA DEL MATERIALE

COMPORTAMENTO
“DISGREGATIVO”
ANALISI QUALITÀ MURARIA

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA

AZIONE SISMICA

+

VULNERABILITÀ DEGLI EDIFICI IN MURATURA

=

CRISI DELL'EDIFICIO

CASO 1

- MURATURA SCARSA QUALITÀ
- SOLAI E COPERTURA DEFORMABILI NEL LORO PIANO O COLLEGAMENTI INEFFICACI

CASO 2

- MURATURA BUONA QUALITÀ
- SOLAI E COPERTURA DEFORMABILI NEL LORO PIANO O COLLEGAMENTI INEFFICACI

CASO 3

- MURATURA BUONA QUALITÀ
- SOLAI E COPERTURA RIGIDI NEL LORO PIANO
- COLLEGAMENTI EFFICACI

**COMPORTAMENTO
"DISGREGATIVO"**

CRISI PER DISGREGAZIONE DELLA MURATURA

**COMPORTAMENTO
"LOCALE"**

CRISI PER CINEMATISMO DEI MACROELEMENTI IN CUI SI È SUDDIVISO IL SOLIDO MURARIO

**COMPORTAMENTO
"GLOBALE"**

CRISI PER SUPERAMENTO DELLA RESISTENZA DEL MATERIALE

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

CRISI PER DISGREGAZIONE

CASO 1

- MURATURA SCARSA QUALITÀ



COMPORTAMENTO "DISGREGATIVO"

CRISI PER DISGREGAZIONE DELLA MURATURA



AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

MURATURA DI CATTIVA QUALITÀ: UN CASO EMBLEMATICO

ESEMPIO: LAZIO - MARCHE (2016)



**QUANTO “POVERE” SONO
QUESTE MURATURE?**

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

MURATURA DI CATTIVA QUALITÀ: UN CASO EMBLEMATICO



PESCARA DEL TRONTO, ITALIA (2016)

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

MURATURA DI CATTIVA QUALITÀ: UN CASO EMBLEMATICO



GRISCIANO, ITALIA (2016)

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

MURATURA DI CATTIVA QUALITÀ: UN CASO EMBLEMATICO

ESEMPIO: ABRUZZO, L'AQUILA (2009)



AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

MURATURA DI CATTIVA QUALITÀ: UN CASO EMBLEMATICO



AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

MURATURA DI CATTIVA QUALITÀ: UN CASO EMBLEMATICO



AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

MURATURA DI CATTIVA QUALITÀ: UN CASO EMBLEMATICO

TANTI ALTRI ESEMPI IN ITALIA



EMILIA, ITALIA (2012)

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

MURATURA DI CATTIVA QUALITÀ: UN CASO EMBLEMATICO

TANTI ALTRI ESEMPI IN ITALIA



UMBRIA, ITALIA (1997)

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

MURATURA DI CATTIVA QUALITÀ: UN CASO EMBLEMATICO

TANTI ALTRI ESEMPI IN ITALIA



IRPINIA, ITALIA (1980)

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

MURATURA DI CATTIVA QUALITÀ: UN CASO EMBLEMATICO

TANTI ALTRI ESEMPI IN ITALIA



FRIULI, ITALIA (1976)

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

MURATURA DI CATTIVA QUALITÀ: UN CASO EMBLEMATICO

TANTI ALTRI ESEMPI IN ITALIA



MESSINA, ITALIA (1908)

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

MURATURA DI CATTIVA QUALITÀ: UN CASO EMBLEMATICO

ESISTONO TUTTAVIA ANCHE EDIFICI IN MURATURA CHE SI SONO BEN COMPORTATI DI FRONTE ALLE AZIONI DEL TERREMOTO....



L'AQUILA, ITALIA (2009)

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

IMPORTANZA DELLA QUALITÀ MURARIA

COMPORTAMENTO MECCANICO DELLA MURATURA

AZIONI SISMICHE

MURATURA DI “BUONA” QUALITÀ

COMPORTAMENTO MONOLITICO

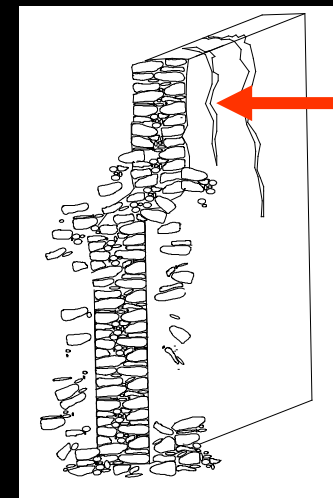
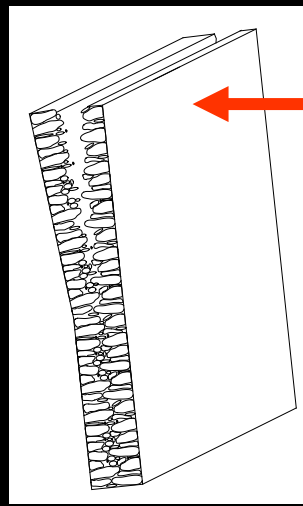
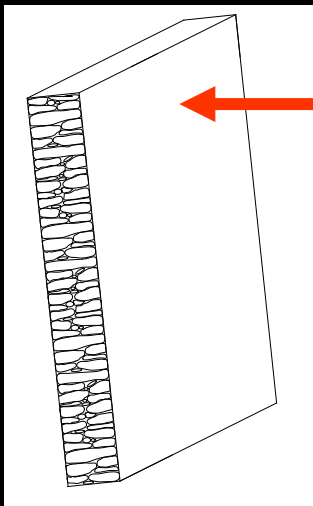
MURATURA DI “MEDIA” QUALITÀ

COMPORTAMENTO INTERMEDIO

MURATURA DI “SCARSA” QUALITÀ

SI DISGREGA CAOTICAMENTE

ESEMPIO: MECCANISMO DI RIBALTAMENTO DI UN PANNELLO MURARIO



COMPORTAMENTO MONOLITICO

COMPORTAMENTO INTERMEDIO

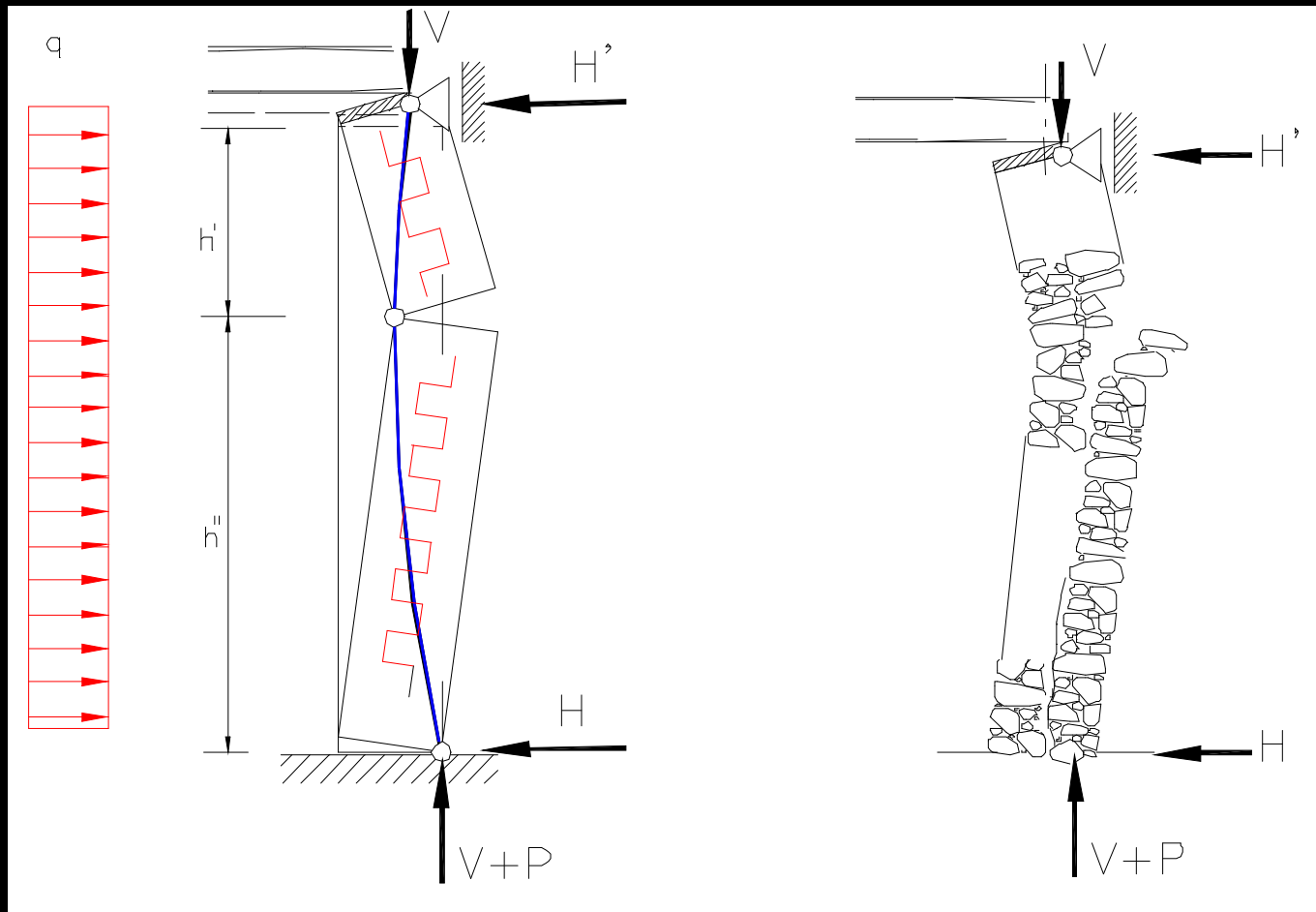
COMPORTAMENTO CAOTICO

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

IMPORTANZA DELLA QUALITÀ MURARIA

SENZA QUALITÀ NON SI HANNO CINEMATISMI...



...E SENZA CINEMATISMI NON POSSIAMO NEMMENO INIZIARE A RAGIONARE.

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

IMPORTANZA DELLA QUALITÀ MURARIA

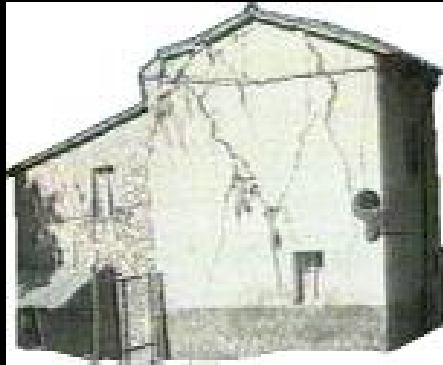


UMBRIA-MARCHE, ITALIA (1997)

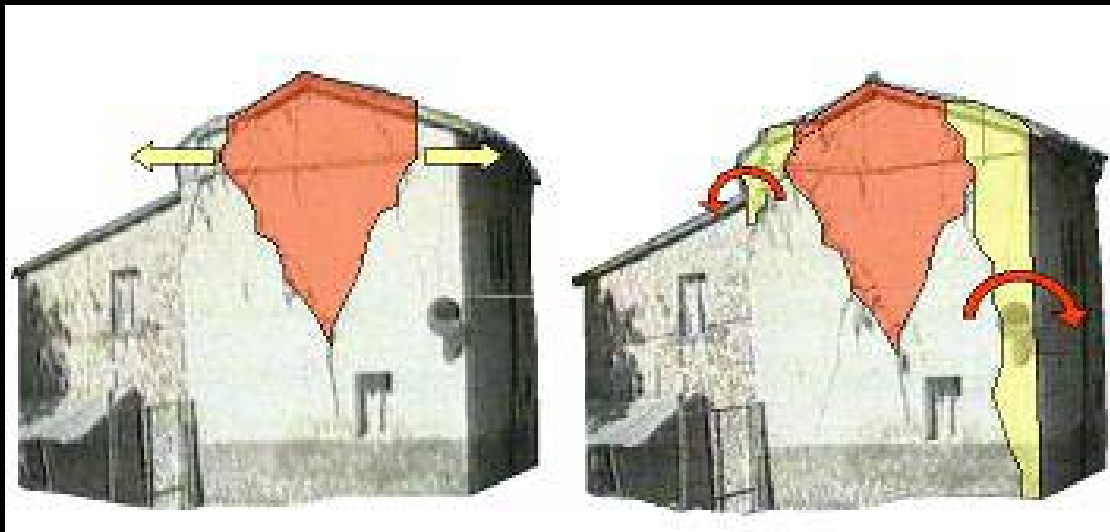
AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

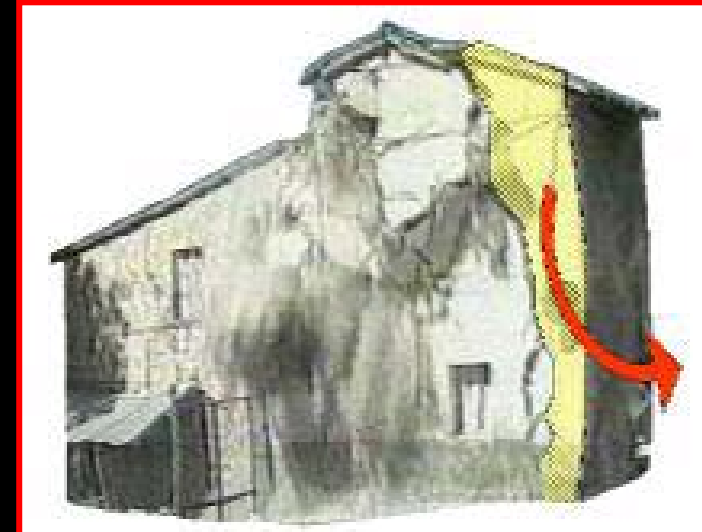
IMPORTANZA DELLA QUALITÀ MURARIA



(COURTESY OF ENG. G. CANGI)



IL CINEMATISMO INIZIA AD INNESCARSI...



**...MA LA SCARSA QUALITÀ DELLA MURATURA NE
IMPEDISCE L'EVOLUZIONE**

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

IMPORTANZA DELLA QUALITÀ MURARIA

DA NON SCORDARE: LA QUALITÀ DEL COSTRUITO IN ITALIA È PIUTTOSTO “VARIEGATA”



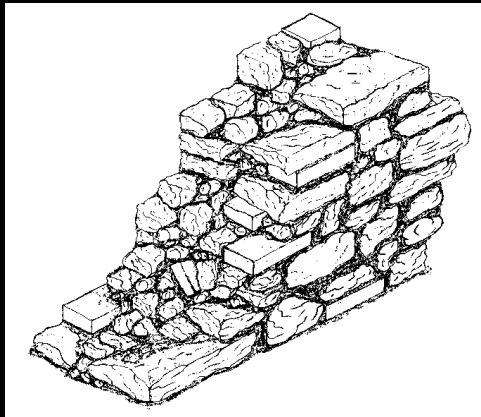
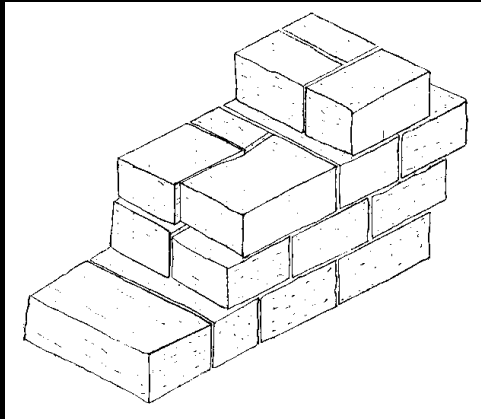
INFATTI, A DIFFERENZA DA QUANTO ACCADE PER GLI EDIFICI IN CALCESTRUZZO ARMATO, OPPURE IN ACCIAIO, DOVE CI SI PUÒ ATTENDERE UNA VARIABILITÀ TUTTO SOMMATO CONTENUTA DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DEL MATERIALE, NEL CASO DELLE MURATURE CI SI MUOVE IN UNO SPETTRO TALMENTE AMPIO DI POSSIBILITÀ, DA NON POTER PREVEDERE ALCUNCHÉ, SE PRIMA NON SI È IN GRADO DI RISPONDERE ALLA DOMANDA: **QUAL È LA QUALITÀ DI QUESTA MURATURA?**

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

IMPORTANZA DELLA QUALITÀ MURARIA

PROFONDA DIVERSIFICAZIONE DELLE TIPOLOGIE MURARIE CHE SI INCONTRANO SUL TERRITORIO IN BASE A LUOGO GEOGRAFICO ED EPOCA

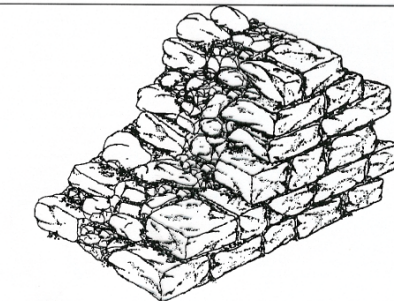
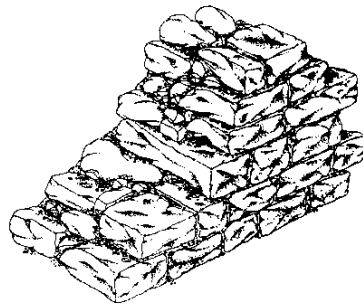
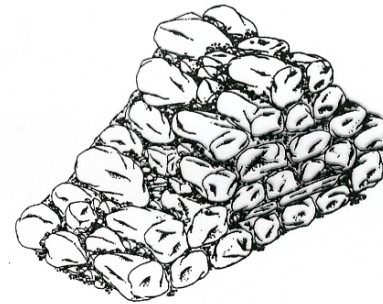
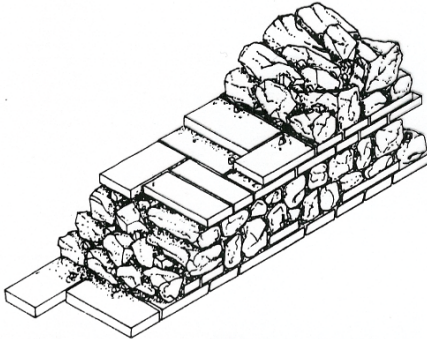
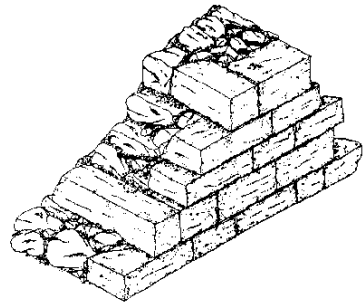
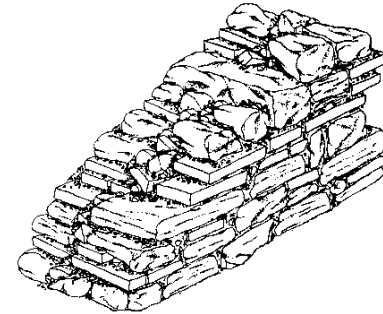
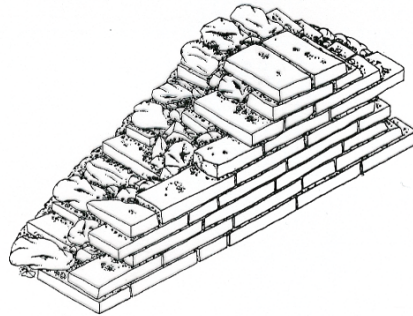
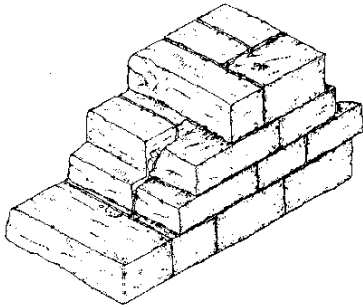


AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

IMPORTANZA DELLA QUALITÀ MURARIA

PROFONDA DIVERSIFICAZIONE DELLE TIPOLOGIE MURARIE CHE SI INCONTRANO SUL TERRITORIO IN BASE A LUOGO GEOGRAFICO ED EPOCA



AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO DISGREGATIVO

CRISI PER DISGREGAZIONE

COME FACCIO A STABILIRE LA QUALITÀ DI UNA MURATURA?



TRAMITE I GIUDIZI SUL GRADO DI RISPETTO DI OGNI PARAMETRO DELLA REGOLA DELL'ARTE SI VALUTA:

IQM (INDICE DI QUALITÀ MURARIA)

(A. BORRI – A. DE MARIA)

ATTENZIONE: IQM VA DISTINTO IN BASE ALLA DIREZIONE DELL'AZIONE SOLLECITANTE (TRE INDICI DI QUALITÀ MURARIA):

- 1) IQM PER AZIONI VERTICALI
- 2) IQM PER AZIONI ORTOGONALI AL PIANO
- 3) IQM PER AZIONI NEL PIANO

TIPOLOGIE MURARIE CHE POSSONO ESSERE CONSIDERATE BUONE O ACCETTABILI PER UN TIPO DI AZIONI POSSONO NON ESSERLO PER UN TIPO DI CARICO DIVERSO

TECNICHE DI INTERVENTO

MIGLIORARE LA QUALITÀ MURARIA
(CRISI PER DISGREGAZIONE)

AREA TEMATICA**TECNICHE DI INTERVENTO: MIGLIORARE LA QUALITÀ MURARIA****RASSEGNA DELLE PRINCIPALI TECNICHE DI INTERVENTO****CB.7.4.1 CRITERI PER GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEGLI EDIFICI DI MURATURA*****CASO 1: INTERVENTI PER MIGLIORARE LA QUALITÀ MURARIA (⇒ CRISI PER DISGREGAZIONE)***

- ***INCREMENTO DELLO SISMO RESISTENZA DELLE PARETI***
 - ***INTERVENTO DI SGUCI E CUCI***
 - ***RISTILATURA DEI GIUNTI***
 - ***ELIMINAZIONE DISCONTINUITÀ (CHIUSURA NICCHIE, CANNE FUMARIE O ALTRI VUOTI)***
- ***COLLEGAMENTI NELLO SPESSORE DELLA PARETE IN PRESENZA DI PARAMENTI MULTIPLI***
 - ***CONNESSIONE TRASVERSALE (DIATONI ARTIFICIALI VS TIRANTINI ANTIESPULSIVI)***

CASO 2A: INTERVENTI PER MIGLIORARE EFFICACIA COLLEGAMENTI (⇒ CRISI PER CINEMATISMO)***CASO 2B: INTERVENTI PER CONSOLIDARE STRUTTURE AD ARCO (⇒ CRISI PER CINEMATISMO)******CASO 3: INTERVENTI PER ASSICURARE UN COMPORTAMENTO GLOBALE (⇒ CRISI RESISTENZA)*****3. EDIFICI IN MURATURA**

Si dovranno riparare, anzitutto, i danni e le lesioni causati dal sisma.

Si dovrà poi valutare se la costruzione esistente abbia:

1. **qualità muraria sufficiente per rispondere ad azioni, sia verticali, sia orizzontali come quelle sismiche, senza disgregarsi;**
2. **vincoli bilaterali efficaci tra pareti e tra pareti e orizzontamenti, nonché vincoli efficaci sugli elementi non strutturali (comignoli, torrini, sporti di gronda, parapetti).**
3. **sufficiente capacità di sostenere le spinte di archi, volte e coperture;**
4. **orizzontamenti con capacità portante per carichi verticali sufficiente.**

ORDINANZA N. 44 DEL 15.12.2017

COMPORTAMENTO “LOCALE”

ANALISI DEI CINEMATISMI DI COLLASSO

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA

AZIONE SISMICA

+

VULNERABILITÀ DEGLI EDIFICI IN MURATURA

=

POSSIBILI TIPOLOGIE DI CRISI

CASO 1

- MURATURA SCARSA QUALITÀ
- SOLAI E COPERTURA DEFORMABILI NEL LORO PIANO O COLLEGAMENTI INEFFICACI

CASO 2

- MURATURA BUONA QUALITÀ
- SOLAI E COPERTURA DEFORMABILI NEL LORO PIANO O COLLEGAMENTI INEFFICACI

CASO 3

- MURATURA BUONA QUALITÀ
- SOLAI E COPERTURA RIGIDI NEL LORO PIANO
- COLLEGAMENTI EFFICACI

**COMPORTAMENTO
“DISGREGATIVO”**

CRISI PER DISGREGAZIONE DELLA MURATURA

**COMPORTAMENTO
“LOCALE”**

CRISI PER CINEMATISMO DEI MACROELEMENTI IN CUI SI È SUDDIVISO IL SOLIDO MURARIO

**COMPORTAMENTO
“GLOBALE”**

CRISI PER SUPERAMENTO DELLA RESISTENZA DEL MATERIALE

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

CRISI PER CINEMATISMO

CASO 2

- MURATURA BUONA QUALITÀ
- SOLAI E COPERTURA DEFORMABILI NEL LORO PIANO O COLLEGAMENTI INEFFICACI

COMPORTAMENTO "LOCALE"

CRISI PER CINEMATISMO DEI
MACROELEMENTI IN CUI SI È
SUDDIVISO IL SOLIDO MURARIO



AREA TEMATICA

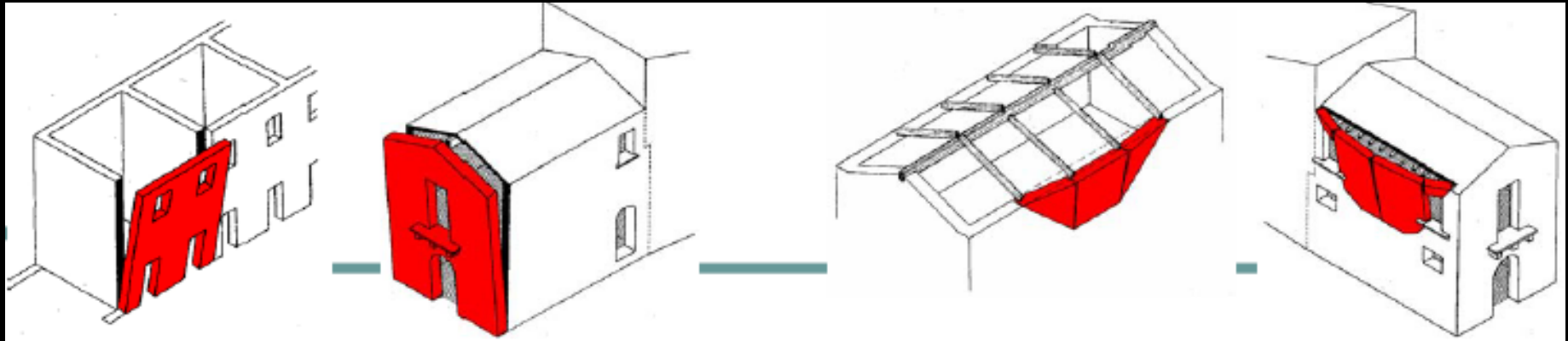
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

CRISI PER CINEMATISMO

ANALISI DEI CINEMATISMI DI COLLASSO

METODO “ANTICO” ABBANDONATO IN SEGUITO ALL’INTRODUZIONE DEI CONCETTI (DEFORMAZIONI, TENSIONI, ELASTICITÀ) E DELLE ANALISI DELLA “MODERNA” SCIENZA DELLE COSTRUZIONI

- TEORIA:** - IL SUPERAMENTO DELLA RESISTENZA A TRAZIONE NELLA MURATURA A CAUSA DELLE AZIONI SISMICHE (E DEI PESI PROPRI) CONDUCE AL FORMARSI DI FESSURAZIONI
- TALI FESSURAZIONI INSIEME ALLE SCONNESSIONI GIÀ PRESENTI (PER TIPOLOGIA E MODALITÀ COSTRUTTIVE), DIVIDONO LA COMPAGINE MURARIA IN PORZIONI MONOLITICHE (CIOÈ CHE NON SI DISGREGANO A LORO VOLTA) DETTE MACROELEMENTI
 - I MACROELEMENTI SI MUOVONO RIGIDAMENTE SOTTO L’AZIONE SISMICA (E STATICA) $\Rightarrow$ IL LORO MOTO DURANTE L’AZIONE SISMICA DEFINISCE IL CINEMATISMO DI COLLASSO



NB: IL METODO È APPLICABILE SOLO SE SI HA A CHE FARE CON UNA MURATURA DI QUALITÀ “SUFFICIENTE” A CONSENTIRE LA FORMAZIONE DEL MACROELEMENTO

AREA TEMATICA

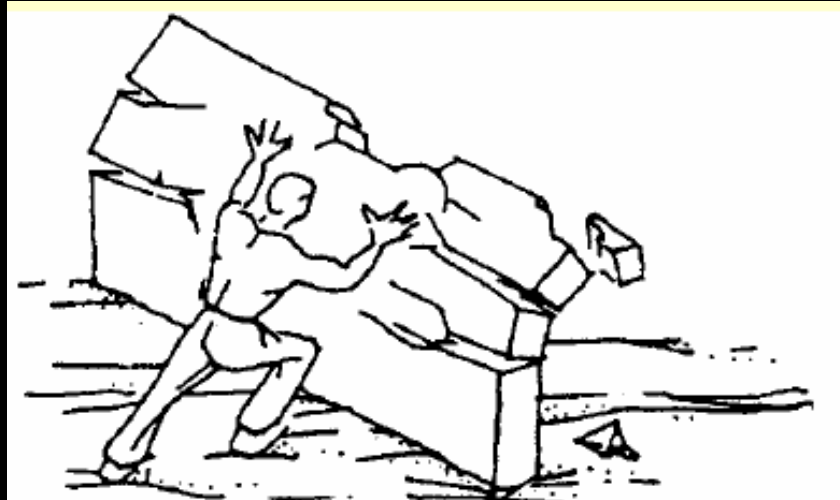
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

CRISI PER CINEMATISMO

UNA PARETE MURARIA, INVESTITA DAL SISMA, PUÒ PRESENTARE DIVERSI MECCANISMI DI DANNO CHE, CONVENZIONALMENTE, SI SUDDIVIDONO IN DUE CATEGORIE FONDAMENTALI

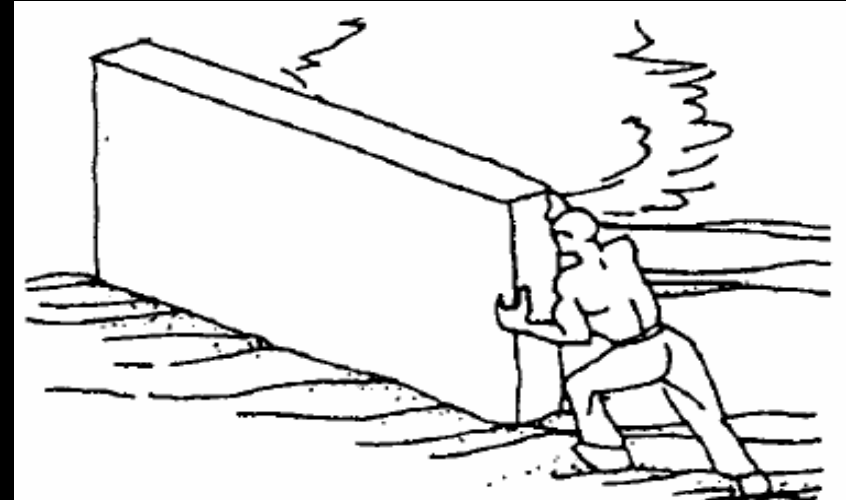
MECCANISMI DI I° MODO

LE FORZE SISMICHE AGISCONO
ORTOGONALMENTE AL PIANO MEDIO DELLA
PARETE



MECCANISMI DI II° MODO

LE FORZE SISMICHE AGISCONO
PARALLELAMENTE AL PIANO MEDIO DELLA
PARETE



NB: IL TERMINE STA AD INDICARE LA PERICOLOSITÀ DI QUESTI MECCANISMI E LA FACILITÀ D'INNESCO $\Rightarrow$ I **MECCANISMI DI II MODO** RICHIEDONO AZIONI SISMICHE (= FORZA NECESSARIA PER INNESCARE IL MECCANISMO) PIÙ INTENSE PER EVOLVERE IN MODO PREOCCUPANTE

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI**CB.7.1.2 ANALISI E VERIFICA DEI MECCANISMI LOCALI PER AZIONI SISMICHE**

...NEGLI EDIFICI IN MURATURA, PER EFFETTO DELLO SCUOTIMENTO SISMICO, POSSONO AVVENIRE COLLASSI PARZIALI PER PERDITA DI EQUILIBRIO DI PORZIONI MURARIE. I MECCANISMI LOCALI NELLE PARETI SI ATTIVANO, PREVALEMENTEMENTE, PER AZIONI PERPENDICOLARI AL LORO PIANO MEDIO, MA ANCHE PER AZIONI NEL LORO PIANO MEDIO. FANNO PARTE DEI MECCANISMI LOCALI, AD ESEMPIO, LE CRITICITÀ CONNESSE A ROTAZIONI DELLE PARETI FUORI DAL PROPRIO PIANO E ALLA PRESENZA DI ELEMENTI SPINGENTI (COME ARCHI, VOLTE O PUNTONI), MA ANCHE ALLA SCONNESSIONE DI ORIZZONTAMENTI E COPERTURE E ALLA FUORIUSCITA DELLE TRAVI DALLE SEDI DI APPOGGIO.

CIRC 2019

OSSERVAZIONI:

- NON PUÒ ESSERE **ALTERNATIVA ALL'ANALISI GLOBALE**, A MENO CHE NON SIA ESEGUITA IN MODO **SISTEMATICO** SU TUTTI GLI ELEMENTI DELLA COSTRUZIONE (⇒ **ANALISI PER MACROLEMENTI**)
- DEVONO ESSERE CONSIDERATI I **MECCANISMI DI COMPORTAMENTO NON RAPPRESENTATI NEL MODELLO GLOBALE** ⇒ IN GENERE QUELLI LEGATI ALLA **RISPOSTA FUORI DAL PIANO** DELLE PARETI, PERCHÉ IL **MODELLO GLOBALE** DESCRIVE SOLO LA **RISPOSTA NEL PIANO**
- **ANALISI LOCALE E ANALISI GLOBALE SONO COMPLEMENTARI E QUINDI NON ESISTE UNA SEQUENZA** ⇒ SE NON PER IL FATTO CHE, SE I **COLLEGAMENTI NON SONO SUFFICIENTI** AD IMPEDIRE LA RISPOSTA FUORI DAL PIANO DI UNA AMPIA PORZIONE DI PARETE, **NON HA SENSO IL MODELLO GLOBALE!!!!**

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

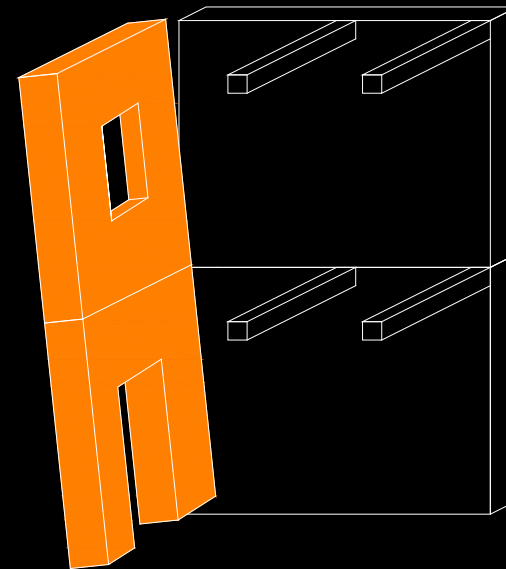
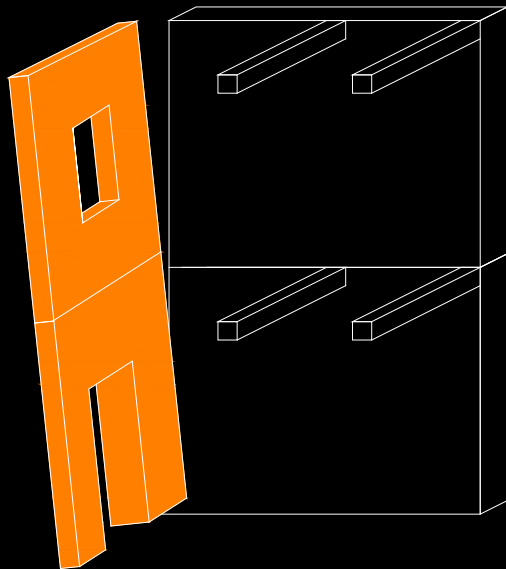
MECCANISMI DI 1° MODO

QUANDO L'AZIONE SISMICA COLPISCE IL PANNELLO IN DIREZIONE ORTOGONALE, QUESTA TENDE A FARLO RUOTARE ATTORNO ALLA BASE D'APPOGGIO.



LA RISPOSTA DEL PANNELLO ISOLATO ALL'AZIONE DELLE FORZE SISMICHE ORTOGONALI DIPENDE DA:

- **DALLA DIMENSIONI GEOMETRICHE**
- **DALLE TESSITURA MURARIA**
- **DALLA TIPOLOGIA DI COLLEGAMENTI**



VALORI DEL MOLTIPLICATORE DI COLLASSO

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI DI 1° MODO

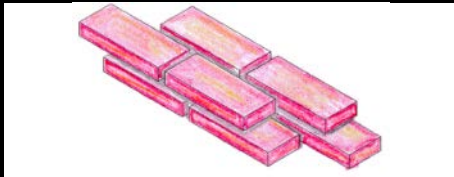
QUANDO L'AZIONE SISMICA COLPISCE IL PANNELLO IN DIREZIONE ORTOGONALE, QUESTA TENDE A FARLO RUOTARE ATTORNO ALLA BASE D'APPOGGIO.



LA RISPOSTA DEL PANNELLO ISOLATO ALL'AZIONE DELLE FORZE SISMICHE ORTOGONALI DIPENDE DA:

- DALLA DIMENSIONI GEOMETRICHE
- **DALLE TESSITURA MURARIA**
- DALLA TIPOLOGIA DI COLLEGAMENTI

(COURTESY OF ENG. G. CANGI)



TESSITURA A PARAMENTI SCOLLEGATI



TESSITURA DI DIATONI



TESSITURA GOTICA



VALORI DEL MOLTIPLICATORE DI COLLASSO

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

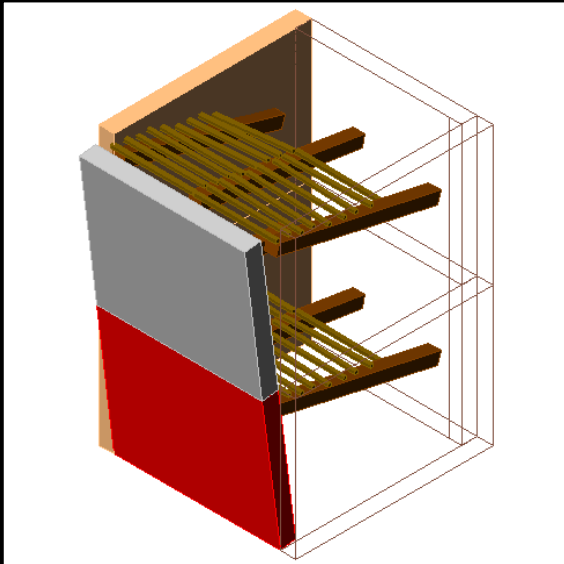
MECCANISMI DI 1° MODO

QUANDO L'AZIONE SISMICA COLPISCE IL PANNELLO IN DIREZIONE ORTOGONALE, QUESTA TENDE A FARLO RUOTARE ATTORNO ALLA BASE D'APPOGGIO.

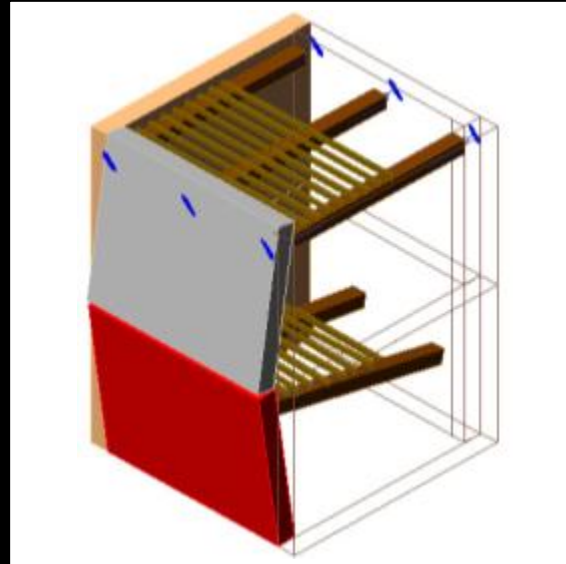


LA RISPOSTA DEL PANNELLO ISOLATO ALL'AZIONE DELLE FORZE SISMICHE ORTOGONALI DIPENDE DA:

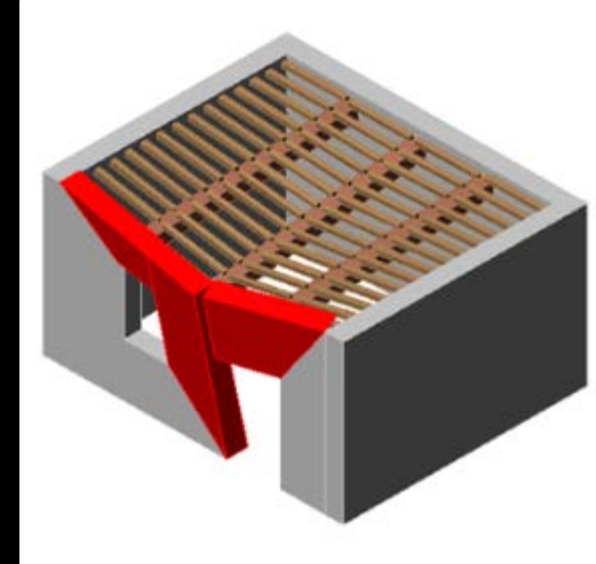
- DALLA DIMENSIONI GEOMETRICHE
- DALLE TESSITURA MURARIA
- DALLA TIPOLOGIA DI COLLEGAMENTI



RIBALTAMENTO SEMPLICE



FLESSIONE VERTICALE



FLESSIONE ORIZZONTALE

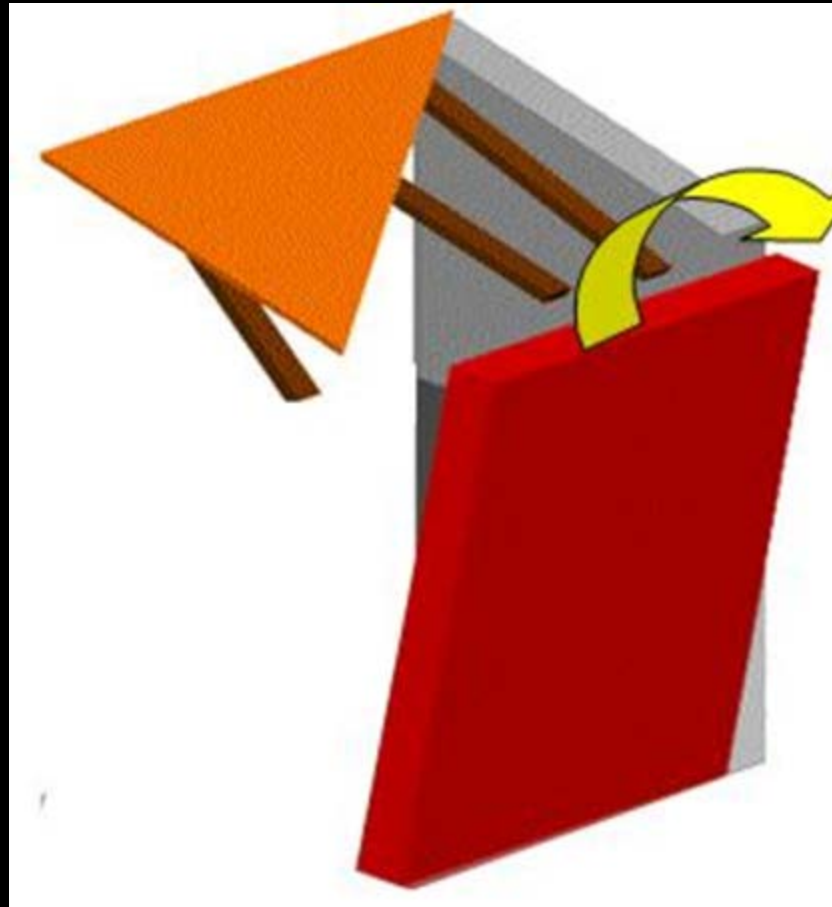
VALORI DEL MOLTIPLICATORE DI COLLASSO

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI DI I° MODO- RIBALTAMENTO SEMPLICE

SUPPONIAMO DI AVERE UNA PARETE “LIBERA” CIOÈ NON VINGOLATA NÉ SUPERIORMENTE NÉ AI LATI (ASSENZA DI COLLEGAMENTI DELLA PARETE IN ESAME SIA CON I SOLAI SIA CON I MURI DI SPINA)...



AREA TEMATICA

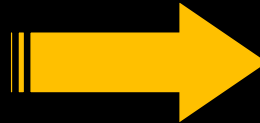
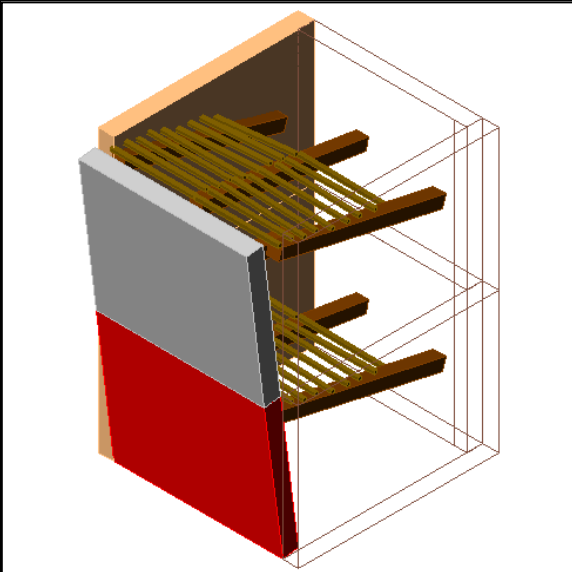
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI DI I° MODO- RIBALTAMENTO SEMPLICECAUSE:

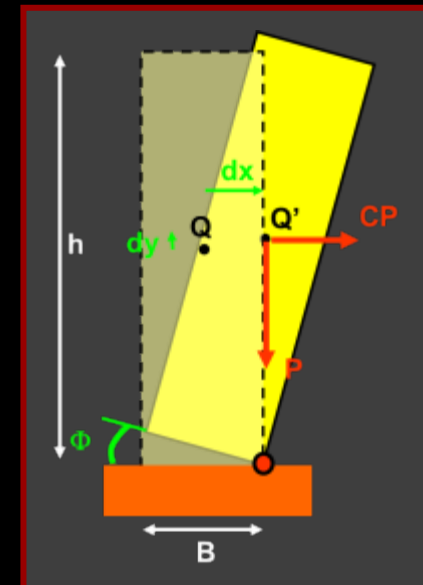
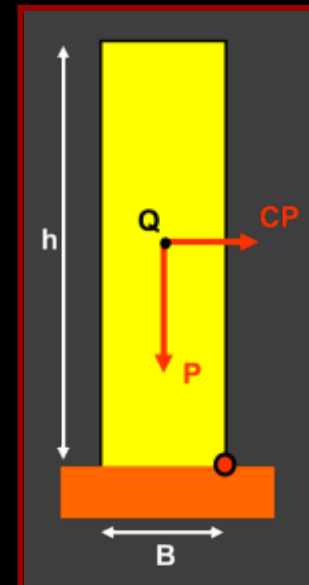
- ASSENZA DI COLLEGAMENTO VERTICALE NEI MARTELLI MURARI
- PARETE DI FACCIAIA SVINGOLATA IN SOMMITÀ
- EFFICACE COLLEGAMENTO ORIZZONTALE ALLA BASE DELLA TESA

EFFETTI:

- SINGOLA LESIONE VERTICALE
- SFILAMENTO DI TRAVI AI PIANI SUPERIORI



ALGORITMI DI CALCOLO



AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI DI 1° MODO

- RIBALTAMENTO SEMPLICE



CENTRO STORICO, TEMPERA (AQ)

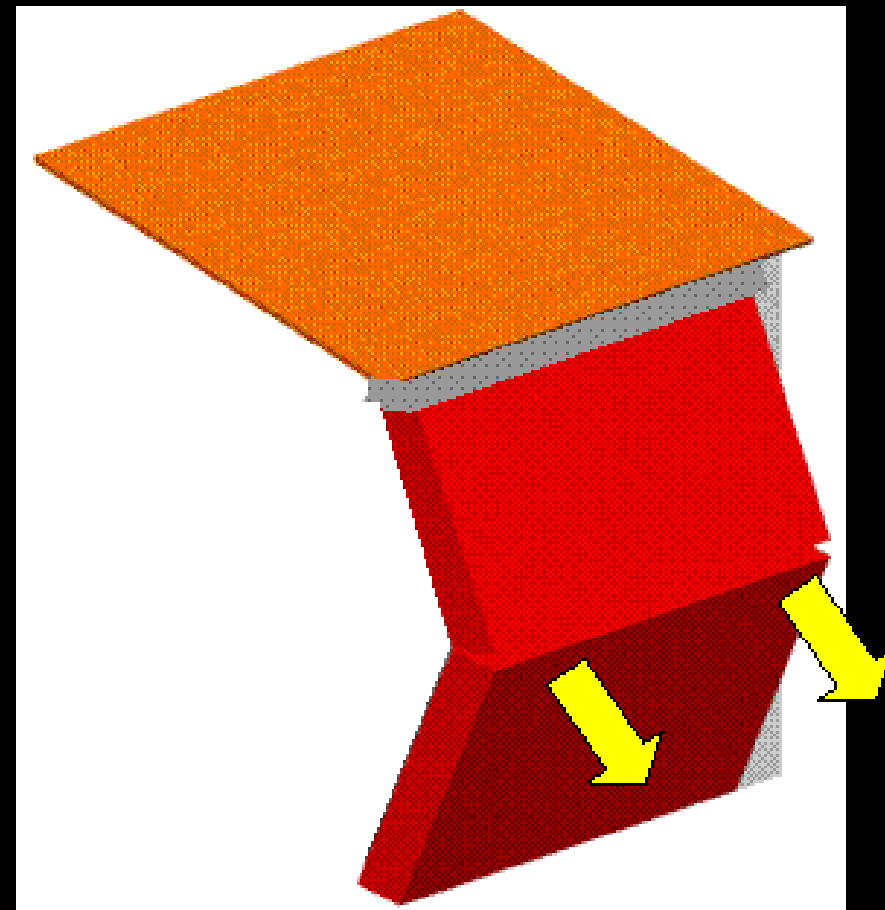
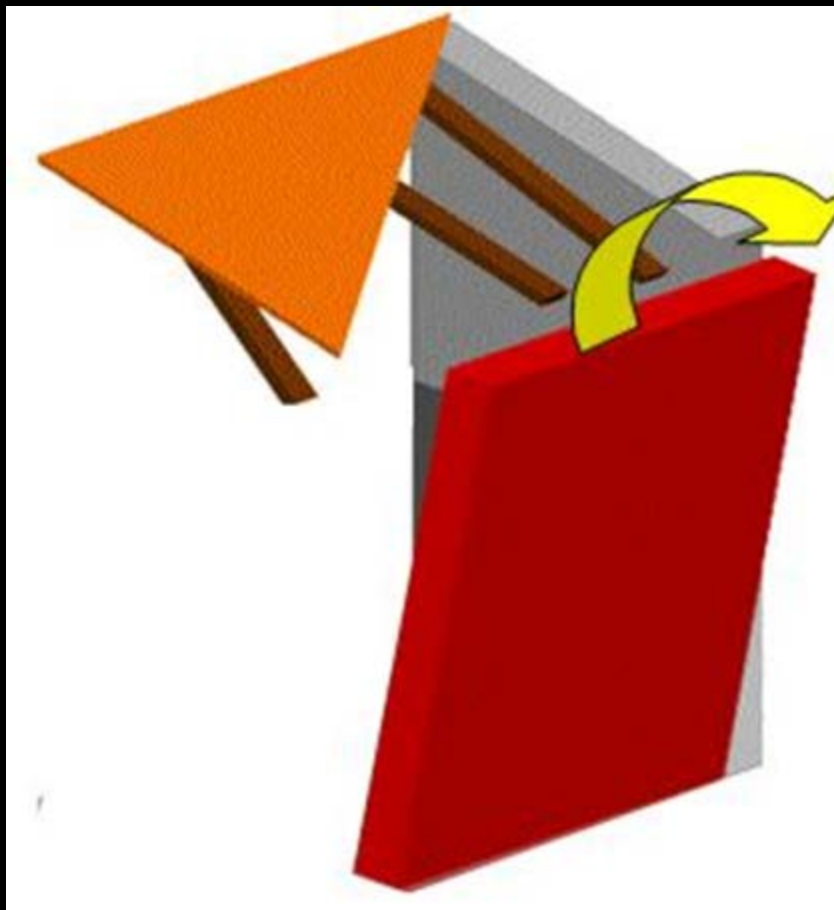
AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI DI 1° MODO

- FLESSIONE VERTICALE

SUPPONIAMO DI AVERE UNA PARETE LIBERA E VINCOLARNE LA SOMMITÀ ALLA COPERTURA. IL MECCANISMO DI COLLASSO SI TRASFORMA...



AREA TEMATICA

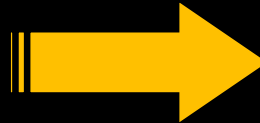
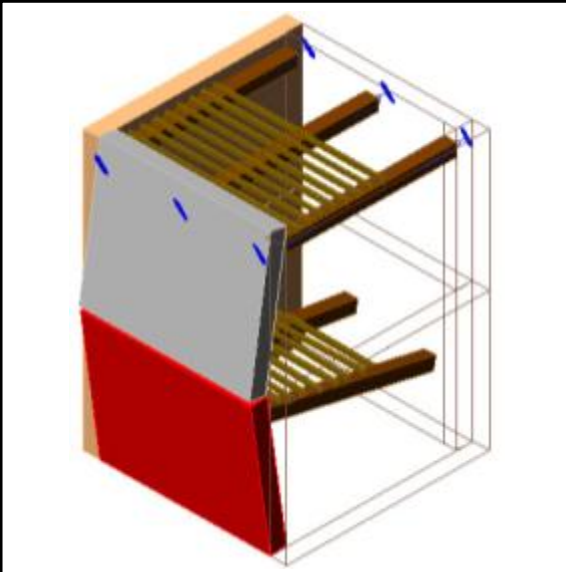
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI DI I° MODO- FLESSIONE VERTICALECAUSE:

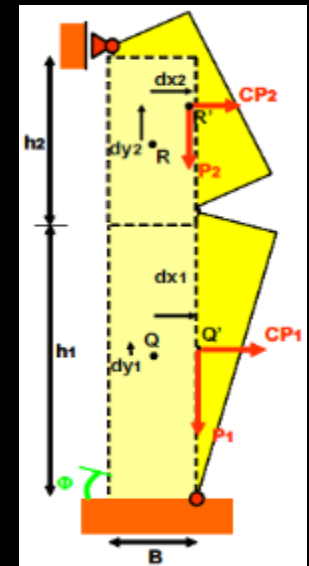
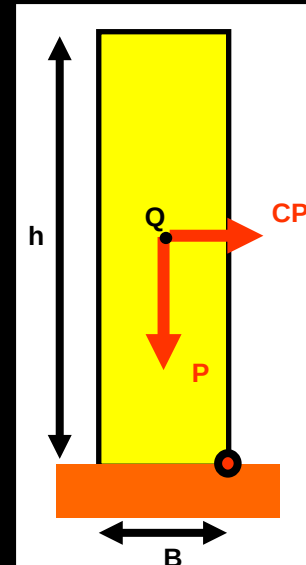
- ASSENZA DI COLLEGAMENTO VERTICALE NEI MARTELLI MURARI
- EFFICACE COLLEGAMENTO ORIZZONTALE IN SOMMITÀ
- EFFICACE COLLEGAMENTO ORIZZONTALE ALLA BASE DELLA TESA

EFFETTI:

- PRESENZA DI FUORI PIOMBO
- SFILAMENTO DI TRAVI AI PIANI INTERMEDI



ALGORITMI DI CALCOLO

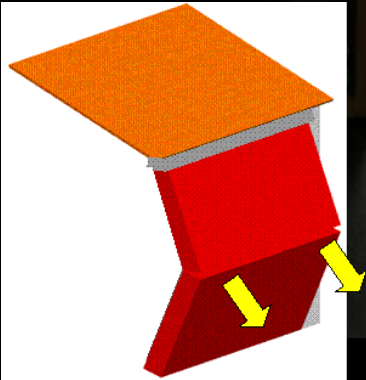


AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI DI 1° MODO

- FLESSIONE VERTICALE



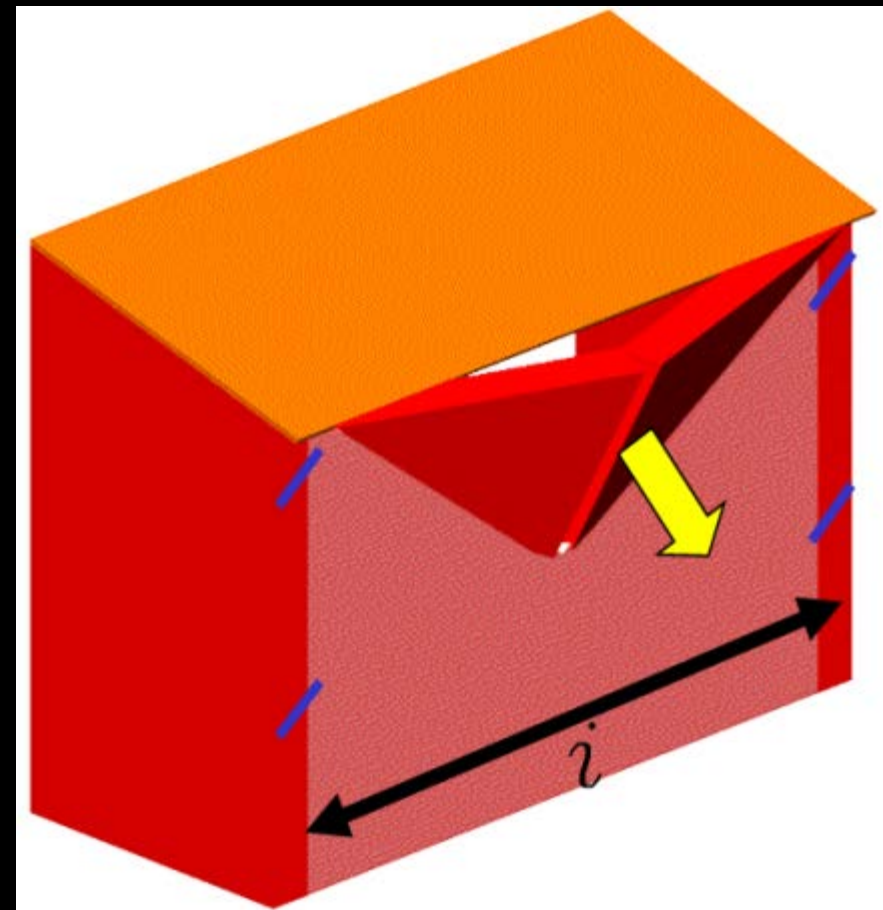
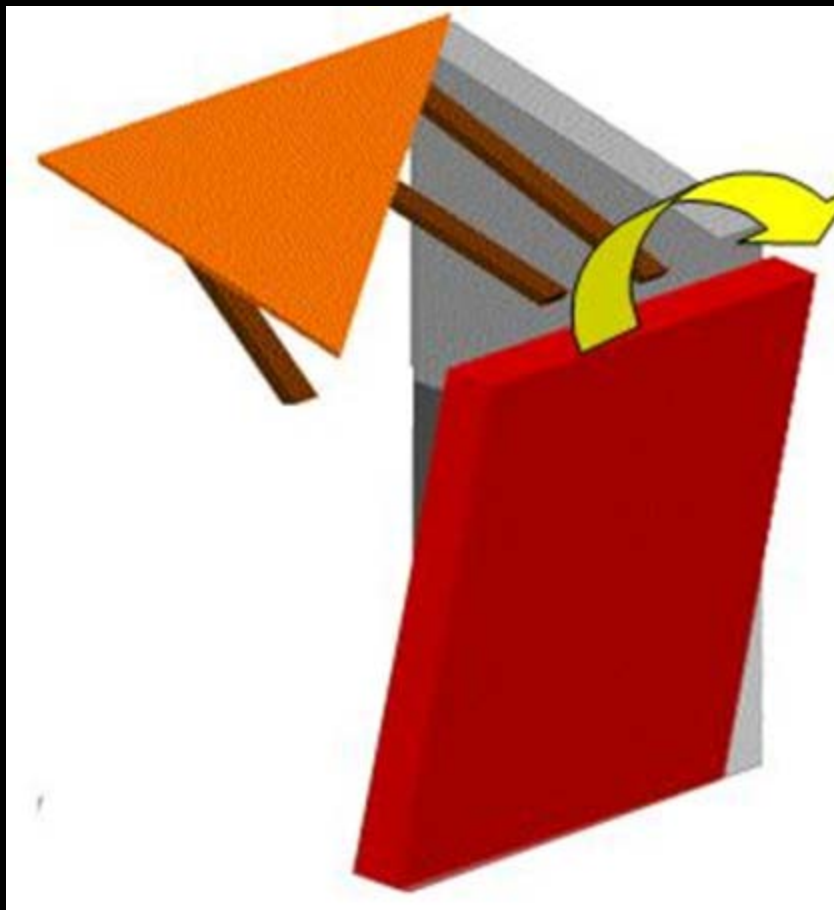
CENTRO STORICO, NOGERA UMBRA (PG)

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI DI I° MODO- FLESSIONE ORIZZONTALE

SUPPONIAMO DI AVERE UNA PARETE LIBERA E VINCOLARNE I LATI AI MURI DI SPINA. IL MECCANISMO DI COLLASSO SI TRASFORMA...



AREA TEMATICA

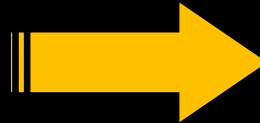
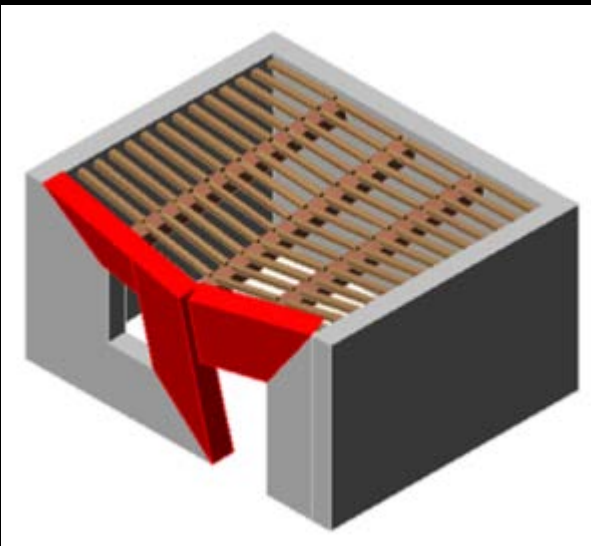
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI DI I° MODO- FLESSIONE ORIZZONTALECAUSE:

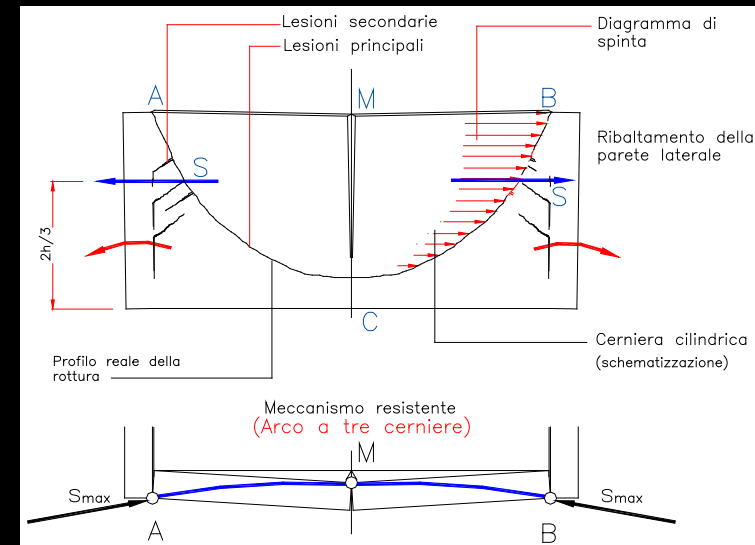
- EFFICACI VINCOLI DI COLLEGAMENTO CON LE PARETI DI SPINA
- ASSENZA DI ELEMENTI CHE TRATTENGANO LA PARETE ESPOSTA IN ZONA SOMMITALE
- EFFICACE COLLEGAMENTO ORIZZONTALE ALLA BASE DELLA TESA

EFFETTI:

- LESIONE VERTICALE SUL PIANO IN CORRISPONDENZA DEL PUNTO DI CONTATTO DELLA CURVA DELLE PRESSIONI CON IL BORDO INTERNO DELLA MURATURA
- LESIONI DIAGONALI AL DI SOTTO DEL PROFILO PARABOLICO



ALGORITMI DI CALCOLO



AREA TEMATICA

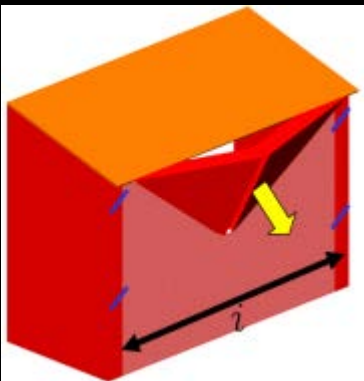
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI DI I° MODO

- FLESSIONE ORIZZONTALE



CENTRO STORICO, SELANO (PG)



AREA TEMATICA

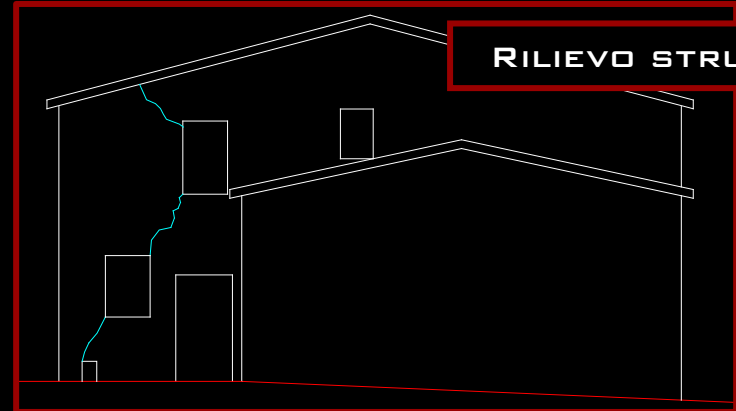
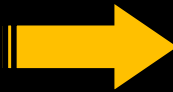
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

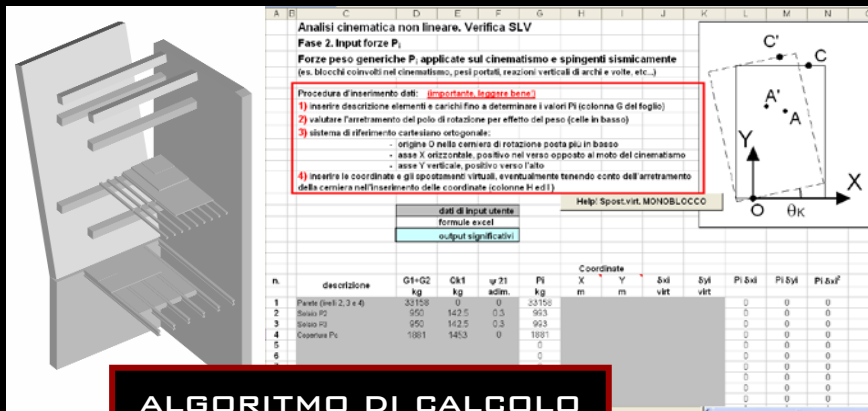
RICONOSCIMENTO E PREVISIONE DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO



OSSERVAZIONE DIRETTA



RILIEVO STRUTTURALE



ALGORITMO DI CALCOLO



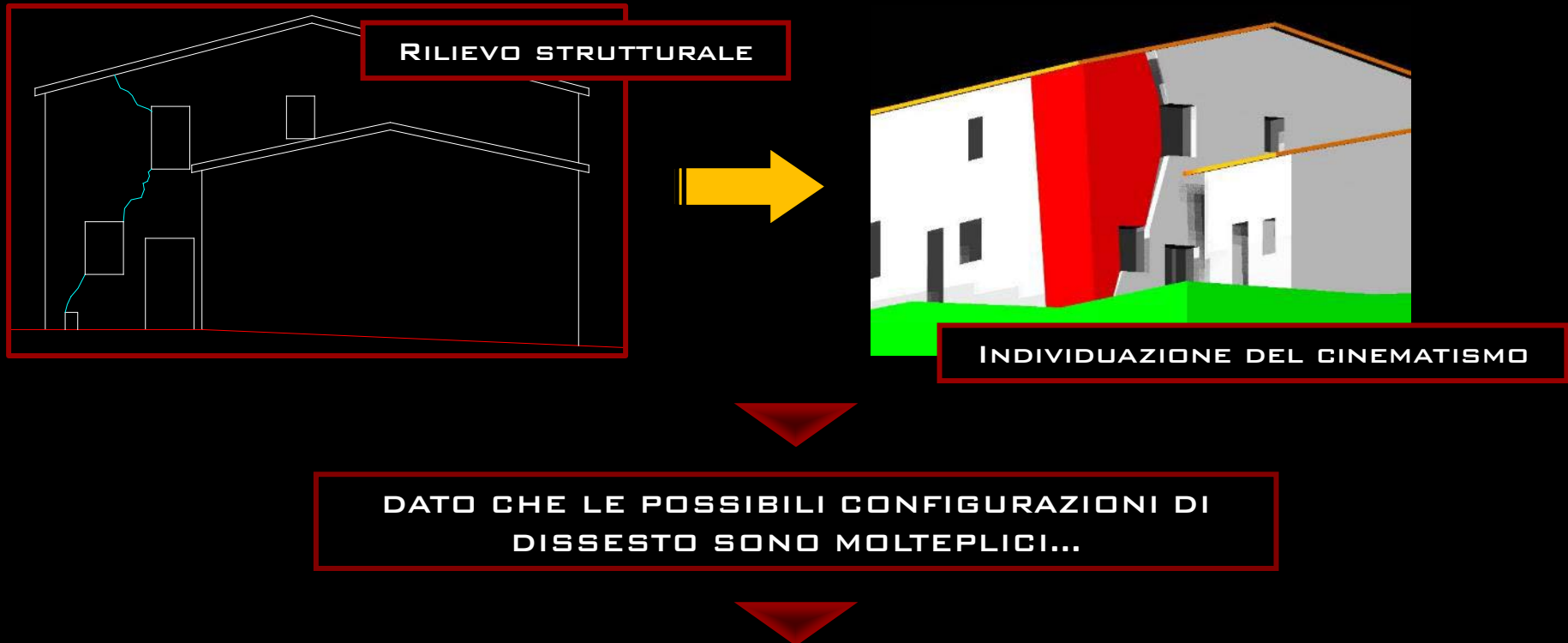
INDIVIDUAZIONE DEL CINEMATISMO

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

RICONOSCIMENTO E PREVISIONE DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO



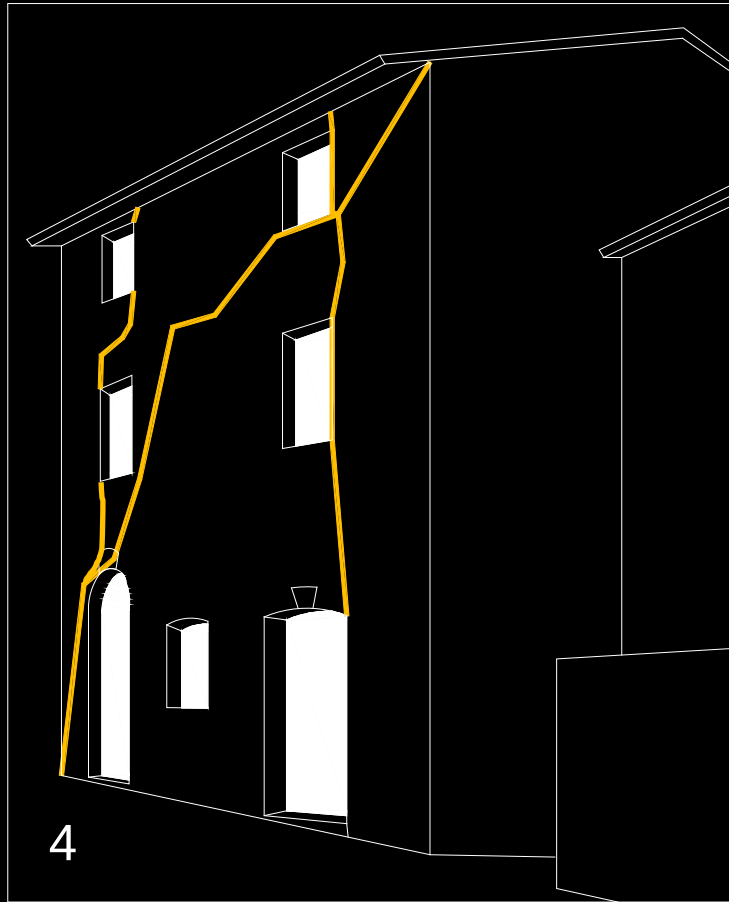
...QUESTO PASSAGGIO RAPPRESENTA IL PUNTO CRITICO DI TUTTA LA PROCEDURA

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

FORMAZIONE DI CUNEI DI ROTAZIONE PER AZIONE NEL PIANO DELLE MURATURE.



QUESTO TIPO DI COMPORTAMENTO DELLE PARETI
SOGGETTE AD AZIONI NEL PIANO SI RITROVA SIA NELLE
CASE ISOLATE CHE NELL'EDILIZIA A SCHIERA



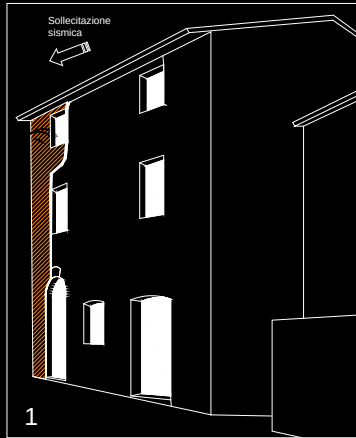
CENTRO STORICO, BUSCHE (PG)

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

FORMAZIONE DI CUNEI DI ROTAZIONE PER AZIONE NEL PIANO DELLE MURATURE.



1) ROTAZIONE (LESIONE A STRAPPO) DELLA PARTE TERMINALE SINISTRA PER EFFETTO DELL'ALLINEAMENTO DELLE APERTURE



2) ANALOGAMENTE ACCADE PER LA PARTE DESTRA NEL MOMENTO IN CUI LA SOLLECITAZIONE SISMICA CAMBIA DIREZIONE



3) SCORRIMENTO DELLA PORZIONE TRIANGOLARE CHE NON BENEFICIA PIÙ DEL CONTENIMENTO DEL MASCHIO TERMINALE SINISTRO ORMAI STACCATO



CENTRO STORICO, BUSCHE (PG)

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

RICONOSCIMENTO E PREVISIONE DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO

CB.7.1.2 ANALISI E VERIFICA DEI MECCANISMI LOCALI PER AZIONI SISMICHE

L'IDENTIFICAZIONE DEI MECCANISMI LOCALI PUÒ ESSERE OTTENUTA ATTRAVERSO MODELLAZIONI SPECIFICHE, AD ESEMPIO CON ELEMENTI CONTINUI O DISCRETI, O PREFIGURATA DAL PROGETTISTA SULLA BASE DELLA CONOSCENZA STORICA DEL MANUFATTO O DEL COMPORTAMENTO SISMICO DI STRUTTURE ANALOGHE, OPPURE IN BASE AL RILIEVO DEGLI STATI FESSURATIVI GIÀ PRESENTI, ANCHE DI ORIGINE NON SISMICA.

DEVONO ESSERE CONSIDERATE LA QUALITÀ DELLA TESSITURA MURARIA (ANCHE IN TERMINI DI INGRANAMENTO NELLO SPESSORE), DEGLI AMMORSAMENTI TRA LE PARETI E DELLE CONNESSIONI TRA LE PARETI E GLI ORIZZONTAMENTI, LA PRESENZA DI CATENE O ALTRI ELEMENTI ATTI AD ASSORBIRE SPINTE (SPERONI E CONTRAFFORTI) E LE INTERAZIONI CON ALTRI ELEMENTI APPARTENENTI ALLA COSTRUZIONE O AGLI EDIFICI ADIACENTI.

CIRC 2019

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

RICONOSCIMENTO E PREVISIONE DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO

CB.7.1.2 ANALISI E VERIFICA DEI MECCANISMI LOCALI PER AZIONI SISMICHE

L'IDENTIFICAZIONE DEI MECCANISMI LOCALI PUÒ ESSERE OTTENUTA ATTRAVERSO MODELLAZIONI SPECIFICHE, AD ESEMPIO CON ELEMENTI CONTINUI O DISCRETI...

CIRC 2019



COSTRUZIONE



MODELLO

OSSERVAZIONI FONDAMENTALI:

- **PROBLEMA:** INFLUENZA DELLE SCELTE DI MODELLAZIONE (⇒ **“SPACCATURA” FRA MODELLO E COSTRUZIONE.** QUANDO FACCIO UNA VERIFICA CHE COSA È **“SICURO”?** IL MODELLO OPPURE LA COSTRUZIONE VERA?)
- **CHI FA IL MODELLO?** IL **PROGETTISTA** (⇒ **RESPONSABILITÀ CIVILI E PENALI!!!**)

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

RICONOSCIMENTO E PREVISIONE DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO

“...IN BASE AL RILIEVO DEGLI STATI FESSURATIVI GIÀ PRESENTI, ANCHE DI ORIGINE NON SISMICA. DEVONO ESSERE CONSIDERATE LA QUALITÀ DELLA TESSITURA MURARIA (ANCHE IN TERMINI DI INGRANAMENTO NELLO SPESSORE), DEGLI AMMORSAMENTI TRA LE PARETI E DELLE CONNESSIONI TRA LE PARETI E GLI ORIZZONTAMENTI, LA PRESENZA DI CATENE O ALTRI ELEMENTI ATTI AD ASSORBIRE SPINTE (SPERONI E CONTRAFFORTI) E LE INTERAZIONI CON ALTRI ELEMENTI APPARTENENTI ALLA COSTRUZIONE O AGLI EDIFICI ADIACENTI.”

CIRC 2019



1. **QUALITÀ MURARIA** ⇒ DEVE ESSERE SUFFICIENTE A CREARE IL MECCANISMO
2. ANALISI DELLE **LESIONI** ⇒ CI DICONO LA DIREZIONE DEL MOVIMENTO DEI BLOCCHI DI MURATURA
3. ANALISI DEI **COLLEGAMENTI** ⇒ DETERMINANO LA FORMA DEL MECCANISMO
4. EVENTUALI **CAUSE PREDISPONENTI** (SPINTE, MARTELLAMENTI, ETC...) ⇒ FACILITANO L'INSORGERE DEL MECCANISMO

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

RICONOSCIMENTO E PREVISIONE DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO

“L'IDENTIFICAZIONE DEI MECCANISMI LOCALI PUÒ ESSERE OTTENUTA ATTRAVERSO MODELLAZIONI SPECIFICHE, AD ESEMPIO CON ELEMENTI CONTINUI O DISCRETI, O PREFIGURATA DAL PROGETTISTA SULLA BASE DELLA CONOSCENZA STORICA DEL MANUFATTO O DEL COMPORTAMENTO SISMICO DI STRUTTURE ANALOGHE...”

CIRC 2019

L'ESPERIENZA INSEGNA CHE I MECCANISMI DI DANNO INnescati dalle azioni sismiche tendono a RIPROPORSI IN OCCASIONE DI ALTRI EVENTI SISMICI CON LE STESS E MODALITÀ...



**...OSSERVANDO CIO CHE E' ACCADUTO ABBIAMO UN STRUMENTO
PER INTERPRETARE IL PRESENTE**

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

RICONOSCIMENTO E PREVISIONE DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO



LAZIO, 2016 (COURTESY OF A. BAROCCI)

“...PREFIGURATA DAL PROGETTISTA SULLA BASE DELLA CONOSCENZA STORICA DEL MANUFATTO O DEL COMPORTAMENTO SISMICO DI STRUTTURE ANALOGHE...”



ABRUZZO, 2009

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

RICONOSCIMENTO E PREVISIONE DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO

“...PREFIGURATA DAL PROGETTISTA SULLA BASE DELLA CONOSCENZA STORICA DEL MANUFATTO O DEL COMPORTAMENTO SISMICO DI STRUTTURE ANALOGHE...”

UMBRIA, 2016



FOLIGNO, 1450-1452



AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

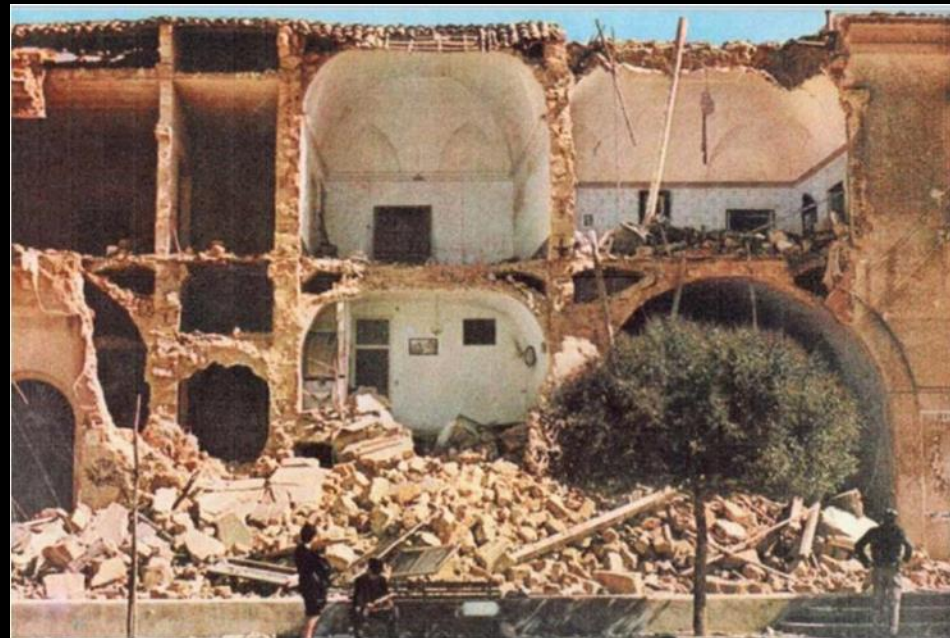
MECCANISMI LOCALI

RICONOSCIMENTO E PREVISIONE DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO



ABRUZZO, 2009

“...PREFIGURATA DAL PROGETTISTA SULLA BASE DELLA CONOSCENZA STORICA DEL MANUFATTO O DEL COMPORTAMENTO SISMICO DI STRUTTURE ANALOGHE...”



BELICE, 1968

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

RICONOSCIMENTO E PREVISIONE DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO



LAZIO, 2016

“...PREFIGURATA DAL PROGETTISTA SULLA BASE DELLA CONOSCENZA STORICA DEL MANUFATTO O DEL COMPORTAMENTO SISMICO DI STRUTTURE ANALOGHE...”



ABRUZZO, 2009



UMBRIA, 1997

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

RICONOSCIMENTO E PREVISIONE DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO

“...PREFIGURATA DAL PROGETTISTA SULLA BASE DELLA CONOSCENZA STORICA DEL MANUFATTO O DEL COMPORTAMENTO SISMICO DI STRUTTURE ANALOGHE...”

MOLISE, 2002



UMBRIA, 1997



LAZIO, 2016



AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

RICONOSCIMENTO E PREVISIONE DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO

“...PREFIGURATA DAL PROGETTISTA SULLA BASE DELLA CONOSCENZA STORICA DEL MANUFATTO O DEL COMPORTAMENTO SISMICO DI STRUTTURE ANALOGHE...”



MESSINA, 1908



IRPINIA, 1980



ABRUZZO, 2009

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

RICONOSCIMENTO E PREVISIONE DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO

“L'IDENTIFICAZIONE DEI MECCANISMI LOCALI PUÒ ESSERE OTTENUTA ATTRAVERSO MODELLAZIONI SPECIFICHE, AD ESEMPIO CON ELEMENTI CONTINUI O DISCRETI, O PREFIGURATA DAL PROGETTISTA SULLA BASE DELLA CONOSCENZA STORICA DEL MANUFATTO O DEL COMPORTAMENTO SISMICO DI STRUTTURE ANALOGHE...”

CIRC 2019

L'ESPERIENZA INSEGNA CHE I MECCANISMI DI DANNO INNESCATI DALLE AZIONI SISMICHE TENDONO A RIPROPORSI IN OCCASIONE DI ALTRI EVENTI SISMICI CON LE STESSA MODALITÀ...

...OSSERVANDO CIO CHE E' ACCADUTO ABBIAMO UN STRUMENTO
PER INTERPRETARE IL PRESENTE

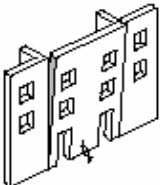
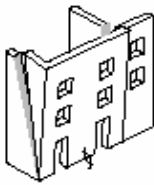
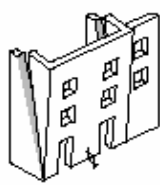
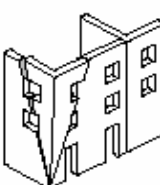
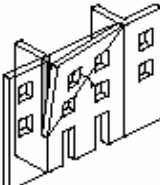
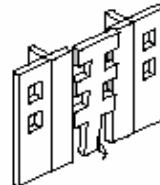
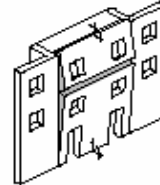
NB: NELLA PRATICA IL COMPITO È FACILITATO DALL'ESPERIENZA DEI SISMI PRECEDENTI, CHE CONSENTE DI FARE RIFERIMENTO A TIPOLOGIE BEN IDENTIFICABILI DI MECCANISMI DI COLLASSO, ANCHE SE, IN GENERALE, QUESTI DIPENDERANNO DALLA TIPOLOGIA EDILIZIA CONSIDERATA, DALLE EFFETTIVE CONDIZIONI DELLE CONNESSIONI E DALLE EVENTUALI PRECARIETÀ INTRODOTTE DALLE MANOMISSIONI DELL'USO O DAL DEGRADO

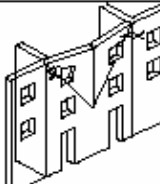
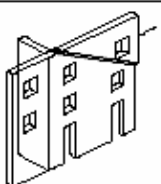
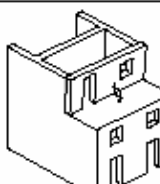
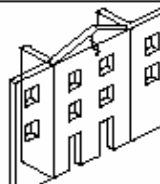
ABACHI DEI MECCANISMI DI COLLASSO

AREA TEMATICA**MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE****MECCANISMI LOCALI****RICONOSCIMENTO E PREVISIONE DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO*****CB.7.1.2 ANALISI E VERIFICA DEI MECCANISMI LOCALI PER AZIONI SISMICHE***

LE FORME RICORRENTI CON CUI I MECCANISMI LOCALI SI MANIFESTANO, IDENTIFICATE E CLASSIFICATE PER LE DIVERSE TIPOLOGIE DI EDIFICI IN BASE ALLE ESPERIENZE MATURATE NEL PASSATO, SONO RIPORTATE SU LINEE GUIDA E PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE E COSTITUISCONO UN UTILE RIFERIMENTO PER DEFINIRE LE MODALITÀ DI COLLASSO.

CIRC 2019

A	B1	B2	C	D	E	F
VERTICAL OVERTURNING	OVERTURNING WITH 1 SIDE WING	OVERTURNING WITH 2 SIDE WINGS	CORNER FAILURE	PARTIAL OVERTURNING	VERTICAL STRIP OVERTURNING	VERTICAL ARCH
						

G	H	I	L	ROOF/FLOORS COLLAPSE	MASONRY FAILURE
HORIZONTAL ARCH	IN PLANE FAILURE	VERTICAL ADDITION	GABLE OVERTURNING		
					

(COURTESY OF
PROF. D. D'AYALA)

AREA TEMATICA

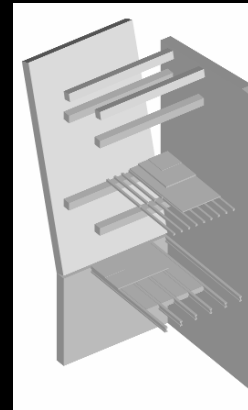
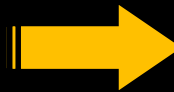
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

ANALISI DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO



INDIVIDUAZIONE DEL CINEMATISMO



Analisi cinematica non lineare. Verifica SLV
Fase 2. Input forze P.
Forze peso generiche P, applicate sul cinematismo e spingerli sismicamente
(es. blocchi coinvolti nel cinematismo, pesi portali, reazioni verticali di archi e volte, etc...)

Procedura d'inserimento dati: **(importante, leggere bene)**

- 1) inserire descrizione elementi e carichi fino a determinare i valori P_i (colonna G del foglio)
- 2) validare l'arrotamento del polo di rotazione per effetto del peso (celle in basso)
- 3) sistema di riferimento cartesiano ortogonale:
 - origine O nella cerniera di rotazione posta più in basso
 - asse X orizzontale, positivo nel verso opposto al moto del cinematismo
 - asse Y verticale, positivo verso l'alto
- 4) inserire le coordinate e gli spostamenti virtuali, eventualmente tenendo conto dell'arrotamento della cerniera nell'inserimento delle coordinate (colonne H ed I)

Help: Spoolvit, MONOBLOCCO

n.	descrizione	G1-G2 kg	Gk1 kg	g p1 adm.	P _i kg	Coordinate		S _{vd} vet	S _{yl} vet	P _i S _{vd}	P _i S _{yl}	P _i S _{vd} ²
						X m	Y m					
1	Pavimento (2,3 e 4)	33158	0	0	33158					0	0	0
2	Trave P2	950	142.5	0.3	963					0	0	0
3	Trave P3	950	142.5	0.3	963					0	0	0
4	Costruzione P4	10811	145.3	0	1091					0	0	0
5					0					0	0	0
6					0					0	0	0
7					0					0	0	0
8					0					0	0	0
9					0					0	0	0
10					0					0	0	0

ALGORITMO DI CALCOLO

COME VA EFFETTUATA LA MODELLAZIONE
DI TALI MECCANISMI?

...COSA CI DICONO LE NORME

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

ANALISI DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO

C.9.5.3. VERIFICA SISMICA

“LA VERIFICA DELLE STRUTTURE IN ELEVAZIONE VA ESEGUITA CON RIFERIMENTO ALLA RESISTENZA A ROTTURA DELLE MURATURE... ED ASSUMENDO, PER IL COEFFICIENTE DI STRUTTURA, IL VALORE β ...

...PER LA VALUTAZIONE DELLE AZIONI SISMICHE COMPLANARI ALLE PARETI SI PRENDE IN ESAME L'EDIFICIO NELLA SUA INTEREZZA, CON I COLLEGAMENTI OPERATI DAI SOLAI IN QUANTO A TALE SCOPO EFFICACI, CONSIDERANDO LA FORZA ORIZZONTALE DI CALCOLO APPLICATA NEL BARICENTRO DELLE MASSE PRESENTI...

...L'AZIONE SISMICA ORTOGONALE ALLA PARETE È RAPPRESENTATA DA UN CARICO ORIZZONTALE DISTRIBUITO, PARI A $\beta \times C$ VOLTE IL PESO DELLA PARETE E DA FORZE ORIZZONTALI CONCENTRATE PARI A $\beta \times C$ VOLTE IL CARICO TRASMESSO DAGLI ORIZZONTAMENTI CHE SI APPOGGIANO SU DI ESSA, SE QUESTI NON SONO EFFICACEMENTE COLLEGATI A MURI TRASVERSALI. SI TERRÀ CONTO DEI VINCOLI DELLA PARETE CON I MURI TRASVERSALI E CON I SOLAI SOLO IN QUANTO EFFICACI. L'EFFETTO FLESSIONALE DELL'AZIONE SISMICA ORTOGONALE ALLA PARETE PUÒ ESSERE VALUTATO NELL'IPOTESI DI COMPORTAMENTO LINEARE A SEZIONE INTERAMENTE REAGENTE”

DM 1996

SI OBBLIGA IL PROGETTISTA AD EFFETTUARE LE VERIFICHE LOCALI PER EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA, MA SI TACE SUL METODO DA UTILIZZARE PER SVOLGERE TALI VERIFICHE

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

ANALISI DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO

NEL **DM 14 GENNAIO 2008**, DOPO AVER RIBADITO L'OBBLIGATORietà DELLE VERIFICHE LOCALI OLTRE ALLA VERIFICA GLOBALE, PER LA PRIMA VOLTA IN UNA NORMATIVA TECNICA ITALIANA SI FA ESPLICITO RIFERIMENTO AD UN METODO DI ANALISI PER EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA

8.7.1 COSTRUZIONI IN MURATURA

...PER L'ANALISI SISMICA DEI MECCANISMI LOCALI SI PUÒ FAR RICORSO AI METODI DELL'ANALISI LIMITE DELL'EQUILIBRIO DELLE STRUTTURE MURARIE, TENENDO CONTO, ANCHE SE IN FORMA APPROSSIMATA, DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE, DELLA TESSITURA MURARIA, DELLA QUALITÀ DELLA CONNESSIONE TRA LE PARETI MURARIE, DELLA PRESENZA DI CATENE E TIRANTI. CON TALI METODI È POSSIBILE VALUTARE LA CAPACITÀ SISMICA IN TERMINI DI RESISTENZA (APPLICANDO UN OPPORTUNO FATTORE DI STRUTTURA) O DI SPOSTAMENTO (DETERMINANDO L'ANDAMENTO DELL'AZIONE ORIZZONTALE CHE LA STRUTTURA È PROGRESSIVAMENTE IN GRADO DI SOPPORTARE ALL'EVOLVERSI DEL MECCANISMO).

NTC 2008

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

ANALISI DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO

NEL **DM 17 GENNAIO 2018**, I PRINCIPI GENERALI RELATIVI ALL'**ANALISI LIMITE** RESTANO INVARIATI RISPETTO ALLE **NTC 2008**

8.7.1 COSTRUZIONI IN MURATURA

*...PER L'ANALISI SISMICA DEI MECCANISMI LOCALI SI PUÒ FAR RICORSO AI METODI DELL'ANALISI LIMITE, TENENDO CONTO, ANCHE SE IN FORMA APPROSSIMATA, DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE DELLA MURATURA, DELLA TESSITURA MURARIA, DELLA QUALITÀ DELLA CONNESSIONE TRA PARETI MURARIE E TRA PARETI E ORIZZONTAMENTI, DELLA PRESENZA DI CATENE E TIRANTI. CON TALI METODI È POSSIBILE VALUTARE LA **CAPACITÀ SISMICA IN TERMINI SIA DI RESISTENZA** (APPLICANDO UN OPPORTUNO FATTORE DI COMPORTAMENTO), SIA DI SPOSTAMENTO (DETERMINANDO L'ANDAMENTO DELL'AZIONE ORIZZONTALE CHE LA STRUTTURA È PROGRESSIVAMENTE IN GRADO DI SOPPORTARE ALL'EVOLVERSI DEL MECCANISMO).*

NTC 2018

METODO DELL'ANALISI LIMITE

(APPROCCIO CINEMATICO)

NB: A FRONTE DELL'**OBBLIGO** DI EFFETTUARE LA **VERIFICA LOCALE** SI PREVEDE LA **POSSIBILITÀ** DI EFFETTUARLA CON L'**ANALISI LIMITE** ⇒ SI POSSONO ADOTTARE ALTRI METODI PER TALI VERIFICHE

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

ANALISI DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO

METODO DELL'ANALISI LIMITE

L'ANALISI DEVE ESSERE ESEGUITA SU UN NUMERO LIMITATO DI MECCANISMI, RICONOSCIUTI TRA I PIÙ PROBABILI, IN CONSIDERAZIONE DELLA TECNOLOGIA COSTRUTTIVA O INDIVIDUATI, A SEGUITO DI UN SISMA, SUL MANUFATTO IN OGGETTO O SU ALTRI EDIFICI SIMILI

ANALISI CINEMATICA LINEARE

- SCELTA DEI MECCANISMI DI COLLASSO
- VALUTAZIONE AZIONE ORIZZONTALE CHE ATTIVA OGNI CINEMATISMO

ANALISI CINEMATICA NON LINEARE

- SCELTA DEI MECCANISMI DI COLLASSO
- VALUTAZIONE AZIONE ORIZZONTALE CHE ATTIVA OGNI CINEMATISMO
- DETERMINAZIONE ANDAMENTO AZIONE ORIZZONTALE CHE LA STRUTTURA È PROGRESSIVAMENTE IN GRADO DI SOPPORTARE ALL'EVOLVERSI DEL MECCANISMO

NB: È RAGIONEVOLE PROCEDERE ALLA VERIFICA SECONDO LA **CINEMATICA LINEARE** E VALUTARE L'USO EVENTUALE DELLA **CINEMATICA NON LINEARE** SOLO NEI CASI DI NON SODDISFACIMENTO DELLA VERIFICA ⇒ **NON C'È OBBLIGO DI EFFETTUARLE ENTRAMBE**

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

ANALISI DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO

ANALISI CINEMATICA LINEARE

CB.7.1.2.1 ANALISI DEI MECCANISMI LOCALI DI CORPO RIGIDO

L'APPROCCIO CINEMATICO LINEARE SI BASA SULLA VALUTAZIONE DELL'AZIONE ORIZZONTALE CHE È IN GRADO DI ATTIVARE IL CINEMATISMO; LA VERIFICA CONSISTE NEL CONFRONTO TRA L'ACCELERAZIONE NECESSARIA PER ATTIVARE IL CINEMATISMO E LA MASSIMA ACCELERAZIONE AL SUOLO CORRISPONDENTE ALLO STATO LIMITE DI INTERESSE....

CIRC 2019

OBIETTIVO: L'ANALISI CINEMATICA LINEARE CONSISTE NEL DETERMINARE L'ACCELERAZIONE NECESSARIA AD ATTIVARE IL CINEMATISMO (“CAPACITÀ”) E CONFRONTARLA CON UN VALORE DI RIFERIMENTO (“DOMANDA”), ANCH'ESSO ESPRESSO MEDIANTE UNA ACCELERAZIONE DI RIFERIMENTO, DIPENDENTE DALL'AZIONE SISMICA ATTESA NEL SITO

CONFRONTO TRA CAPACITÀ IN ACCELERAZIONE E DOMANDA IN ACCELERAZIONE

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

ANALISI DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO

METODO DELL'ANALISI LIMITE

L'ANALISI DEVE ESSERE ESEGUITA SU UN NUMERO LIMITATO DI MECCANISMI, RICONOSCIUTI TRA I PIÙ PROBABILI, IN CONSIDERAZIONE DELLA TECNOLOGIA COSTRUTTIVA O INDIVIDUATI, A SEGUITO DI UN SISMA, SUL MANUFATTO IN OGGETTO O SU ALTRI EDIFICI SIMILI

ANALISI CINEMATICA LINEARE

- SCELTA DEI MECCANISMI DI COLLASSO
- VALUTAZIONE AZIONE ORIZZONTALE CHE ATTIVA OGNI CINEMATISMO

ANALISI CINEMATICA NON LINEARE

- SCELTA DEI MECCANISMI DI COLLASSO
- VALUTAZIONE AZIONE ORIZZONTALE CHE ATTIVA OGNI CINEMATISMO
- DETERMINAZIONE ANDAMENTO AZIONE ORIZZONTALE CHE LA STRUTTURA È PROGRESSIVAMENTE IN GRADO DI SOPPORTARE ALL'EVOLVERSI DEL MECCANISMO

NB: È RAGIONEVOLE PROCEDERE ALLA VERIFICA SECONDO LA **CINEMATICA LINEARE** E VALUTARE L'USO EVENTUALE DELLA **CINEMATICA NON LINEARE** SOLO NEI CASI DI NON SODDISFACIMENTO DELLA VERIFICA ⇒ **NON C'È OBBLIGO DI EFFETTUARLE ENTRAMBE**

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO LOCALE

MECCANISMI LOCALI

ANALISI DEI MECCANISMI LOCALI DI COLLASSO

ANALISI CINEMATICA NON LINEARE

CB.7.1.2.1.2. ANALISI CON APPROCCIO CINEMATICO NON LINEARE

L'ANALISI CON **APPROCCIO CINEMATICO NON LINEARE** (O **CINEMATICA NON LINEARE**) RICHIEDE LA **VALUTAZIONE DEL MOLTIPLICATORE α** NON SOLO PER LA CONFIGURAZIONE INIZIALE DELLA CATENA CINEMATICA MA **ANCHE PER CONFIGURAZIONI VARIATE**, RAPPRESENTATIVE DELL'EVOLUZIONE DEL CINEMATISMO E DESCRITTE DALLO SPOSTAMENTO ORIZZONTALE D_C DI UN PUNTO C DI CONTROLLO DEL SISTEMA, SCELTO A PIACERE....

CIRC 2019

OBIETTIVO: L'ANALISI CINEMATICA NON LINEARE CONSISTE NEL DETERMINARE IL **MASSIMO SPOSTAMENTO** CHE PUÒ SOPPORTARE UN CINEMATISMO (“**CAPACITÀ**”) E CONFRONTARLO CON UN VALORE DI RIFERIMENTO (“**DOMANDA DI SPOSTAMENTO**”) DIPENDENTE DALL'AZIONE SISMICA ATTESA NEL SITO

CONFRONTO TRA CAPACITÀ DI SPOSTAMENTO E DOMANDA DI SPOSTAMENTO

TECNICHE DI INTERVENTO

MIGLIORARE EFFICACIA COLLEGAMENTI
(CRISI PER CINEMATISMO)

AREA TEMATICA**TECNICHE DI INTERVENTO: MIGLIORARE EFFICACIA COLLEGAMENTI****RASSEGNA DELLE PRINCIPALI TECNICHE DI INTERVENTO****CB.7.4.1 CRITERI PER GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEGLI EDIFICI DI MURATURA*****CASO 1: INTERVENTI PER MIGLIORARE LA QUALITÀ MURARIA ($\Rightarrow$ CRISI PER DISGREGAZIONE)******CASO 2A: INTERVENTI PER MIGLIORARE EFFICACIA COLLEGAMENTI ($\Rightarrow$ CRISI PER CINEMATISMO)******- CONNESSIONI DELLE PARETI TRA LORO E AI DIAFRAMMI DI PIANO***

- INSERIMENTO DI TIRANTI***
- TRASFORMAZIONE DI TRAVI LIGNEE IN CATENE***
- AMMORSATURE MURARIE NELLE ANGOLATE***
- PERFORAZIONI ARMATE***

CASO 2B: INTERVENTI PER CONSOLIDARE STRUTTURE AD ARCO ($\Rightarrow$ CRISI PER CINEMATISMO)***CASO 3: INTERVENTI PER ASSICURARE UN COMPORTAMENTO GLOBALE ($\Rightarrow$ CRISI RESISTENZA)*****3. EDIFICI IN MURATURA**

Si dovranno riparare, anzitutto, i danni e le lesioni causati dal sisma.

Si dovrà poi valutare se la costruzione esistente abbia:

1. qualità muraria sufficiente per rispondere ad azioni, sia verticali, sia orizzontali come quelle sismiche, senza disgregarsi;
2. vincoli bilaterali efficaci tra pareti e tra pareti e orizzontamenti, nonché vincoli efficaci sugli elementi non strutturali (comignoli, torrini, sporti di gronda, parapetti).
3. sufficiente capacità di sostenere le spinte di archi, volte e coperture;
4. orizzontamenti con capacità portante per carichi verticali sufficiente.

ORDINANZA N. 44 DEL 15.12.2017

TECNICHE DI INTERVENTO

CONSOLIDARE STRUTTURE AD ARCO
(CRISI PER CINEMATISMO)

AREA TEMATICA**TECNICHE DI INTERVENTO: CONSOLIDARE STRUTTURE AD ARCO****RASSEGNA DELLE PRINCIPALI TECNICHE DI INTERVENTO****CB.7.4.1 CRITERI PER GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEGLI EDIFICI DI MURATURA***CASO 1: INTERVENTI PER MIGLIORARE LA QUALITÀ MURARIA ($\Rightarrow$ CRISI PER DISGREGAZIONE)**CASO 2A: INTERVENTI PER MIGLIORARE EFFICACIA COLLEGAMENTI ($\Rightarrow$ CRISI PER CINEMATISMO)**CASO 2B: INTERVENTI PER CONSOLIDARE STRUTTURE AD ARCO ($\Rightarrow$ CRISI PER CINEMATISMO)**- CONTENIMENTO DELLE SPINTE E CONSOLIDAMENTO DI ARCHI E VOLTE**- CATENE**- CONTRAFFORTI**- IRRIGIDIMENTO CON CAPP A O SOLETTA IN CEMENTO ARMATO**- PLACCAGGIO CON MATERIALI COMPOSITI**CASO 3: INTERVENTI PER ASSICURARE UN COMPORTAMENTO GLOBALE ($\Rightarrow$ CRISI RESISTENZA)***3. EDIFICI IN MURATURA**

Si dovranno riparare, anzitutto, i danni e le lesioni causati dal sisma.

Si dovrà poi valutare se la costruzione esistente abbia:

1. qualità muraria sufficiente per rispondere ad azioni, sia verticali, sia orizzontali come quelle sismiche, senza disgregarsi;
2. vincoli bilaterali efficaci tra pareti e tra pareti e orizzontamenti, nonché vincoli efficaci sugli elementi non strutturali (comignoli, torrini, sporti di gronda, parapetti).
3. sufficiente capacità di sostenere le spinte di archi, volte e coperture;
4. orizzontamenti con capacità portante per carichi verticali sufficiente.

ORDINANZA N. 44 DEL 15.12.2017

COMPORTAMENTO “GLOBALE” ANALISI GLOBALE

AREA TEMATICA
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA

AZIONE SISMICA

+

VULNERABILITÀ DEGLI EDIFICI IN MURATURA

=

POSSIBILI TIPOLOGIE DI CRISI

CASO 1

- MURATURA SCARSA QUALITÀ
- SOLAI E COPERTURA DEFORMABILI NEL LORO PIANO O COLLEGAMENTI INEFFICACI

CASO 2

- MURATURA BUONA QUALITÀ
- SOLAI E COPERTURA DEFORMABILI NEL LORO PIANO O COLLEGAMENTI INEFFICACI

CASO 3

- MURATURA BUONA QUALITÀ
- SOLAI E COPERTURA RIGIDI NEL LORO PIANO
- COLLEGAMENTI EFFICACI

**COMPORTAMENTO
“DISGREGATIVO”**

CRISI PER DISGREGAZIONE DELLA MURATURA

**COMPORTAMENTO
“LOCALE”**

CRISI PER CINEMATISMO DEI MACROELEMENTI IN CUI SI È SUDDIVISO IL SOLIDO MURARIO

**COMPORTAMENTO
“GLOBALE”**

CRISI PER SUPERAMENTO DELLA RESISTENZA DEL MATERIALE

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

CRISI PER SUPERAMENTO RESISTENZA

CASO 3

- MURATURA BUONA QUALITÀ
- SOLAI E COPERTURA RIGIDI NEL PIANO
- COLLEGAMENTI EFFICACI

COMPORTAMENTO "GLOBALE"

CRISI PER SUPERAMENTO DELLA RESISTENZA
DEL MATERIALE



AREA TEMATICA

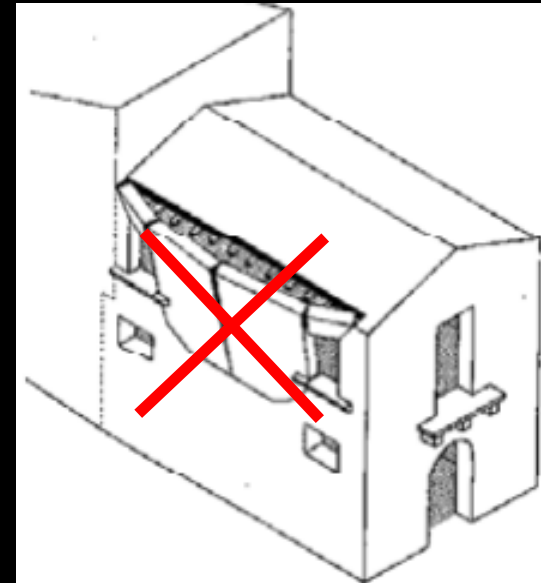
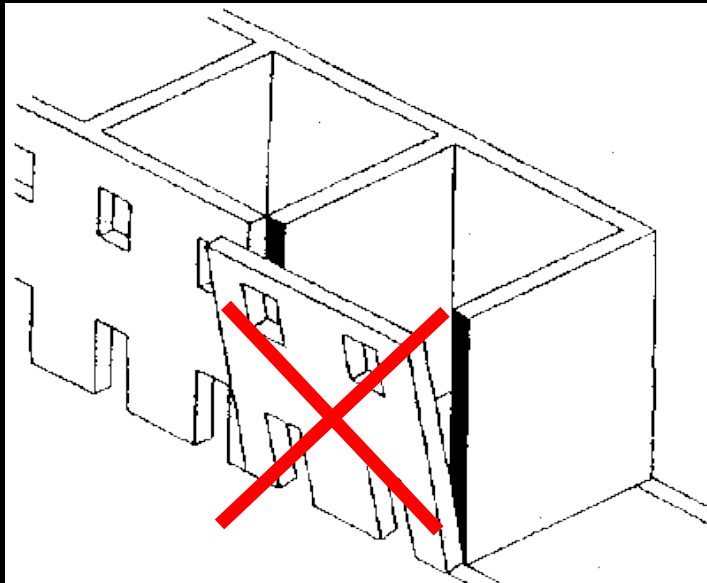
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

MECCANISMI GLOBALI

QUANDO HA SENSO CONSIDERARE UN MECCANISMO GLOBALE?

SOLO QUANDO:

- 1) LA QUALITÀ DELLA MURATURA E DEI COLLEGAMENTI SIANO TALI DA CONSENTIRE NON SOLO L'INNESCO DI TALE MECCANISMO, MA ANCHE LA SUA EVOLUZIONE, SENZA CHE AVVENGANO DISGREGAZIONI NELLA MURATURA E CRISI NEI COLLEGAMENTI**
- 2) SIANO STATI IMPEDITI TUTTI I MECCANISMI LOCALI**



AREA TEMATICA

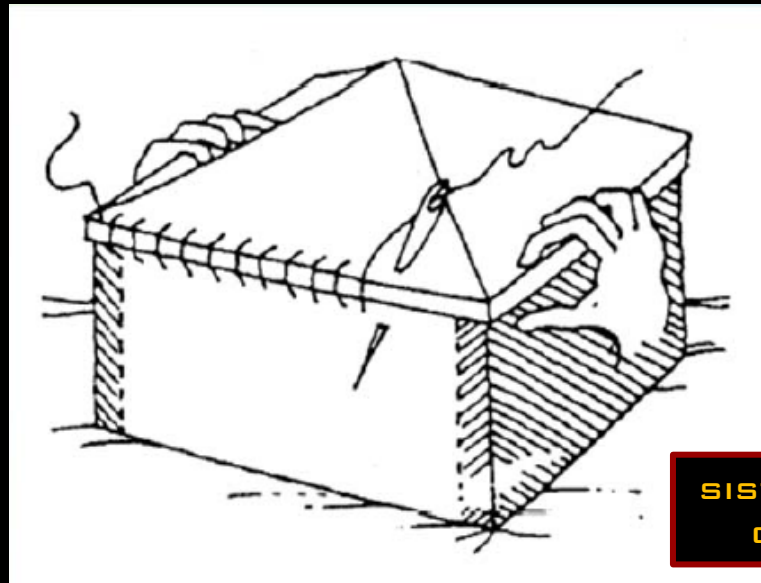
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

MECCANISMI GLOBALI

QUANDO HA SENSO CONSIDERARE UN MECCANISMO GLOBALE?

SOLO QUANDO:

- 1) LA QUALITÀ DELLA MURATURA E DEI COLLEGAMENTI SIANO TALI DA CONSENTIRE NON SOLO L'INNESCO DI TALE MECCANISMO, MA ANCHE LA SUA EVOLUZIONE, SENZA CHE AVVENGANO DISGREGAZIONI NELLA MURATURA E CRISI NEI COLLEGAMENTI**
- 2) SIANO STATI IMPEDITI TUTTI I MECCANISMI LOCALI**



**SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE
CONCEZIONE "SCATOLARE"**

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

COMPORTAMENTO “GLOBALE”

ANALISI GLOBALE



QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

MECCANISMI GLOBALI

QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

8.7.1 COSTRUZIONI IN MURATURA

...L'ANALISI SISMICA GLOBALE DEVE CONSIDERARE, PER QUANTO POSSIBILE, IL SISTEMA STRUTTURALE REALE, CON PARTICOLARE ATTENZIONE ALLA RIGIDEZZA E RESISTENZA DEGLI ORIZZONTAMENTI, E ALL'EFFICACIA DEI COLLEGAMENTI DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI CON GLI ORIZZONTAMENTI E TRA LORO.

NTC 2018

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

DEF: ASSEMBLAGGIO TRIDIMENSIONALE DI MURI E ORIZZONTAMENTI CHE GARANTISCE IL FUNZIONAMENTO SCATOLARE, CONFERENDO OPPORTUNA STABILITÀ E ROBUSTEZZA ALL'INSIEME

RIGIDEZZA DEGLI IMPALCATI

- TRASFERIRE LE AZIONI SISMICHE DAI SOLAI ALLE PARETI VERTICALI
- IMPORRE UGUAGLIANZA DI SPOSTAMENTI AGLI ELEMENTI RESISTENTI DETERMINANDO COSÌ UNA DISTRIBUZIONE DELLE AZIONI PROPORZIONALE ALLA LORO RIGIDEZZA

EFFICACIA DEI COLLEGAMENTI

- COLLEGAMENTI VERTICALI ⇒ EVITARE IL DISTACCO DELLE PARETI SOGGETTE AD AZIONI PERPENDICOLARE AL LORO PIANO
- COLLEGAMENTI ORIZZONTALI ⇒ COLLEGARE I MURI SOLLECITATI FUORI DAL PIANO EVITANDONE IL RIBALTAMENTO

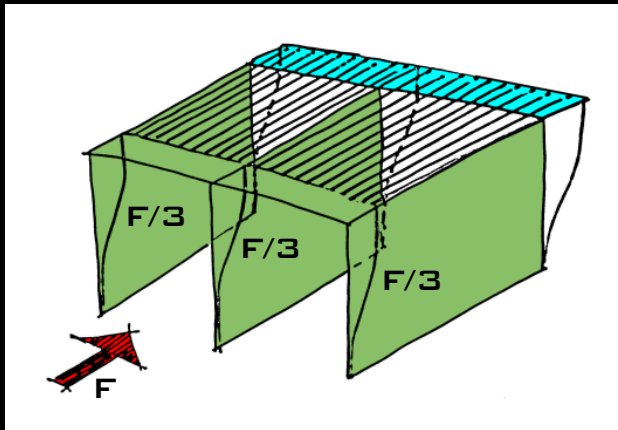
AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

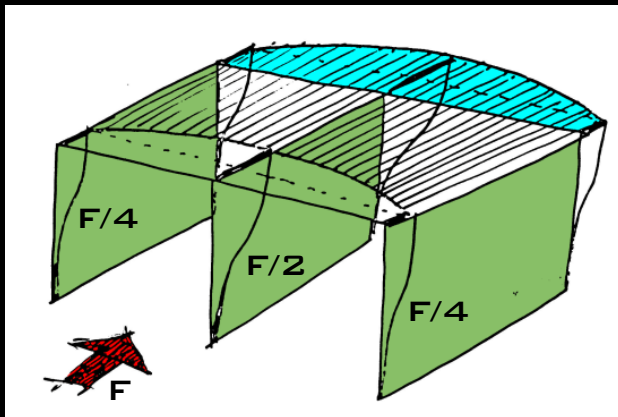
CRISI PER SUPERAMENTO RESISTENZA

QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

1. RIGIDEZZA DEGLI IMPALCATI

IMPALCATO RIGIDO

- I NODI SONO COLLEGATI TRA LORO DA VINCOLI CINEMATICI PER CUI IN DEFINITIVA **GLI UNICI GDL RISULTANO QUELLI DEL BARICENTRO DELLE MASSE**
- È POSSIBILE UNA **REDISTRIBUZIONE DELLE AZIONI IN FASE NON LINEARE** DA UNA PARETE ALL'ALTRA $\Rightarrow$ LA **RIPARTIZIONE** AVVIENE IN **FUNZIONE DELLA RIGIDEZZA** DEI VARI ELEMENTI RESISTENTI

IMPALCATO DEFORMABILE

- IL **COMPORTAMENTO DELLE PARETI È INDIPENDENTE**
- **NON È POSSIBILE UNA RIDISTRIBUZIONE DELLE AZIONI IN FASE NON LINEARE** DA UNA PARETE ALL'ALTRA $\Rightarrow$ PERTANTO LA MASSA ASSOCIATA A CIASCUN NODO (E QUINDI L'AZIONE SISMICA IVI GRAVANTE) NON PUÒ “MIGRARE” VERSO ALTRE PARETI

AREA TEMATICA

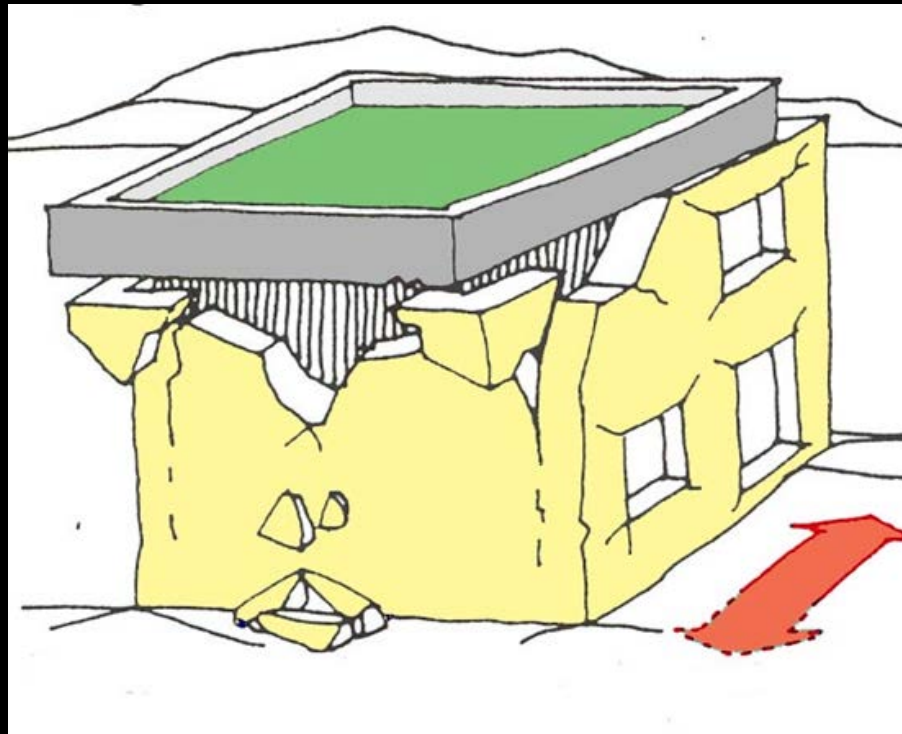
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

1. RIGIDEZZA DEGLI IMPALCATI

ATTENZIONE: LA RIGIDEZZA ED IL PESO DELL'IMPALCATO DEVONO COMUNQUE ESSERE CORRELATE ALLE CARATTERISTICHE DELLE PARETI $\Rightarrow$ ORIZZONTAMENTI RIGIDI E PESANTI SU MURATURE DI SCARSA QUALITÀ POSSONO DETERMINARE DISSESTI LOCALI



AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

1. RIGIDEZZA DEGLI IMPALCATI

ATTENZIONE: LA RIGIDEZZA ED IL PESO DELL'IMPALCATO DEVONO COMUNQUE ESSERE CORRELATE ALLE CARATTERISTICHE DELLE PARETI $\Rightarrow$ ORIZZONTAMENTI RIGIDI E PESANTI SU MURATURE DI SCARSA QUALITÀ POSSONO DETERMINARE DISSESTI LOCALI



AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

1. RIGIDEZZA DEGLI IMPALCATI

ATTENZIONE: LA RIGIDEZZA ED IL PESO DELL'IMPALCATO DEVONO COMUNQUE ESSERE CORRELATE ALLE CARATTERISTICHE DELLE PARETI $\Rightarrow$ ORIZZONTAMENTI RIGIDI E PESANTI SU MURATURE DI SCARSA QUALITÀ POSSONO DETERMINARE DISSESTI LOCALI



AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

1. RIGIDEZZA DEGLI IMPALCATI

ATTENZIONE: LA RIGIDEZZA ED IL PESO DELL'IMPALCATO DEVONO COMUNQUE ESSERE CORRELATE ALLE CARATTERISTICHE DELLE PARETI $\Rightarrow$ ORIZZONTAMENTI RIGIDI E PESANTI SU MURATURE DI SCARSA QUALITÀ POSSONO DETERMINARE DISSESTI LOCALI



AREA TEMATICA

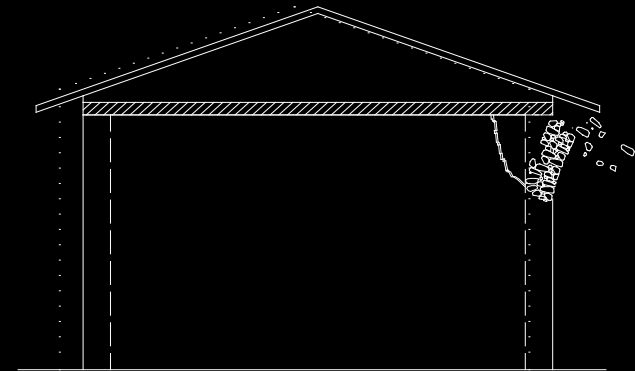
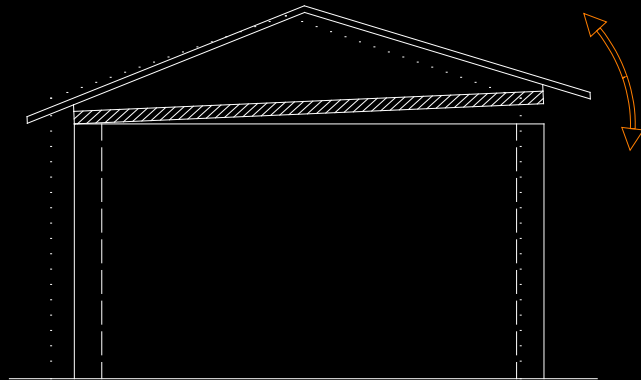
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

1. RIGIDEZZA DEGLI IMPALCATI

ATTENZIONE: LA RIGIDEZZA ED IL PESO DELL'IMPALCATO DEVONO COMUNQUE ESSERE CORRELATE ALLE CARATTERISTICHE DELLE PARETI $\Rightarrow$ ORIZZONTAMENTI RIGIDI E PESANTI SU MURATURE DI SCARSA QUALITÀ POSSONO DETERMINARE DISSESTI LOCALI



MARTELLAMENTO PROVOCATO DALL'OSCILLAZIONE VERTICALE DELL'EDIFICIO INDOTTA DALLA COMPONENTE SUSSULTORIA DEL SISMA

IN PRATICA IL SOLAIO RICADENDO SOPRA LA PARETE PROVOCA LA DISGREGAZIONE DELLA PARTE SOMMITALE SENZA ATTIVARE UN VERO E PROPRIO CINEMATISMO

AREA TEMATICA

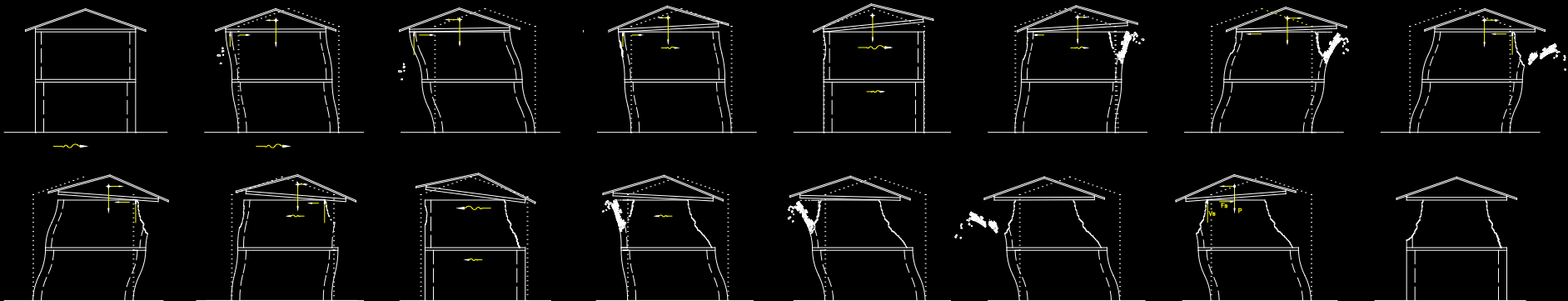
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

1. RIGIDEZZA DEGLI IMPALCATI

ATTENZIONE: LA RIGIDEZZA ED IL PESO DELL'IMPALCATO DEVONO COMUNQUE ESSERE CORRELATE ALLE CARATTERISTICHE DELLE PARETI $\Rightarrow$ ORIZZONTAMENTI RIGIDI E PESANTI SU MURATURE DI SCARSA QUALITÀ POSSONO DETERMINARE DISSESTI LOCALI



LA DINAMICA DEL PROCESSO DI SOLLECITAZIONE SISMICA PROVOCA UN “COLPO DI FRUSTA” DELLA PARTE SOMMITALE DELLE MURATURE POSTE ORTOGONALMENTE ALLA DIREZIONE DEL TERREMOTO.

IN TALE ISTANTE L'EQUILIBRIO DELLE FORZE INERZIALI INDUCE UNA ROTAZIONE RIGIDA DELL'ORIZZONTAMENTO CHE TENDE A SOLLEVARSI DALLA PARETE. **SI PERDE** PERTANTO **L'AZIONE DI CONTENIMENTO CHE IL CORDOLO ESERCITA SULLE MURATURE SOTTOSTANTI CHE COLLASSANO SOTTO L'AZIONE DELL'ACCELERAZIONE.**

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

1. RIGIDEZZA DEGLI IMPALCATI

ATTENZIONE: LA RIGIDEZZA ED IL PESO DELL'IMPALCATO DEVONO COMUNQUE ESSERE CORRELATE ALLE CARATTERISTICHE DELLE PARETI $\Rightarrow$ ORIZZONTAMENTI RIGIDI E PESANTI SU MURATURE DI SCARSA QUALITÀ POSSONO DETERMINARE DISSESTI LOCALI



AREA TEMATICA

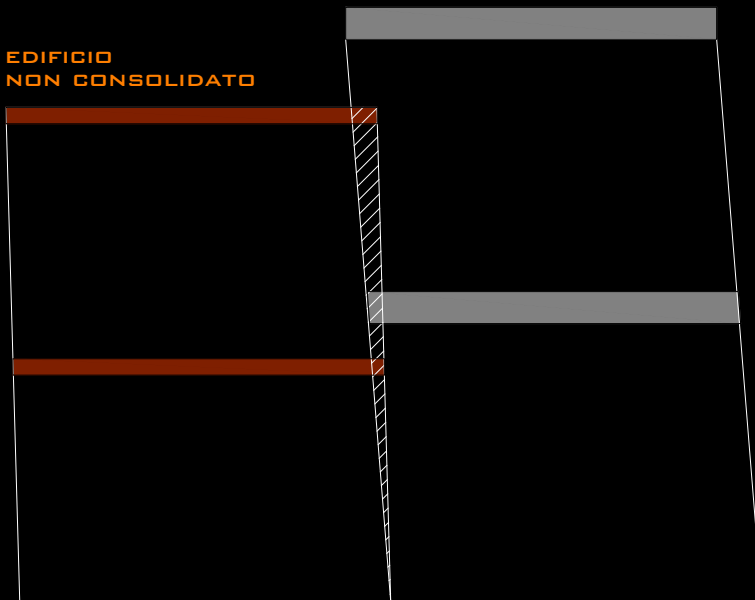
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

1. RIGIDEZZA DEGLI IMPALCATI

ATTENZIONE: SOSTITUZIONE DI SOLAI LIGNEI CON SOLAI IN LATEROCEMENTO E CORDOLATURE PERIMETRALI $\Rightarrow$ LA **DIFFERENZA DI RIGIDEZZA** TRA LE DUE PARTI DETERMINA LA COESISTENZA DI STRUTTURE DOTATE DI CAPACITÀ DI SPOSTAMENTO DIVERSE

EDIFICIO CONSOLIDATO
CON SOLAI IN LATEROCEMENTOEDIFICIO
NON CONSOLIDATO

L'EFFETTO NEGATIVO CRESCE CON L'ALTEZZA ED È PARTICOLARMENTE RILEVANTE IN COPERTURA $\Rightarrow$ **EFFETTI DI "MARTELLAMENTO"**, TANTO PIÙ PERICOLOSI QUANTO MAGGIORE È LA DIVERSA RESISTENZA DEGLI EDIFICI CONTIGUI



SOLLECITAZIONE SISMICA

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

1. RIGIDEZZA DEGLI IMPALCATI

ATTENZIONE: SOSTITUZIONE DI SOLAI LIGNEI CON SOLAI IN LATEROCEMENTO E CORDOLATURE PERIMETRALI $\Rightarrow$ LA **DIFFERENZA DI RIGIDEZZA** TRA LE DUE PARTI DETERMINA LA COESISTENZA DI STRUTTURE DOTATE DI CAPACITÀ DI SPOSTAMENTO DIVERSE



(COURTESY OF ENG. A. DE MARIA)

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

1. RIGIDEZZA DEGLI IMPALCATI

ATTENZIONE: SOSTITUZIONE DI SOLAI LIGNEI CON SOLAI IN LATEROCEMENTO E CORDOLATURE PERIMETRALI $\Rightarrow$ LA **DIFFERENZA DI RIGIDEZZA** TRA LE DUE PARTI DETERMINA LA COESISTENZA DI STRUTTURE DOTATE DI CAPACITÀ DI SPOSTAMENTO DIVERSE



(COURTESY OF PROF. F. CERONI)

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

1. RIGIDEZZA DEGLI IMPALCATI

ATTENZIONE: SOSTITUZIONE DI SOLAI LIGNEI CON SOLAI IN LATEROCEMENTO E CORDOLATURE PERIMETRALI $\Rightarrow$ LA **DIFFERENZA DI RIGIDEZZA** TRA LE DUE PARTI DETERMINA LA COESISTENZA DI STRUTTURE DOTATE DI CAPACITÀ DI SPOSTAMENTO DIVERSE



AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

MECCANISMI LOCALI

QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

8.7.1 COSTRUZIONI IN MURATURA

...L'ANALISI SISMICA GLOBALE DEVE CONSIDERARE, PER QUANTO POSSIBILE, IL SISTEMA STRUTTURALE REALE, CON PARTICOLARE ATTENZIONE ALLA RIGIDEZZA E RESISTENZA DEGLI ORIZZONTAMENTI, E ALL'EFFICACIA DEI COLLEGAMENTI DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI CON GLI ORIZZONTAMENTI E TRA LORO.

NTC 2018

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

DEF: ASSEMBLAGGIO TRIDIMENSIONALE DI MURI E ORIZZONTAMENTI CHE GARANTISCE IL FUNZIONAMENTO SCATOLARE, CONFERENDO OPPORTUNA STABILITÀ E ROBUSTEZZA ALL'INSIEME

RIGIDEZZA DEGLI IMPALCATI

- TRASFERIRE LE AZIONI SISMICHE DAI SOLAI ALLE PARETI VERTICALI
- IMPORRE UGUAGLIANZA DI SPOSTAMENTI AGLI ELEMENTI RESISTENTI DETERMINANDO COSÌ UNA DISTRIBUZIONE DELLE AZIONI PROPORZIONALE ALLA LORO RIGIDEZZA

EFFICACIA DEI COLLEGAMENTI

- COLLEGAMENTI VERTICALI ⇒ EVITARE IL DISTACCO DELLE PARETI SOGGETTE AD AZIONI PERPENDICOLARE AL LORO PIANO
- COLLEGAMENTI ORIZZONTALI ⇒ COLLEGARE I MURI SOLLECITATI FUORI DAL PIANO EVITANDONE IL RIBALTAMENTO

AREA TEMATICA

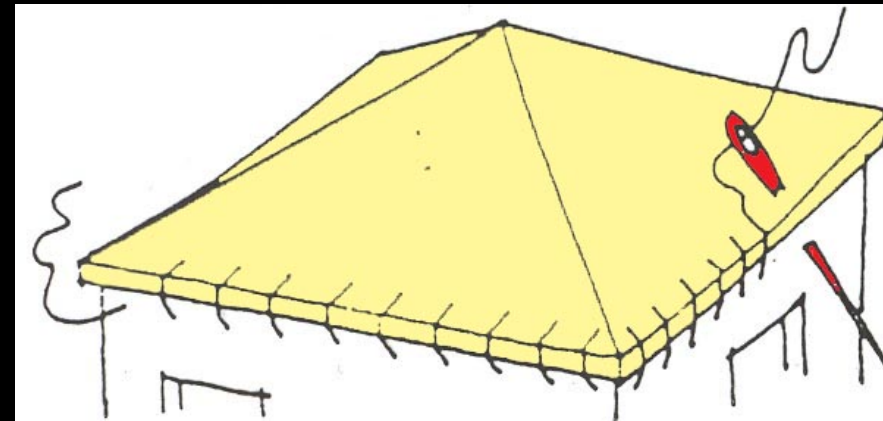
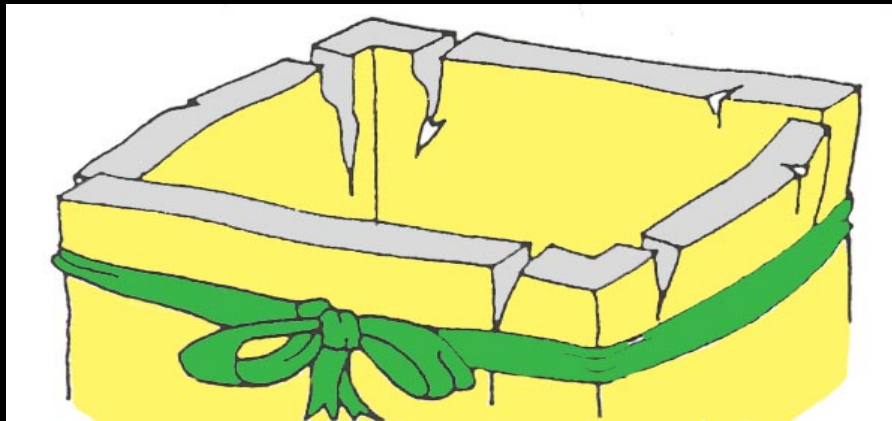
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

CRISI PER SUPERAMENTO RESISTENZA

QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

2. EFFICACIA DEI COLLEGAMENTI

⇒ PER EFFETTO DEL SISMA LE PARETI POSSONO PERDERE VERTICALITÀ, DISTACCARSI AGLI INCROCI, RIBALTARSI, ECC.



**NECESSARIA LA PRESENZA DI ELEMENTI
CHE GARANTISCANO UN “COMPORTAMENTO SCATOLARE”**

AREA TEMATICA

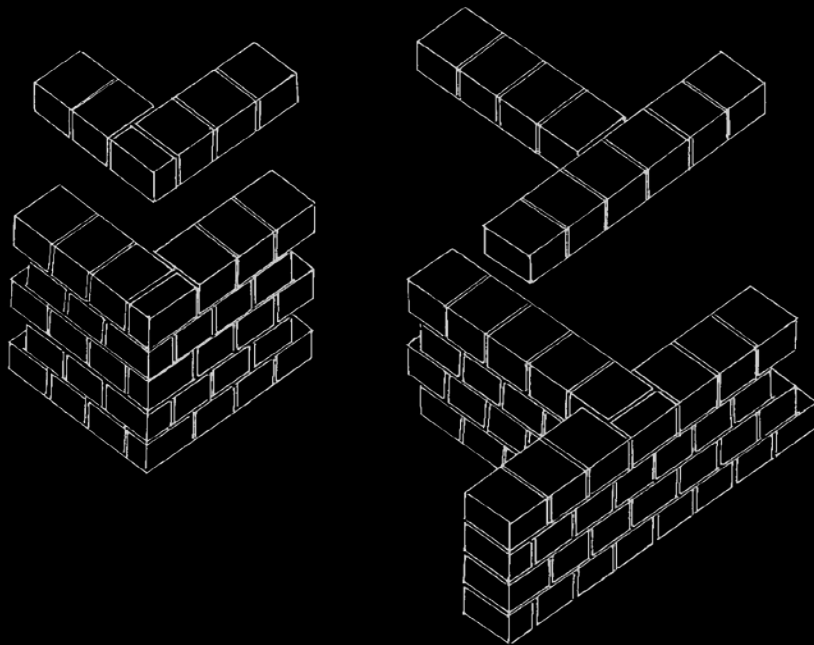
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

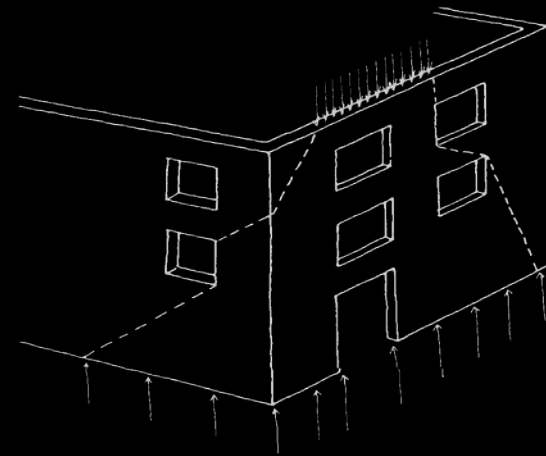
QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

2. EFFICACIA DEI COLLEGAMENTI

COLLEGAMENTI VERTICALI = SVOLGONO UNA FUNZIONE DI VINCOLO ALLE PARETI SOLLECITATE ORTOGONALMENTE AL PROPRIO PIANO, OSTACOLANDONE IL MECCANISMO DI RIBALTAMENTO



AMMORSAMENTO TRA MURI ORTOGONALI OTTENUTO TRAMITE UNA OPPORTUNA LAVORAZIONE E DISPOSIZIONE DEGLI ELEMENTI (CANTONALI)



NB: PER ALCUNE TIPOLOGIE MURARIE IL BUON AMMORSAMENTO TRA I MURI TRA L'ALTRO TENDE A REALIZZARE UNA MAGGIORE RIDISTRIBUZIONE DEI CARICHI VERTICALI FRA I MURI FRA LORO ORTOGONALI ANCHE NEL CASO DI SOLAI AD ORBITURA PREVALENTE IN UNA DIREZIONE

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

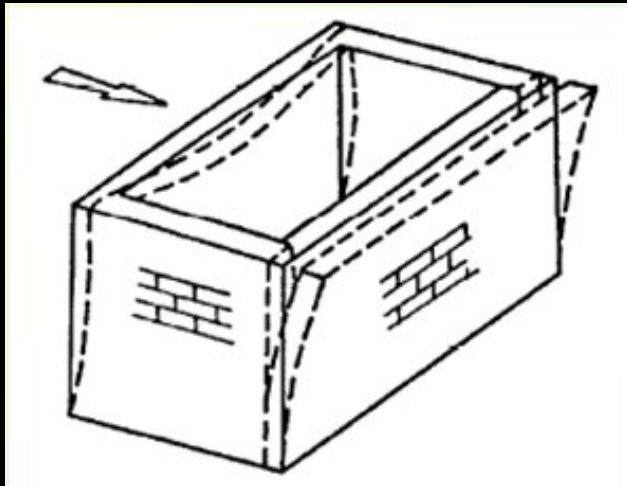
QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

2. EFFICACIA DEI COLLEGAMENTI

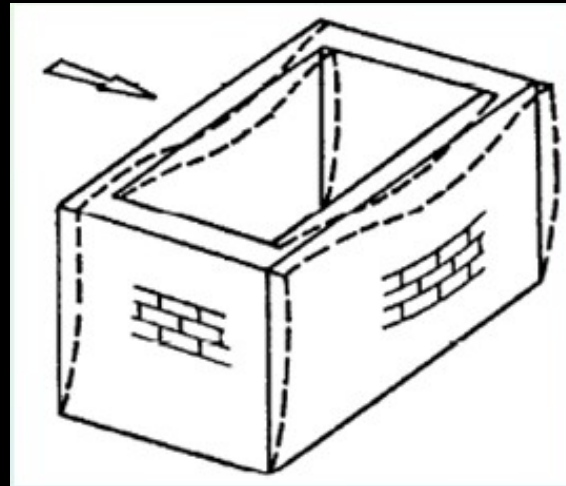
COLLEGAMENTI ORIZZONTALI = L'AMMORSATURA DEI SOLAI ALLE PARETI DEVE ESSERE EFFICACE
ALTRIMENTI LE AZIONI NON AGISCONO SULL'INTERPIANO MA SULL'INTERA ALTEZZA

CORDOLI

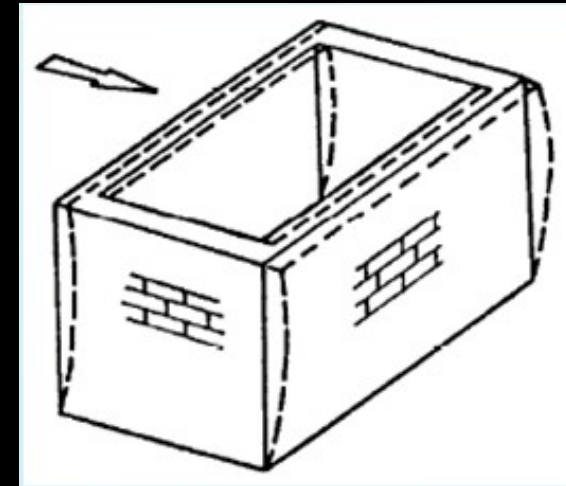
(COURTESY OF PROF. G. MAGENES)



NO CORDOLO + SOLAIO DEFORMABILE



CORDOLO + SOLAIO DEFORMABILE



CORDOLO + SOLAIO RIGIDO

NB: UN CORDOLO CONTINUO CONSENTE INOLTRE DI COLLEGARE LONGITUDINALMENTE MURI DI CONTROVENTO COMPLANARI, CONSENTENDO LA RIDISTRIBUZIONE DELLE AZIONI ORIZZONTALI FRA DI ESSI E CONFERENDO MAGGIORE IPERSTATIGITÀ E STABILITÀ AL SISTEMA RESISTENTE

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

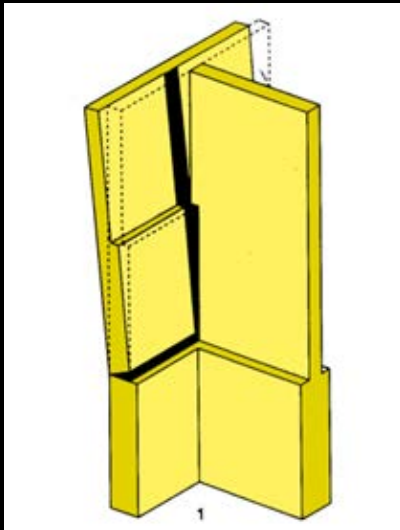
QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

2. EFFICACIA DEI COLLEGAMENTI

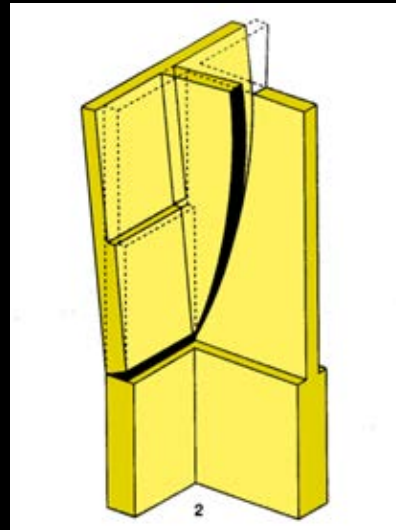
COLLEGAMENTI ORIZZONTALI = L'AMMORSATURA DEI SOLAI ALLE PARETI DEVE ESSERE EFFICACE
ALTRIMENTI LE AZIONI NON AGISCONO SULL'INTERPIANO MA SULL'INTERA ALTEZZA

TIRANTI (⇒ AZIONI FUORI DEL PIANO)

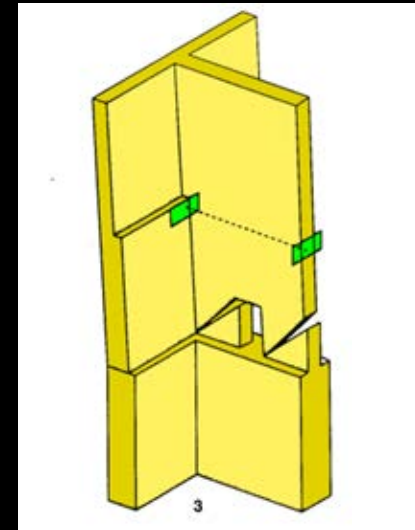
(COURTESY OF PROF. G. MAGENES)



NO TIRANTE + NO AMMORSAMENTI



NO TIRANTE + AMMORSAMENTI



TIRANTE + AMMORSAMENTI

NB: NEGLI EDIFICI ESISTENTI LE CATENE POSSONO SOSTITUIRE GLI EFFETTI DEI CORDOLI ⇒ NON PERFETTA EQUIVALENZA AI CORDOLI (**COLLEGAMENTI PUNTUALI NO RIGIDEZZA FLESSIONALE**)

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

QUALI FATTORI DETERMINANO UN COMPORTAMENTO STRUTTURALE GLOBALE?

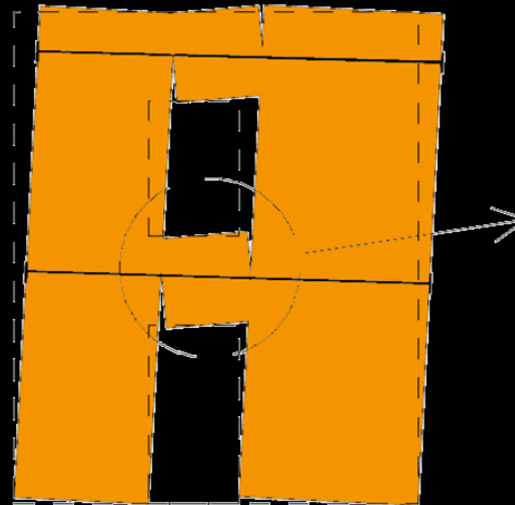
2. EFFICACIA DEI COLLEGAMENTI

COLLEGAMENTI ORIZZONTALI = L'AMMORSATURA DEI SOLAI ALLE PARETI DEVE ESSERE EFFICACE
ALTRIMENTI LE AZIONI NON AGISCONO SULL'INTERPIANO MA SULL'INTERA ALTEZZA

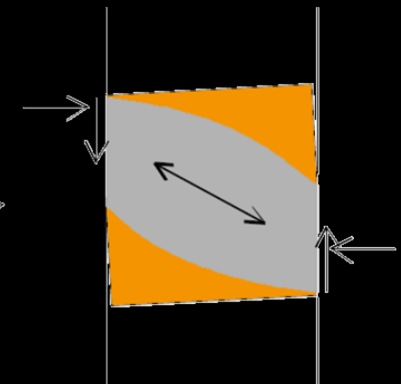
TIRANTI ($\Rightarrow$ AZIONI NEL PIANO)



SENZA TIRANTI



CON TIRANTI



MECCANISMO RESISTENTE
A PUNTONE DIAGONALE

NB: LA PRESENZA DEI TIRANTI, OLTRE AD IMPEDIRE IL RIBALTAMENTO, ATTIVA LA RESISTENZA NEL PIANO DELLE PARETI

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

COMPORTAMENTO “GLOBALE”

ANALISI GLOBALE



COMPORTAMENTO DELLE PARETI NEL LORO PIANO

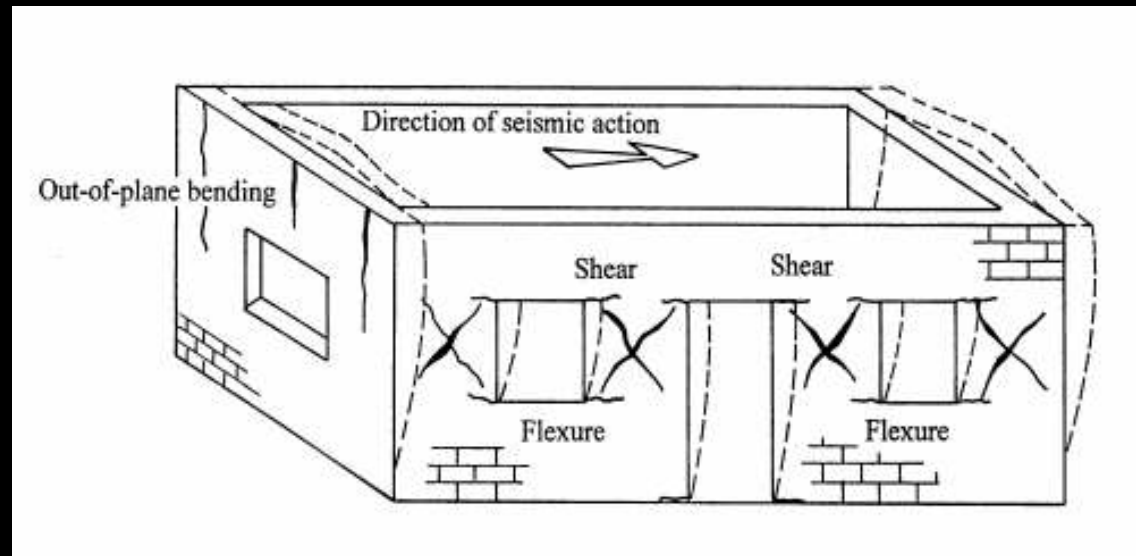
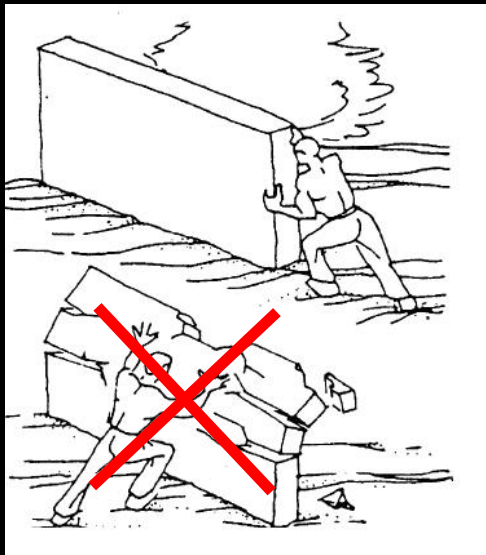
AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

COMPORTAMENTO DELLE PARETI NEL LORO PIANO

SE LA STRUTTURA HA UN COMPORTAMENTO SCATOLARE E SONO QUINDI LIMITATI I MECCANISMI DI COLLASSO DELLE PARETI FUORI DAL LORO PIANO, LA RESISTENZA DELLA STRUTTURA DIPENDE DAL COMPORTAMENTO DELLE PARETI NEL LORO PIANO



- ⇒ **IMPEGNO DELL'INTERA STRUTTURA E NON SINGOLI ELEMENTI:** SE COLLASSA UNA PARETE LE ALTRE PARETI SI FANNO CARICO DELLA DIMINUZIONE DI RESISTENZA
- ⇒ **RISPOSTA SISMICA PRINCIPALMENTE TRAMITE MECCANISMI NEL PIANO** DELLE MURATURE ED EVITANDO SIGNIFICATIVI IMPEGNI PER AZIONI ORTOGONALI

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

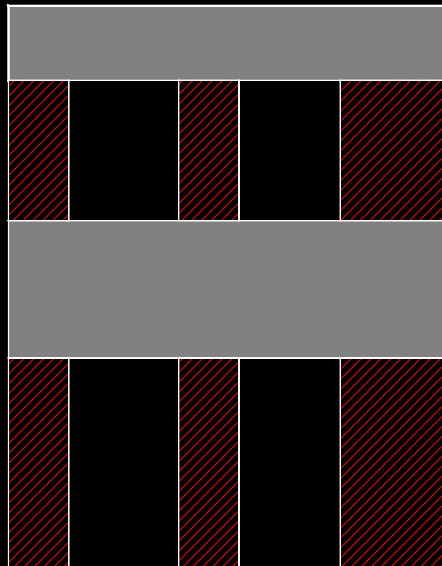
SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

COMPORTAMENTO DELLE PARETI NEL LORO PIANO

ELEMENTI STRUTTURALI: IPOTESI VERIFICHE

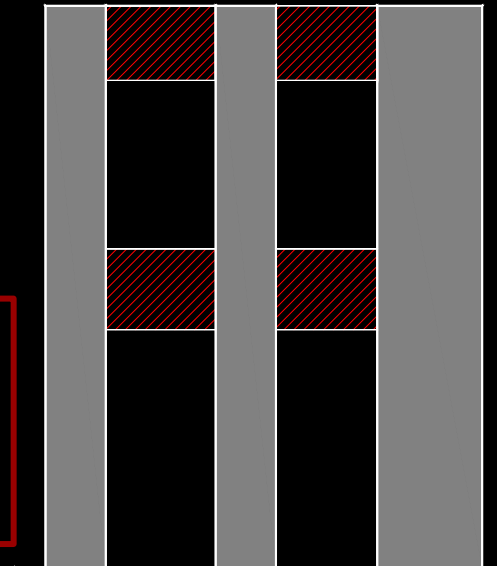
PER LE PARETI PARALLELE ALLA DIREZIONE DELL'ECCITAZIONE LA ROTTURA PUÒ AVVENIRE IN DUE MODI:

- **COLLASSO DEI PANNELLI PORTANTI** = SE LE TRAVI DI ACCOPPIAMENTO SONO PIÙ RESISTENTI
- **COLLASSO DELLE TRAVI DI ACCOPPIAMENTO** = SE I PANNELLI PORTANTI SONO PIÙ RESISTENTI



IL **COLLASSO DEI PANNELLI PORTANTI** SI VERIFICA IN GENERE NEL CASO DI EDIFICI BASSI E CON FASCE DI INTERPIANO CON ELEVATA RIGIDEZZA

IL **COLLASSO DELLE TRAVI DI ACCOPPIAMENTO** SI VERIFICA IN GENERE NEL CASO DI COSTRUZIONI DI MAGGIORE ALTEZZA E/O CON FASCE DI INTERPIANO DI MINORE RIGIDEZZA



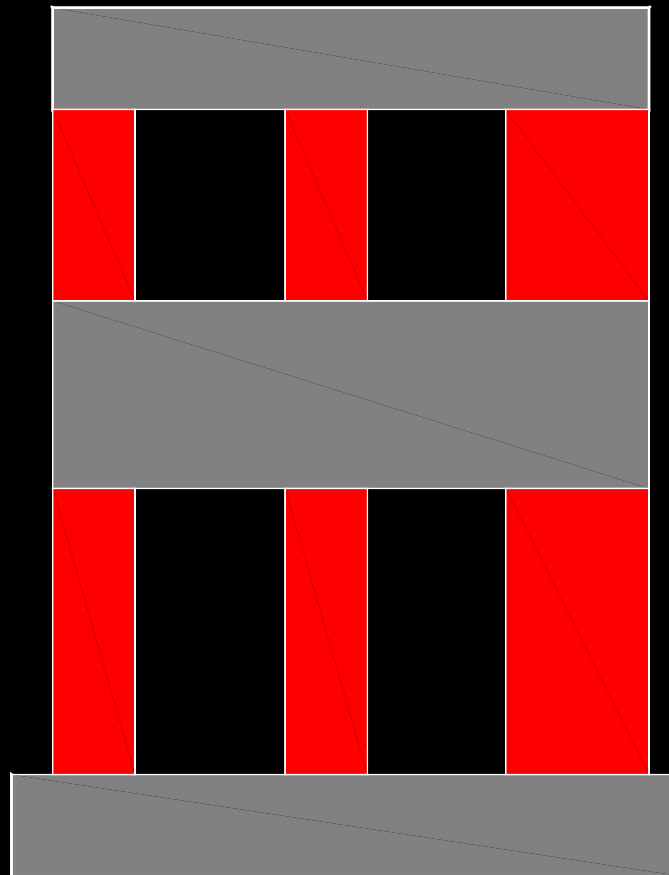
AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

COMPORTAMENTO DELLE PARETI NEL LORO PIANO

PANNELLI PORTANTI: MODELLO DI CALCOLO



ELEMENTO VULNERABILE: PANNELLI PORTANTI

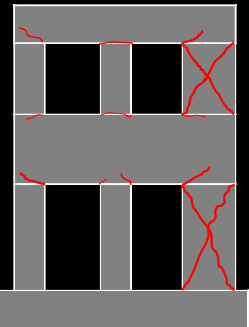
AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

COMPORTAMENTO DELLE PARETI NEL LORO PIANO

PANNELLI PORTANTI: MODELLO DI CALCOLO



CENTRO STORICO, SELLANO (PG)

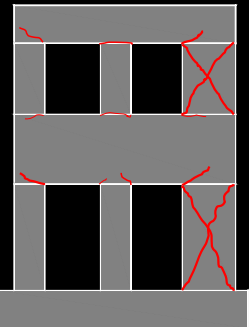
AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

COMPORTAMENTO DELLE PARETI NEL LORO PIANO

PANNELLI PORTANTI: MODELLO DI CALCOLO



PALAZZO FARINOSI, L'AQUILA (AQ)

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

COMPORTAMENTO DELLE PARETI NEL LORO PIANO

PANNELLI PORTANTI: CRITERI DI RESISTENZA

4.5.6.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

GLI STATI LIMITE ULTIMI DA VERIFICARE SONO:

- PRESSO FLESSIONE PER CARICHI LATERALI (RESISTENZA E STABILITÀ FUORI DAL PIANO)***
- PRESSO FLESSIONE NEL PIANO DEL MURO***
- TAGLIO PER AZIONI NEL PIANO DEL MURO***
- CARICHI CONCENTRATI***
- FLESSIONE E TAGLIO DI TRAVI DI ACCOPPIAMENTO***

LE VERIFICHE VANNO CONDOTTE CON RIFERIMENTO A NORMATIVE DI COMPROVATA VALIDITÀ

NTC 2018

AREA TEMATICA

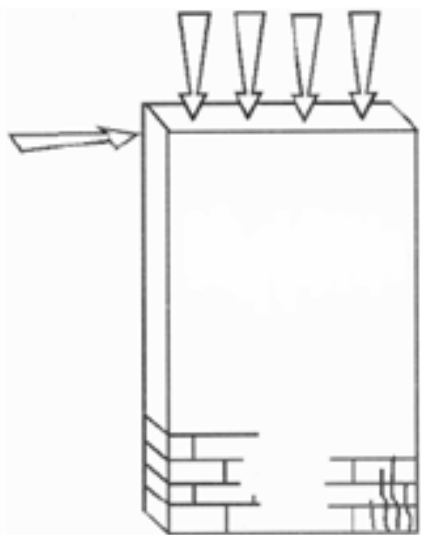
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

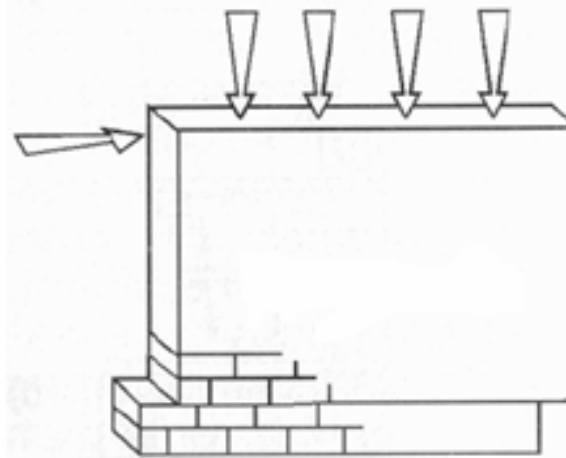
COMPORTAMENTO DELLE PARETI NEL LORO PIANO

PANNELLI PORTANTI: CRITERI DI RESISTENZA

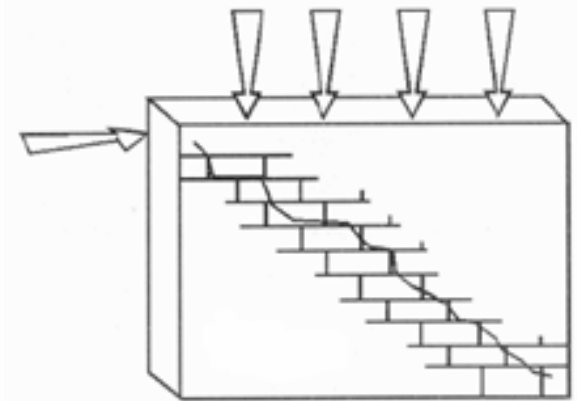
SE SI ANALIZZA IL COMPORTAMENTO DI PANNELLI DI MURATURA SOGGETTI CONTEMPORANEAMENTE A CARICHI VERTICALI E CARICHI ORIZZONTALI SI EVIDENZIA CHE IL COLLASSO PUÒ MANIFESTARSI SECONDO TRE DIVERSE MODALITÀ



Presso-flessione



Taglio (scorrimento)



Taglio (fessurazione diagonale)

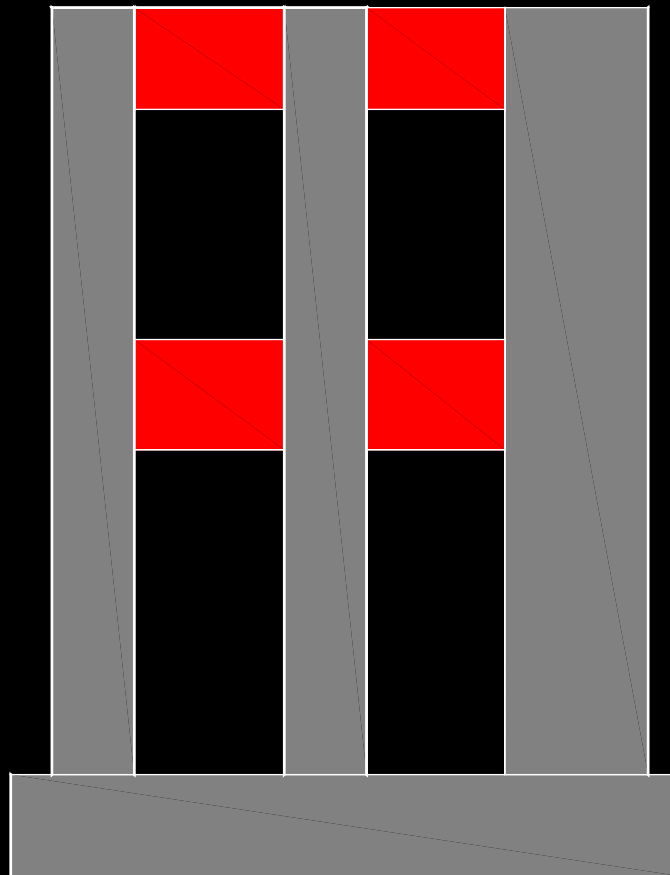
AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

COMPORTAMENTO DELLE PARETI NEL LORO PIANO

TRAVI DI ACCOPPIAMENTO: MODELLO DI CALCOLO



ELEMENTO VULNERABILE: TRAVI DI ACCOPPIAMENTO

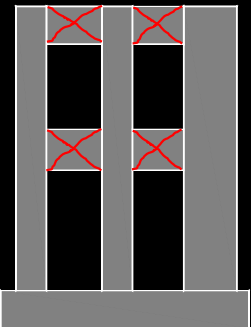
AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

COMPORTAMENTO DELLE PARETI NEL LORO PIANO

TRAVI DI ACCOPPIAMENTO: MODELLO DI CALCOLO



CENTRO STORICO, L'AQUILA (AQ)

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

COMPORTAMENTO DELLE PARETI NEL LORO PIANO

TRAVI DI ACCOPPIAMENTO: CRITERI DI RESISTENZA

7.8.2.2.4 TRAVI IN MURATURA

LA VERIFICA DI TRAVI DI ACCOPPIAMENTO IN MURATURA ORDINARIA, IN PRESENZA DI AZIONE ASSIALE ORIZZONTALE NOTA, VIENE EFFETTUATA IN ANALOGIA A QUANTO PREVISTO PER I PANNELLI MURARI VERTICALI. QUALORA L'AZIONE ASSIALE NON SIA NOTA DAL MODELLO DI CALCOLO (AD ES. QUANDO L'ANALISI È SVOLTA SU MODELLI A TELAIO CON L'IPOTESI DI SOLAI INFINITAMENTE RIGIDI NEL PIANO), MA SIANO PRESENTI, IN PROSSIMITÀ DELLA TRAVE IN MURATURA, ELEMENTI ORIZZONTALI DOTATI DI RESISTENZA A TRAZIONE (CATENE, CORDOLI), I VALORI DELLE RESISTENZE POSSONO ESSERE ASSUNTI NON SUPERIORI AI VALORI DI SEGUITO RIPORTATI ED ASSOCIATI AI MECCANISMI DI ROTTURA PER TAGLIO O PER PRESSOFLESSIONE.

NTC 2018

CHE COSA CI DICEVANO LE NORME ^[1]

IL MODELLO DI CALCOLO PROPOSTO NELLE PRECEDENTI NORME (METODO POR), IMPONENDO CHE LE TRAVI DI ACCOPPIAMENTO FOSSERO INFINITAMENTE RIGIDE E RESISTENTI, NON PREVEDEVA ALCUNA VERIFICA DELLE TRAVI DI ACCOPPIAMENTO.

^[1] APPENDICE CIRCOLARE DEL MIN. LL.PP. DEL 30.7.1981 E NELLE DIRETTIVE TECNICHE DI ALCUNE REGIONI.

MANCANZA DI SOLIDE BASI SPERIMENTALI

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

COMPORTAMENTO DELLE PARETI NEL LORO PIANO

TRAVI DI ACCOPPIAMENTO: CRITERI DI RESISTENZA

LA SPERIMENTAZIONE IN LABORATORIO È STATA ESSENZIALMENTE FOCALIZZATA SULLO STUDIO DI PANNELLI MURARI ED ASSAI LIMITATA (E SOLTANTO “RECENTE”) NELL’AMBITO INVECE DEL COMPORTAMENTO DELLE TRAVI IN MURATURA



MAGENES ET AL., 2007



GATTESCO ET AL., 2008



AUGENTI, 2009

⇒ **NECESSITÀ DI INCREMENTARE IL DATABASE DI PROVE SPERIMENTALI**

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

COMPORTAMENTO DELLE PARETI NEL LORO PIANO

TRAVI DI ACCOPPIAMENTO: CRITERI DI RESISTENZA

SE SI ANALIZZA IL COMPORTAMENTO DI TRAVI DI ACCOPPIAMENTO SOGGETTE CONTEMPORANEAMENTE A CARICHI VERTICALI E CARICHI ORIZZONTALI SI EVIDENZIA CHE IL COLLASSO PUÒ MANIFESTARSI SECONDO DUE DIVERSE MODALITÀ

TRAVI DI ACCOPPIAMENTO

CASO 1

AZIONE ASSIALE NOTA DAL MODELLO DI CALCOLO ($\Rightarrow$ **IMPALCATO DEFORMABILE**)

VERIFICA SECONDO QUANTO PREVISTO PER I PANNELLI PORTANTI

NB: TRAVE = PANNELLO RUOTATO DI 90° ?

CASO 2

AZIONE ASSIALE NON NOTA ($\Rightarrow$ **IMPALCATO RIGIDO**) + ELEMENTI RESISTENTI A TRAZIONE

VERIFICA SECONDO QUANTO PREVISTO AL PUNTO 7.8.2.2.4 DELLA NTC

TAGLIO

PRESSOFLESSIONE

NB: SE L'AZIONE ASSIALE NON È NOTA $\Rightarrow$ NON CONOSCO $\sigma_D \Rightarrow$ NON POSSO APPLICARE LE FORMULE PREVISTE PER I PANNELLI PORTANTI

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

COMPORTAMENTO “GLOBALE”

ANALISI GLOBALE



METODI DI ANALISI PER EDIFICI IN MURATURA

AREA TEMATICA**MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE****SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE****METODI DI ANALISI PER EDIFICI IN MURATURA****METODI DI ANALISI PREVISTI DALLE NTC 2018****7.8.1.5 METODI DI ANALISI****7.8.1.5.2 ANALISI LINEARE STATICA****7.8.1.5.3 ANALISI DINAMICA MODALE****7.8.1.5.4 ANALISI STATICA NON LINEARE*****7.8.1.5.4 ANALISI STATICA NON LINEARE*****7.8.1.5.5 ANALISI DINAMICA NON LINEARE****EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA: METODI DI ANALISI****VERIFICHE IN TERMINI DI
RESISTENZA****STATICA LINEARE****DINAMICA LINEARE****VERIFICHE IN TERMINI DI
SPOSTAMENTO****STATICA NON LINEARE****DINAMICA NON LINEARE**

AREA TEMATICA

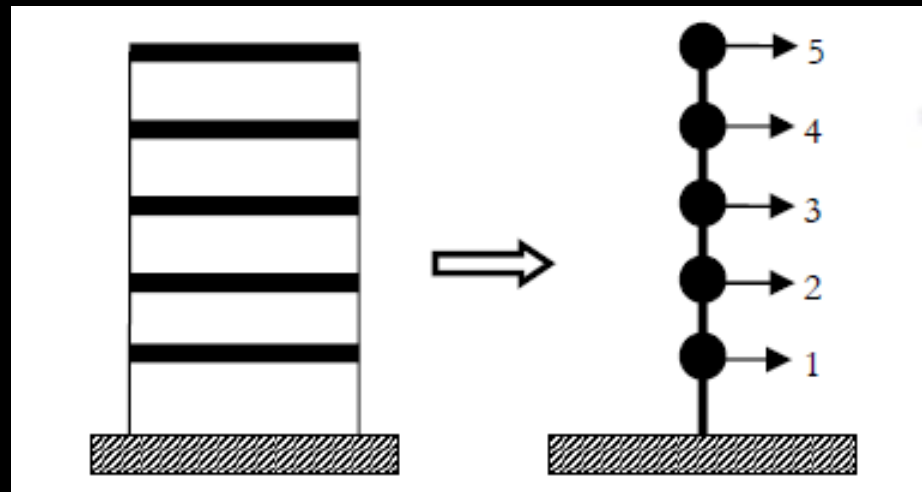
MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

METODI DI ANALISI PER EDIFICI IN MURATURA

ANALISI STATICHE O DINAMICHE LINEARI

- A. LA MURATURA PRESENTA UN COMPORTAMENTO NON LINEARE ANCHE PER RIDOTTI VALORI DEL CARICO $\Rightarrow$ FINO AL COLLASSO AVVENGONO DIVERSI FENOMENI NON LINEARI (FESSURAZIONE, SCORRIMENTO, ATTRITO, ECC.) CHE NON POSSONO ESSERE SIMULATI CON ANALISI LINEARI
- B. DISTRIBUZIONE DELLE FORZE INTERNE $\Rightarrow$ NELLE ANALISI LINEARI DIPENDE DALLA RIGIDEZZA ELASTICA, NELLA REALTÀ È DETERMINATA PRINCIPALMENTE DALLA CAPACITÀ RESISTENTE DEGLI ELEMENTI
- C. NELLE STRUTTURE IN MURATURA NON È REALISTICO ASSUMERE CHE LE MASSE STRUTTURALI SIANO CONCENTRATE IN MASSIMA PARTE IN CORRISPONDENZA DEGLI IMPALCATI (SOLAI)



AREA TEMATICA**MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE****SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE****METODI DI ANALISI PER EDIFICI IN MURATURA****METODI DI ANALISI PREVISTI DALLE NTC 2018****7.8.1.5 METODI DI ANALISI****7.8.1.5.2 ANALISI LINEARE STATICA****7.8.1.5.3 ANALISI DINAMICA MODALE****7.8.1.5.4 ANALISI STATICA NON LINEARE*****7.8.1.5.4 ANALISI STATICA NON LINEARE*****7.8.1.5.5 ANALISI DINAMICA NON LINEARE****EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA: METODI DI ANALISI****VERIFICHE IN TERMINI DI
RESISTENZA****STATICA LINEARE****DINAMICA LINEARE****VERIFICHE IN TERMINI DI
SPOSTAMENTO****STATICA NON LINEARE****DINAMICA NON LINEARE**

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

METODI DI ANALISI PER EDIFICI IN MURATURA

ANALISI STATICHE O DINAMICHE NON LINEARI

ANALISI STATICHE = SONO LE ANALISI PIÙ DIFFUSE IN AMBITO TECNICO - PROFESSIONALE IN QUANTO SONO ABBASTANZA RAFFINATE DA MODELLARE LA CAPACITÀ SISMICA DEGLI EDIFICI TENENDO IN CONTO DELLA RISPOSTA ANELASTICA E NEL CONTEMPO ROBUSTE DAL PUNTO DI VISTA NUMERICO. HANNO INOLTRE IL VANTAGGIO DI MODELLARE LA DOMANDA IN TERMINI DI SPETTRI DELLO SPOSTAMENTO

ANALISI DINAMICHE = IN TEORIA SONO LE ANALISI PIÙ CORRETTE MA NELLA PRATICA PRESENTANO ANCORA VARIE DIFFICOLTÀ APPLICATIVE TRA CUI: MODELLI NUMERICI MOLTO COMPLESSI, DIFFICOLTÀ DI REPERIRE MODELLI EFFICIENTI E REALISTICI PER LA MURATURA, MODELLAZIONE DELLA DOMANDA SISMICA LEGATA ALLA SCELTA DEGLI ACCELEROGRAMMI



ANALISI NON LINEARI = È SINGOLARE UNA STRATEGIA DI QUESTO GENERE CHE UTILIZZA METODI SOFISTICATI PER UN MATERIALE (LA MURATURA) CERTAMENTE PIÙ VARIABILE E MENO CONOSCIUTO (RISPETTO A C.A. E ACCIAIO) ⇒ PERALTRO CON IPOTESI DI ROTTURA NON CONFORTATE IN PIENO DA ANALISI SPERIMENTALI COMPLETE

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

METODI DI ANALISI PER EDIFICI IN MURATURA

ANALISI STATICA NON LINEARE: ASPETTI CRITICI

- A. LA SCELTA DI UN NODO CHE SUBISCE SPOSTAMENTI LIMITATI COME NODO DI CONTROLLO TENDE A SOTTOSTIMARE LA CAPACITÀ DEL SISTEMA
- B. NEL CASO DI SOLAI MOLTO FLESSIBILI I RISULTATI DELL'ANALISI TENDONO AD ESSERE MAGGIORMENTE SENSIBILI ALLA SCELTA DEL NODO DI CONTROLLO $\Rightarrow$ ANALISI A PARETE SINGOLE (SI ANALIZZA SEPARATAMENTE CIASCUNA PARETE SOGGETTA AI CARICHI VERTICALI DI COMPETENZA ED ALLE CORRISPONDENTI AZIONI DEL SISMA NEL SUO PIANO)
- C. SEBBENE NELLE ANALISI NON LINEARI LA CAPACITÀ DI SPOSTAMENTO (D_U) DELLA STRUTTURA RAPPRESENTI IL PARAMETRO PIÙ IMPORTANTE, LA SUA VALUTAZIONE DERIVA DA MODELLI ANCORA PIUTTOSTO RUDIMENTALI ($\Rightarrow$ INDICAZIONI SPERIMENTALI E ANALITICHE SUGGERISCONO DIPENDENZA DALLA SNELLEZZA E DALL'IMPEGNO A COMPRESSIONE)
- D. L'AMPLIFICAZIONE DINAMICA È RICONDOTTA A QUELLA DI UN OSCILLATORE ELASTICO EQUIVALENTE $\Rightarrow$ EQUIVALENZA FRA COMPORTAMENTI QUALITATIVAMENTE DIVERSI
- E. SE IL COMPORTAMENTO NON È REGOLARE È PROBABILE CHE ESISTANO DELLE INFLUENZE NON TRASCURABILI DEI MODI SUPERIORI $\Rightarrow$ ANALISI "ADATTIVE" BASATE SULLA MODIFICA PROGRESSIVA DELLE AZIONI STATICHE APPLICATE IN BASE AI MODI DI VIBRARE RICALCOLATI

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

METODI DI ANALISI PER EDIFICI IN MURATURA

ANALISI DINAMICA NON LINEARE: ASPETTI CRITICI

- A. MODELLAZIONE DELLA DOMANDA SISMICA** LEGATA ALLA **SCELTA DEGLI ACCELEROGRAMMI** DA UTILIZZARE COME INPUT SISMICO (REALI?, ARTIFICIALI?, SPETTROCOMPATIBILI?, BASATI SU UNO SCENARIO? ECC.)
- B. DECISIONI** SU IMPORTANTI E COMPLESSI **ASPETTI DELLA MODELLAZIONE** (AD ES. SMORZAMENTO, CRITERIO DI CONVERGENZA, TIME-STEP, ETC.)
- C. ANALISI LUNGHE** CON **INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI** RELATIVAMENTE **COMPLESSA**
- D. NECESSITÀ** DI INDIVIDUARE UN MODELLO CHE SIA IN GRADO DI DESCRIVERE IL **COMPORTAMENTO POST-ELASTICO SOTTO CICLI DI CARICO E SCARICO** DEGLI ELEMENTI E LA CONSEGUENTE DISSIPAZIONE DI ENERGIA

AREA TEMATICA

MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE: COMPORTAMENTO GLOBALE

SISTEMA STRUTTURALE GLOBALE

MODELLAZIONE DELLE MURATURE

MODELLAZIONE: CONSIDERAZIONI



COSTRUZIONE



MODELLO

**IL FATTORE DI SICUREZZA È RIFERITO SEMPRE AL MODELLO!
E' SICURO (O INSICURO) IL MODELLO DELLA COSTRUZIONE, NON LA COSTRUZIONE!**

⇒ RISCHIO DI VERIFICARE UNA COSA CHE NON ESISTE

TECNICHE DI INTERVENTO

ASSICURARE UN COMPORTAMENTO GLOBALE
(CRISI RESISTENZA)

AREA TEMATICA**TECNICHE DI INTERVENTO: ASSICURARE COMPORTAMENTO GLOBALE****RASSEGNA DELLE PRINCIPALI TECNICHE DI INTERVENTO****CB.7.4.1 CRITERI PER GLI INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEGLI EDIFICI DI MURATURA***CASO 1: INTERVENTI PER MIGLIORARE LA QUALITÀ MURARIA ($\Rightarrow$ CRISI PER DISGREGAZIONE)**CASO 2A: INTERVENTI PER MIGLIORARE EFFICACIA COLLEGAMENTI ($\Rightarrow$ CRISI PER CINEMATISMO)**CASO 2B: INTERVENTI PER CONSOLIDARE STRUTTURE AD ARCO ($\Rightarrow$ CRISI PER CINEMATISMO)****CASO 3: INTERVENTI PER ASSICURARE UN COMPORTAMENTO GLOBALE ($\Rightarrow$ CRISI RESISTENZA)***

- *FORMAZIONE DEI DIAFRAMMI DI PIANO*
 - *IRRIGIDIMENTO CON TAVOLATO LIGNED*
 - *IRRIGIDIMENTO CON CALDANA DI C.A.*
 - *IRRIGIDIMENTO FLESSIONALE*
- *CONNESSIONI DELLE PARETI TRA LORO E AI DIAFRAMMI DI PIANO*
 - *CORDOLI IN SOMMITÀ*
 - *GERCHIATURE ESTERNE*
- *INCREMENTO DELLO SISMO-RESISTENZA DELLE PARETI*
 - *INTONACO ARMATO*
 - *FASCIATURE RESISTENTI A TRAZIONE*
 - *RISTILATURA ARMATA DEI GIUNTI*
 - *INSERIMENTO DI NUOVE PARETI*
 - *GERCHIATURA DI NUOVE APERTURE*
- *ALTRI INTERVENTI*
 - *INTERVENTI SU PILASTRI E COLONNE*

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE



QUALITÀ MURARIA SECONDO IL METODO IQM: aggiornamento alla Circolare esplicativa n. 7 del 2019

Antonio Borri

Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Ingegneria
antonio.borri@unipg.it

Alessandro De Maria

Regione Umbria – Servizio Rischio Sismico
ale.dm2002@libero.it



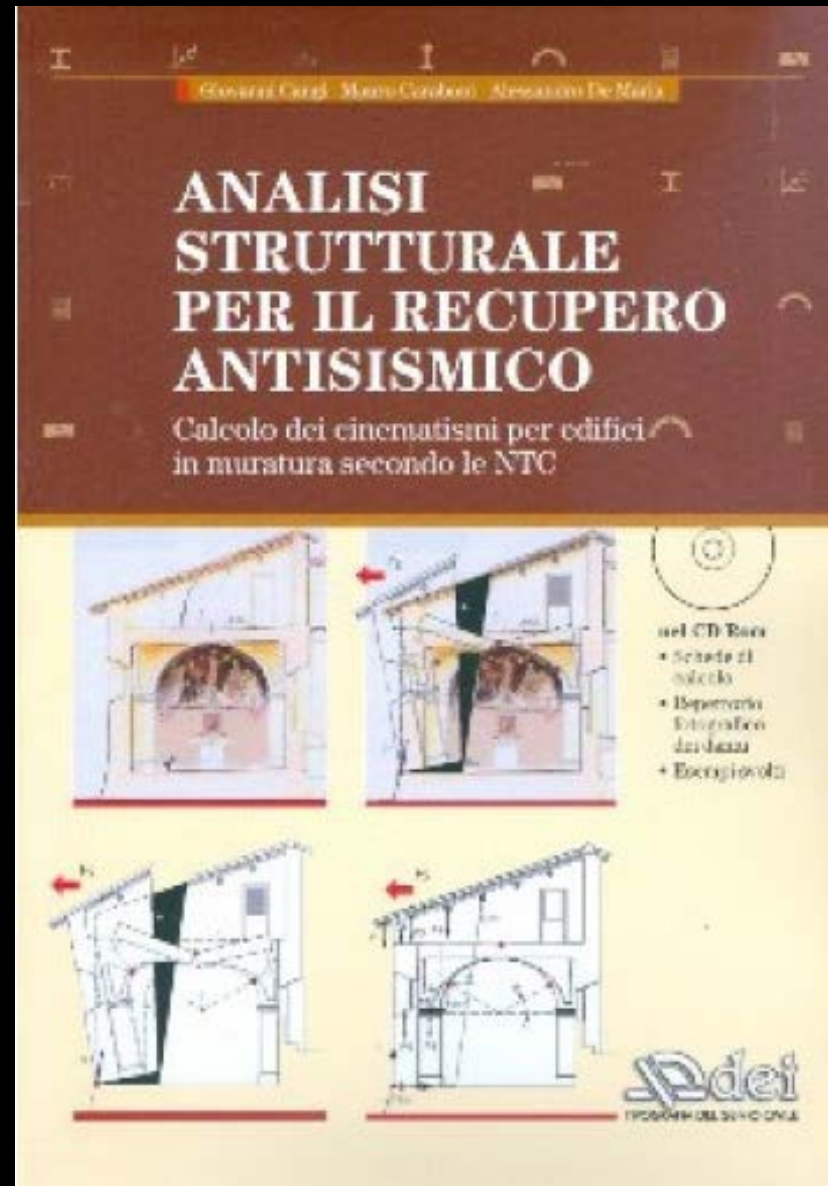
L'INDICE DI QUALITÀ MURARIA (IQM) e la disgregazione delle murature per effetto del sisma

Antonio Borri

Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Ingegneria
antonio.borri@me.com

Alessandro De Maria

Regione Umbria – Servizio Rischio Sismico
ale.dm2002@libero.it

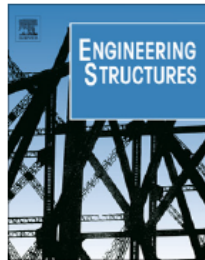




ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

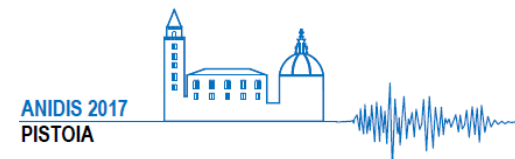
Engineering Structures

journal homepage: www.elsevier.com/locate/engstruct

Out-of-plane static and dynamic response of masonry panels

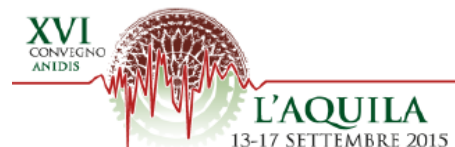
Stefania Degli Abbati^{*}, Sergio Lagomarsino*Department of Civil, Chemical and Environmental Engineering (DICCA), University of Genova, Via Montallegro 1, 16145 Genova, Italy*

Proposal of floor spectra for the verification of non-structural elements and local mechanisms in URM buildings

Stefania Degli Abbati^a, Serena Cattari^a, Sergio Lagomarsino^a^a *Department of Civil, Chemical Environmental Engineering, University of Genova, Via Montallegro 1, Genova 16145, Italy*

Proposta di un aggiornamento della formulazione NTC-08 per gli spettri di piano e sua applicabilità nella verifica dei meccanismi locali

Stefania Degli Abbati, Serena Cattari, Sergio Lagomarsino

Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale. Via Montallegro 1, 16145 Genova

Michele Vinci



Dario Flaccovio Editore

Metodi di calcolo e tecniche di consolidamento per edifici in muratura

Analisi - Esempi di calcolo - Particolari costruttivi



- Dati di calcolo, classificazione dei materiali ✓
- Analisi dei dissesti, analisi sismica globale ✓
- Verifiche fuori piano, meccanismi locali ✓
- Tecniche di consolidamento, analisi tridimensionale ✓

Direttore scientifico Antonio Borri

A. Ballo, L. Binda, A. Borri, G. Cangi, G. Cardani, G. Castori, M. Corradi, A. De Maria, E. Del Monte, C. Dorà,
L. Galano, A. Giannantoni, B. Ortolani, A. Pagliuzzi, A. Salei, D. Sperandio, E. Speranzini, C. Tedeachi, A. Vignoli

MANUALE DELLE MURATURE STORICHE

a cura di Chiara Donà
con la collaborazione di Alessandro De Maria

MEMS

Volume I
Analisi e valutazione del comportamento strutturale



Edel
PRODOTTO DAL CENTRO STUDI

Collana Centro Studi
SISTO
MASTRODUCASA



Direttore scientifico Antonio Borri

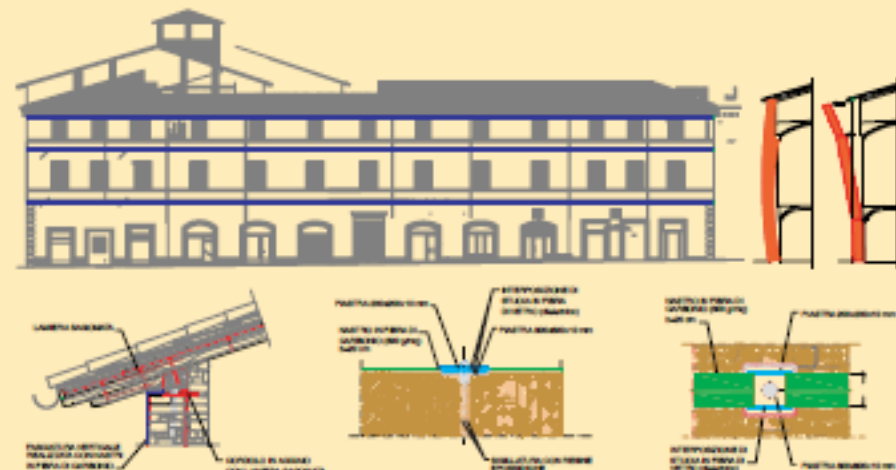
A. Ballo, L. Binda, A. Borri, G. Cangi, G. Cardani, G. Castori, M. Corradi, A. De Maria, E. Del Monte, C. Dorà,
L. Galano, A. Giannantoni, B. Ortolani, A. Pagliuzzi, A. Salei, D. Sperandio, E. Speranzini, C. Tedeachi, A. Vignoli

MANUALE DELLE MURATURE STORICHE

a cura di Chiara Donà
con la collaborazione di Alessandro De Maria

MEMS

Volume II
Schede operative per gli interventi di consolidamento



Edel
PRODOTTO DAL CENTRO STUDI

Collana Centro Studi
SISTO
MASTRODUCASA



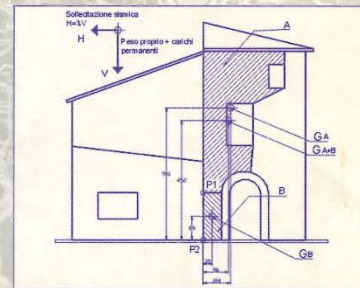
Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsismica degli edifici

Regione dell'Umbria



Carlo Blasi
Antonio Borri
Salvatore Di Pasquale
Piergiorgio Malesani
Gianluigi Nigro
Alberto Parducci
Gennaro Tampone

a cura di
Francesco Gurrieri

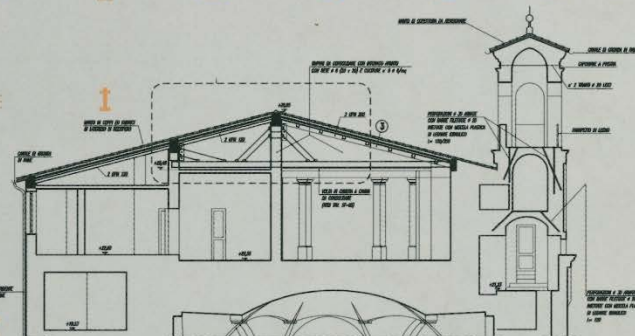


TIPOGRAFIA DEL GENIO CIVILE

Massimo Mariani

TRATTATO SUL CONSOLIDAMENTO E RESTAURO DEGLI EDIFICI IN MURATURA

Tomo II Interventi sulle strutture in elevazione



nel CD Rom
una Banca Dati
con illustrazioni
ricche di schemi
e particolari
costruttivi

Collana Centro Studi
**SISTO
MASTRODICASA**



dei
TIPOGRAFIA DEL GENIO CIVILE

Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale" n. 29 del 4 febbraio 2008 - Serie generale

Spediz. abb. post. 4196 - art. 2, comma 20/b
Legge 25-12-1996, n. 662 - Filiale di Roma

GAZZETTA UFFICIALE

DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA

Roma - Lunedì, 4 febbraio 2008

SI PUBBLICA TUTTI
I GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARDELLA 70 - 00187 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - LIBRERIA DELLO STATO - PIAZZA G. VERDI 10 - 00187 ROMA - CENTRALINO 06-65001

AVVISO AGLI ABBONATI

Si rammenta che la campagna per il rinnovo degli abbonamenti 2008 è terminata il 26 gennaio e che la sospensione degli invii agli abbonati, che entro tale data non hanno corrisposto i relativi canoni, avrà effetto nelle prossime settimane.

N. 30

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE

DECRETO 14 gennaio 2008.

Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale" n. 47 del 26 febbraio 2009 - Serie generale

Spediz. abb. post. 4196 - art. 2, comma 20/b
Legge 25-12-1996, n. 662 - Filiale di Roma

GAZZETTA UFFICIALE

DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA

Roma - Giovedì, 26 febbraio 2009

SI PUBBLICA TUTTI I
GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARDELLA 70 - 00187 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - LIBRERIA DELLO STATO - PIAZZA G. VERDI 10 - 00187 ROMA - CENTRALINO 06-65001

N. 27

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP.

Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.



Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n. 42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale

Spediz. abb. post. - art. 1, comma 1
Legge 27-02-2004, n. 46 - Filiale di Roma

GAZZETTA UFFICIALE

DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA

Roma - Martedì, 20 febbraio 2018

SI PUBBLICA TUTTI I
GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA, 70 - 00186 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARIA, 691 - 00138 ROMA - CENTRALINO 06-85001 - LIBRERIA DELLO STATO
PIAZZA G. VERDI, 1 - 00198 ROMA

N. 8

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

DECRETO 17 gennaio 2018.

Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».



Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale", n. 35 del 11 febbraio 2019 - Serie generale

Spediz. abb. post. - art. 1, comma 1
Legge 27-02-2004, n. 46 - Filiale di Roma

GAZZETTA UFFICIALE

DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA

Roma - Lunedì, 11 febbraio 2019

SI PUBBLICA TUTTI I
GIORNI NON FESTIVI

DIREZIONE E REDAZIONE PRESSO IL MINISTERO DELLA GIUSTIZIA - UFFICIO PUBBLICAZIONE LEGGI E DECRETI - VIA ARENULA, 70 - 00186 ROMA
AMMINISTRAZIONE PRESSO L'ISTITUTO POLIGRAFICO E ZECCA DELLO STATO - VIA SALARIA, 691 - 00138 ROMA - CENTRALINO 06-85001 - LIBRERIA DELLO STATO
PIAZZA G. VERDI, 1 - 00198 ROMA

N. 5

MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.





REGIONE MOLISE
IL PRESIDENTE DELLA REGIONE MOLISE COMMISSARIO DELEGATO
 (Legge del 27 Dicembre 2002 n.286)

Decreto n. 76 del 3 agosto 2005
 Protocollo di Progettazione per la Realizzazione degli Interventi di Ricostruzione
 Post-Sisma sugli Edifici Privati

Decreto n.10 del 25 gennaio 2006
 Approvazione "Protocollo di Progettazione per gli Interventi su Immobili Privati per la Ricostruzione
 Post-Sisma redatti in attuazione della Direttiva Tecnica del C.T.S.
 approvata con Decreto Commissariale n. 35/2005"

PARTE I – EDIFICI IN MURATURA

**ANALISI DELLE PRINCIPALI TECNICHE DI INTERVENTO
 E LIMITI DELLA LORO APPLICABILITA'**
Parte prima

ALLEGATO
3B-1
Rev.01

Marzo 2006



REGIONE MOLISE
IL PRESIDENTE DELLA REGIONE MOLISE COMMISSARIO DELEGATO
 (Legge del 27 Dicembre 2002 n.286)

Decreto n. 76 del 3 agosto 2005
 Protocollo di Progettazione per la Realizzazione degli Interventi di Ricostruzione
 Post-Sisma sugli Edifici Privati

Decreto n.10 del 25 gennaio 2006
 Approvazione "Protocollo di Progettazione per gli Interventi su Immobili Privati per la Ricostruzione
 Post-Sisma redatti in attuazione della Direttiva Tecnica del C.T.S.
 approvata con Decreto Commissariale n. 35/2005"

PARTE I – EDIFICI IN MURATURA

**ANALISI DELLE PRINCIPALI TECNICHE DI INTERVENTO
 E LIMITI DELLA LORO APPLICABILITA'**
Parte seconda

ALLEGATO
3B-2
REV.02

Marzo 2006

CNR – Commissione di Studio per la Predisposizione e l'Analisi di Norme Tecniche relative alle costruzioni

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMMISSIONE DI STUDIO PER LA PREDISPOSIZIONE E L'ANALISI
DI NORME TECNICHE RELATIVE ALLE COSTRUZIONI

**Istruzioni
per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo
di Interventi di Consolidamento Statico
mediante l'utilizzo di
Compositi Fibrorinforzati**

Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie



CNR-DT 200 R1/2013

ROMA – CNR 10 ottobre 2013 – versione del 15 Maggio 2014



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Servizio Tecnico Centrale

*Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di
accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da
utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti*



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Servizio Tecnico Centrale

*Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di
accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice inorganica
(FRCM) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale
di costruzioni esistenti*

Dicembre 2018

CNR – Commissione di studio per la predisposizione e l'analisi di norme tecniche relative alle costruzioni

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMMISSIONE DI STUDIO PER LA PREDISPOSIZIONE E L'ANALISI
DI NORME TECNICHE RELATIVE ALLE COSTRUZIONI

**Istruzioni
per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo
di Interventi di Consolidamento Statico
mediante l'utilizzo di
Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica**



CNR-DT 215/2018

ROMA – CNR 06.02.2019



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Servizio Tecnico Centrale

Linea Guida per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione di
interventi di consolidamento strutturale mediante l'utilizzo di sistemi di
rinforzo FRCM

Ottobre 2019



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Servizio Tecnico Centrale

Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di
accettazione dei sistemi a rete preformata in materiali compositi
fibrorinforzati a matrice polimerica da utilizzarsi per il consolidamento
strutturale di costruzioni esistenti con la tecnica dell'intonaco armato
CRM (Composite Reinforced Mortar)

Maggio 2019