



ACEN
ASSOCIAZIONE COSTRUTTORI EDILI NAPOLI



CLASSIFICAZIONE SISMICA DEGLI EDIFICI E INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Napoli - Basilica di San Giovanni Maggiore Pignatelli
Mercoledì, 25 Gennaio 2017

PROGRAMMA

Ore 14.30 - Registrazione dei partecipanti

Ore 15.00 - Apertura dei lavori e saluti

Dott. Ing. Luigi VINCI

Presidente dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli

Coordina

Dott. Ing. Paola MARONE

Vice Presidente dell'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Napoli

Ore 17.30 - Tavola rotonda moderata da redattore del Mattino di

DIAGNOSTICA E CONOSCENZA STRUTTURALE DEL COSTRUITO

Michele Brigante

Napoli, 25 GENNAIO 2017



ACEN
ASSOCIAZIONE COSTRUTTORI EDILI NAPOLI



CLASSIFICAZIONE SISMICA DEGLI EDIFICI E INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

MASTRODICASA**B) DIAGNOSI DEI DISSESTI****§ 1. - Sacche di materiale detritico.**

270. - Nelle murature vetuste si rinvencono spesso delle ampie cavità interne ripiene di materiale detritico e di calcinacci.

Se le due fronti murarie paramentali, spesso costituite di muri di mattoni a una testa, presentano un buon aspetto, il vuoto interno non è denunciato dall'ispezione dei paramenti con la percussione, perchè, al colpo del martello, essi rendono un suono secco, duro e balzante come se si trattasse di un muro a tutto spessore ben connesso, così come avviene d'una botte piena. Ma attaccate, specie alla base, sia pur con lievi e prudenti strappi, aprono la via d'uscita al materiale detritico che sbocca con violenza paurosa rovinando in basso con fragore assordante e con nubi di polvere che tolgono il respiro e tutto occultano allo sguardo.

Queste sacche risalgono a vecchi lavori di riordinamento interno di vecchi fabbricati nei quali degli operai incoscienti e infingardi profittarono di vecchi canali fumari abbandonati, per lo scarico delle macerie. Identificate queste sacche mediante l'osservazione dei comignoli e della tessitura paramentale, occorre effettuarne lo svuotamento per gradi procedendo dall'alto verso il basso mediante fori successivi fra loro distanti non più di due metri per evitare un violento deflusso del materiale incoerente.

§ 2. - La diagnosi nelle strutture caotiche.

271. - Di fronte alle gravi anomalie delle vetuste strutture, v'è non solo da domandarsi in qual conto debban tenersi i nostri ragionamenti sulle forme fessurative e deformative ma anche quanto siano attendibili le leggi della statica.

Perchè se le manifestazioni di fessura differiscono dalle forme teoriche nelle buone strutture nelle quali quelle condizioni possono ritenersi grossolanamente ricorrenti, si domanda quanto non ne debbano differire nelle strutture caotiche nelle quali l'omogeneità e l'isotropia esulano nel modo più assoluto. In queste strutture infatti le forme fessurative fondamentali mutano la loro fisionomia per localizzarsi nelle regioni di minor resistenza, distribuite nella massa nella maniera più impensata. È così dato di vedere le fessurazioni paraboliche del cedimento intermedio, degenerare in due rami verticali che seguono due canali fumari esistenti nei pressi delle sezioni al limite del cedimento, oppure in un ramo verticale lungo una canna fumaria e in un ramo semiparabolico che, a un tratto, va a spezzarsi in una credenza richiusa di cui si ignorava l'esistenza, per riapparire più in alto e quindi scomparire intercettato da un trave annegato nel muro.

Nell'uno e nell'altro dei paramenti le fessurazioni si adattano alle forme e alle estensioni compatibili con la minor fatica alla rottura del materiale, per cui mentre il quadro fessurativo s'arresta in uno dei paramenti, nell'altro ha consentita facile la via alla propagazione.

Tutto ciò aggrava le difficoltà della diagnosi e l'indagine, dura e penosa, va fatta per congetture successive partendo dalla supposizione d'un presumibile dissesto per controllare se le fessurazioni con le loro degenerazioni trovano giustificazione nelle anomalie murarie accertate. Ripetuta l'indagine per altri dissesti probabili, si perviene, attraverso successive approssimazioni, a dare una soddisfacente giustificazione ai fatti osservati.

XXIII. - FORMULAZIONE DELLA DIAGNOSI**§ 1. - Dissesti immediatamente identificabili.**

272. - *Accertamenti preliminari.* - Il tecnico, incaricato del consolidamento statico d'un edificio fatiscente, deve, prima, formulare la diagnosi dei dissesti. A tale scopo farà la ricognizione sommaria dei luoghi per accertare le caratteristiche strutturali del sistema e per distinguere le strutture lesionate da quelle non toccate dal male.

Potrà così disporre degli elementi di fatto necessari per dedurre, in larga massima, lo stato di sollecitazione dei vari organismi murari e per circoscrivere il campo delle ulteriori e più dettagliate osservazioni. Entro questo campo deve poi individuare gli elementi fessurativi e deformativi più caratteristici per poter discernere i dissesti dovuti ai cedimenti fondali da quelli propri delle strutture murarie.

Questo primo passo sulla via della diagnosi è spedito se il dissesto ha raggiunto uno stadio di progressione avanzata oppure se le cause che l'hanno determinato non sono complesse. Ma se il dissesto è nelle sue fasi iniziali oppure deriva da cause complesse, occulta la sua natura a un esame preliminare e la discriminazione non può scaturire che da indagini più approfondite. Nell'un caso e nell'altro la diagnosi s'avvale di procedimenti diversi, almeno in alcune delle operazioni che valgono a concretarla.

273. - *Dissesti fondali.* - Se le caratteristiche fessurative e deformative del sistema lesionato offrono l'immediata indicazione del solo cedimento fondale, si deve approfondire l'osservazione delle manifestazioni stesse nei due paramenti di ciascuna membratura fatiscente per riconoscere, in massima, le componenti elementari del moto e il presumibile stato di tensione interna.

Nei riguardi delle fessurazioni occorre esaminare:

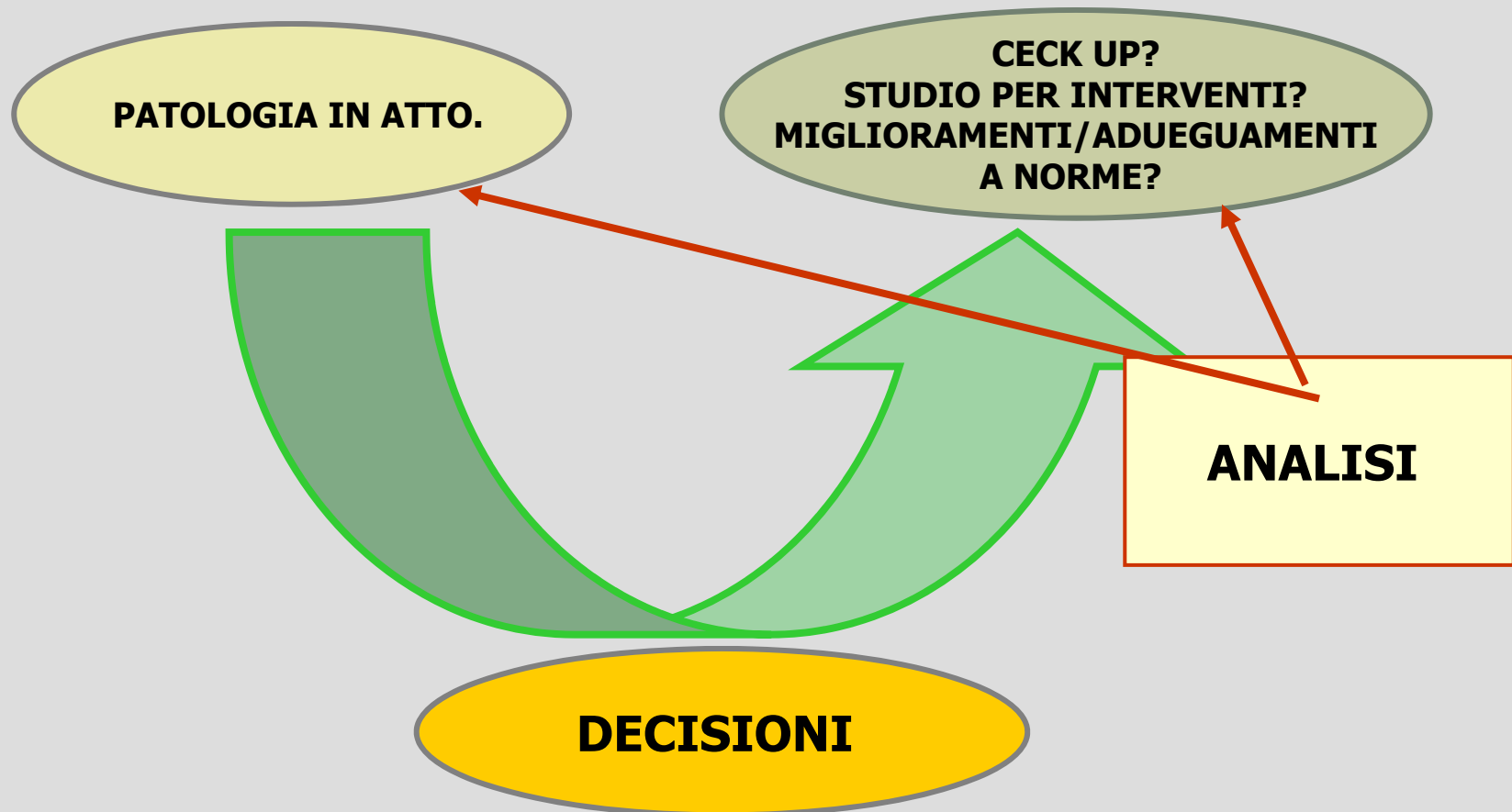
- le forme fessurative, nella fase capillare iniziale (nn. 87-88);
- le forme fessurative e le coppie di punti corrispondenti dei cigli nella fase capillare progredita (n. 88);
- le forme fessurative, e le componenti principali e secondarie della rotazione, nella fase rotatoria (n. 89);
- le forme fessurative, e le componenti traslatorie e rotatorie principali, nella fase di completo distacco (n. 90);

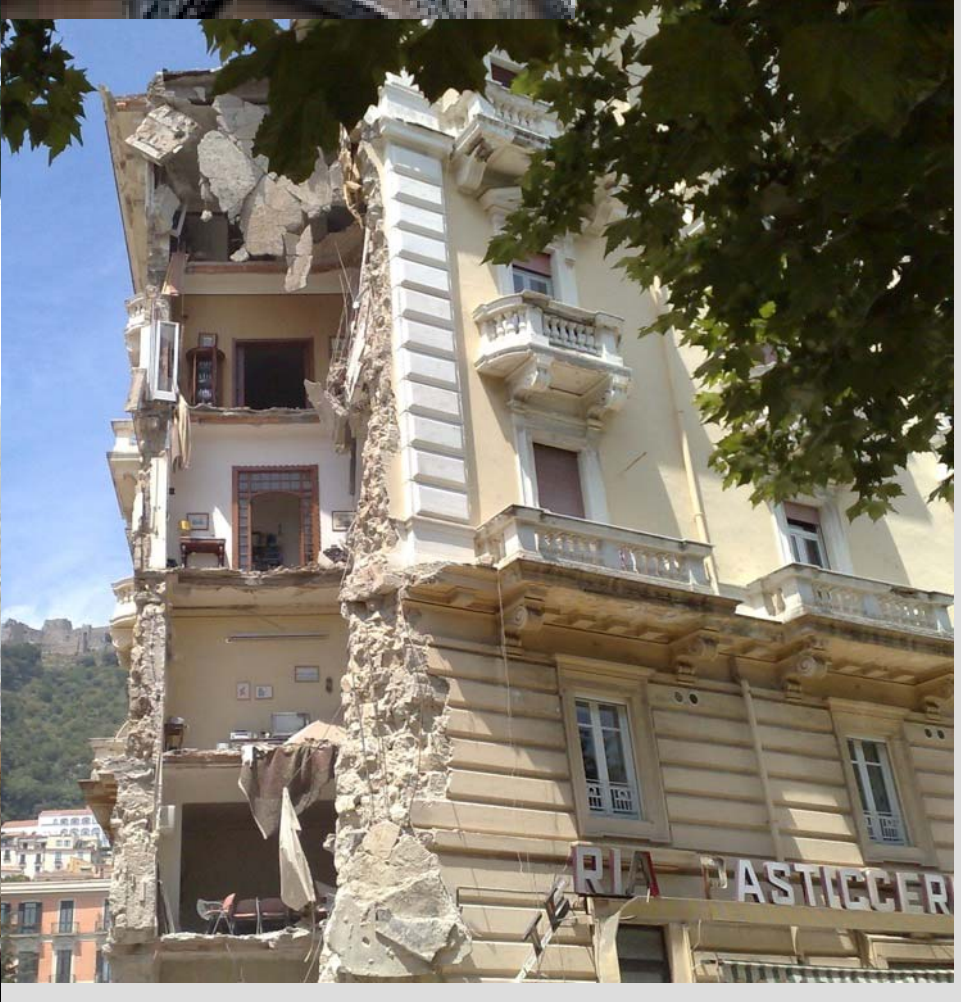
§ 3. - Relazione tecnica.

278. - Nella relazione, il tecnico dovrà riassumere le risultanze dei suoi studi. Riferirà sulle operazioni e sulle ricerche eseguite per l'accertamento dei dissesti che illustrerà con grafici e fotografie. Farà la discussione dei fenomeni di faticenza osservati ponendo in rilievo le relazioni fra le manifestazioni accertate per dedurne la diagnosi che formulerà in succinto a compendio dei suoi ragionamenti, non senza riportare le risultanze degli accertamenti eseguiti con saggi nelle murature e nel terreno. Proporrà infine i lavori di consolidamento necessari.

In un fascicolo a parte redigerà, se richiesto, il preventivo della spesa a corredo del progetto formulando però, nel modo più chiaro ed esplicito, le più ampie riserve sull'attendibilità di questo elaborato, atteso il carattere dei lavori quasi sempre ribelle a precisazioni preventive del costo.

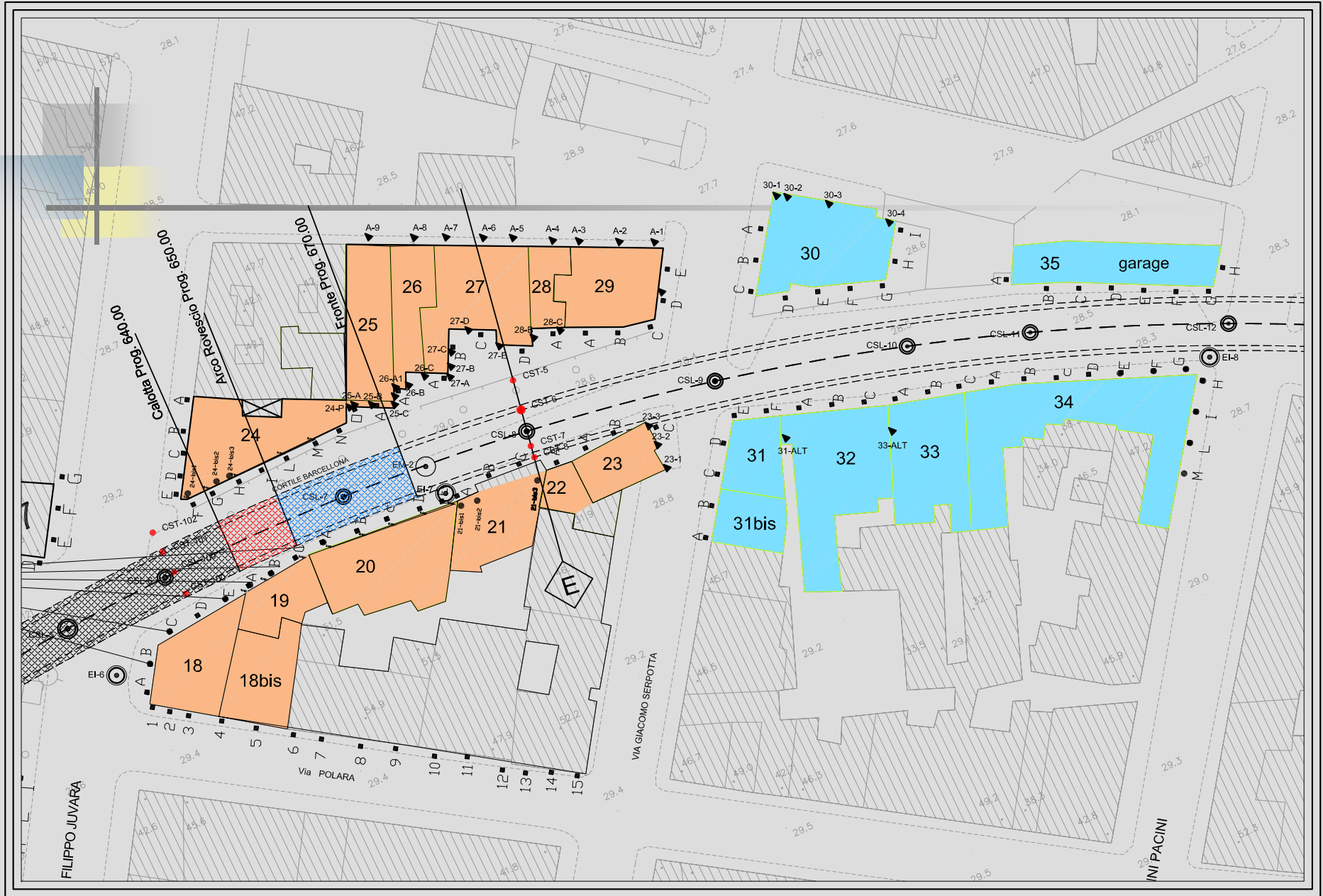
QUANDO E PERCHE' UNA DIAGNOSI











I differenti livelli di sicurezza conseguibili con interventi sulle costruzioni esistenti sono contemplati dalle **vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)** che prevedono tre diversi livelli di intervento sulle costruzioni esistenti, finalizzandoli al conseguimento di livelli di sicurezza progressivamente crescenti :

riparazione o rafforzamento locale, che interessa elementi isolati e comunque comporta (**almeno a livello locale**) un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti;

miglioramento, che prevede il conseguimento di un livello di sicurezza (globale, cioè riferito all'intera costruzione) **superiore a quello posseduto dalla costruzione prima dell'intervento**;

adeguamento, che prevede il conseguimento di un livello di sicurezza antisismica (globale) **pari o superiore a quello richiesto alle nuove costruzioni**.

Quando si considera il problema degli edifici esistenti le cose, ovviamente, cambiano rispetto a nuove costruzioni:

- ridurre la probabilità di superare un certo stato limite (o livello di prestazione) può comportare costi molto diversi da caso a caso;**
- può essere relativamente semplice raggiungere una certa probabilità e molto difficile raggiungerne una di poco inferiore;**
- di conseguenza potrebbe essere antieconomico voler raggiungere, ad ogni costo, una certa probabilità prescritta a priori.**

RISPETTO AL SISMA POI

Tutto ciò potrebbe suggerire che, a **fronte di risorse limitate, sia preferibile spendere la cifra a disposizione intervenendo su molte costruzioni in modo più limitato**

(ad esempio utilizzando interventi di rafforzamento locale per eliminare alcune gravi carenze strutturali e/o perseguendo con il miglioramento strutturale un livello di sicurezza antisismica pari al **60-80% del livello di sicurezza antisismica previsto dall'adeguamento),**

piuttosto che intervenire su poche costruzioni adeguandole a quanto previsto per le nuove costruzioni.

Significativo è che

Il comportamento delle costruzioni sottoposte ad azioni sismiche è un comportamento a soglie.

Al crescere progressivo del costo d'intervento non si assiste a una proporzionale riduzione della vulnerabilità (in specie delle strutture) e quindi dei danni e del conseguente rischio,

raggiunta una certa soglia, in molti casi occorre un significativo incremento dell'investimento affinché sia possibile raggiungere la successiva soglia di riduzione

Necessaria è ora la

CLASSIFICAZIONE SISMICA DEGLI EDIFICI:

Anche alla luce delle iniziative ed indirizzi del Governo Nazionale e Regionale per dare impulso ed avvio alla riqualificazione, messa in sicurezza e miglioramento sismico delle costruzioni.

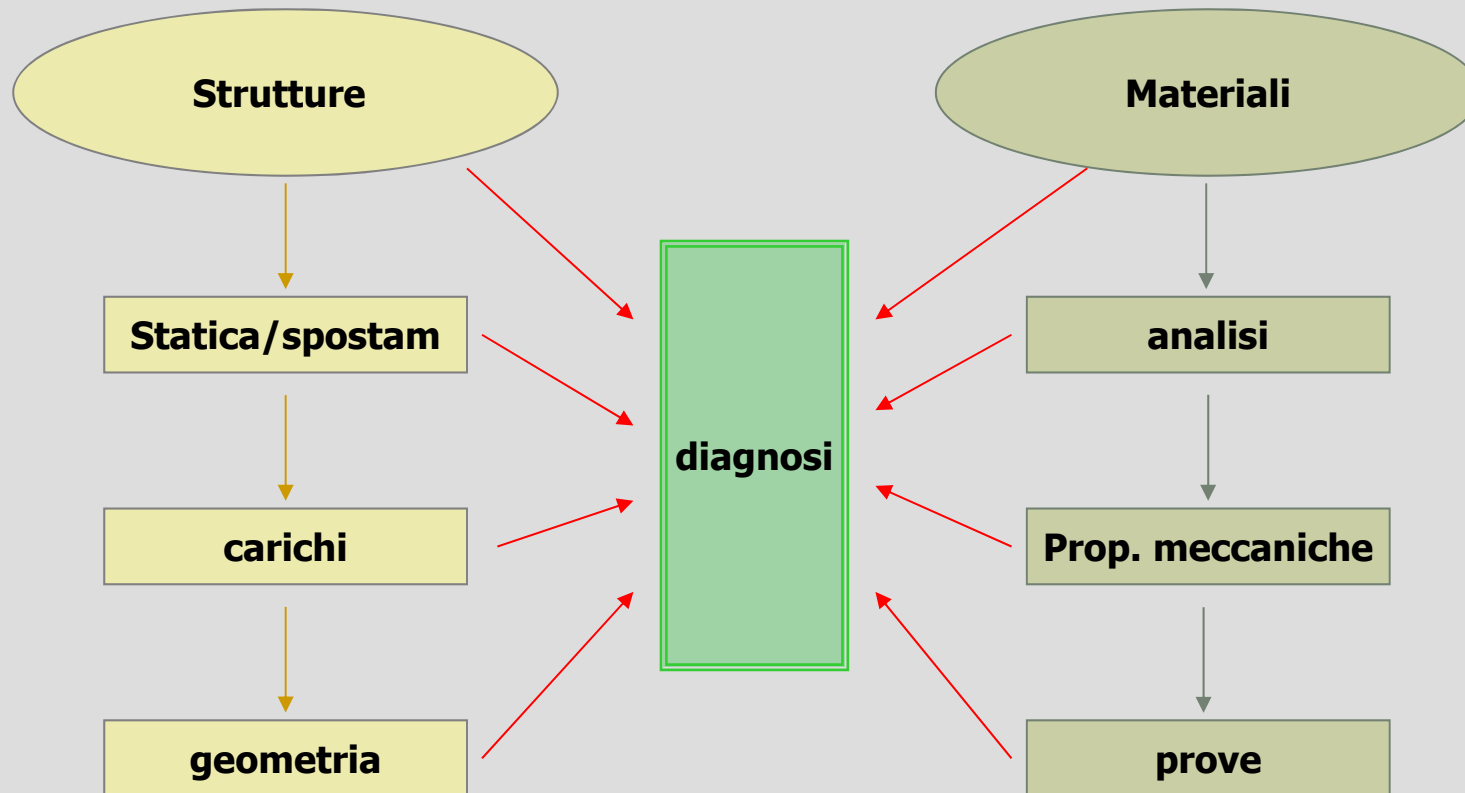
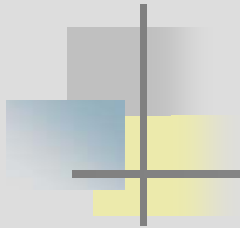
BONUS FISCALI – INCENTIVI

potrebbero essere ritardati, se non vanificati, in mancanza di regole chiare sulla diagnosi/classificazione delle costruzioni

MANCA L'UFFICIALITA' – ANCHE SE SONO GIA' STATE PREPARATE – DELLE LINEE GUIDA PER LA CLASSIFICAZIONE

IN QUESTO DOCUMENTO UN PUNTO NON TRASCURABILE SARA' L'ESAME DELLE POSSIBILITA' DI OTTENERE (O NON) RIDUZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA ATTRAVERSO GLI INTERVENTI LOCALI.

ARGOMENTO MOLTO SENTITO E NON SEMPLICE DA GESTIRE



Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2		Disegni costruttivi incompleti + <i>limitate</i> verifiche in-situ oppure <i>estese</i> verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto + <i>limitate</i> prove in-situ oppure <i>estese</i> prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi + <i>limitate</i> verifiche in-situ oppure <i>esaustive</i> verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali + <i>limitate</i> prove in-situ oppure <i>esaustive</i> prove in-situ	Tutti	1.00

	Rilievo (dei dettagli costruttivi)	Prove (sui materiali)
	Per ogni tipo di elemento "primario" (trave, pilastro ...)	
Verifiche limitate	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls per 300 mq di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
Verifiche estese	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls per 300 mq di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
Verifiche esaustive	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls per 300 mq di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

EDIFICI IN C.A.

Tra le modifiche intervenute: ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire prove distruttive – non più del 50% - con un ampio numero (almeno il triplo) di prove non distruttive [a 2 o 3 parametri] calibrate preventivamente sui campioni (carote) estratti

EDIFICI IN MURATURA

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Rilievo strutturale	<i>limitate</i> verifiche in-situ	<i>limitate</i> Indagini in-situ	Tutti	1.35
LC2		<i>esaustive ed esaustive</i> verifiche in-situ	<i>estese</i> indagini in-situ	Tutti	1.20
LC3		<i>esaustive ed esaustive</i> verifiche in-situ	<i>esaustive</i> indagini in-situ	Tutti	1.00

DIFFICOLTA' PER UNA DIAGNOSI ATTENDIBILE

Diagnostica e determinazione delle cause o dei potenziali meccanismi, così come delle proprietà elasto-meccaniche dei materiali in opera.



Classe di problemi “**INVERSI**”.

DIFFICOLTA'

- a) In genere tali problemi possono essere **MAL-POSTI** senza garanzia di **ESISTENZA-UNICITA'** della soluzione;
- b) Il problema deve essere **BEN CONDIZIONATO**.



PERCORSO ILLUSTRATIVO

**CONOSCENZA SU
BASE SPERIMENTALE**

**CONOSCENZA SU
BASE
NUMERICA
COMPUTAZIONALE**

**CONOSCENZA SU
BASE
TEORICO-SPERIMENTALE**

**CONOSCENZA/SUGGERIMENTI SU
BASE
STORICA E MORFOLOGICA
DELLE STRUTTURE**

PROTOCOLLI DI INDAGINE

EDIFICI COSTRUITI IN MURATURA O MATERIALI LAPIDEI

Prove DISTRUTTIVE

- Ispezione diretta
- Carotaggi
- Prove di Pull-out
- Prove di penetrazione
- Martinetti Piatti

Prove NON DISTRUTTIVE

- Termografia
- Endoscopia
- Indagini soniche
- Georadar
- Monitoraggio dei quadri fessurativi

Georadar



Martinetti piatti



Termocamera



**Sistema ad ultrasuoni con
oscilloscopio**



PROTOCOLLI DI INDAGINE

EDIFICI COSTRUITI IN C.A. E STRUTTURE MISTE

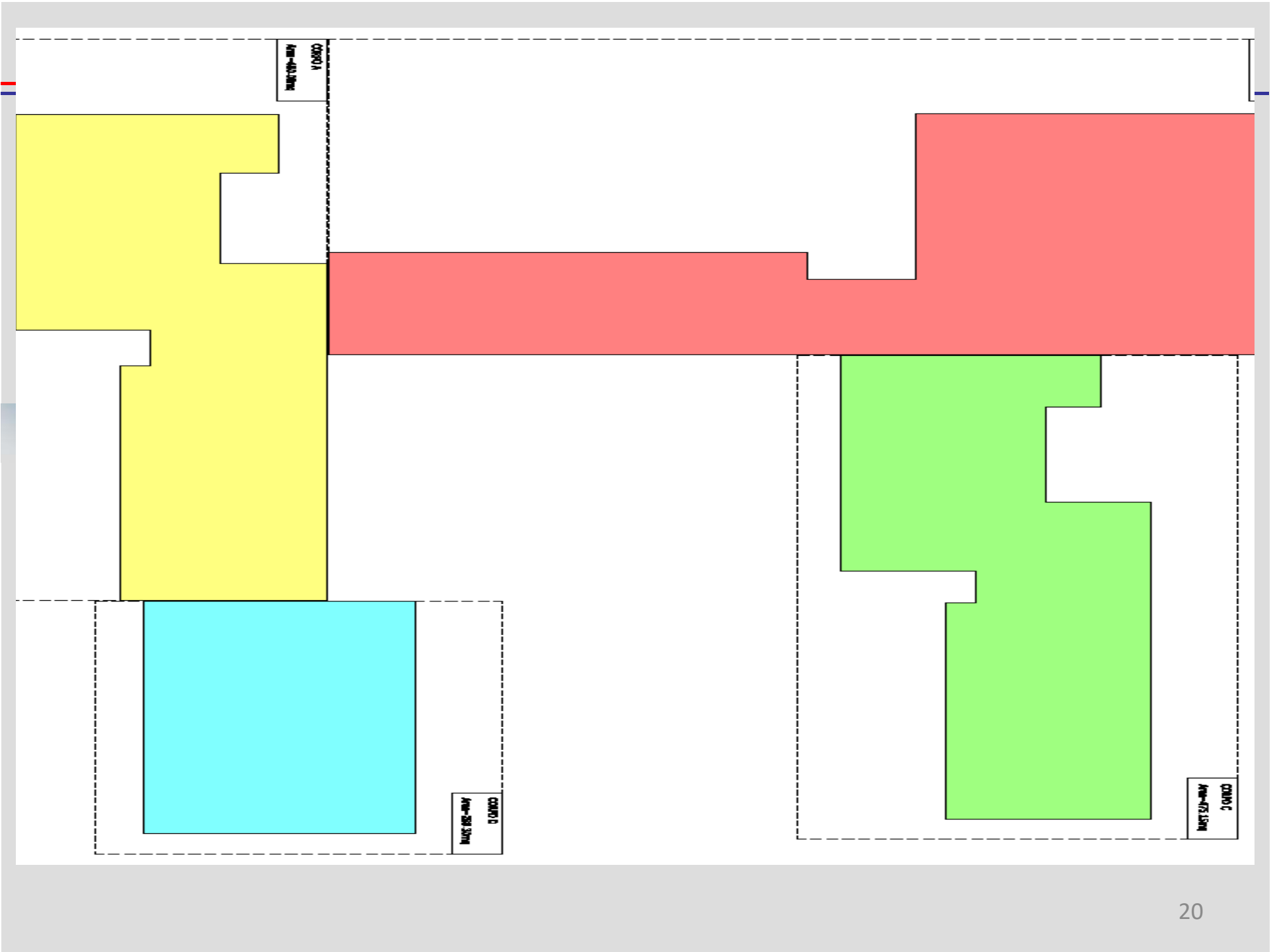
Prove DISTRUTTIVE

- Prelievo e schiacciamento di provini cilindrici (*carote*)
- Saggi dei ferri di armatura

Prove NON DISTRUTTIVE

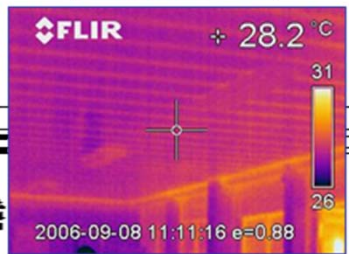
- Termografia
- Indagine sclerometrica
- Indagine ultrasonica
- Prova di estrazione (*pull-out*)
- Prova con Sonda Windsor
- Prova di carbonatazione
- Corrosione delle armature



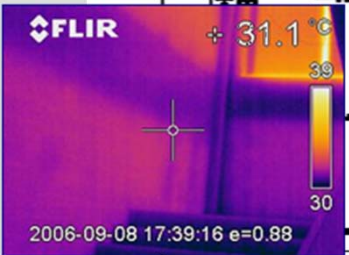


CORPO B
Ave - 223,50 m

TERMO n°1



TERMO n°4



TERMO n°3



TERMO n°2

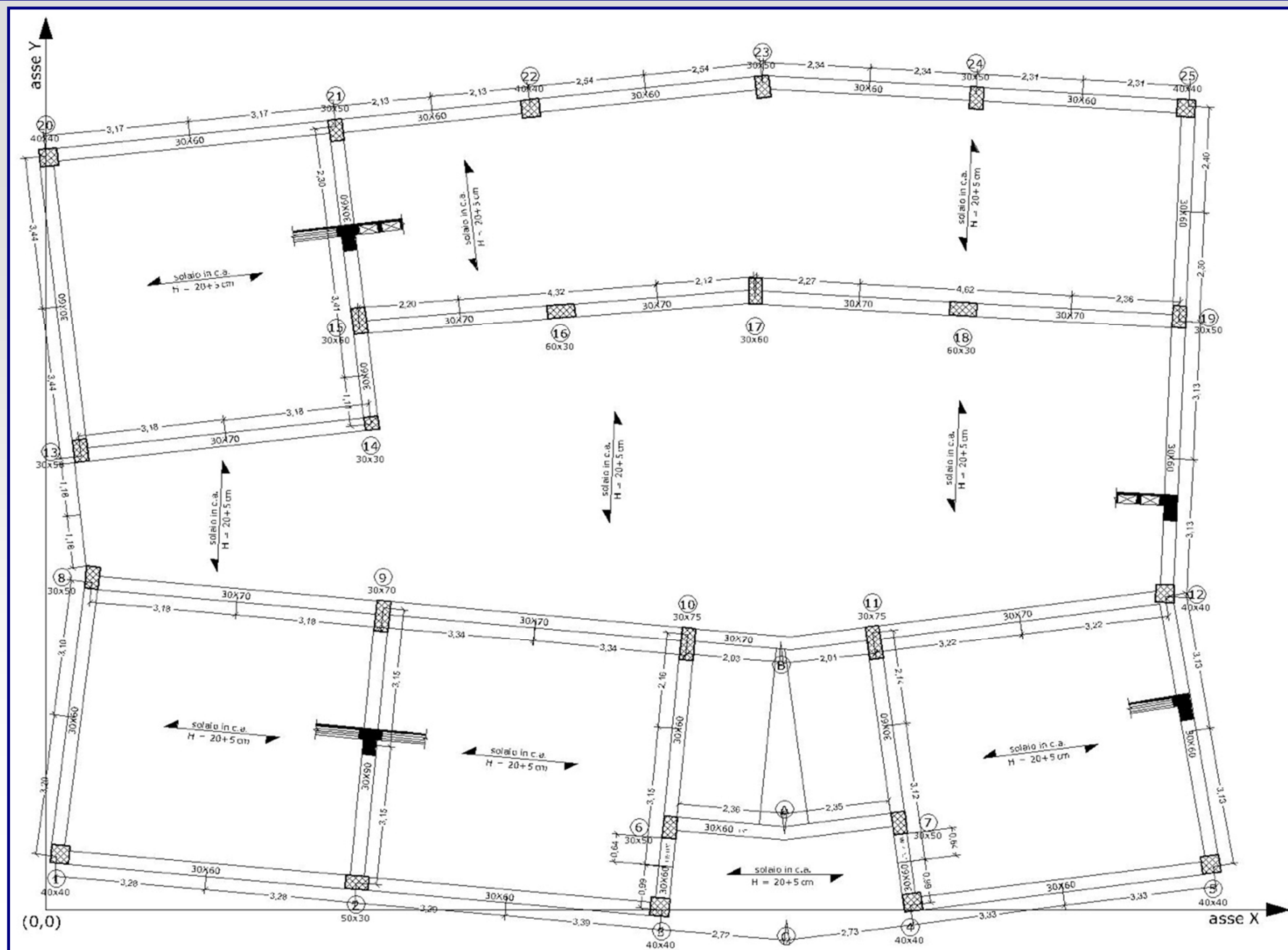


INTERCAMPIONE SQUADRA LAVORO - ORGANIZZAZIONE 196

CORPO D
Ave - 219

1.1. La presente è un'analisi fotografica termica non distruttiva per la rilevazione delle anomalie di temperatura e dell'isolamento termico. L'analisi è stata effettuata in condizioni di temperatura ambiente e di umidità relativa dell'aria pari al 60%.

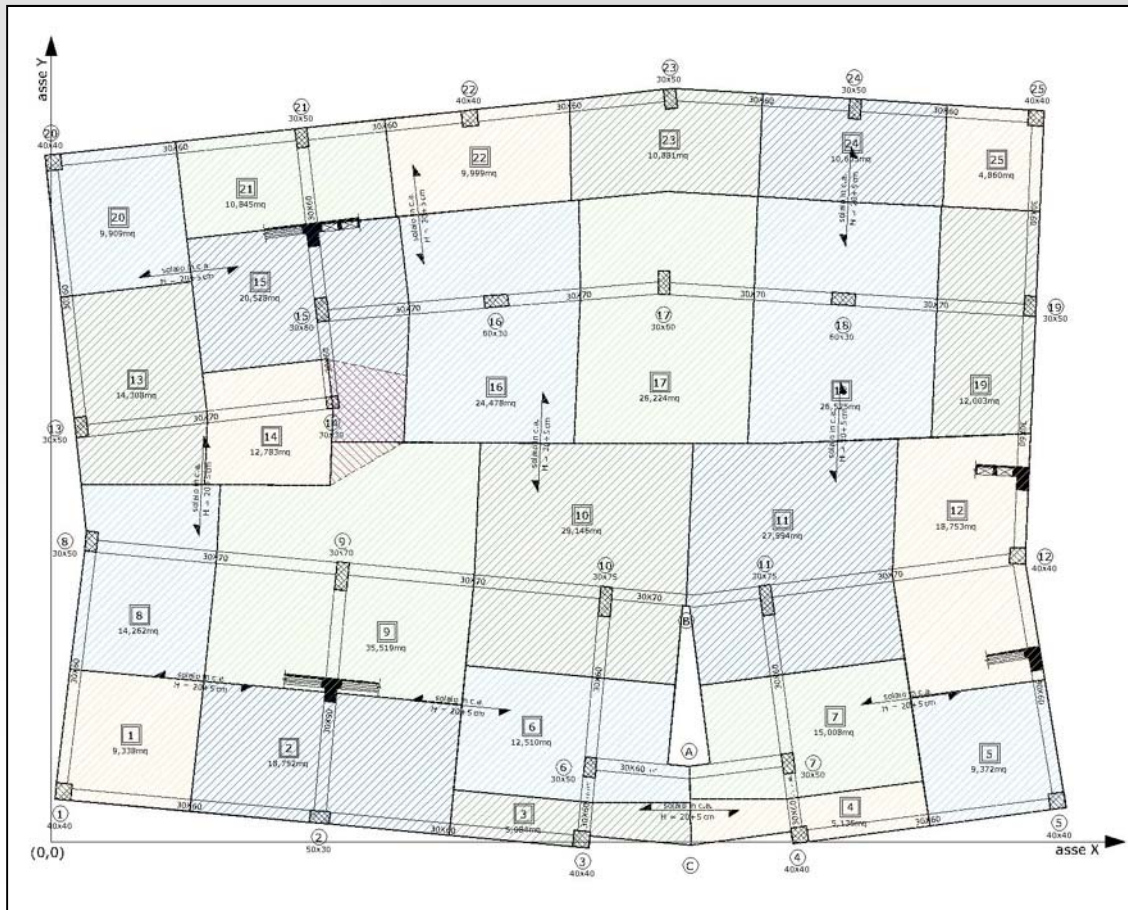
CARPENTERIA





PROGETTO SIMULATO

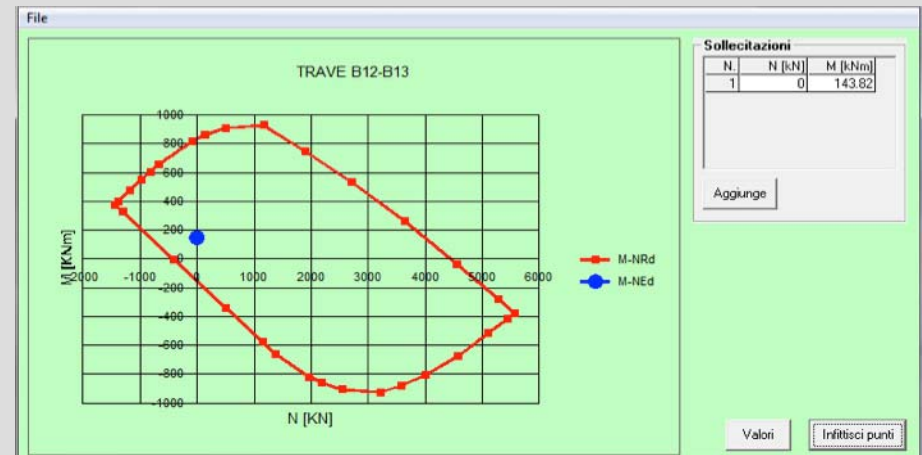
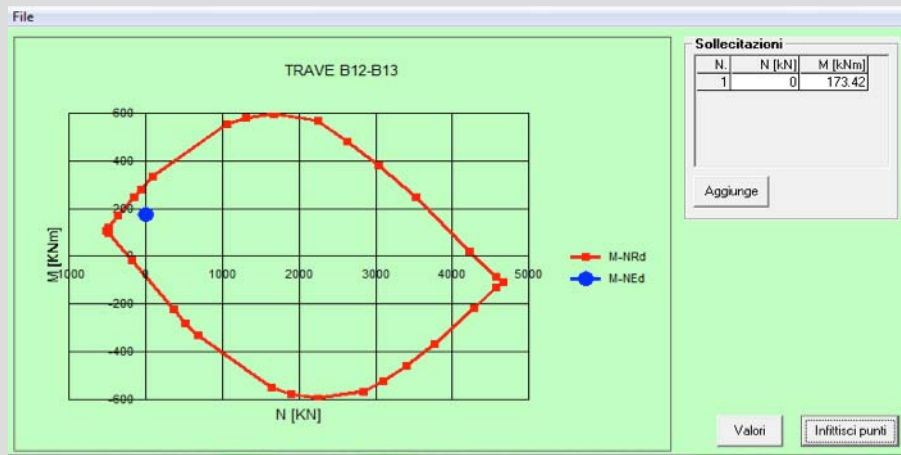
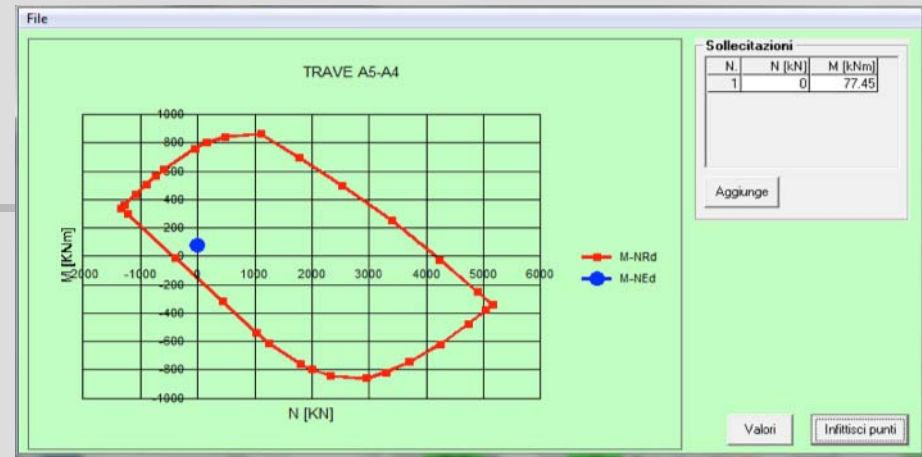
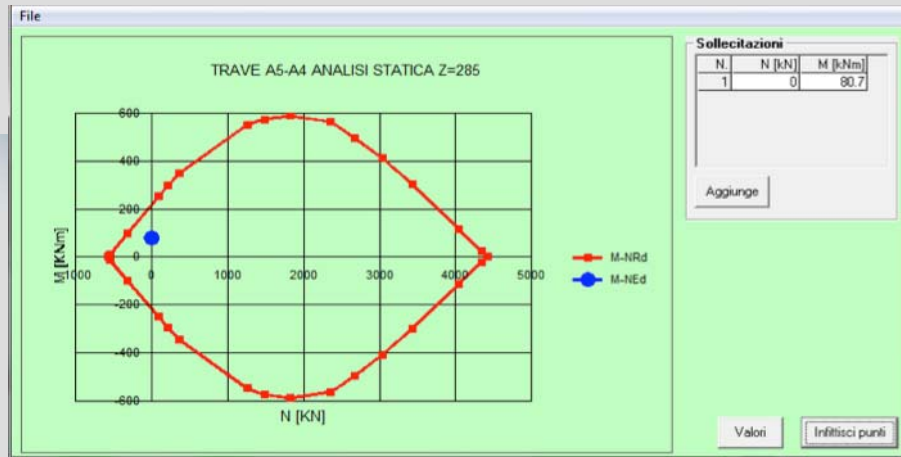
INDIVIDUAZIONE PRELIMINARE DEI PUNTI CRITICI



Tab.02-04: Tassi di lavoro dei pilastri.

Pilastri	IV Livello	III Livello	II Livello	I Livello
1	9%	19%	29%	39%
2	19%	41%	63%	85%
3	7%	14%	21%	28%
4	7%	14%	21%	28%
5	9%	19%	29%	39%
6	15%	30%	44%	59%
7	14%	29%	43%	57%
8	14%	31%	47%	64%
9	22%	48%	75%	101%
10	17%	34%	51%	68%
11	16%	33%	49%	66%
12	17%	37%	58%	78%
13	15%	32%	49%	67%
14	18%	39%	61%	83%
15	18%	40%	62%	84%
16	18%	40%	62%	84%
17	18%	40%	63%	85%
18	18%	41%	64%	86%
19	14%	30%	46%	62%
20	9%	20%	30%	40%
21	12%	27%	41%	56%
22	9%	20%	31%	41%
23	10%	22%	34%	45%
24	9%	21%	32%	43%
25	5%	11%	18%	24%

DOMINI RESISTENZA A CONFRONTO



ANALISI DEI RISULTATI

STIMA RESISTENZA METODO SONREB

I risultati delle prove NDT vengono mediati su ciascuna faccia ottenendo valori medi che vengono implementati nella correlazione SonReb proposta dalle raccomandazioni Rilem:

$$R_{ilem} \quad R_c = 7.695 * 10^{-11} IR^{1.4} V_m^{2.6} \quad \left[\frac{m}{s} \right]$$

Dal punto di vista ingegneristico la correlazione è stata successivamente corretta sulla base dei dati di schiacciamento introducendo un coefficiente k:

$$K = \frac{\sum_1^n \frac{R_i}{R_{c,i}}}{n}$$

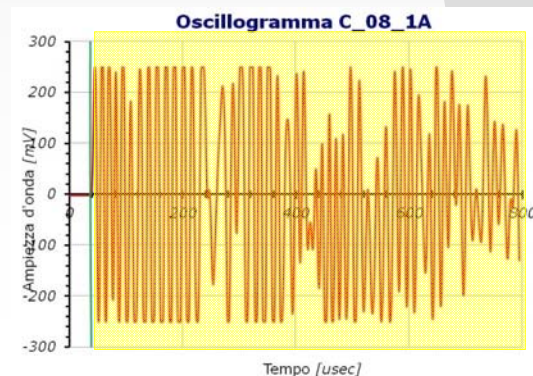
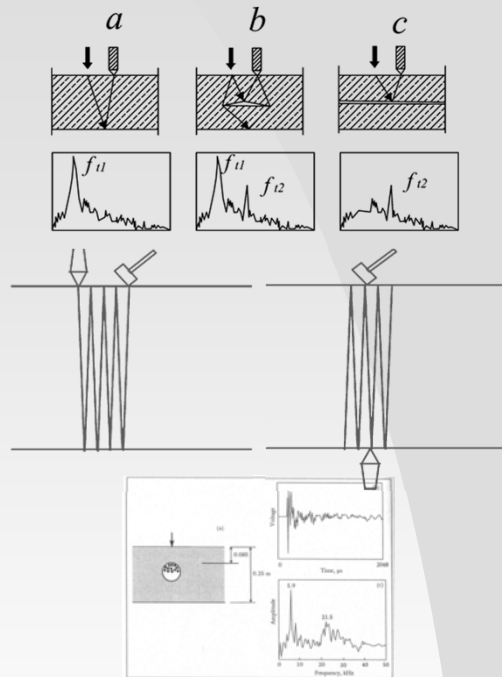
$$R_s = K (7.695 * 10^{-11} IR^{1.4} V_m^{2.6}) \quad \left[\frac{m}{s} \right]$$

Nel caso in esame: n=10; K=1.20

Denominazione Campione	SonReb RILEM	SonReb CORRETTE
	MPa	MPa
02	31.75	38.09
07	32.56	39.06
09	35.28	42.32
01	34.92	41.88
03	33.80	40.55
05	33.49	40.17
06	33.41	40.07
10	32.30	38.75
04	32.13	38.54
08	32.13	38.54

ANALISI AVANZATA DEI RISULTATI

ANALISI DELLE FREQUENZE



L'analisi consiste nello scomporre il segnale in una somma o in un integrale di funzioni armoniche. L'insieme delle frequenze delle armoniche contenute nel segnale e dei relativi moduli e fasi costituiscono il contenuto in frequenza del segnale. Per ottenere lo spettro in frequenza si opera in funzione del tipo di segnale di input con uno dei metodi di Fourier

Segnali continui
Periodici

Serie di
Fourier

Segnali continui
aperiodici

Condizione
di
Dirichelet

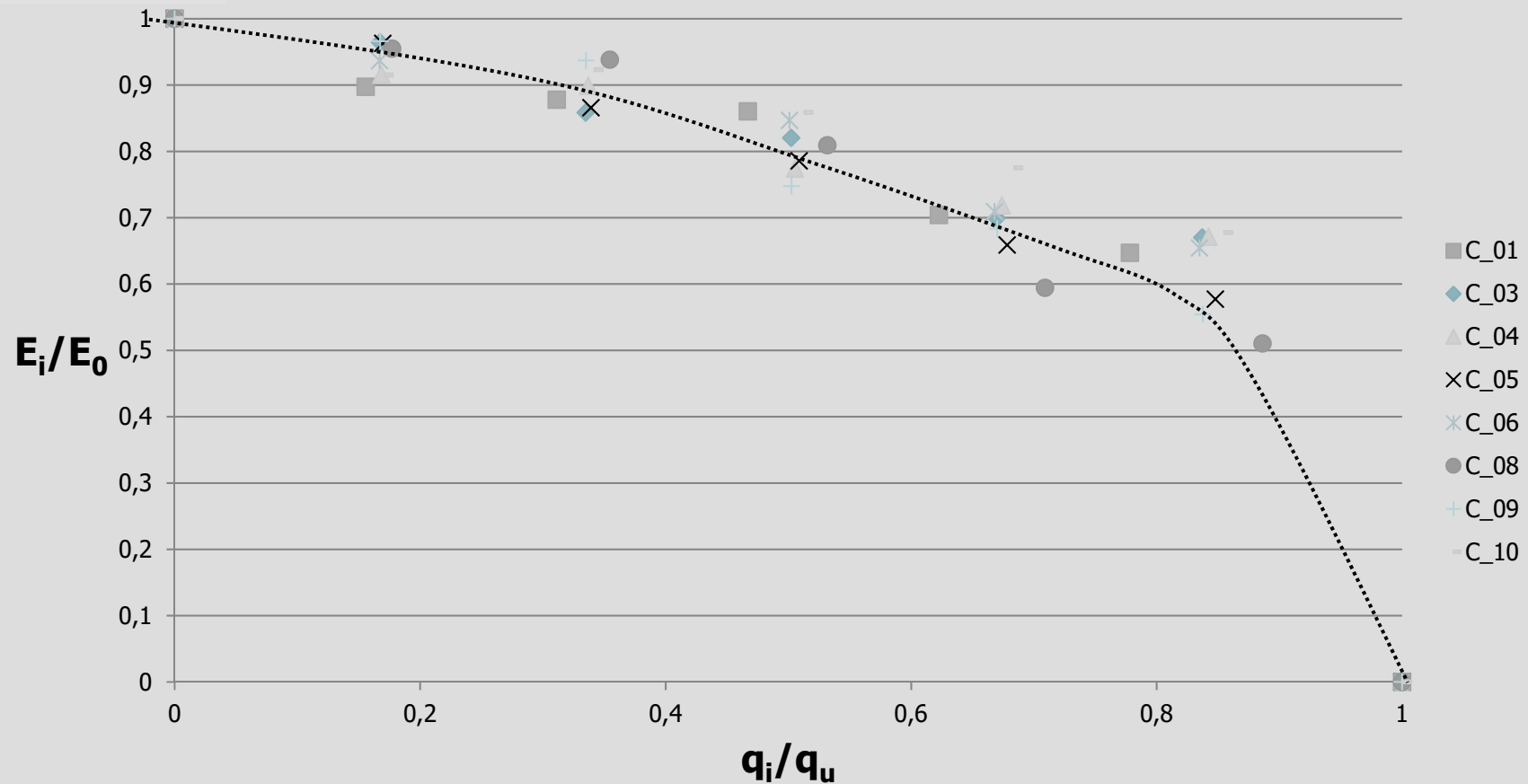
Trasformata di
Fourier (FT)

Segnali
digitali

Trasformata
Discreta di Fourier
(DFT)

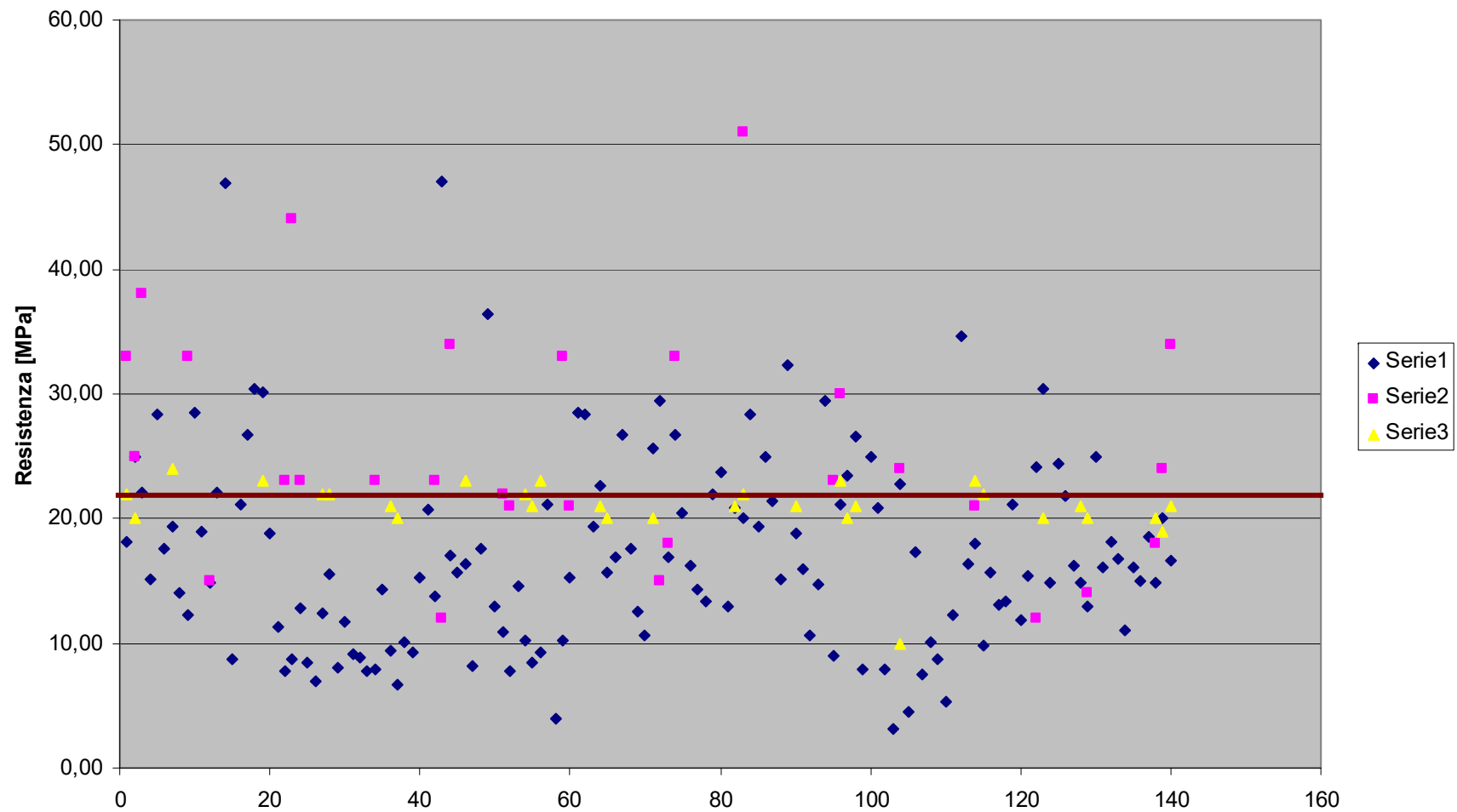
ANALISI DEI RISULTATI

VALUTAZIONE LEGAME COSTITUTIVO TEORICO/SPERIMENTALE



CONFRONTI

Confronto dei risultati ottenuti con i tre metodi



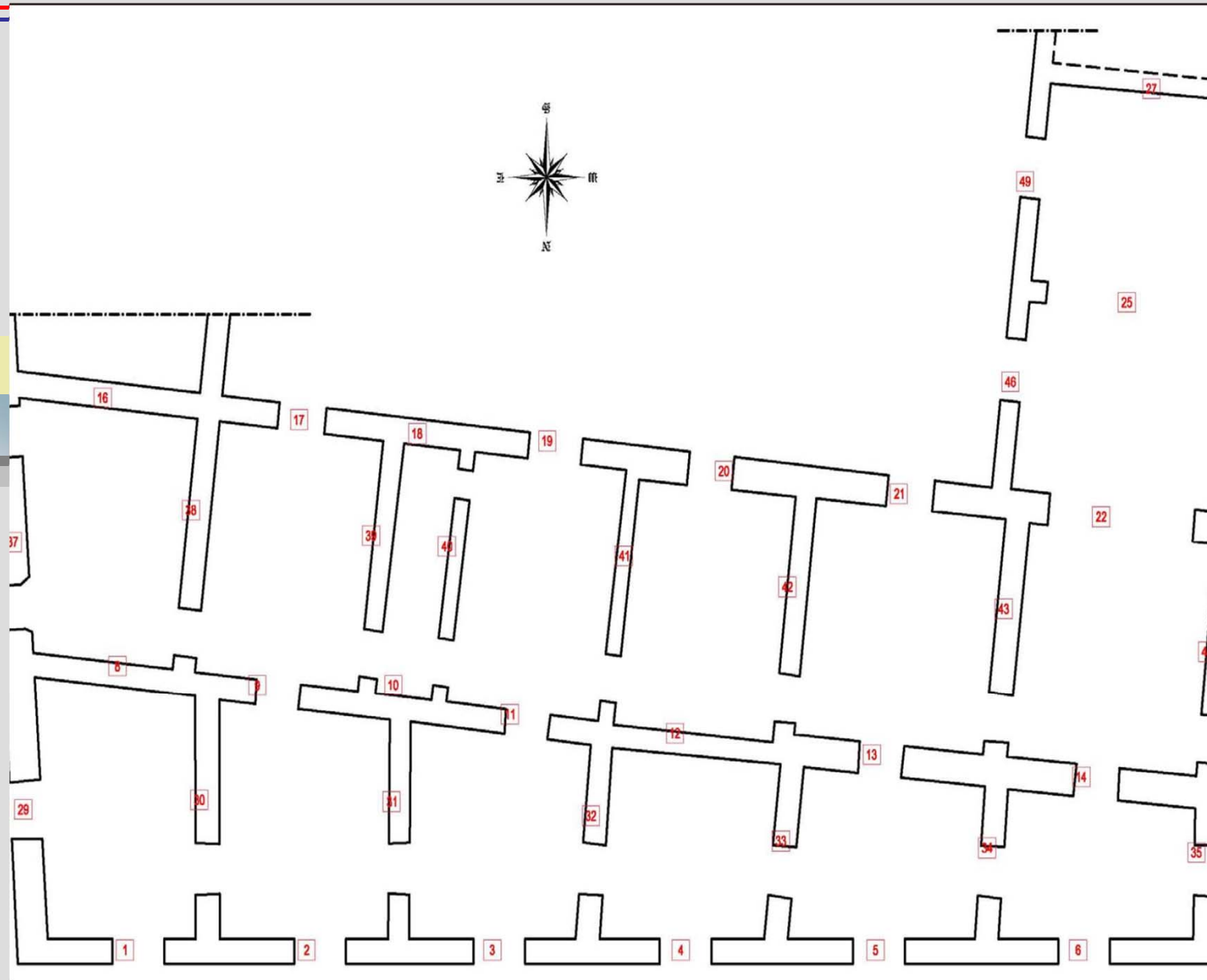
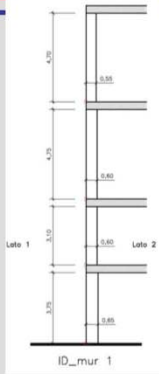


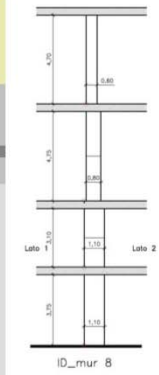
Figura 11 - Schema planimetrico per l'individuazione dei maschi murari

Carichi agenti sul muro ID_mur 01



Muratura					Solaio Lato 1					Solaio Lato 2					Risultante dei carichi					Tensioni							
ID_mur	Livello	Tipologia	Spessore [m]	Altezza [m]	G _{MUR} [kg/m]	d _{MUR} [m]	Direzione Solaio	ID_sol	Luce [m]	G _{SOL} [kg/m]	Q _{SOL} [kg/m]	d _{SOL} [m]	Direzione Solaio	ID_sol	Luce [m]	G _{SOL} [kg/m]	Q _{SOL} [kg/m]	d [m]	P _{F.LIV} [kg/m]	P _{LIV} [kg/m]	P _{CHIAV} [kg/m]	d [m]	Δd [m]	e [m]	caso eccentricità	Lato 1 [kg/cm ²]	Lato 2 [kg/cm ²]
1	4	perimetrale con aperture	0,55	4,70	3.403	0,28	assente	-	-	-	-	-	perpendicolare al muro	04/13	6,93	1.871	693	0,37	0	5.967	5.967	0,31	0,039	piccola eccentricità	0,62	1,55	
	3	perimetrale con aperture	0,60	4,75	3.751	0,30	assente	-	-	-	-	-	perpendicolare al muro	03/13	7,00	1.855	700	0,40	5.967	6.306	12.273	0,33	0,00	0,028	piccola eccentricità	1,48	2,61
	2	perimetrale con aperture	0,60	3,10	2.117	0,30	assente	-	-	-	-	-	perpendicolare al muro	02/13	7,05	1.868	705	0,40	12.273	4.691	16.964	0,34	0,00	0,035	piccola eccentricità	1,83	3,83
	1	perimetrale con aperture	0,65	3,75	2.942	0,33	assente	-	-	-	-	-	vuota	01/13	7,05	1.868	705	0,43	16.964	5.515	22.479	0,35	0,020	piccola eccentricità	2,81	4,10	

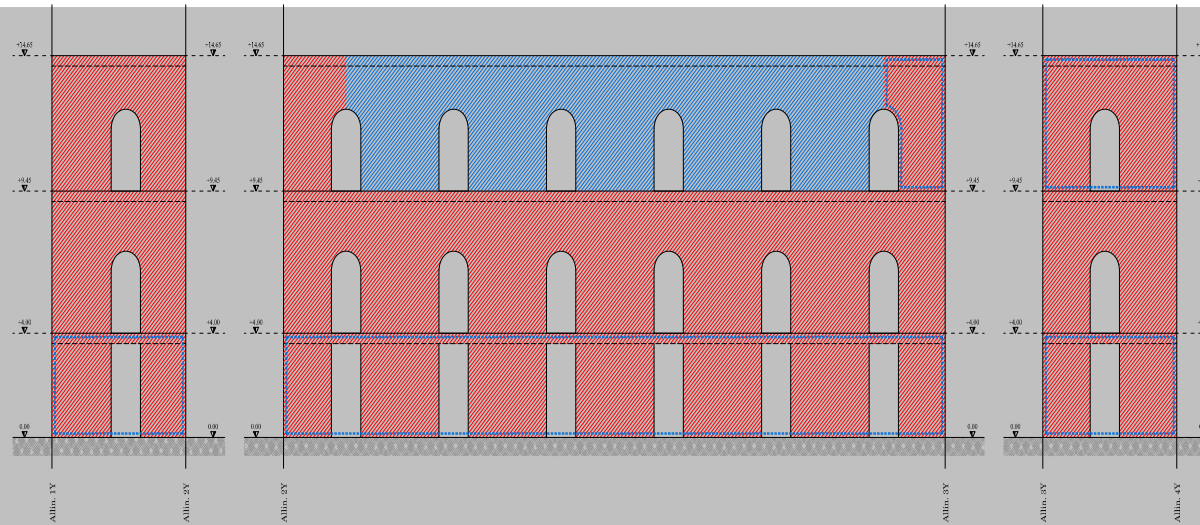
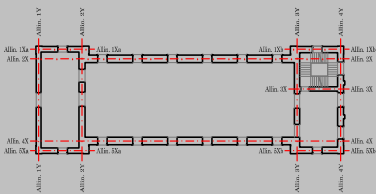
Carichi agenti sul muro ID_mur 08



Muratura					Solaio Lato 1					Solaio Lato 2					Risultante dei carichi					Tensioni							
ID_mur	Livello	Tipologia	Spessore [m]	Altezza [m]	G _{MUR} [kg/m]	d _{MUR} [m]	Direzione Solaio	ID_sol	Luce [m]	G _{SOL} [kg/m]	Q _{SOL} [kg/m]	d _{SOL} [m]	Direzione Solaio	ID_sol	Luce [m]	G _{SOL} [kg/m]	Q _{SOL} [kg/m]	d [m]	P _{F.LIV} [kg/m]	P _{LIV} [kg/m]	P _{CHIAV} [kg/m]	d [m]	Δd [m]	e [m]	caso eccentricità	Lato 1 [kg/cm ²]	Lato 2 [kg/cm ²]
8	4	di spina senza aperture	0,60	4,70	4.512	0,30	perpendicolare al muro	04/13	6,93	1.871	693	0,10	parallelo al muro	04/14	0,20	108	40	0,50	0	7.224	7.224	0,23	-0,067	piccola eccentricità	2,01	0,40	
	3	di spina con aperture	0,80	4,75	5.241	0,40	perpendicolare al muro	03/13	7,00	1.855	700	0,13	parallelo al muro	03/14	0,20	106	40	0,67	7.224	7.942	15.167	0,33	0,10	-0,074	piccola eccentricità	2,95	0,84
	2	di spina con aperture	1,10	3,10	4.412	0,55	perpendicolare al muro	02/13	7,05	1.868	705	0,18	parallelo al muro	02/14	0,20	106	40	0,92	15.167	7.131	22.298	0,36	0,00	-0,192	piccola eccentricità	4,15	-0,10
	1	di spina con aperture	1,10	3,75	5.524	0,55	vuota	01/13	7,05	1.868	705	0,18	vuota	01/14	0,20	106	40	0,92	22.298	8.244	30.541	0,38	0,00	-0,170	piccola eccentricità	5,35	0,21

Il peso della muratura (G_{MUR}) è stato calcolato tenendo conto anche della percentuale dei vuoti che per il muro 08 risulta = 1,00% al Livello 4; 0,86% al Livello 3; 0,81% al Livello 2 e 0,84% al Livello 1.

PADIGLIONE 14



A. Pannelli non verificati nella condizione SUI con modello di calcolo con fascia di piano non collaborante



B. Pannelli non verificati nella condizione SUI con modello di calcolo con fascia di piano collaborante (modello F, E, M.)



Pannelli non verificati nella condizione SUI in entrambi i modelli di calcolo (A e B.)



Verifica della presenza ed efficacia di connettori a taglio tra elementi in c.a. e paramento murato residuo



Rinforzo pareti con maglia bi-componente e rete



Intervento di Confinamento con n. 3 fasce orizzontali in fibra di carbonio



Intervento di Confinamento con n. 4 fasce orizzontali in fibra di carbonio



Intervento di Confinamento con n. 3 fasce orizzontali in fibra di carbonio



Parete in c.a. di 20 cm



Parete in c.a. di 20 cm



Parete in c.a. di 30 cm

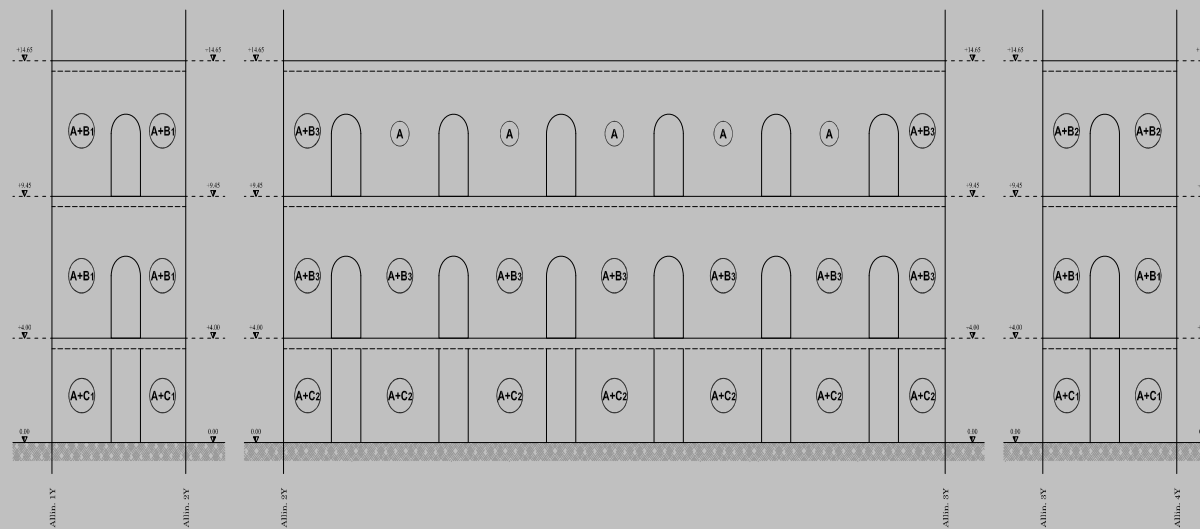
Nota:

All'atto esecutivo Intensità e tipologia di consolidamenti potranno essere variati sulla scorta di approfondimenti locali di conoscenza.

Allineamento 5Xa

Allineamento 4X

Allineamento 5Xb

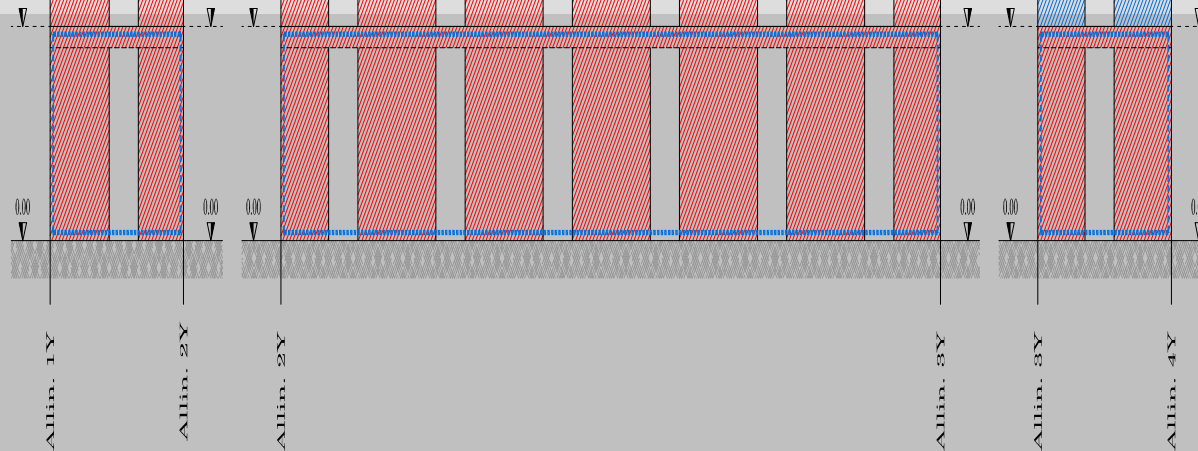


ADDS. 1X

ADDS. 3Y

ADDS. 3X

ADDS. 4Y



A. Pannelli non verificati nella condizione SLU con modello di calcolo con fasce di piano non collaborante



B. Pannelli non verificati nella condizione SLU con modello di calcolo con fasce di piano collaborante (modello F. E. M.)

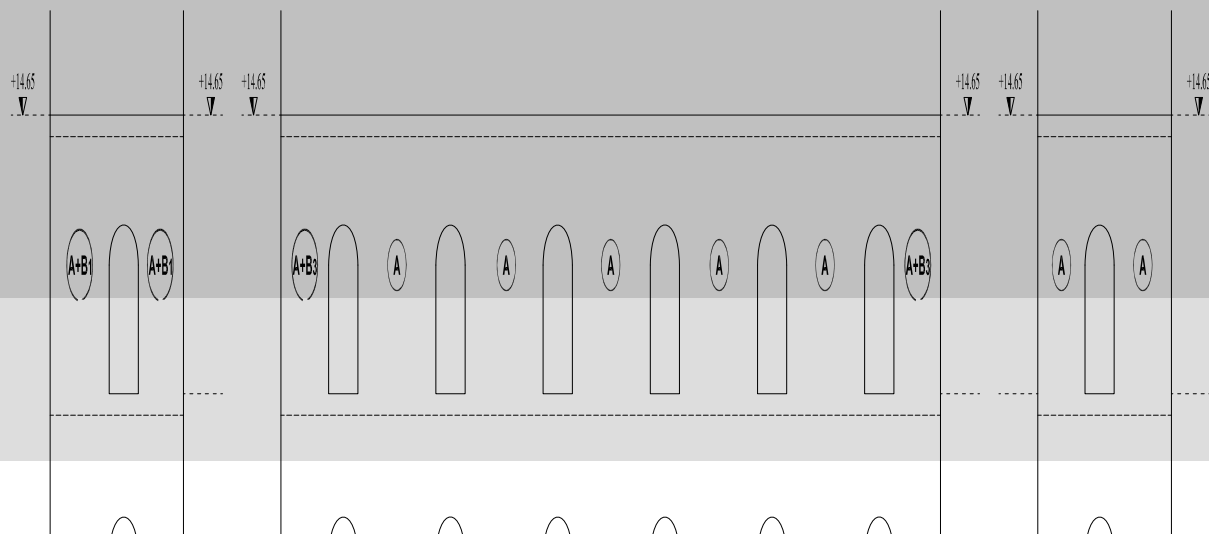


Pannelli non verificati nella condizione SLU in entrambi i modelli di calcolo (A, e B.)

Allineamento 1Xa

Allineamento 2X

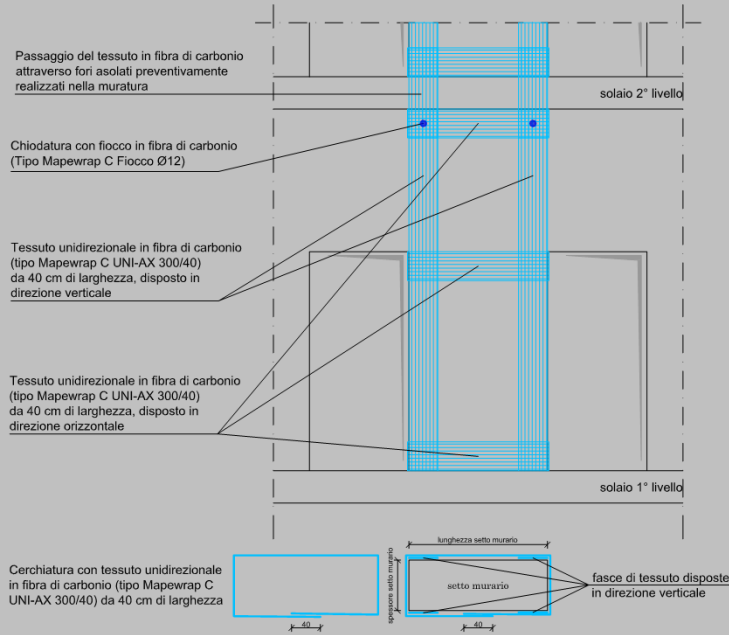
Allineamento 1Xb



Particolare B1

Pannello rinforzato con n° 3 fasce orizzontali in fibra di carbonio

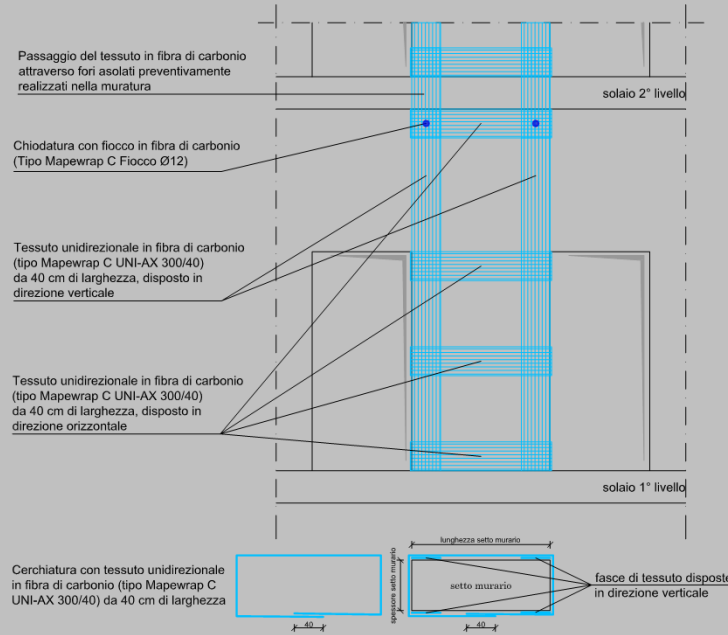
scala 1:50



Particolare B2

Pannello rinforzato con n° 4 fasce orizzontali in fibra di carbonio

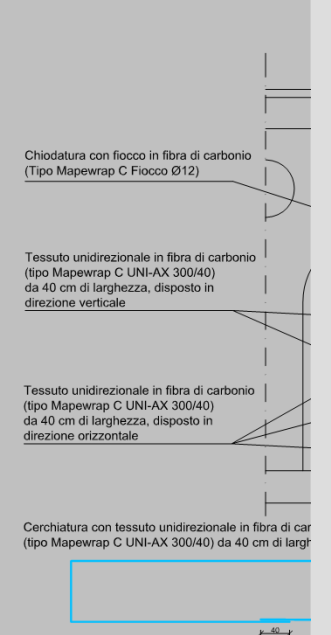
scala 1:50



Particolare B3

Pannello rinforzato con n° 3

scala 1:50



FASE PRELIMINARE

CONSOLIDAMENTO DEI PANNELLI MURARI

Si prevede la seguente tecnologia tipo:

- 1) Rimozione delle parti incoerenti della muratura e messa a nudo dei conci murari, inzeppatura delle lesioni con scaglie di mattoni pieni, applicazione di tubicini per la sigillatura delle lesioni con malta fluida (Tipo Mape-Antique I, Mapei);
- 2) Pulizia della superficie con aria compressa;
- 3) Dopo aver rimosso il materiale incoerente procedere a lavare la struttura con acqua al fine di rimuovere le efflorescenze ed eliminare i sali solubili presenti nelle murature. Ripetere l'operazione, se necessario, più volte al fine di sciogliere eventuali sali presenti sull'interfaccia della muratura;
- 4) Applicazione a cazzuola di uno strato di malta (Tipo Mape-Antique MC) sulle superfici bagnate;
- 5) Dopola maturazione della malta si procederà alla posa in opera di tessuti in fibra di carbonio.

FASE N° 1

INTERVENTO DI RAFFORZAMENTO DEI PANNELLI MURARI

- Applicazione di tessuto in fibra di carbonio

Si prevede la seguente tecnologia tipo:

- 1) Spazzolatura delle superfici e trattamento delle stesse, al fine di eliminare le parti friabili;
- 2) Pulizia della superficie con aria compressa;
- 3) Applicazione a pennello di uno strato di primer (Tipo Mapewrap Primer 1, Mapei) sulle superfici di posa in opera dei tessuti;
- 5) Applicazione a spatola o cazzuola di uno strato di stucco epossidico bicomponente (Tipo Mapewrap 12, Mapei) per l'incollaggio dei tessuti;
- 6) Applicazione a pennello di uno strato di adesivo epossidico (Tipo Mapewrap 31, Mapei) fresco su fresco sullo stucco epossidico;
- 7) Applicazione di fasce di tessuto unidirezionale (Tipo Mapewrap C UNI-AX 300/40) in fibra di carbonio per il rinforzo a pressoflessione e taglio;
- 8) Rullatura superficiale al fine di eliminare tutte le bolle d'aria;
- 9) Applicazione a pennello sul tessuto posto in opera di un ulteriore strato di adesivo epossidico (Tipo Mapewrap 31, Mapei);
- 10) Spolveratura di sabbia secca sull'adesivo epossidico ancora fresca avente la funzione di aggrappante.

FASE N° 2

INTERVENTO DI CHIODATURA DEI PANNELLI MURARI

- Applicazione di tessuto in fibra di carbonio

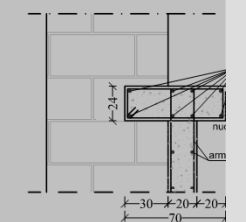
Si prevede la seguente tecnologia tipo:

- 1) Realizzazione di un foro ϕ 20 nel pannello murario e pulizia dello con aria compressa;
- 2) Realizzazione del fiocco di ancoraggio, costituito da una corda in fibra di carbonio (Tipo Mapewrap C Fiocco ϕ 12) con una lunghezza pari allo spessore del muro + 30 cm + 30 cm;
- 3) Impregnazione del fiocco e sigillatura del foro con adesivo epossidico (Tipo Mapewrap 31, Mapei);
- 4) Apertura del fiocco per i restanti 30 cm sulle due facce del pannello murario (unidirezionale) precedentemente applicate al supporto murario;
- 5) Applicazione a pennello di uno strato di adesivo epossidico (Tipo Mapewrap 31) sul tessuto posto in opera;
- 6) Applicazione di un riquadro di tessuto quadriassiale in fibra di carbonio del peso di 380 gr/m² e larghezza 0,42 m (Tipo Mapewrap C QUADRI-AX 380/42) sulle due parti sfoccate della corda, avente la funzione di "tappo";
- 7) Applicazione a pennello sul tessuto quadriassiale posto in opera di un ulteriore strato di adesivo epossidico;
- 8) Spolvero di sabbia secca avente la funzione di aggrappante per l'intonaco;

(A)	Rinforzo pareti con malta bicomponente e rete
(B ₁)	Intervento di Confinamento con n. 3 fasce orizzontali in fibra di carbonio
(B ₂)	Intervento di Confinamento con n. 4 fasce orizzontali in fibra di carbonio
(B ₃)	Intervento di Confinamento con n. 3 fasce orizzontali in fibra di carbonio
(C ₁)	Parete in c.a. di 20 cm
(C ₂)	Parete in c.a. di 20 cm
(C ₃)	Parete in c.a. di 30 cm

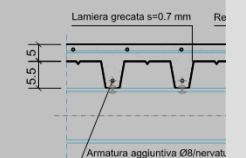
Particolare cordolo nuovo solaio-muratura

scala 1:25



Particolare completa

scala 1:10



EDIFICI IN MURATURA

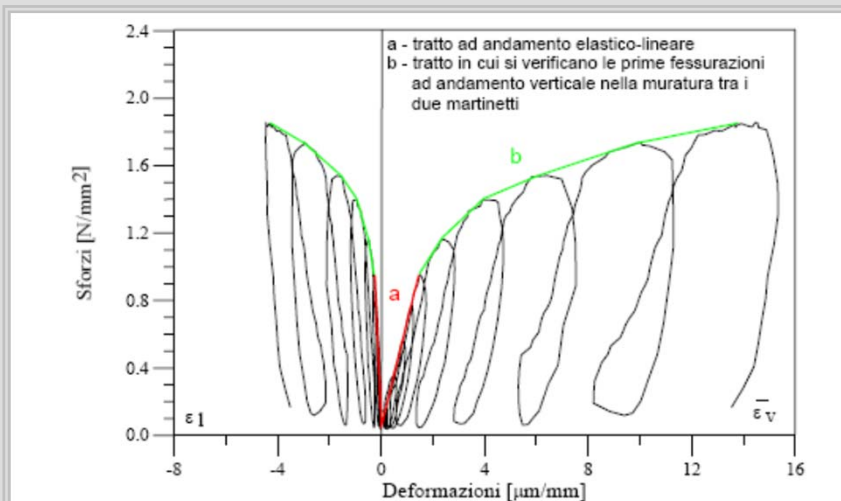
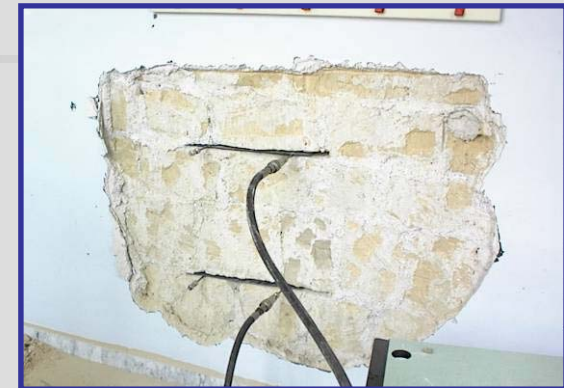


Fig. 4. Diagramma sforzi-deformazioni: fase elastica e fase non lineare

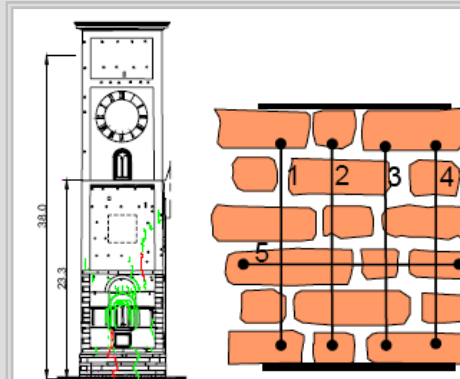


Fig. 3a. Prova con doppio martinetto

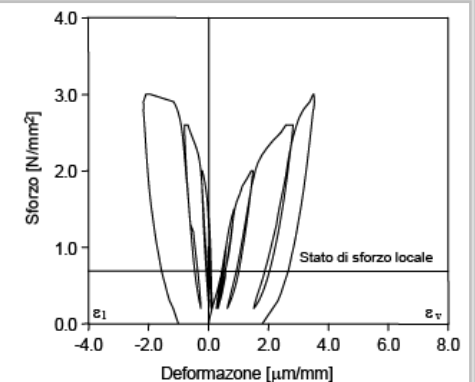


Fig. 3b. Diagramma sforzi-deformazioni

Modulo elastico tangente

$$E_t = \frac{\delta\sigma_{mi}}{\delta\varepsilon_{mi}}$$

Modulo elastico secante

$$E_{si} = \frac{\sigma_{mi}}{\varepsilon_{mi}}$$

ACCOPPIAMENTO DELLE PROVE CON MARTINETTI E PROVE SONICHE CON PROCEDIMENTO A DUE PARAMETRI

Relazioni tra velocità
sonica e modulo
elastico di due
murature provate
sperimentalmente

Analisi comparativa
dei due metodi

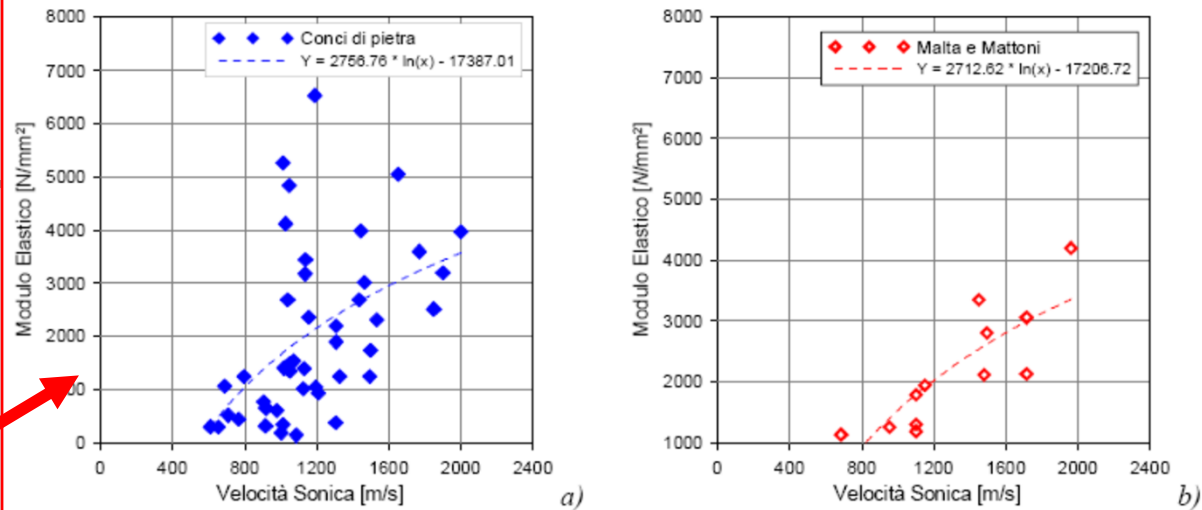


Fig. 11. Correlazioni tra modulo elastico misurato con martinetto doppio e velocità sonica per trasparenza in caso di muratura: a) di pietra; b) di mattoni.

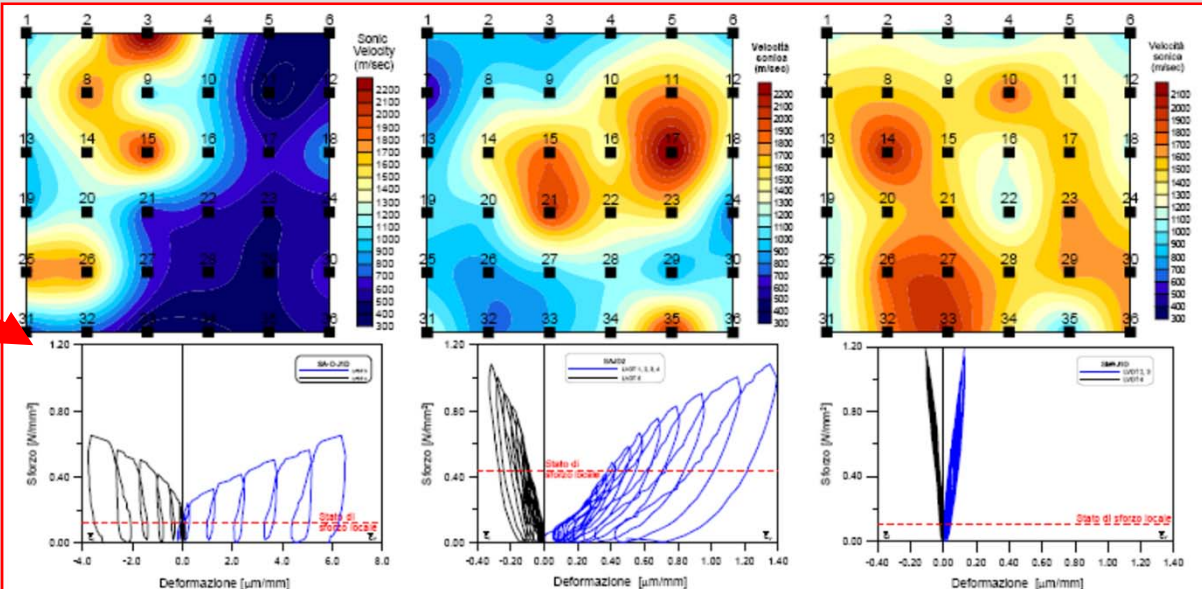
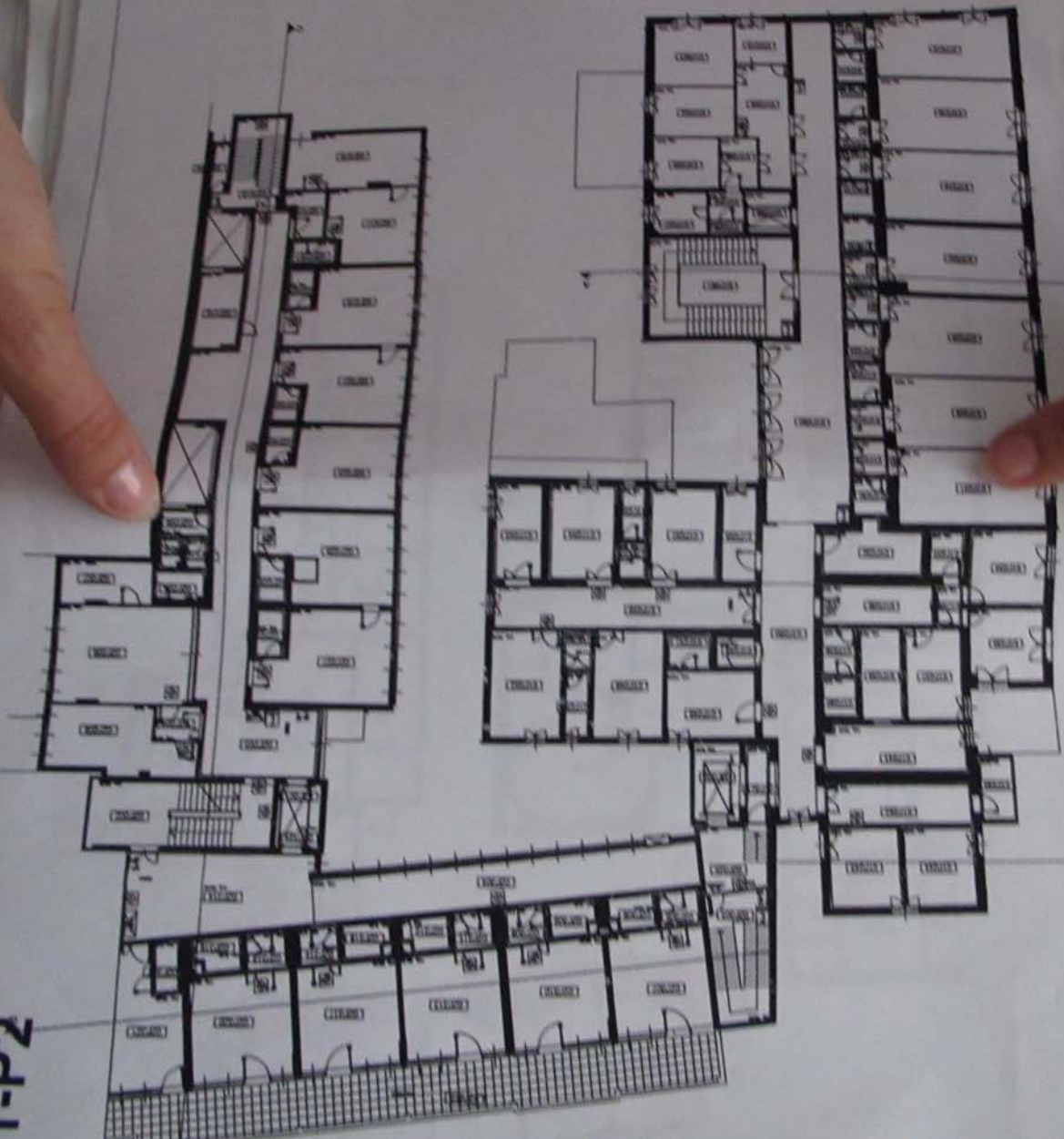


Fig. 12 a,b,c. Risultati delle prove soniche e delle prove con martinetti piatti sulle murature di 3 chiese.

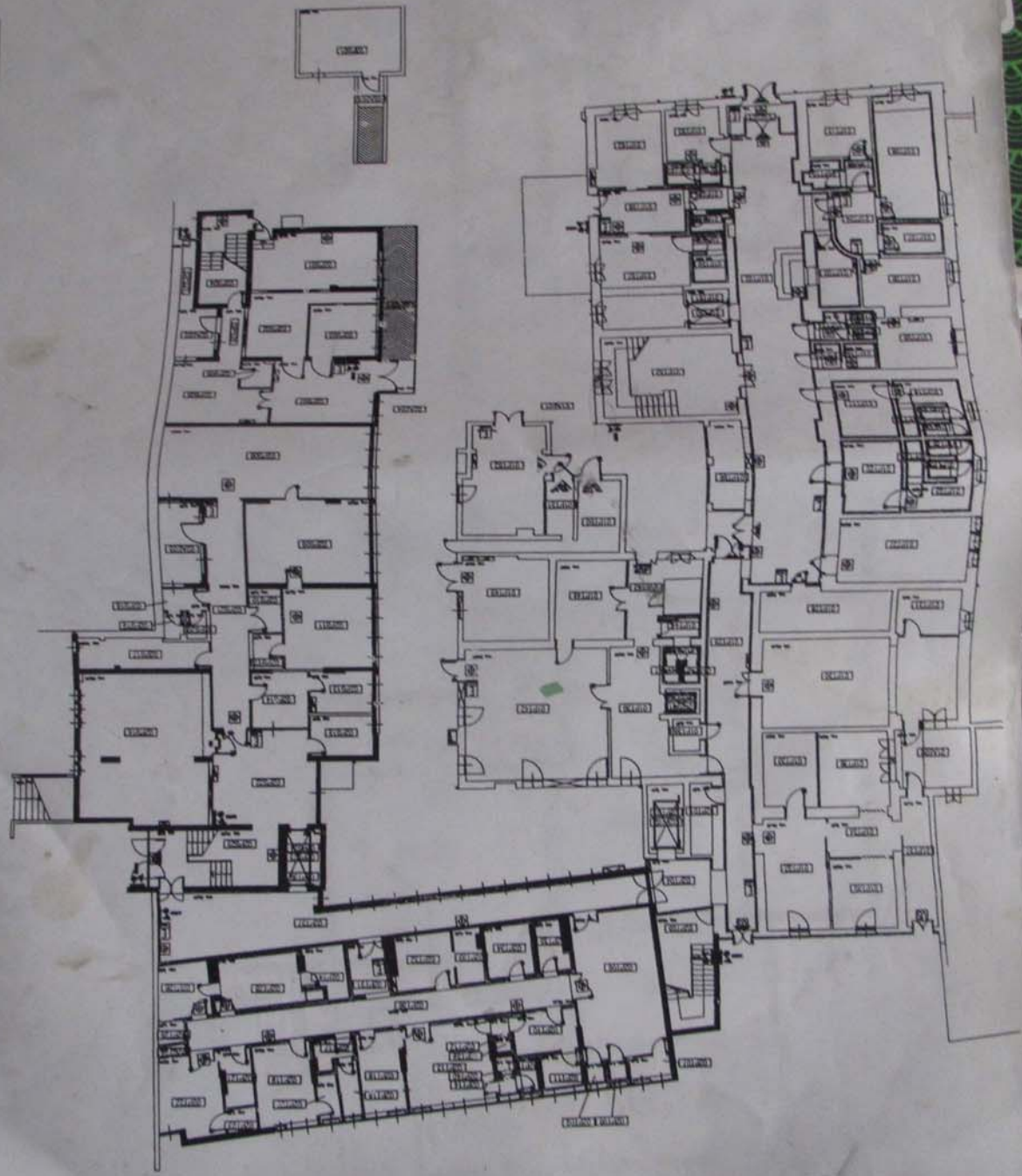


1-P2

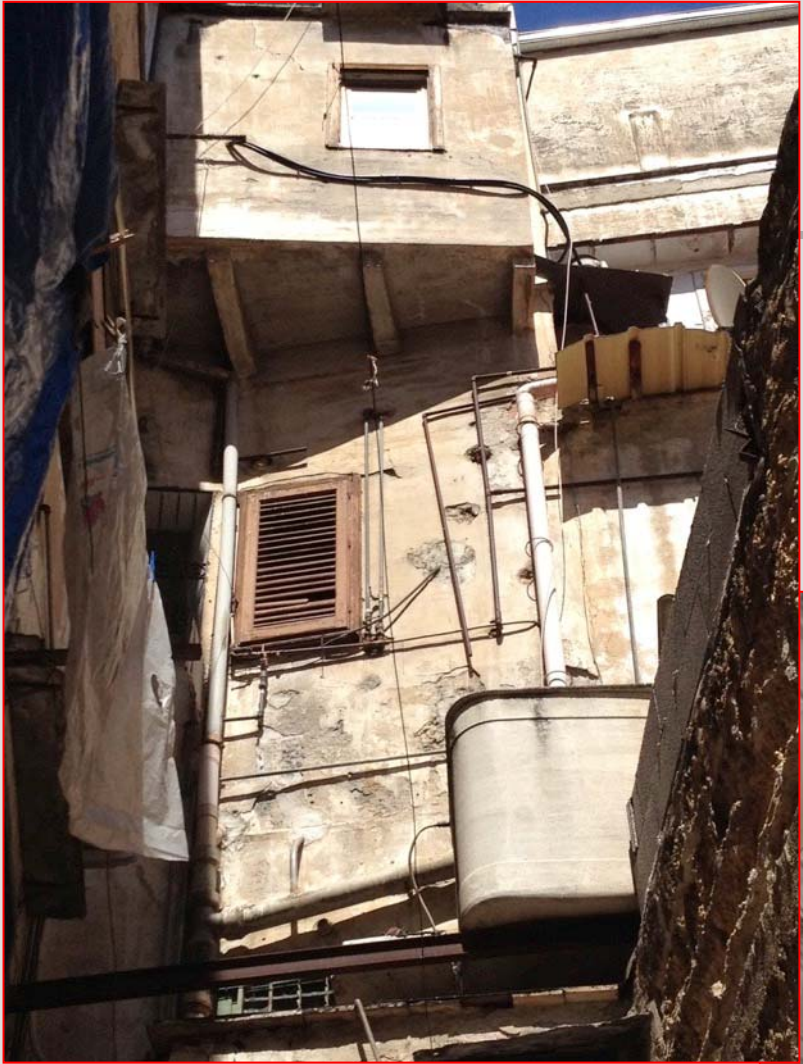


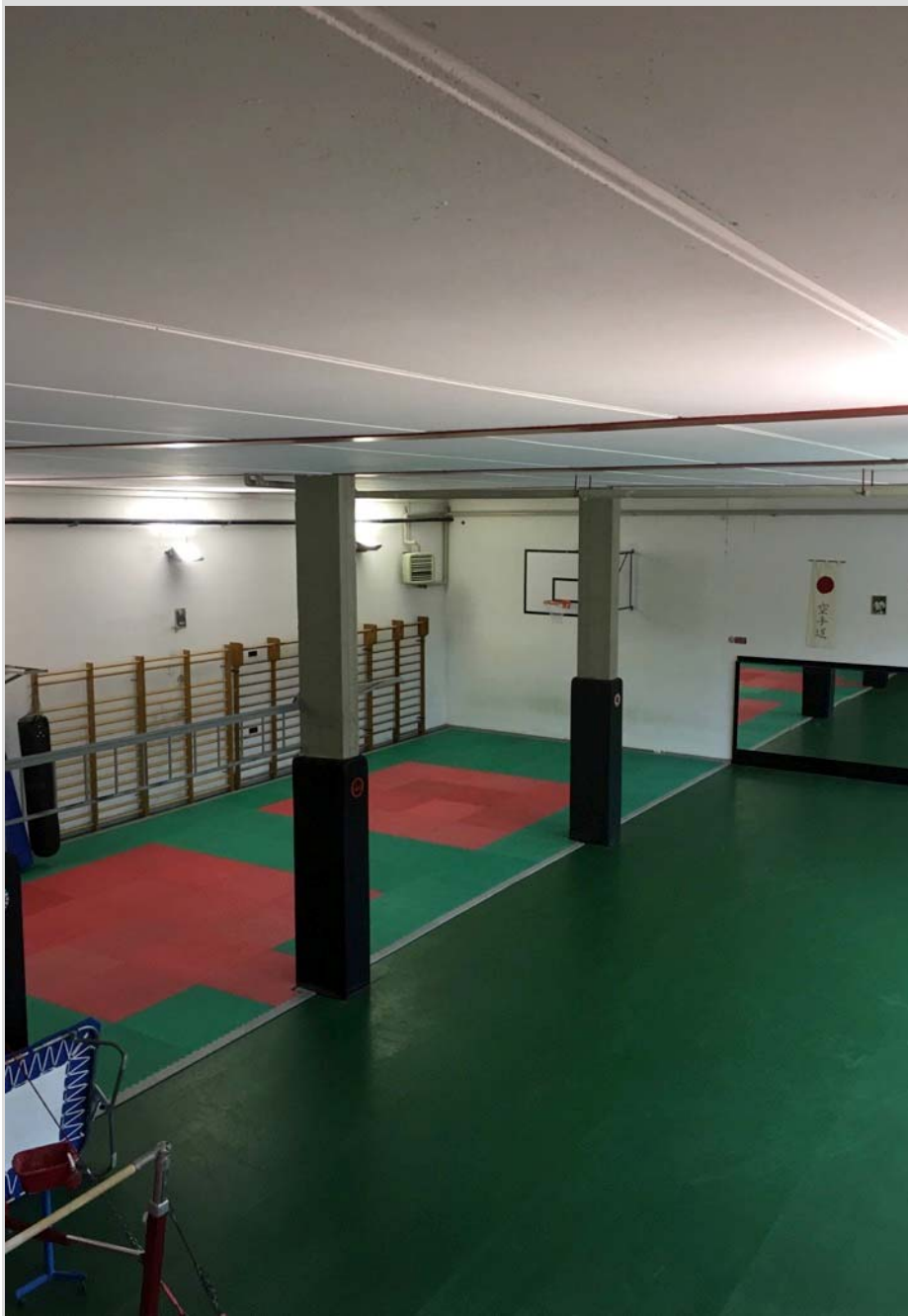
16/06/2012

7-01-PT



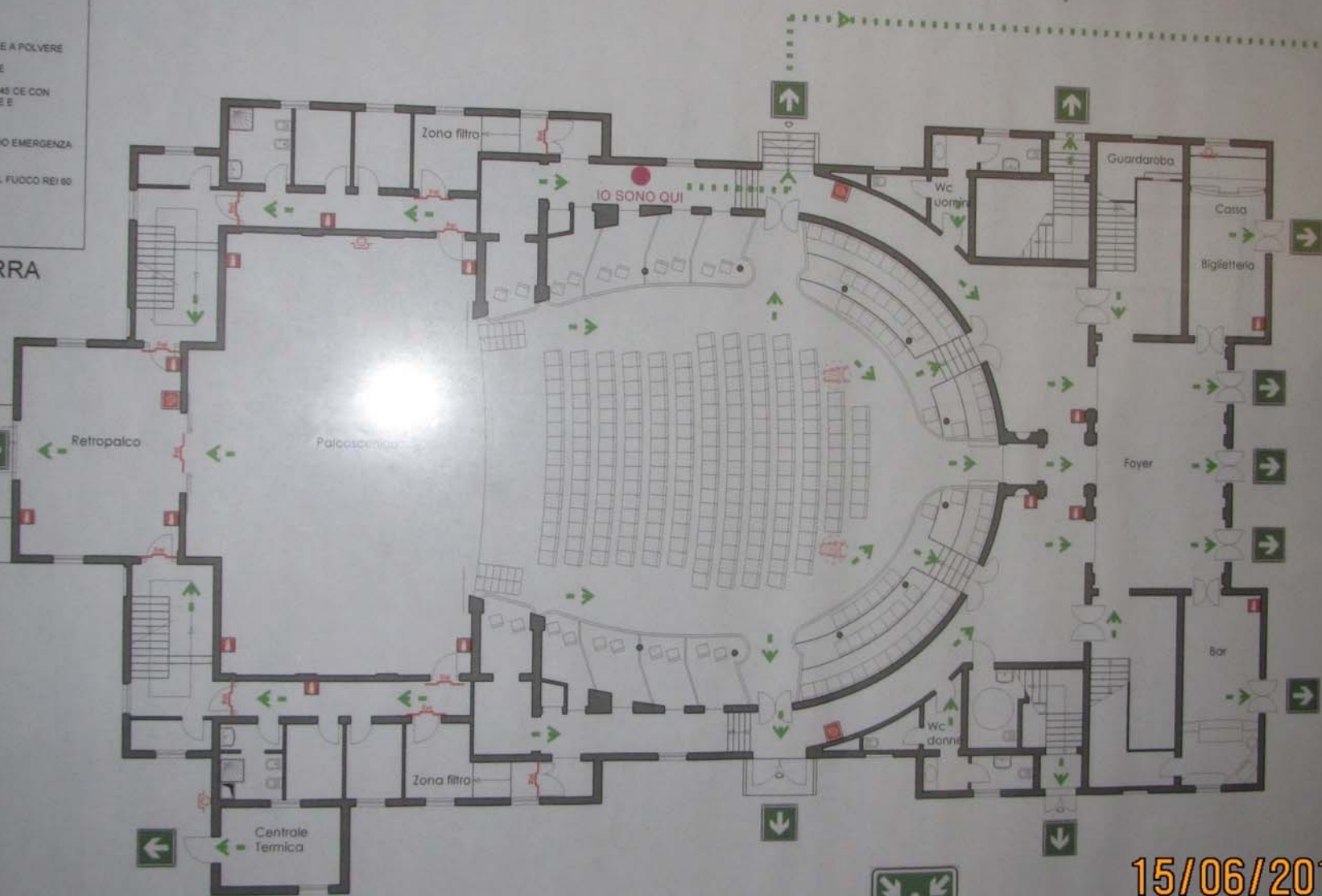
16/06/2012





CORSO DI EVACUAZIONE
 ADIUTTO
 (PUNTO DI EMERGENZA
 DI FUGA)
 PUNTO
 ACCOLTA
 ESTINTORE PORTATILE A POLVERE
 CLASSE ABC DA KG.6
 MONTATO A PARETE
 SOSTA A MURO UNI 45 CE CON
 CILINDRO A CARICA FLESSIBILE E
 MANICATA IN OTTONE
 PANNELLO DI COMANDO EMERGENZA
 SOSTA ELETTRICO
 PORTA RESISTENTE AL FUOCO REI 60
 PUNTO DI RIPRESA
 GRAFICA

NO TERRA



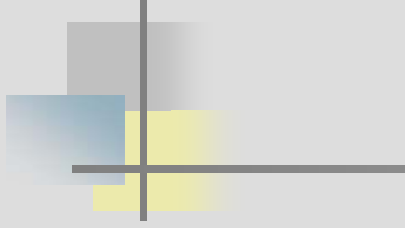
15/06/2012

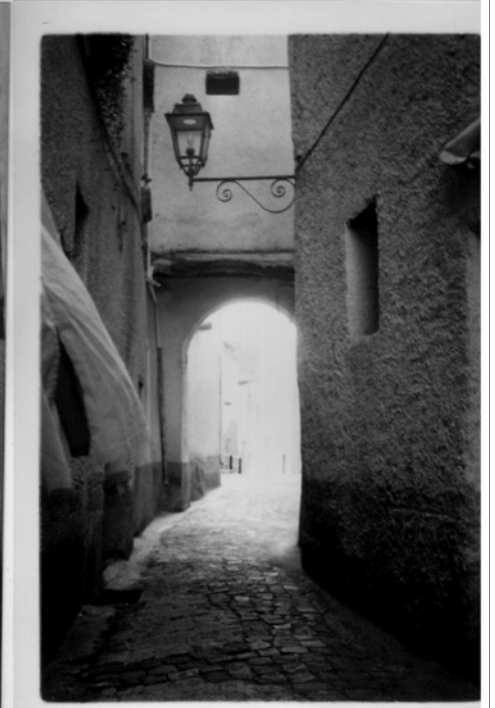
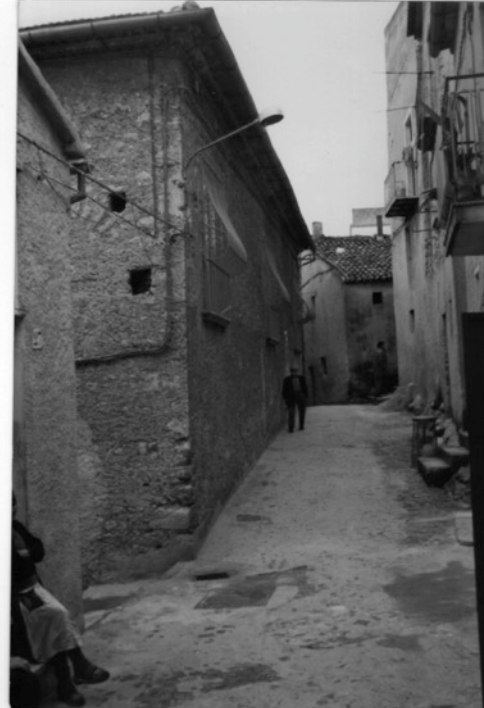


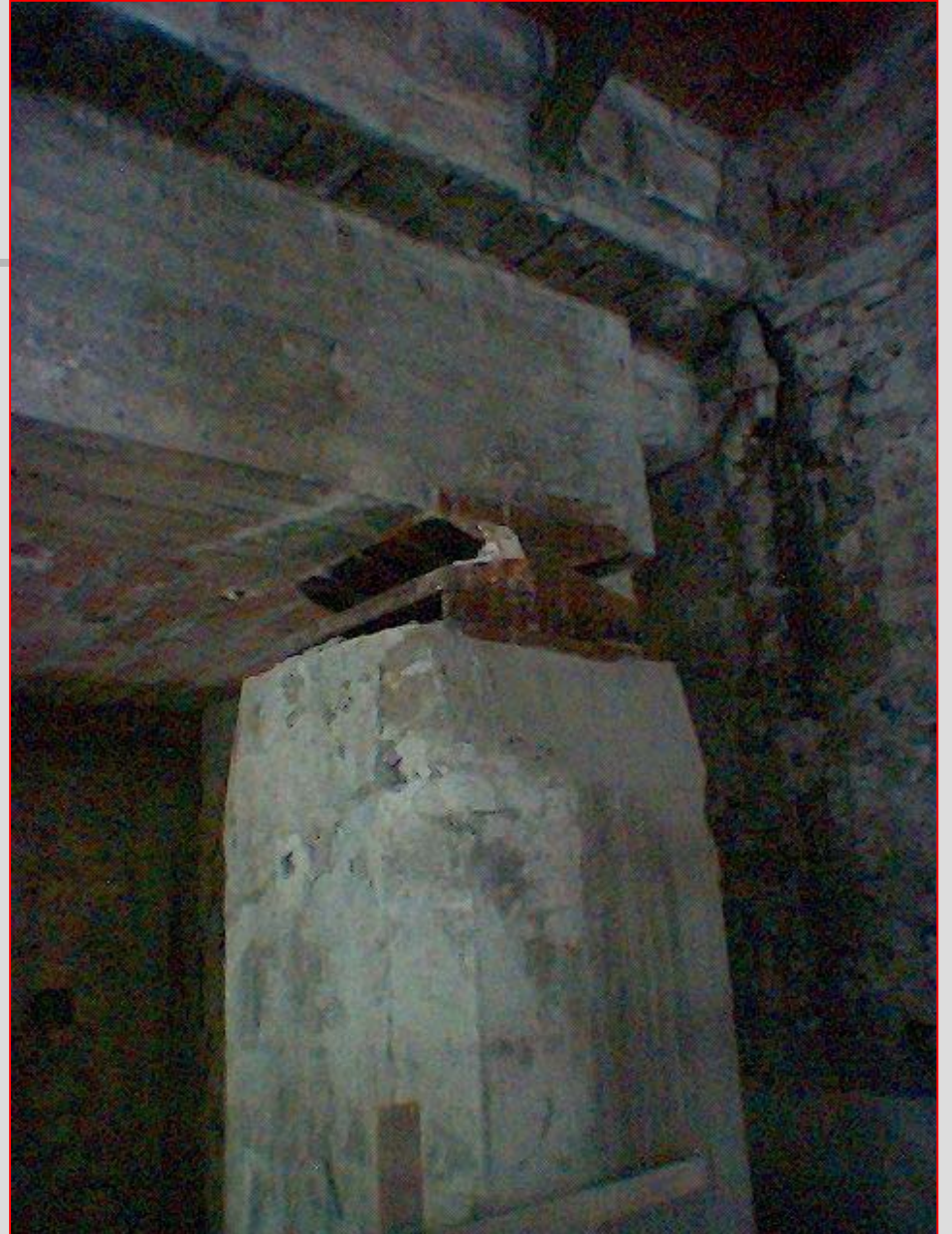


Tavarnelle Val di Pesa











Sono sufficienti

INTERVENTI LOCALI ALLE STRUTTURE?

I MECCANISMI DI DANNO POTENZIALI ?

POSSONO ESSERE DI GRANDE AIUTO E GUIDA

NELLA IMPOSTAZIONE E RISOLUZIONE DEL PROBLEMA

RIBALTAMENTO SEMPLICE DI PARETE

Il meccanismo si manifesta attraverso la rotazione rigida di intere facciate o porzioni di pareti rispetto ad assi in prevalenza orizzontali alla base di esse e che percorrono la struttura muraria sollecitata da azioni fuori dal piano.



Foto di MEDEA - Pape e Zoccaro, 2001



Foto: Arch. Fot. Vice Cassa, Del. Beni Culturali - Siena, Abruzzo 2009

Condizioni di vincolo della parete interessata dal meccanismo:

- Assenza di vincolo in sommità,
- Assenza di collegamento alle pareti ortogonali.

Carenze e vulnerabilità associate al meccanismo:

- Assenza di cordoli o catene ai piani;
- Orizzontamenti deformabili e/o mal collegati;
- Intersezioni murarie di cattiva qualità;
- Presenza di spinte non contrastate sulla parete;
- Muratura a sacco o paramenti mal collegati.

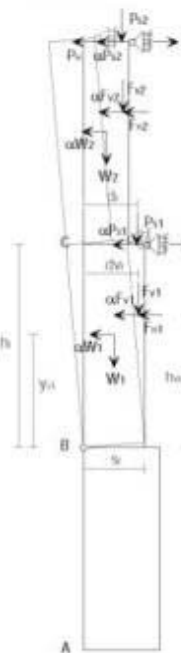
Sintomi che manifestano l'avvenuta attivazione del meccanismo:

- Lesioni verticali in corrispondenza delle intersezioni murarie (angolate e martelli murari);
- Fuori piombo della parete ribaltante;
- Sfilamento delle travi degli orizzontamenti.

Differenti varianti del meccanismo

Il ribaltamento può coinvolgere:

- uno o più livelli della parete, in relazione alla presenza di collegamento ai diversi orizzontamenti;
- l'intero spessore del muro o il solo paramento esterno, in relazione alle caratteristiche della struttura muraria (a sacco, carenza di diafani);
- diverse geometrie della parete, in relazione alla presenza di discontinuità o di aperture.



Momento stabilizzante:

$$M_s = \sum_{i=1}^n W_i \cdot \frac{x_i}{2} + \sum_{i=1}^n F_{i1} \cdot d_{i1} + \sum_{i=1}^n P_{i1} \cdot d_{i1} + \sum_{i=1}^n T_i \cdot h_i$$

Momento ribaltante:

$$M_R = \alpha \cdot \left[\sum_{i=1}^n W_i \cdot y_{i1} + \sum_{i=1}^n F_{i1} \cdot h_{i1} + \sum_{i=1}^n P_{i1} \cdot h_{i1} \right] + \sum_{i=1}^n F_{i2} \cdot h_{i2} + P_{i2} \cdot h_{i2}$$

Moltiplicatore di collasso:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \frac{x_i}{2} + \sum_{i=1}^n F_{i1} \cdot d_{i1} + \sum_{i=1}^n P_{i1} \cdot d_{i1} + \sum_{i=1}^n T_i \cdot h_i - \sum_{i=1}^n F_{i2} \cdot h_{i2} - P_{i2} \cdot h_{i2}}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot y_{i1} + \sum_{i=1}^n F_{i1} \cdot h_{i1} + \sum_{i=1}^n P_{i1} \cdot h_{i1}}$$

RIBALTAMENTO COMPOSTO DI PARETE

Il meccanismo si manifesta attraverso la rotazione rigida di intere facciate o porzioni di pareti rispetto ad assi in prevalenza orizzontali accompagnata dal trascinamento di parti delle strutture murarie appartenenti alle pareti di controvento.

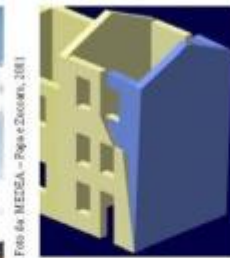


Foto di MEDEA - Pape e Zoccaro, 2001

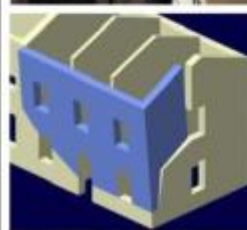


Foto: Arch. Fot. Vice Cassa, Del. Beni Culturali - Siena, Abruzzo 2009

Condizioni di vincolo della parete interessata dal meccanismo:

- Assenza di vincolo in sommità;
- Efficace connessione con le murature ortogonali.

Carenze e vulnerabilità associate al meccanismo:

- Assenza di cordoli o catene ai piani;
- Orizzontamenti deformabili e/o mal collegati;
- Presenza di spinte non contrastate sulla parete;
- Bucature localizzate in prossimità delle intersezioni murarie (angolate e martelli murari);
- Muratura con ridotte proprietà meccaniche.

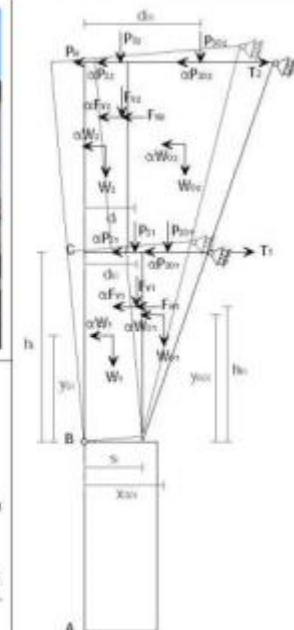
Sintomi che manifestano l'avvenuta attivazione del meccanismo:

- Lesioni diagonali sulle pareti di controvento;
- Fuori piombo della parete ribaltante;
- Sfilamento delle travi degli orizzontamenti.

Differenti varianti del meccanismo

Il ribaltamento composto può coinvolgere:

- uno o più livelli della parete, in relazione alla presenza di collegamento ai diversi orizzontamenti;
- diverse geometrie del macroelemento, in relazione alla qualità della muratura della parete di controvento ed alla presenza di aperture nella stessa, nonché alla tipologia degli orizzontamenti sovrastanti (se rigidi si possono definire cunei di distacco a doppia diagonale).



Momento stabilizzante:

$$M_s = \sum_{i=1}^n W_i \cdot \frac{x_i}{2} + \sum_{i=1}^n F_{i1} \cdot d_{i1} + \sum_{i=1}^n W_{i2} \cdot x_{i2} + \sum_{i=1}^n P_{i1} \cdot d_{i1} + \sum_{i=1}^n P_{i2} \cdot d_{i2} + \sum_{i=1}^n T_i \cdot h_i$$

Momento ribaltante:

$$M_R = \alpha \cdot \left[\sum_{i=1}^n W_i \cdot y_{i1} + \sum_{i=1}^n W_{i2} \cdot y_{i2} + \sum_{i=1}^n F_{i1} \cdot h_{i1} + \sum_{i=1}^n P_{i1} \cdot h_{i1} + \sum_{i=1}^n P_{i2} \cdot h_{i2} \right] + \sum_{i=1}^n F_{i2} \cdot h_{i2} + P_{i2} \cdot h_{i2}$$

Moltiplicatore di collasso:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \frac{x_i}{2} + \sum_{i=1}^n F_{i1} \cdot d_{i1} + \sum_{i=1}^n W_{i2} \cdot x_{i2} + \sum_{i=1}^n P_{i1} \cdot d_{i1} + \sum_{i=1}^n P_{i2} \cdot d_{i2} + \sum_{i=1}^n T_i \cdot h_i - \sum_{i=1}^n F_{i2} \cdot h_{i2} - P_{i2} \cdot h_{i2}}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot y_{i1} + \sum_{i=1}^n W_{i2} \cdot y_{i2} + \sum_{i=1}^n F_{i1} \cdot h_{i1} + \sum_{i=1}^n P_{i1} \cdot h_{i1} + \sum_{i=1}^n P_{i2} \cdot h_{i2}}$$

Il meccanismo si manifesta attraverso la rotazione rigida di un cuneo di distacco, delimitato da superfici di frattura andamento diagonale nelle pareti concorrenti nelle angolature libere, rispetto ad una cerniera posta alla base dello stesso. Meccanismi di questo tipo sono frequenti in edifici che presentano spinte concentrate in testa ai cantonali dovute in particolare ai carichi trasmessi dai puntoni dei tetti a padiglione. Si suppone che il ribaltamento avvenga nella direzione di del punstone e che il cinematisimo sia definito dalla rotazione del macroelemento individuato attorno ad un asse perpendicolare al piano verticale che forma un angolo di 45° con le pareti convergenti nell'angolare e passante per la cerniera suddetta.



Foto da MEEGA - Papa e Zuccheri, 2011

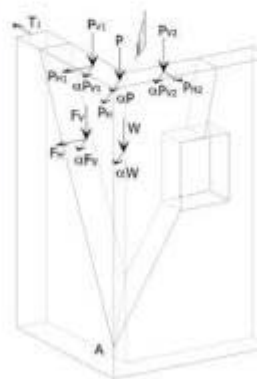
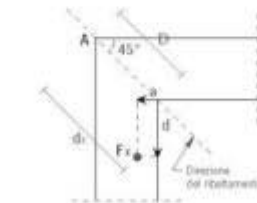
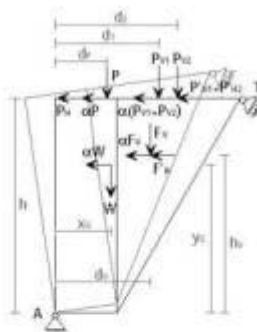


Foto Arch. Fot. Vice Consul. Del. Beni Culturali - Roma Abruzzo 2009



Momento stabilizzante:
 $M_{S(A)} = W x_G + P_f d_f + P d_f + P_{f1} d_1 + P_{f2} d_2 + (T_1 + T_2) h$

Momento ribaltante:
 $M_{R(A)} = \alpha [W y_G + P_f h_f + (P + P_{f1} + P_{f2}) h] + P'_{f1} h_f + (P_{f1} + P'_{f1} + P'_{f2}) h$

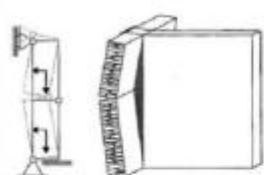
Moltiplicatore di collasso:
 $\alpha = \frac{E}{W y_G + P_f h_f + (P + P_{f1} + P_{f2}) h}$

Il termine E indica la seguente espressione:
 $E = W x_G + P_f d_f + P d_f + P_{f1} d_1 + P_{f2} d_2 + (T_1 + T_2) h + P'_{f1} h_f - (P_{f1} + P'_{f1} + P'_{f2}) h$

Le grandezze contraddistinte dall'apice rappresentano le proiezioni nella direzione del ribaltamento delle rispettive componenti di azioni considerate. Il braccio orizzontale d_f del generico carico verticale F_v applicato, rispetto alla cerniera in A, può essere valutato secondo la relazione:

$$d_f = D + \sqrt{2}/2(d - a)$$

Il meccanismo si manifesta con formazione di una cerniera cilindrica orizzontale che divide la parete in due blocchi ed è descritto dalla rotazione reciproca degli stessi attorno a tale asse per azioni fuori dal piano.



Condizioni di vincolo della parete interessata dal meccanismo:

- Trattamento efficace in testa alla parete;
- Carenza di collegamento alle pareti ortogonali.

Carenze e vulnerabilità associate al meccanismo:

- Snellezza eccessiva delle pareti;
- Muratura a sacco o paramenti mal collegati;
- Spinte orizzontali localizzate (archi, volte);
- Orizzontamenti intermedi mal collegati.

Sintomi che manifestano l'avvenuta attivazione del meccanismo:

- Spianamenti e fuori piombo della parete;
- Lesioni orizzontali e verticali;
- Sfilamento delle travi degli orizzontamenti intermedi.

Differenti varianti del meccanismo

La flessione verticale può coinvolgere:

- uno o più livelli della parete, in relazione alla presenza di collegamento ai diversi orizzontamenti;
- l'intero spessore del muro o il solo paramento esterno, in relazione alle caratteristiche della struttura muraria;
- diverse geometrie della parete, in relazione alla presenza di discontinuità o di aperture e spinte localizzate sulla parete.

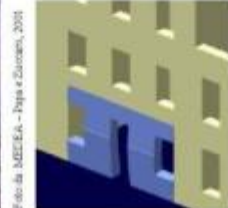


Foto da MEEGA - Papa e Zuccheri, 2011

Figura in alto: Bollettino Ufficio Regione Marche, 2000



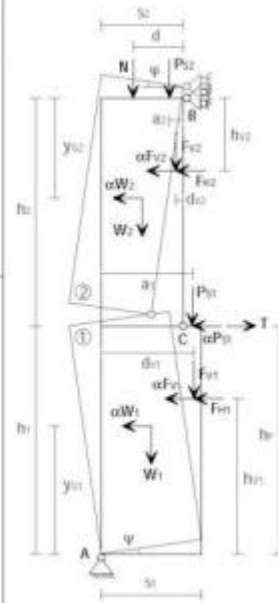
Foto Arch. Fot. Vice Consul. Del. Beni Culturali - Roma Abruzzo 2009

Equazione dei lavori virtuali:
 $\alpha \cdot [W_1 \delta_{1x} + W_2 \delta_{2x} + F_{v1} \delta_{v1x} + F_{v2} \delta_{v2x} + P_{G1} \delta_{G1x} + F_{H1} \delta_{H1x} + F_{H2} \delta_{H2x}] + F_{H1} \delta_{v1x} + F_{H2} \delta_{v2x} = W_1 \delta_{1y} + W_2 \delta_{2y} + F_{v1} \delta_{v1y} + F_{v2} \delta_{v2y} + N \delta_{Ny} + P_{G1} \delta_{G1y} + P_{G2} \delta_{G2y} + T \delta_{Ty}$

Moltiplicatore di collasso:
 $\alpha = \frac{E}{W_1 y_{G1} + F_{v1} h_{v1} + P_{G1} h_p + (W_2 + P_{G2} + N + F_{v2}) \frac{h_2}{h_1}}$

Il termine E indica la seguente espressione:

$$E = \frac{W_1}{2} x_1 + F_{v1} d_{v1} + (W_2 + P_{G2} + N + F_{v2}) x_2 + \frac{h_1}{h_2} \left(\frac{W_2}{2} x_2 + P_{G2} a_1 + N d + F_{v2} d_{v2} - F_{H2} h_{v2} \right) + P_{G1} a_1 - F_{H1} h_{v1} + T h_p$$





L'Aquila



AMATRICE



L'Aquila



AMATRICE

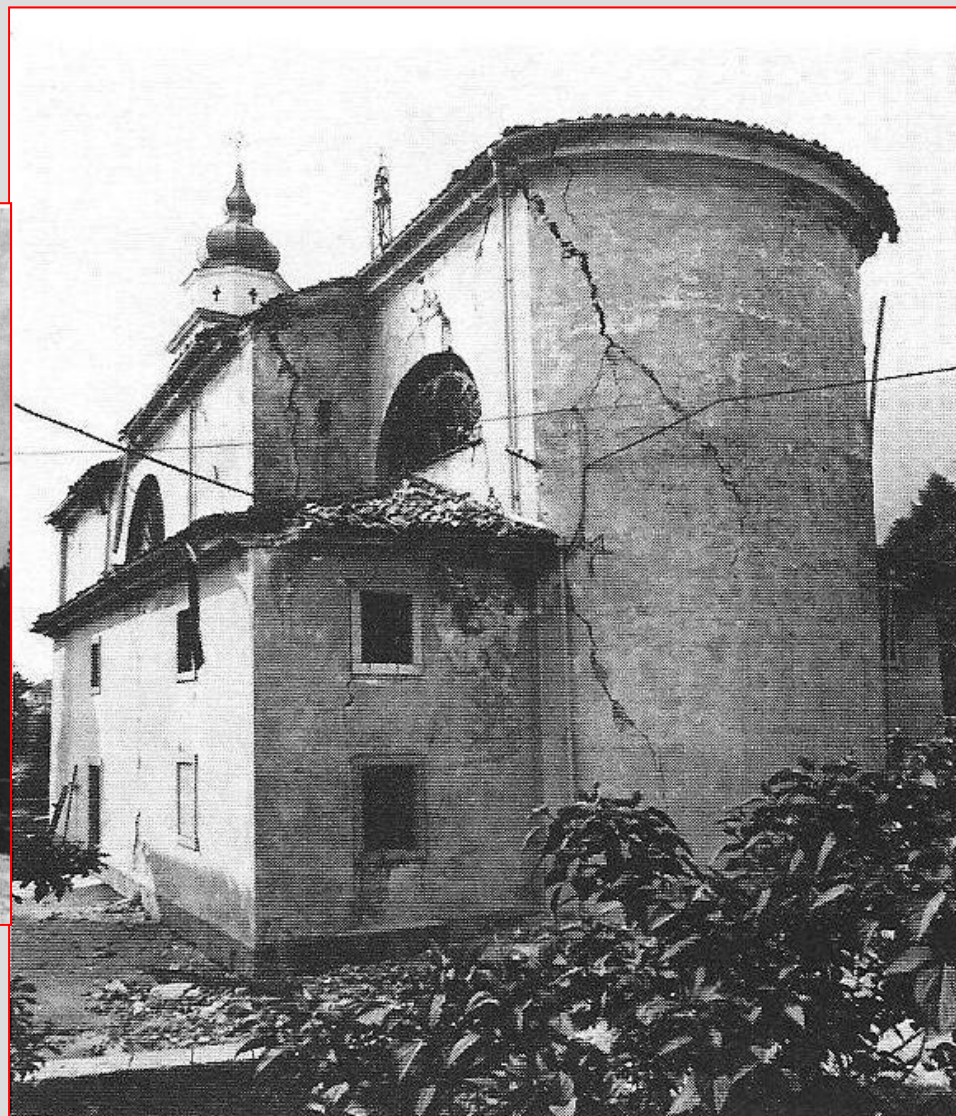
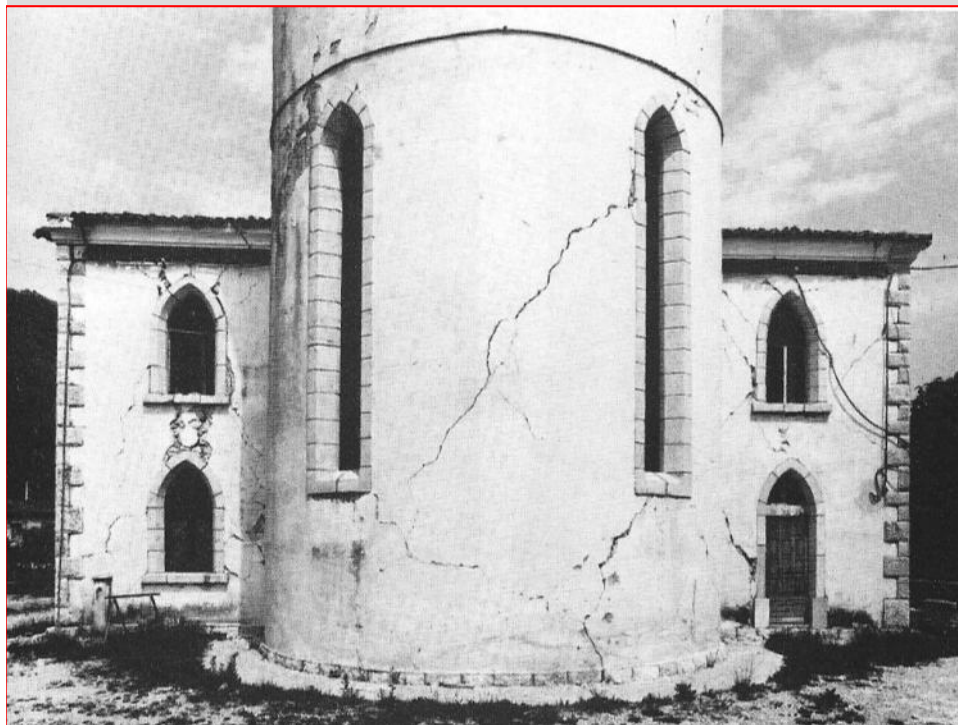


L'Aquila



AMATRICE

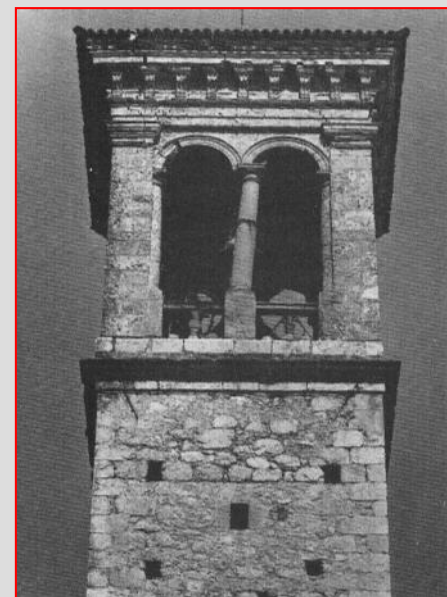
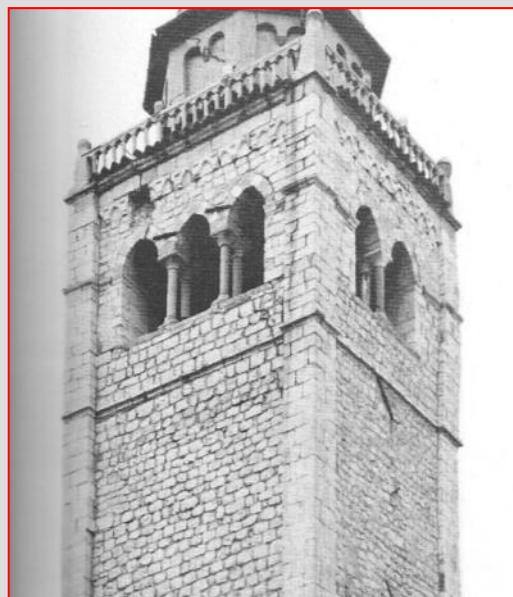
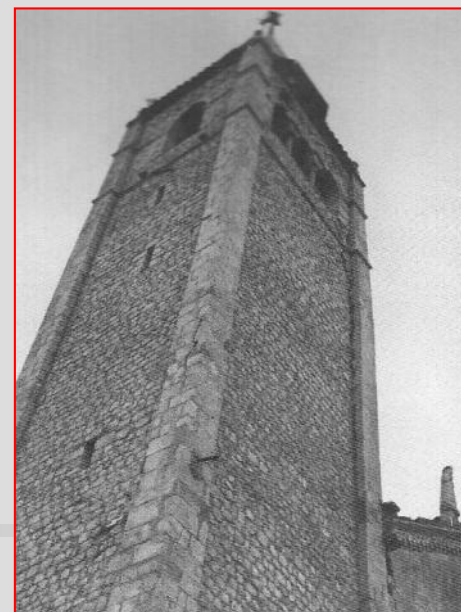
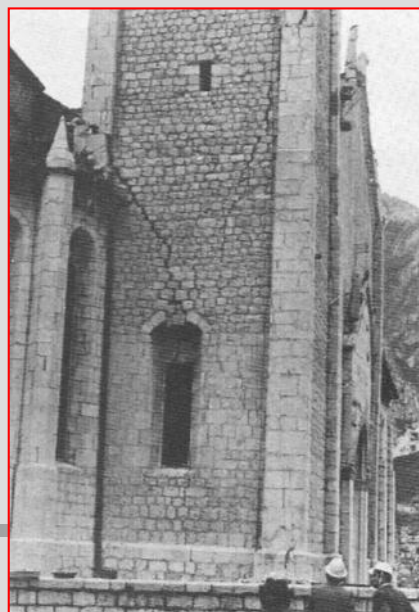
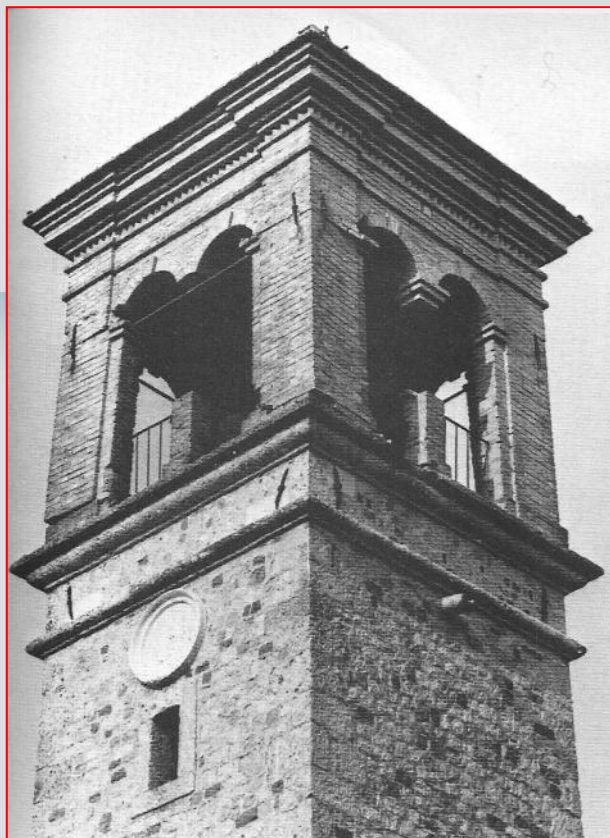
FRIULI '76



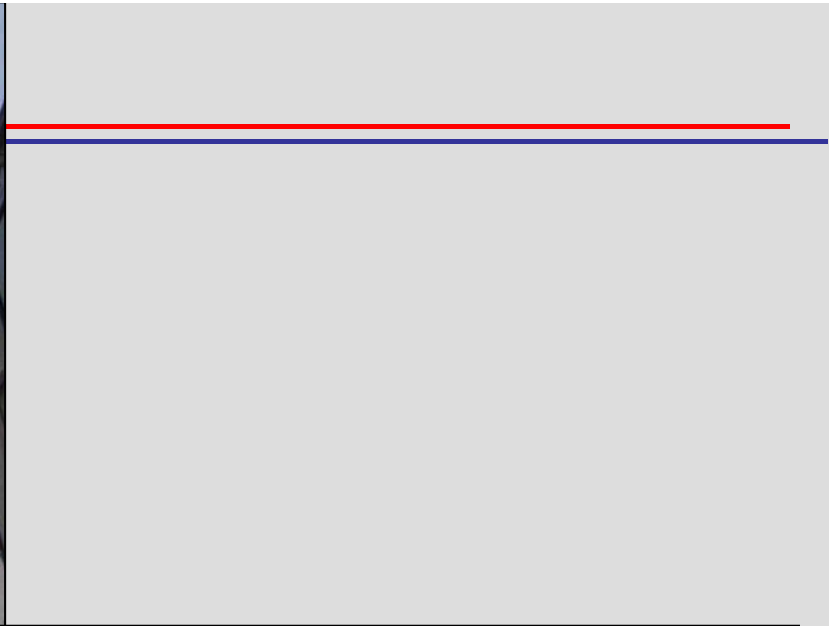


L'Aquila

TORRI CAMPANARIE DEL FRIULI



FRIULI '76



L'Aquila

25/02/2017



AMATRICE

FRIULI '76

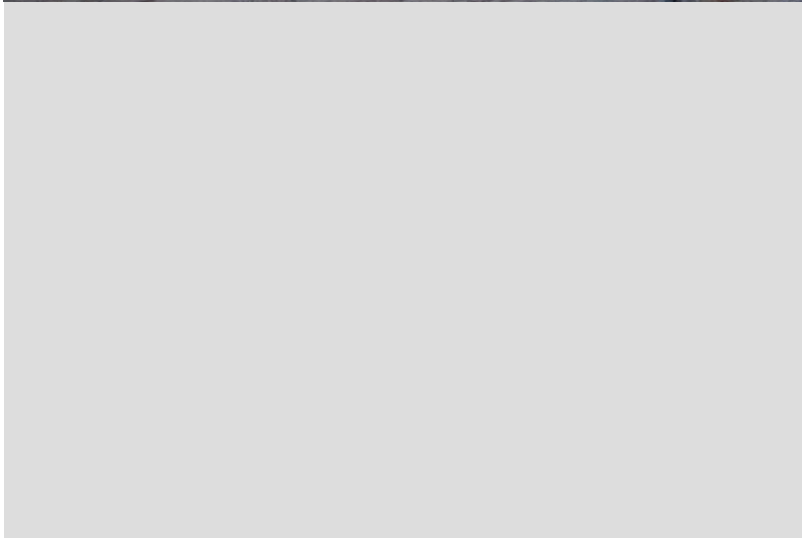
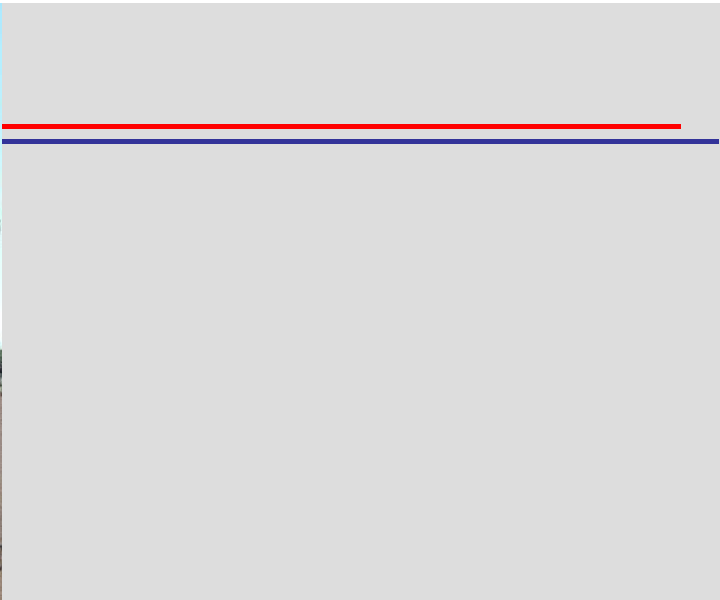


L'Aquila

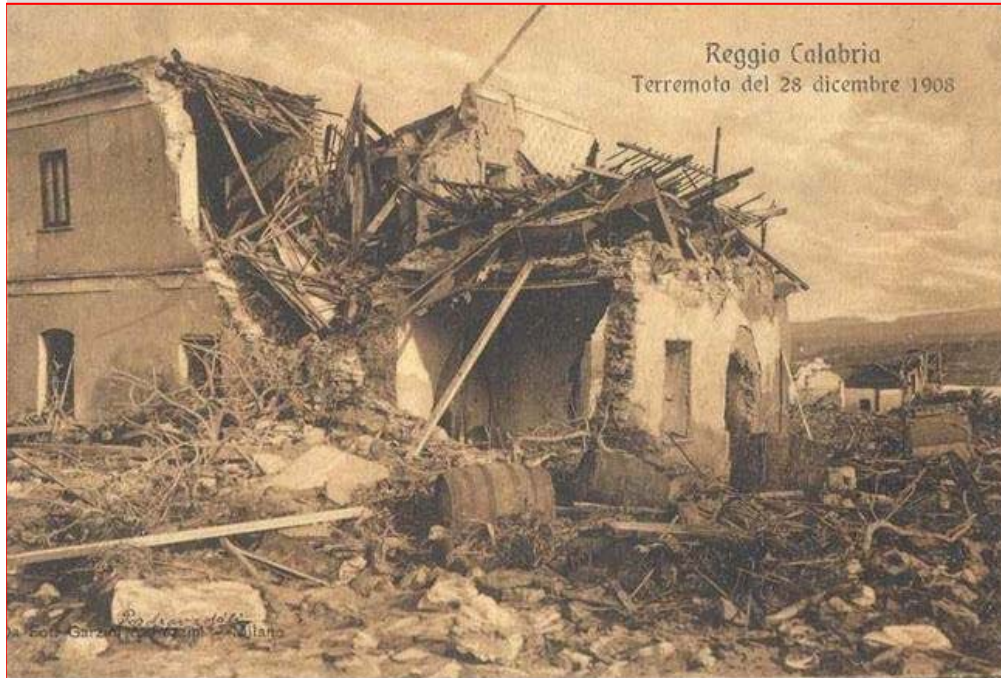


2012- Finale Emilia









**Da Reggio Calabria 1908 ad Amatrice 2016
I sorprendenti miglioramenti antisismici del nostro paese!**

Tipologia di struttura		Classe di vulnerabilità					
		A _{EMS}	B _{EMS}	C _{EMS}	D _{EMS}	E _{EMS}	F _{EMS}
MURATURA	Muratura di pietra senza legante (a secco)	○					
	Muratura di mattoni di terra cruda (adobe)	○—					
	Muratura di pietra sbazzata	—○					
	Muratura di pietra massiccia per costruzioni monumentali	—○—					
	Muratura di mattoni e pietra lavorata	—○—					
	Muratura di mattoni e solai di rigidezza elevata	—○—					
	Muratura rinforzata e/o confinata	—○—					
CALCESTRUZZO ARMATO	Telai con un livello di progettazione antisismica nullo	—○—					
	Telai con un livello di progettazione antisismica moderato	—○—					
	Telai con un livello di progettazione antisismica elevato	—○—					
	Pareti con un livello di progettazione antisismica nullo	—○—					
	Pareti con un livello di progettazione antisismica moderato	—○—					
	Pareti con un livello di progettazione antisismica elevato	—○—					
ACCIAIO	Strutture di acciaio			—○—			
LEGNO	Strutture di legno		—○—				

Se riparare e consolidare, fino a qualche tempo addietro, erano attività trascurate nell'insegnamento e nella letteratura ora, tanto più a seguito delle dolorose calamità che hanno ripetutamente colpito il nostro Paese, e del progressivo aumento della estensione delle zone dichiarate sismiche, costituiscono materia verso cui si polarizza l'interesse dei Tecnici professionisti e costruttori del settore dell'edilizia.

Se ora incombe la pressante necessità di riparare e ricostruire per ridare vita alle regioni disastrose c'è da augurarsi che, con maggiore respiro ed apposita legislazione, venga affrontato l'altrettanto vitale problema degli interventi sulle costruzioni delle zone sismiche, ancora non colpite, per salvaguardarle dall'offesa di futuri terremoti.

Intervenire per riparare o per prevenire sono due aspetti formalmente diversi ma in realtà coinvolgono un'unica metodologia, basata su criteri che discendono da una chiara visione del comportamento del modello strutturale sottoposto allo scuotimento sismico.

Saper ragionare con mentalità che potremmo dire «antisismica» nell'analisi della morfologia e dei particolari delle costruzioni intuendo le offerte di resistenza delle strutture, le offerte palesi e soprattutto quelle «clandestine» che non vengono dalle calcolazioni ma pure sono presenti, porta a conseguire i migliori risultati nella progettazione ed esecuzione degli interventi.

3