

LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA NELLE STRUTTURE ESISTENTI
LA CORRETTA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI DIAGNOSTICHE

Interventi Relatori

[Ing. Antonio Lucchese - Servizio Tecnico Centrale-Ministero Infrastrutture e Trasporti](#)
[NTC – Il Capitolo 8 - COSTRUZIONI ESISTENTI](#)

[Prof. Gaetano Manfredi - Università Napoli Federico II](#)
[LE COSTRUZIONI ESISTENTI: LA REVISIONE DEL CAPITOLO 8 DELLE NTC](#)

[Prof. Luigia Binda - Politecnico di Milano](#)
[EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA : INDAGINI STRUTTURALI INDIRIZZATE ALLA DIAGNOSTICA E AL CONTROLLO DEGLI INTERVENTI CONSERVATIVI](#)

[Prof. Carmelo Gentile - Politecnico di Milano](#)
[INDAGINI DINAMICHE IN CONDIZIONI OPERATIVE E VALUTAZIONI DELLO STATO DI CONSERVAZIONE E DELLE CARATTERISTICHE DI VULNERABILITA' SISMICA DI STRUTTURE ESISTENTI](#)

[Prof. Nicola Augenti - Università di Napoli Federico II](#)
[IL RUOLO DELLA DIAGNOSTICA NELLE INDAGINI GIUDIZIARIE RELATIVE AI CROLLI](#)

[Prof. Andrea Prota - Università di Napoli Federico II](#)
[LA DIAGNOSTICA PER LA VALUTAZIONE ED IL PROGETTO DEGLI INTERVENTI : ALCUNE CONSIDERAZIONI SULL'ESPERIENZA DEL POST-SISMA DI L'AQUILA](#)

Inviare a alig@associazionealig.it un messaggio di posta elettronica contenente domande o commenti su questo sito Web.

Aggiornato il: 15 ottobre 2011



con il patrocinio di:



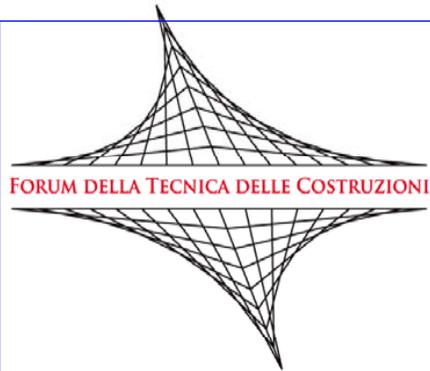
MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

NTC – Il Capitolo 8 Costruzioni esistenti

Ing. Antonio LUCCHESI
Consiglio Superiore LL.PP.

Forum della Tecnica delle Costruzioni 2011



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



● CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

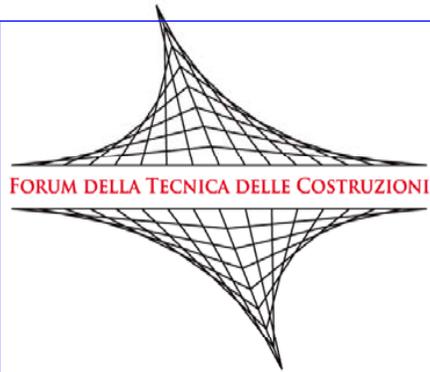
“Le regole hanno nobili motivazioni: l’intento di tutelare la sicurezza strutturale e porgere un aiuto; di portare coerenza e chiarezza in un quadro frammentario e alle volte confuso ... Ma un numero di regole eccessivo comporta ... :

l’impoverimento dell’autonomia e della creatività, in quanto l’opera del progettista è irretita dalle norme; la difficoltà di discernere ciò che veramente conta; la sensazione di avere, al riparo delle norme, responsabilità assai alleviate; la difficoltà non infrequente di rendersi conto dei ragionamenti che giustificano certe regole, rischiando di considerare queste alla stregua di algoritmi, ossia di schemi operativi che, una volta appresi, il pensiero non è più chiamato a giustificare.

Ma tra le varie conseguenze, una delle più temibili è l’attenuazione del senso di responsabilità...

prof. Piero Pozzati

nella sua ultima lezione all’Università di Bologna (3 giugno 1992)
sul tema *Proliferazione delle normative e tecnicismo*



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



● CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

DM 2 luglio 1981

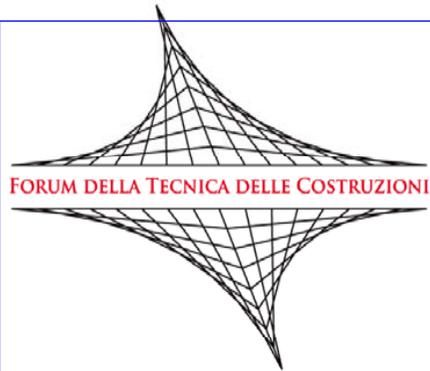
Normativa per le riparazioni ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma nelle regioni Basilicata, Campania e Puglia

Redatto dopo il terremoto dell'Irpinia del 1980, cominciò a fornire le prime indicazioni sia sul progetto di adeguamento antisismico, sia sui provvedimenti tecnici d'intervento.

Circolare Min. ll.pp. 30 luglio 1981 n. 21745

Istruzioni relative alla normativa tecnica per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici in muratura danneggiati dal sisma

Nata per approfondire le disposizioni del DM 2 luglio 1981, costituì uno dei primi documenti significativamente tecnici. Nell'Appendice titolata "Edifici in muratura – Verifica di un edificio caratterizzato da un comportamento al collasso del tipo <<taglio>>", nel trattare del calcolo della resistenza a taglio di un pannello murario, consentiva di adottare un comportamento elasto-plastico con controllo della duttilità, schematizzando la caratteristica taglio-spostamento in un modo che costituisce oggi la storia delle verifiche strutturali per le murature



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



● CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Circolare Min. ll.pp. 12 dicembre 1981 n. 22120

Istruzioni relative alla normativa tecnica per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici in cemento armato ed a struttura metallica danneggiati dal sisma

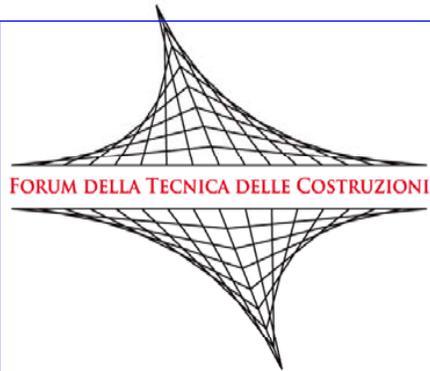
Affrontava gli analoghi problemi per gli edifici in c.a. e acciaio.

DM 24 gennaio 1986

Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche

Al noto punto C.9 riprendeva i concetti di **adeguamento sismico**, indicando i casi nei quali era necessario procedere all'adeguamento, e di **miglioramento**.

Al punto C.9.4 forniva brevi ma precise indicazioni sul *Collaudo degli interventi di adeguamento*, per cui **“Gli interventi di adeguamento saranno sottoposti a collaudo da parte di un ingegnere architetto geometra o perito edile iscritto nell'albo, nei limiti delle rispettive competenze”**.



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



● CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

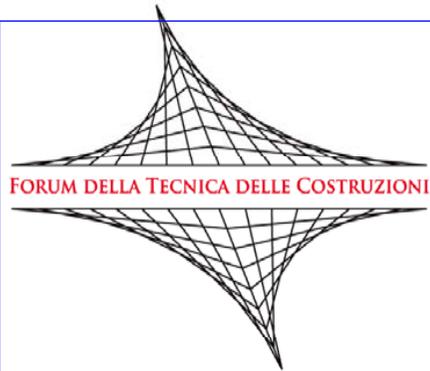
MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Circolare Min. Beni Culturali ed Ambientali 18 luglio 1986 n. 1032

Interventi sul patrimonio monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche: raccomandazioni

Una breve circolare che, in pieno spirito prestazionale, fornisce una serie di indicazioni di carattere generale. In particolare opera una interessante distinzione concettuale fra adeguamento e miglioramento. Con riferimento ai casi nei quali le norme prevedono l'adeguamento, precisa infatti che “.. *gli interventi sul patrimonio monumentale non rientrano, per loro natura, in nessuno di tali casi.*” Ne desume quindi che: “*gli interventi sul patrimonio monumentale devono essere caratterizzati da un aumento di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche senza però che si ponga in modo rigido il problema del rispetto delle verifiche formali nei confronti delle azioni sismiche di progetto previste per le nuove costruzioni*”.



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



● CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



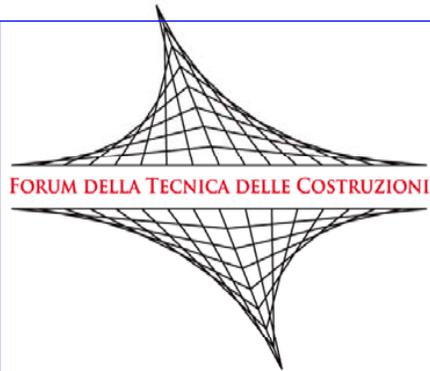
ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni

Sono state messe a punto dalla Protezione Civile e dal Ministero dei Beni Culturali, in ottemperanza al punto 3 dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3 maggio 2005 n.3431. Sono state quindi sottoposte all'esame del Consiglio Superiore dei Il.pp. che le ha approvate nell'adunanza del 21 luglio 2006. Non sono tuttavia mai state pubblicate e rese operative. In sostanza contengono numerose indicazioni qualitative per gli interventi sul patrimonio monumentale, con alcune indicazioni per le verifiche sismiche. Non hanno mai trovato applicazione per la difficoltà di conciliare l'esigenza, prospettata da una scuola di pensiero, di effettuare la verifica "numerica" della resistenza degli edifici monumentali con la teoria, difesa da un'altra vasta scuola di pensiero, già esposta precedentemente in relazione alla Circolare del 1986, per cui non può essere richiesto, per tali edifici, il rispetto delle verifiche formali nei confronti delle azioni sismiche di progetto previste per le nuove costruzioni.



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



● CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

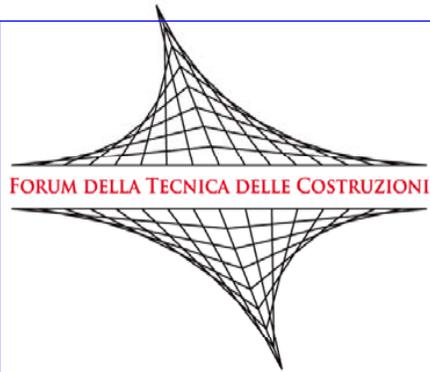
MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Linee guida per la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale

L'Assemblea generale del 23 luglio 2010 con il Voto n. 92, ha espresso parere favorevole con osservazioni, prescrizioni e raccomandazioni sullo schema di **“Direttiva per l’allineamento delle linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale alle nuove Norme tecniche sulle costruzioni”**.

La Direttiva fornisce indicazioni metodologiche ed operative per la valutazione e le conseguenti azioni, per la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato in muratura portante, a seguito dell'adozione delle Norme tecniche per le costruzioni del 2008 della Circolare n.617/09.



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



● CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



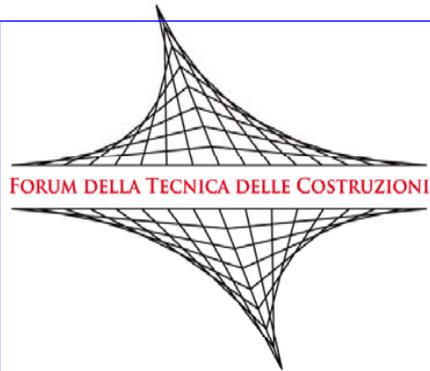
ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Credo siamo tutti d'accordo che gli interventi di riparazione dell'esistente dovrebbero essere affrontati non da tecnici comuni, ma da esperti in grado di coniugare solide basi ingegneristiche con una sensibilità particolare, che si può acquisire con l'esperienza propria e con la conoscenza dei progressi ottenuti nella materia da altri tecnici. Un quadro normativo troppo rigido e prescrittivo difficilmente si concilia quindi con tale tipo di attività, in cui ogni edificio o struttura si cui intervenire rappresenta un caso a sé, dove solo l'intuito e l'esperienza consentono talvolta di trovare la soluzione corretta nel rispetto dell'identità del manufatto.

Le nuove norme del gennaio 2008 hanno cercato di conciliare le due esigenze, da un lato fornendo rigorose prescrizioni sui modelli di calcolo, le azioni da adottare, le combinazioni, etc., dall'altro lasciando al professionista ed al committente insieme, un'ampia possibilità di scelte progettuali in tema di utilizzo di altre norme internazionali (quando non in contrasto con le norme italiane), scelta dei materiali, vita utile dell'opera, durabilità.



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



● CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

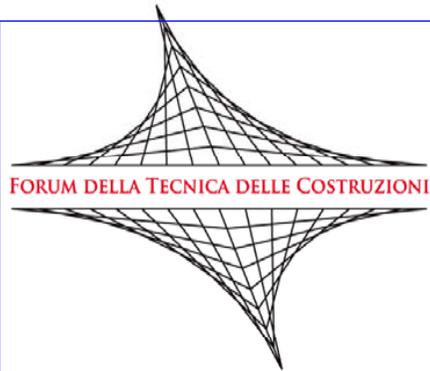
Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

DM 14 gennaio 2008 – Cap. 8

Al **Cap. 8 – Costruzioni esistenti** definisce i criteri generali per la valutazione della sicurezza e per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo degli interventi sulle costruzioni esistenti.

Le nuove norme introducono concetti decisamente innovativi nella problematica degli interventi sull'esistente. Intanto definiscono cosa si intende per “costruzione esistente”, ovvero *quella che abbia, alla data della redazione della valutazione di sicurezza e/o del progetto di intervento, la struttura completamente realizzata.*

Al punto 8.2 *Criteri generali* stabilisce sostanzialmente che la valutazione della sicurezza degli edifici esistenti deve essere condotta con i criteri e le disposizioni di carattere generale contenuti negli altri capitoli della norma. Precisa inoltre che nella verifica : *Si dovrà prevedere l'impiego di metodi di analisi e di verifica dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità dell'informazione disponibile e l'uso, nelle verifiche di sicurezza, di adeguati “fattori di confidenza”, che modificano i parametri di capacità in funzione del livello di conoscenza relativo a geometria, dettagli costruttivi e materiali.*



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



● CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

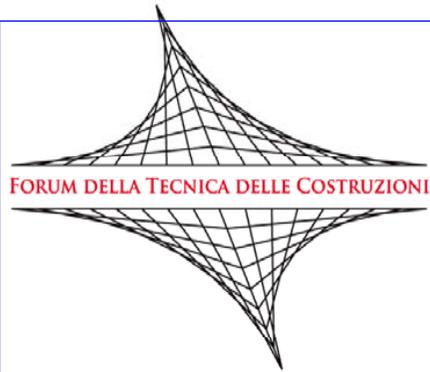
Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

La norma precisa ancora che:

La valutazione della sicurezza deve permettere di stabilire se:

- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- sia necessario procedere ad aumentare o ripristinare la capacità portante.

La valutazione della sicurezza dovrà effettuarsi ogni qual volta si eseguano gli interventi strutturali di cui al punto 8.4, e dovrà determinare il livello di sicurezza prima e dopo l'intervento.



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



● CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

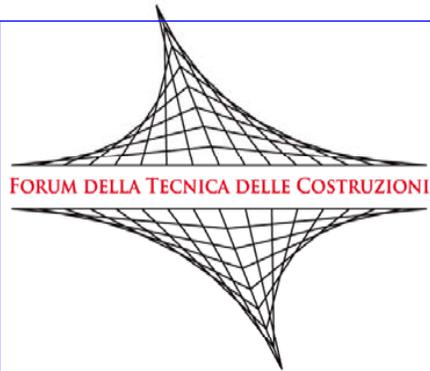
Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

8.4.1 INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

È fatto obbligo di procedere alla valutazione della sicurezza e, qualora necessario, all'adeguamento della costruzione, a chiunque intenda:

- a) sopraelevare la costruzione;
 - b) ampliare la costruzione mediante opere strutturalmente connesse alla costruzione;
 - c) apportare variazioni di classe e/o di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali in fondazione superiori al 10%; resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;
 - d) effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un organismo edilizio diverso dal precedente.
- In ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento, secondo le indicazioni del presente capitolo.

Una variazione dell'altezza dell'edificio, per la realizzazione di cordoli sommitali, sempre che resti immutato il numero di piani, non è considerata sopraelevazione o ampliamento, ai sensi dei punti a) e b). In tal caso non è necessario procedere all'adeguamento, salvo che non ricorrano le condizioni di cui ai precedenti punti c) o d).



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



● CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

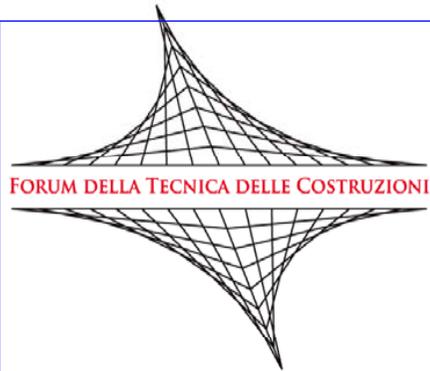
Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

8.4.2 INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

8.4.3 RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

Al punto 8.4 precisa che:

Gli interventi di adeguamento e miglioramento devono essere sottoposti a collaudo statico.



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



● CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

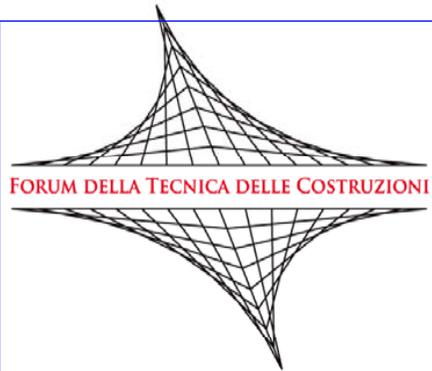
MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Importante anche il punto 8.6 MATERIALI, che precisa:

“Gli interventi sulle strutture esistenti devono essere effettuati con i materiali previsti dalle presenti norme; possono altresì essere utilizzati materiali non tradizionali, purché nel rispetto di normative e documenti di comprovata validità, ovvero quelli elencati al cap. 12.

Nel caso di edifici in muratura è possibile effettuare riparazioni locali o integrazioni con materiale analogo a quello impiegato originariamente nella costruzione, purché durevole e di idonee caratteristiche meccaniche.”



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



● CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Grazie per l'attenzione

Sito del Consiglio Superiore LL.PP.:

www.cslp.it

ing. Antonio Lucchese

La valutazione della sicurezza delle strutture esistenti.
La corretta progettazione ed esecuzione delle indagini
diagnostiche



Le costruzioni esistenti: la revisione del capitolo 8 delle NTC

Prof. Gaetano Manfredi

gamanfre@unina.it



Dipartimento di Ingegneria Strutturale

Università degli Studi di Napoli Federico II

Quadro Normativo italiano ed europeo

STRUTTURE IN ZONA SISMICA

NUOVA PROGETTAZIONE

Decreto Ministeriale
14/01/2008

Circolare 617
02/02/2009

EC8 parte 1 (2004)

EDIFICI ESISTENTI

Decreto Ministeriale
14/01/2008

Circolare 617
02/02/2009

EC8 parte 3 (2005)

Revisione Normativa

Cabina di regia

Attività a breve termine

(Dic. 2011)

REVISIONE E CORREZIONE REFUSI E PICCOLI ERRORI

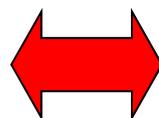
Testo emendato

Decreto Ministeriale

14/01/2008

Circolare 617

02/02/2009



EC8 parte 3 (2005)

Revisione Normativa

Cabina di regia

DECRETA

Art. 1

E' istituita una Cabina di regia con il compito di approfondire e coordinare l'attività di analisi degli elementi di criticità delle norme tecniche per le costruzioni, nonché con funzione consultiva per la proposizione delle opportune modifiche ed aggiornamenti di cui all'art. 60 del D.P.R. n. 380/2001 citato nelle premesse.

Attività a breve termine (Dic. 2011)

REVISIONE E CORREZIONE REFUSI E PICCOLI ERRORI

Testo emanato

Attività a lungo termine (2012)

MODIFICHE SOSTANZIALI

Revisione Normativa

Cabina di regia

GRUPPI DI LAVORO PER TEMATICHE

GRUPPO DI LAVORO N. 1 – Costruzioni in zona sismica

- Prof. Franco BRAGA, Coordinatore
- Ing. Emanuele RENZI, Componente
- Prof. Gaetano MANFREDI, Componente
- Prof. Alberto PAVESE, Componente
- Prof. Carlo LAI, Componente
- Prof. Walter SALVATORE, Componente
- Prof. Luis DECANINI, Componente
- Prof. Maurizio DE ANGELIS, Componente

GRUPPO DI LAVORO N. 3 – Costruzioni in c.a. e c.a.p.

- Prof. Gaetano MANFREDI, Coordinatore
- Prof. Franco BRAGA, Componente
- Prof. Alberto PAVESE, Componente
- Prof. Luca SANPAOLESI, Componente
- Prof. Camillo NUTI, Componente
- Prof. Crescentino BOSCO, Componente
- Prof. Paolo RIVA, Componente
- Prof. Giuseppe MANCINI, Componente

GRUPPO DI LAVORO N. 2 – Azioni sulle costruzioni

- Prof. Giovanni SOLARI, Coordinatore
- Prof. Luca SANPAOLESI, Componente
- Prof. Franco BRAGA, Componente
- Ing. Mauro CACIOLAI, Componente

GRUPPO DI LAVORO N. 4 - Costruzioni in acciaio e miste acciaio cls.

- Prof. Carlo CASTIGLIONI, Coordinatore
 - Prof. Marisa PECCE, Componente
 - Prof. Andrea DALL'ASTA, Componente
 - Prof. Angelo VITTOZZI, Componente
 - Prof. Raffaele LANDOLFO, Componente
-

Revisione Normativa

Cabina di regia

GRUPPI DI LAVORO PER TEMATICHE

GRUPPO DI LAVORO N. 5 – Costruzioni in legno

- Prof. Maurizio PIAZZA, Coordinatore
- Prof. Ezio GIURIANI, Componente
- Prof. Paolo ZANON, Componente
- Prof. Ario CECCOTTI, Componente

GRUPPO DI LAVORO N. 6 – Costruzioni in muratura

- Prof. Caudio MODENA, Coordinatore
- Prof. Sergio LAGOMARSINO, Componente
- Prof. Guido MAGENES, Componente

GRUPPO DI LAVORO N. 7 – Ponti stradali e ferroviari

- Prof. Giuseppe MANCINI, Coordinatore
- Prof. Piergiorgio MALERBA, Coordinatore
- Prof. Luigi EVANGELISTA, Componente
- Prof. Massimo AVERARDI, Componente
- Prof. Franco BRAGA, Componente

GRUPPO DI LAVORO N. 11 – Opere provvisorie

- Ing. Antonio LUCCHESI, Coordinatore
- Prof. Giovanni SOLARI, Componente
- Ing. Emanuele RENZI, Componente

GRUPPO DI LAVORO N. 8 – Geotecnica

- Prof. Giuseppe SCARPELLI, Coordinatore
- Ing. Carlo RICCIARDI, Componente
- Prof. Massimo GRISOLIA, Componente
- Prof. Michele MAUGERI, Componente
- Prof. Sebastiano RAMPOLLO, Componente
- Prof. Lamberto GRIFFINI, Componente
- Prof. Carlo LAI, Componente

GRUPPO DI LAVORO N. 9 – Costruzioni esistenti

- Prof. Mauro DOLCE, Coordinatore
- Prof. Camillo NUTI, Componente
- Prof. Alberto PAVESE, Componente
- Prof. Giorgio MONTI, Componente
- Prof. Gaetano MANFREDI, Componente

GRUPPO DI LAVORO N. 10 – Materiali e prodotti per le costruzioni, inclusi i materiali e prodotti innovativi

- Ing. Pietro BARATONO, Coordinatore
- Prof. Water SALVATORE, Componente
- Ing. Antonio LUCCHESI, Componente
- Ing. Emanuele RENZI, Componente
- Ing. Marco PANECALDO, Componente
- Prof. Maurizio PIAZZA, Componente
- Ing. Mauro DOLCE, Componente
- Prof. Gianni ROYER CARFAGNI, Componente
- Ing. Roberto VINCI, Componente
- Prof. Giuseppe MANCINI, Componente
- Prof. Giacomo MORICONI, Componente
- Prof. Luigi ASCIONE, Componente

Revisione Normativa

Cabina di regia

EDIFICI ESISTENTI

CAP 8. del D.M. 2008

CAP 8. della CIRCOLARE 617/2009

CAP 8. APPENDICI

SENZA VARIARE L'INDICE

Aspetti critici

CAP 8. del D.M. 2008

8.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

- interventi di adeguamento;
- interventi di miglioramento;
- riparazioni o interventi locali.

Chiariti alcuni punti, fonte di equivoci.

Chiarita la tipologia di intervento - campi di applicazione

Chiariti i casi in cui è fatto d'obbligo L'INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

Aspetti critici

Si individuano le seguenti categorie di intervento:

interventi di adeguamento

atti a conseguire i **livelli di sicurezza** previsti dalle presenti norme;

interventi di miglioramento

atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, **senza** necessariamente **raggiungere i livelli richiesti** dalle presenti norme;

riparazioni o interventi locali

che interessino elementi isolati, e che comunque comportino miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.

Gli interventi di **adeguamento e miglioramento** devono essere sottoposti a collaudo statico.

Aspetti critici

Interventi di adeguamento

È fatto obbligo di procedere alla **valutazione della sicurezza** e, qualora necessario, all'adeguamento della costruzione, a chiunque intenda:

- ✓ **sopraelevare la costruzione;**
- ✓ **ampliare la costruzione mediante opere strutturalmente connesse alla costruzione;**
- ✓ **apportare variazioni di classe e/o di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali in fondazione superiori al 10%;**
- ✓ **effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un organismo edilizio diverso dal precedente.**

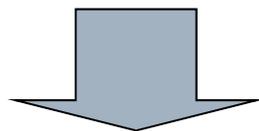
In ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento.

Aspetti critici

CAP 8. del D.M. 2008

- 8.7.1. COSTRUZIONI IN MURATURA
- 8.7.2. COSTRUZIONI IN CEMENTO ARMATO E IN ACCIAIO
- 8.7.3. EDIFICI MISTI
- 8.7.4. CRITERI E TIPI D'INTERVENTO
- 8.7.5. PROGETTO DELL'INTERVENTO

Piccoli errori e/o
refusi



CIRCOLARE 617/2009

Aspetti critici

CAP 8. della CIRCOLARE 617/2009

C8.7. VALUTAZIONE E PROGETTAZIONE IN PRESENZA DI AZIONI SISMICHE

C8.7.1 Costruzioni in muratura piccole variazioni

C8.7.2 Costruzioni in cemento armato o
in acciaio Variazioni/integrazioni

C8.7.3 Edifici misti

C8.7.4 Criteri e tipi d'intervento piccole variazioni

C8.7.5 Progetto dell'intervento

Aspetti critici

CAP 8. della CIRCOLARE 617/2009

C8.7.2 Costruzioni in cemento armato o in acciaio

C8.7.2.4 Metodi di analisi e criteri di verifica

FATTORI DI CONFIDENZA: chiarito il loro utilizzo

per definire le resistenze dei materiali da utilizzare nelle formule di capacità degli elementi, nel caso in cui la capacità è comparata con la corrispondente richiesta secondo i criteri di verifica di seguito riportati (vedi Tabella C8.4);

per definire le resistenze dei materiali da utilizzare per il calcolo della capacità resistente degli elementi duttili per la valutazione delle sollecitazioni di verifica degli elementi fragili (analisi lineari).

Aspetti critici

CAP 8. della CIRCOLARE 617/2009

C8.7.2 Costruzioni in cemento armato o in acciaio

C8.7.2.4 Metodi di analisi e criteri di verifica

ANALISI LINEARE CON SPETTRO ELASTICO:

- Condizioni di applicabilità

ANALISI LINEARE CON SPETTRO ELASTICO:

- Utilizzo di una rigidità fessurata
-

Aspetti critici

CAP 8. della CIRCOLARE 617/2009

C8.7.2 Costruzioni in cemento armato o in acciaio

C8.7.2.4 Metodi di analisi e criteri di verifica

ANALISI LINEARE CON SPETTRO RIDOTTO CON FATTORE q :

- Definizione di un unico fattore di struttura
- Criteri di selezione del fattore di struttura

ANALISI LINEARE CON SPETTRO RIDOTTO CON FATTORE q :

- Utilizzo di una rigidezza fessurata
-

Aspetti critici

VALUTAZIONE DEGLI EDIFICI ESISTENTI IN C.A.

❖ Metodi di analisi e rigidezza degli elementi

Analisi lineare con spettro elastico

Analisi lineare con fattore di struttura "q"

Analisi statica non lineare

Rigidezza degli elementi in c.a. nei modelli lineari

❖ Modelli di capacità degli elementi

Modelli di capacità rotazionale per elementi in c.a.

Modelli di capacità a taglio per elementi in c.a.

Metodi di analisi e rigidezza elementi

ANALISI LINEARE CON SPETTRO ELASTICO

q=1

L'assenza di utilizzo del fattore di struttura colloca tale approccio tra le metodologie di verifica *displacement-based*.

CONDIZIONI DI APPLICABILITA'

[Circolare 617, C8.7.2.4]:

❖ **prima condizione:** *Richiesta di spostamento della struttura uniformemente distribuita su tutti gli elementi per poter applicare a livello di elemento il principio di uguaglianza degli spostamenti.*

❖ **seconda condizione:** *evidenzia la necessità che non vi siano crisi fragili (travi, pilastri e nodi). Le crisi fragili in questa tipologia di analisi la crisi fragile è in ogni caso valutata in funzione del taglio plastico.*

**LE CONDIZIONI DI APPLICABILITÀ COSÌ FORMULATE
RENDONO TALE METODOLOGIA RARAMENTE APPLICABILE
(la seconda condizione risulta difficilmente verificata pur non
essendo vincolante)**

Metodi di analisi e rigidezza elementi

ANALISI LINEARE CON SPETTRO ELASTICO

q=1

L'assenza di utilizzo del fattore di struttura colloca tale approccio tra le metodologie di verifica *displacement-based*.

CONDIZIONI DI APPLICABILITA'

[Circolare 617, C8.7.2.4]:

... E L'EUROCODICE?

LA PRIMA CONDIZIONE È FORMULATA IN MANIERA LEGGERMENTE DIVERSA, RISULTANDO PIÙ RESTRITTIVA.

LA SECONDA CONDIZIONE È POSTA IN NOTA E NON È VINCOLANTE.

D'ALTRA PARTE TALE METODOLOGIA ANDREBBE INTERPRETATA COME UNICO POSSIBILE APPROCCIO DI TIPO LINEARE PER STRUTTURE ESISTENTI....

Aspetti critici

CAP 8. della CIRCOLARE 617/2009

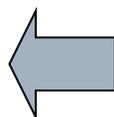
C8.7.2 Costruzioni in cemento armato o in acciaio

C8.7.2.4 Metodi di analisi e criteri di verifica

EC8-3 (2005)

unico
fattore di
struttura

?



		ANALISI LINEARE CON SPETTRO ELASTICO RIDOTTO		ANALISI NON LINEARE	
		DOMANDA	CAPACITÀ	DOMANDA	CAPACITÀ
Tipologia di elemento o meccanismo di crisi	Duttile	Dall'analisi. (effettuata con fattore di struttura $q=1.5-3.0$)	In termini di resistenza. (Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC)	Dall'analisi.	In termini di deformazione . (Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC)
	Fragile	Dall'analisi. (effettuata con fattore di struttura $q=1.5$)	In termini di resistenza. (Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC e per il coefficiente parziale)	Dall'analisi.	In termini di resistenza . (Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC e per il coefficiente parziale)

Metodi di analisi e rigidezza elementi

SECONDO LA NORMATIVA ITALIANA

Gli elementi in cemento armato vanno considerati fessurati nella modellazione e in assenza di analisi specifiche la rigidezza flessionale può essere **ridotta sino al 50%** della rigidezza dei corrispondenti elementi non fessurati.

SECONDO L'EUROCODICE

La rigidezza da adottarsi nelle analisi va assunta pari a quella di snervamento incipiente dell'elemento, a fessurazione avvenuta e in mancanza di specifiche valutazioni va assunta **pari al 50%** della rigidezza dei corrispondenti elementi non fessurati.

Aspetti critici

CAP 8. della CIRCOLARE 617/2009

C8.7.2 Costruzioni in cemento armato o in acciaio

C8.7.2.4 Metodi di analisi e criteri di verifica

ANALISI LINEARI E NON LINEARI:

- Chiarite ulteriormente le condizioni di applicabilità

Metodi di analisi e rigidezza elementi

ANALISI STATICA NON LINEARE

Sia l'Eurocodice che la normativa italiana identificano tra gli scopi dell'analisi statica non lineare quello di rappresentare una metodologia di verifica precipua per gli edifici esistenti.

CONDIZIONI DI APPLICABILITA' (7.3.1.4 e C8A.1.2)

(§ 7.3.1.4)

NTC08: L'analisi statica non lineare è applicabile qualora la massa partecipante del primo modo sia almeno pari al 75% oppure il periodo della struttura sia superiore al valore di T_c (distribuzioni GRUPPO 1).

C8A.1.2)

Tabella C8A.1.2 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

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

LC2 o LC3

Metodi di analisi e rigidezza elementi

ANALISI STATICA NON LINEARE

Sia l'Eurocodice che la normativa italiana identificano tra gli scopi dell'analisi statica non lineare quello di rappresentare una metodologia di verifica precipua per gli edifici esistenti.

CONDIZIONI DI APPLICABILITA' (7.3.1.4 e C8A.1.2)

... E L'EUROCODICE?

A MENO DI LIMITAZIONI BLANDE SUL PERIODO,
SECONDO **L'EUROCODICE L'ANALISI STATICA NON LINEARE**
NON PRESENTA PARTICOLARI LIMITAZIONI NELLA SUA
APPLICABILITÀ.

LE LIMITAZIONI DELLA NORMATIVA ITALIANA SONO MUTUATE DA CODICI AMERICANI CHE UTILIZZANO UN APPROCCIO DI ANALISI DIVERSO DAL METODO N2 IMPLEMENTATO SIA IN EUROCODICE CHE IN NORMATIVA ...

Aspetti critici

CAP 8. della CIRCOLARE 617/2009

C8.7.2 Costruzioni in cemento armato o in acciaio

C8.7.2.5 Modelli di capacità per la valutazione di edifici in cemento armato

CAPACITA' ELEMENTI DUTTILI:

- Integrazione dei modelli di capacità
(APPENDICI)

CAPACITA' ELEMENTI FRAGILI:

- Presenza di refuso OPCM 3431/2005 – CHIARITO
- Adozione di un modello di capacità tipo EC8-3



Aspetti critici

Elementi esistenti (Circolare 617/2009)

“la resistenza a taglio si valuta come nel caso di nuove costruzioni per situazioni non sismiche, considerando comunque un contributo del conglomerato al massimo pari a quello relativo agli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio [...]”

Quanto riportato nella Circolare 617/2009 fa chiaramente intendere che la capacità tagliante debba valutarsi mediante una formulazione additiva:

$$V_R = V_C + V_W$$

Ma la NORMA ITALIANA non adotta allo stato attuale un modello additivo

Aspetti critici

OPCM 3431 par.11.3.2.2

“la resistenza a taglio si valuta come nel caso di nuove costruzioni per situazioni non sismiche, considerando comunque un contributo del conglomerato al massimo pari a quello relativo agli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio [...]”

D.M. 1996

Formulazione additiva

$$V_R = V_C + V_w$$

$$V_C = 0.25 \cdot f_{ctd} \cdot r \cdot (1 + 50\rho_1) \cdot b \cdot d \cdot \delta$$

$$V_w = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot d^*$$

Circolare 617 C8.7.2.5

“la resistenza a taglio si valuta come nel caso di nuove costruzioni per situazioni non sismiche, considerando comunque un contributo del conglomerato al massimo pari a quello relativo agli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio [...]”

D.M. 2008

Traliccio ad inclinazione var.

$$V_R = \frac{A_{sw} \cdot f_{yd}}{s} \cdot d^* \cdot \cot \theta$$

$$1.00 \leq \cot \theta \leq 2.50$$

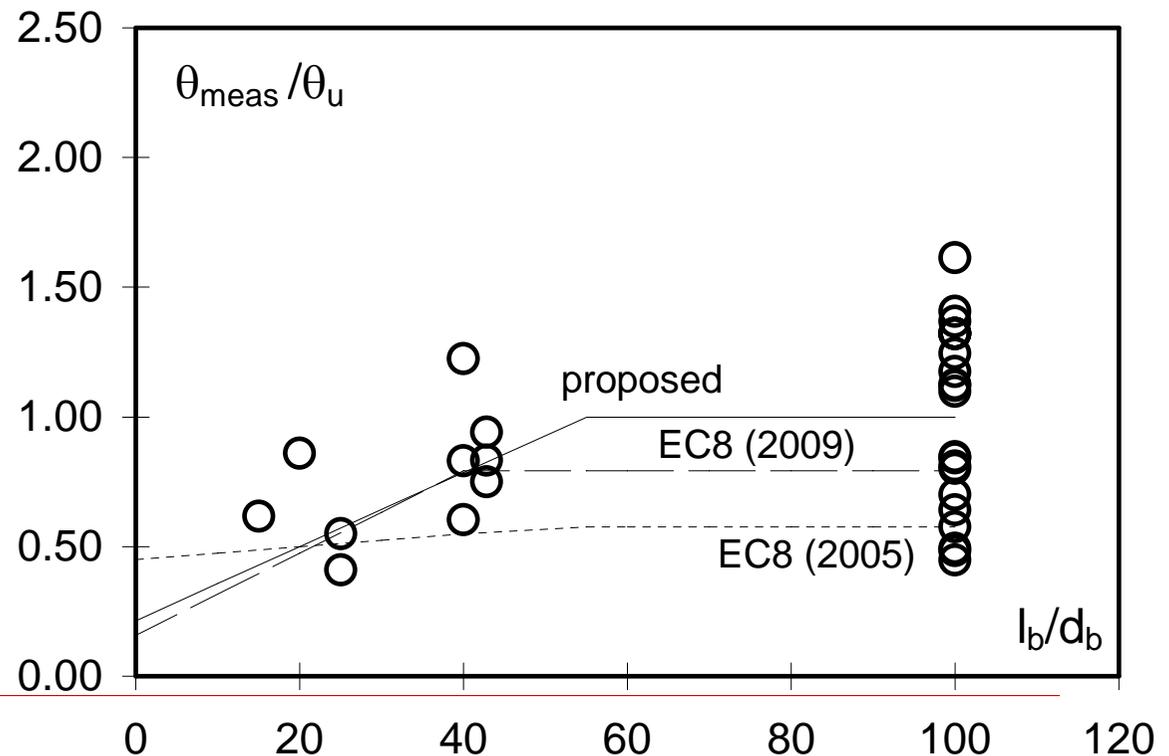
Modelli di Capacità per gli elementi

La Circolare 617 riprende fedelmente le indicazioni dell'Eurocodice che propone formulazioni di natura empirica o ibrida.

L'affidabilità di tali approcci dipende dalle dimensioni e dall'omogeneità dei database su cui sono tarati.

Coefficienti decurtativi, tarati su un numero limitato di prove tengono conto dell'assenza di dettagli sismici, l'inadeguata sovrapposizione la tipologia di acciaio

Per elementi armati con barre lisce, inizialmente l'EC8 proponeva un coefficiente decurtativo pari a **0.575** (tarato su 6 prove). L'ampliamento del database ha condotto a proposte sempre meno conservative e più aderenti alla realtà sperimentale



Aspetti critici

CAP 8. della CIRCOLARE 617/2009

C8.7.2 Costruzioni in cemento armato o in acciaio

C8.7.2.7 Modelli di capacità per la valutazione di edifici in acciaio

CAPACITA' ELEMENTI TRAVI /PILASTRI:

- Variazioni/integrazioni (APPENDICI)

CAPACITA' COLLEGAMENTI:

- Variazione/integrazioni (APPENDICI)
-

Metodi di analisi e rigidezza elementi

ANALISI LINEARE CON FATTORE DI STRUTTURA α

$$q=1,5\div 3$$

		ANALISI LINEARE CON SPETTRO ELASTICO RIDOTTO		ANALISI NON LINEARE	
		DOMANDA	CAPACITÀ	DOMANDA	CAPACITÀ
Tipologia di elemento o meccanismo di crisi	Duttile	Dall'analisi. (effettuata con fattore di struttura $q=1.5-3.0$)	In termini di resistenza. (Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC)	Dall'analisi.	In termini di deformazione. (Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC)
	Fragile	Dall'analisi. (effettuata con fattore di struttura $q=1.5$)	In termini di resistenza. (Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC e per il coefficiente parziale)	Dall'analisi.	In termini di resistenza. (Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC e per il coefficiente parziale)

Le **indicazioni per la scelta** di tale valore all'interno dell'intervallo **non sono di tipo quantitativo**, a meno della regolarità strutturale cui corrisponde una quantificazione nell'Eurocodice 8 parte 1.

PER GLI ELEMENTI MECCANISMI FRAGILI L'UNICO VALORE DA UTILIZZARE È 1.5

Metodi di analisi e rigidezza elementi

ANALISI LINEARE CON FATTORE DI STRUTTURA q

$$q=1,5\div 3$$

		ANALISI LINEARE CON SPETTRO ELASTICO RIDOTTO		ANALISI NON LINEARE	
		DOMANDA	CAPACITÀ	DOMANDA	CAPACITÀ
Tipologia di elemento o meccanismo di crisi	Duttile	Dall'analisi. (effettuata con fattore di struttura $q=1.5-3.0$)	In termini di resistenza. (Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC)	Dall'analisi.	In termini di deformazione. (Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC)
	Fragile	Dall'analisi. (effettuata con fattore di struttura $q=1.5$)	In termini di resistenza. (Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC e per il coefficiente parziale)	Dall'analisi.	In termini di resistenza. (Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC e per il coefficiente parziale)

... E L'EUROCODICE?

L'UNICO VALORE RIPORTATO IN EUROCODICE È 1.5

NON CREANDO NESSUNA DIFFERENZA DI APPROCCIO TRA I MECCANISMI DUTTILI E FRAGILI O ANOMALIE NELLA PROCEDURA DI ANALISI

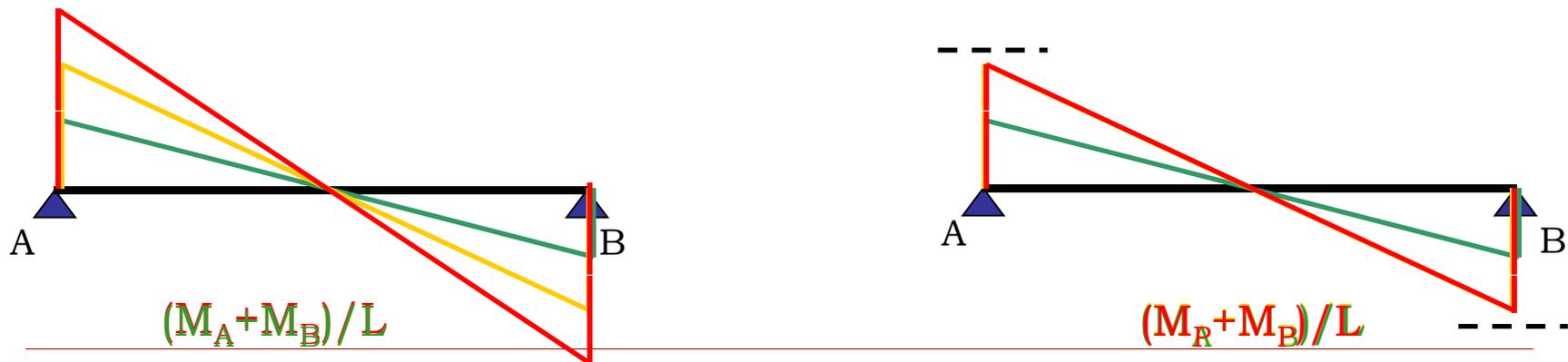
Metodi di analisi e rigidezza elementi

ANALISI LINEARE CON FATTORE DI STRUTTURA q

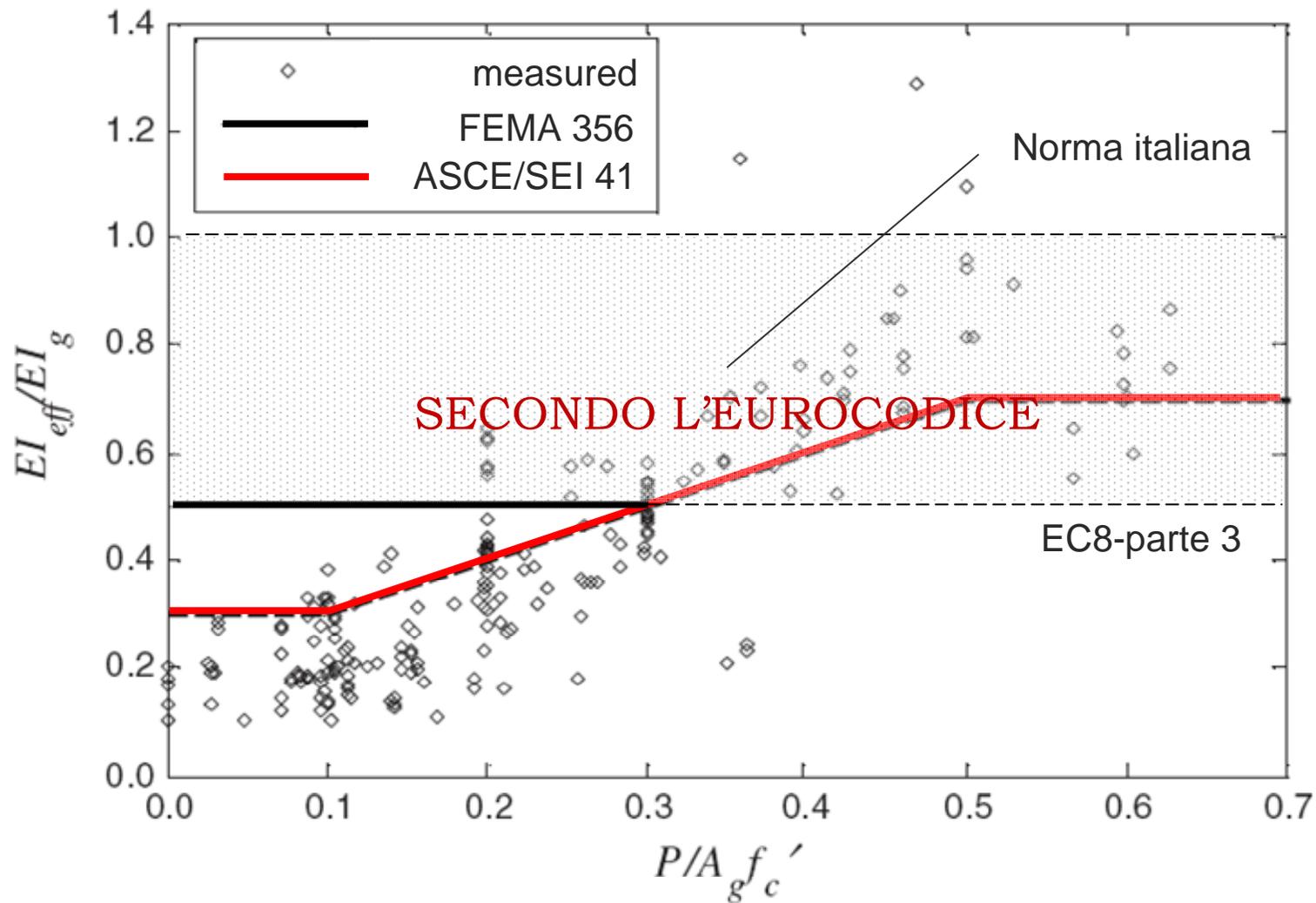
Le verifiche sono svolte tutte in termini di resistenza e le sollecitazioni sono ottenute dall'analisi ...

... QUANTO È CONSERVATIVO TALE APPROCCIO
SUGLI ELEMENTI FRAGILI?

RISPETTO AL TAGLIO PLASTICO IMPIEGATO NELL'ANALISI
LINEARE CON SPETTRO ELASTICO SI RISCONTRA UNA
SOVRASTIMA SIGNIFICATIVA DELLA SOLLECITAZIONE ...



Metodi di analisi e rigidezza elementi



Modelli di capacità a taglio

Circolare 617 C8.7.2.5

“la resistenza a taglio si valuta come nel caso di nuove costruzioni per situazioni non sismiche, considerando comunque un contributo del conglomerato al massimo pari a quello relativo agli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio [...]”



OPCM 3431 par.11.3.2.2

“la resistenza a taglio si valuta come nel caso di nuove costruzioni per situazioni non sismiche, considerando comunque un contributo del conglomerato al massimo pari a quello relativo agli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio [...]”

Lo stralcio riportato dai due differenti riferimenti normativi è consistente se e solo se il modello di capacità a taglio adottato per gli elementi è di tipo additivo

Conclusioni

- ❖ Necessità di chiarire alcuni aspetti normativi sia minori che sostanziali (attività Cabina di Regia)
- ❖ Possibilità di allineamento in taluni casi con quanto riportato nell'Eurocodice 8
- ❖ Le prime applicazioni (progetti di miglioramento/adequamento) conformi alle prescrizioni delle NTC 08 hanno mostrato che un processo di revisione di alcuni aspetti normativi è in taluni casi necessario al fine di rendere l'analisi strutturale mediante di software più facilmente implementabile
- ❖ Necessità da parte dei software di calcolo di esplicitare in taluni casi le procedure di calcolo adottate al fine di consentire semplici verifiche di accettabilità da parte dei progettisti



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA : INDAGINI STRUTTURALI INDIRIZZATE ALLA DIAGNOSTICA E AL CONTROLLO DEGLI INTERVENTI CONSERVATIVI

Luigia Binda

Workshop ALIG

**LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA NELLE STRUTTURE ESISTENTI.
LA CORRETTA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DELLE INDAGINI
DIAGNOSTICHE**

**MADEexpo Milano
sabato 8 ottobre 2011**

Forum della Tecnica delle Costruzioni 2011



con il patrocinio di:



MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Argomenti:

INTRODUZIONE

- **PROGETTO PER L'INDAGINE DIAGNOSTICA**
- **RIFERIMENTI A CAP.8 DELLA NTC**
- **PROCEDURE DI INDAGINE**
- **COMPLEMENTARIETA' DELLE TECNICHE**
- **CONCLUSIONI**



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

INTRODUZIONE

Gli edifici storici, non importa quale uso ne sia fatto in futuro devono rispondere a requisiti di sicurezza.

Dal punto di vista del rischio essi possono appartenere a diverse categorie:

- (a) edifici isolati,**
- (b) appartenenti ad un'area urbana,**
- (c) aperti al pubblico**
- (d) aperti a grandi riunioni pubbliche (cattedrali, teatri, ecc.).**

Per ogni categoria deve essere accettato un certo rischio



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

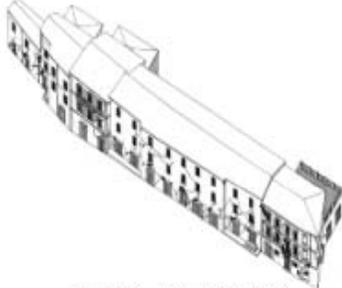
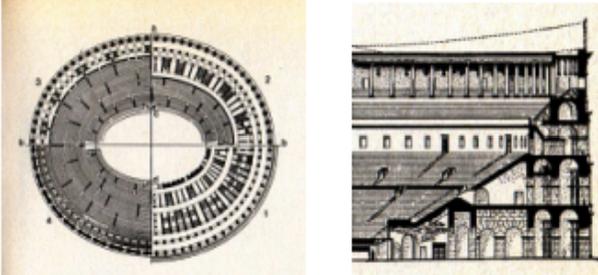
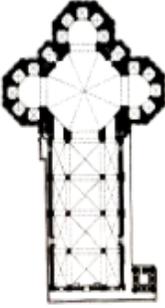
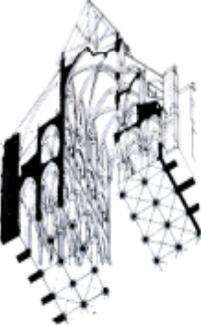
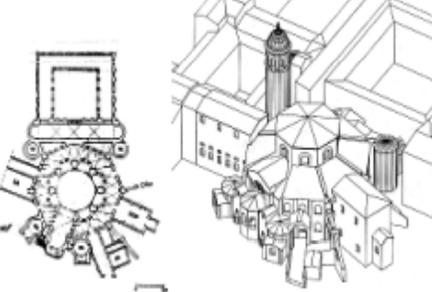
con il patrocinio di:



MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

TIPOLOGIE

Type A) Isolated houses and/or dwellings	Type B) Row Houses	Type C) Palaces
 <p>M27 axonometric</p>	 <p>Sel uM123 - axonometric view a)</p>	 <p>Consoli Palace in Gubbio,</p>
Type D) Bell-Towers	Type E) Arenas	
 <p>The Torrezzo of Cremona</p>	 <p>plan section The Colosseum in Rome</p>	
Type F) Churches and Cathedrals		
F1) Churches: plan based on latin cross scheme	F2) Churches: central plan	
 <p>S. Maria del Fiore: plan</p>	 <p>Gothic Cathedral</p>	 <p>San Vitale: plan and axonometry</p>

Nel caso degli edifici storici non bastano però solo le leggi costitutive del materiale. Infatti le classi degli edifici spesso corrispondono a tipologie costruttive con diverso comportamento strutturale.



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI

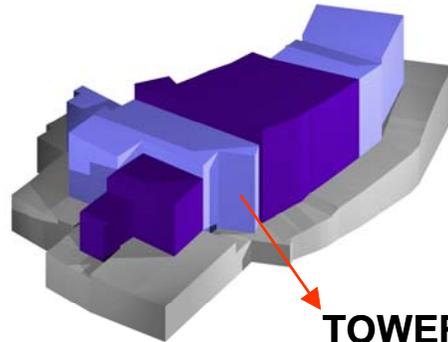


ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

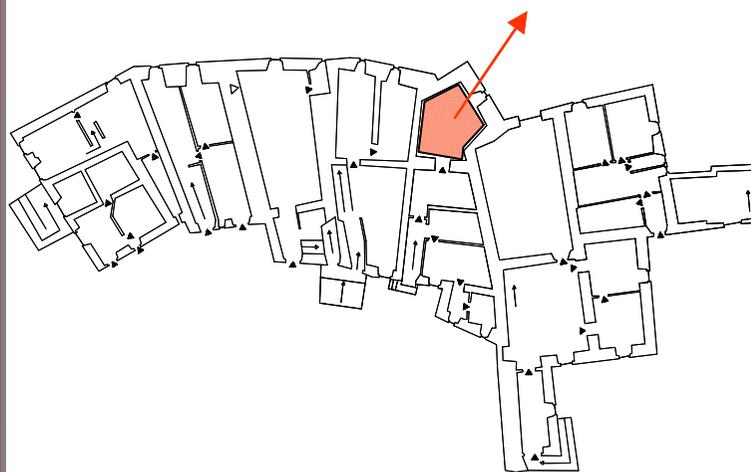
MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Edificio complesso (aggregato) in un villaggio Umbro e sua evoluzione



TOWER



- Se la struttura è complessa solo modelli elastici si utilizzano con una certa facilità. Modelli non lineari sono di difficile e costosa applicazione.
- Se la complessità della struttura è frutto della sua evoluzione nel tempo, la modellazione deve anche tenere conto, soprattutto in zona sismica dei punti vulnerabili e della loro posizione.



con il patrocinio di:



MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

NTC Norme tecniche per le costruzioni

Cap.8 Costruzioni esistenti

Cap. 8.5 Procedure per la valutazione della sicurezza e la redazione dei progetti

C8.5.1 Analisi storico-critica

C8.5.2 Rilievo

C8.5.3 Caratterizzazione meccanica dei materiali

C8.5.4 Livelli di conoscenza e fattori di confidenza e Circolari Cap. 8-12 e Appendici



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI

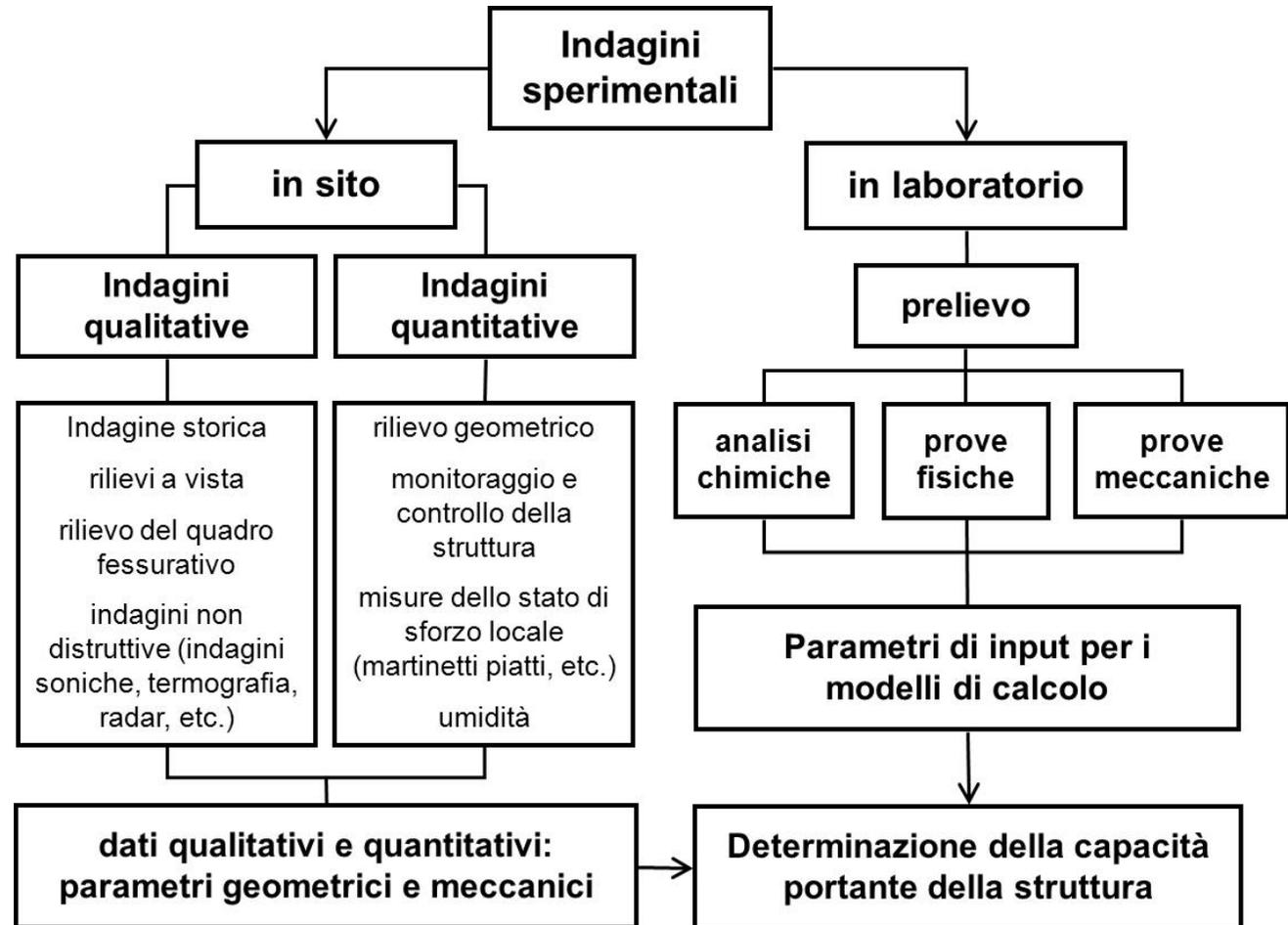


ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Finalità dell'indagine sperimentale per l'analisi strutturale





FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI

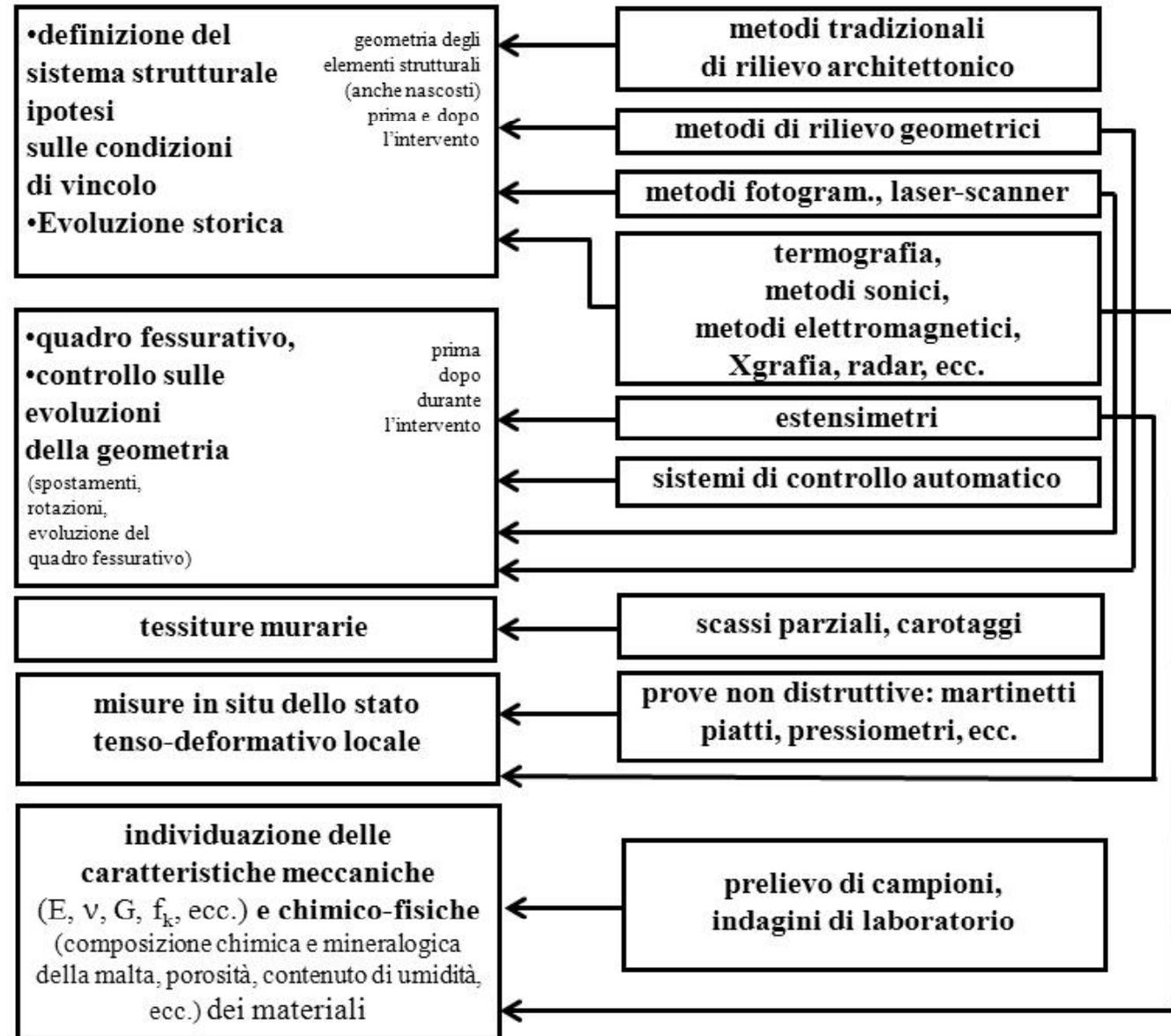


ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Informazioni richieste e tecniche d'indagine corrispondente





FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

NTC Norme tecniche per le costruzioni

Cap.8 Costruzioni esistenti

Cap. 8.5 Procedure per la valutazione della sicurezza e la redazione dei progetti

C8.5.1 Analisi storico-critica

C8.5.2 Rilievo

C8.5.3 Caratterizzazione meccanica dei materiali

C8.5.4 Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

e

Circolari Cap. 8-12 e Appendici



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



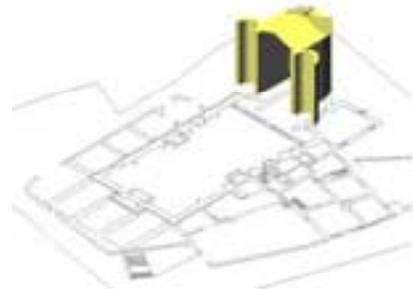
ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

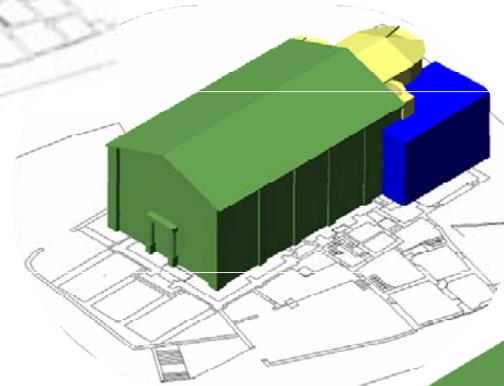
Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

C8.5.1 Analisi storico-critica

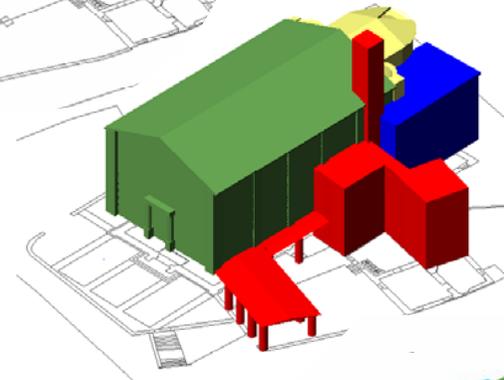
Evoluzione costruttiva della Chiesa di S. Michele Arcangelo a Sabbio Chiese (BS)



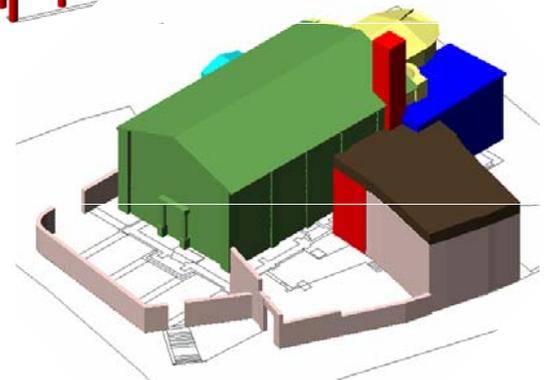
Alto Medioevo



XV–XVI Secolo



Periodo Napoleonico



Inizio XX secolo

Indagine storica



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

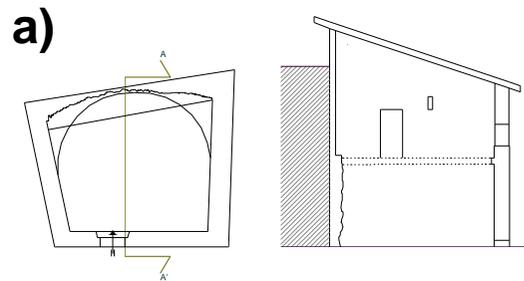
MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

C8.5.2 Rilievo

2. RILIEVO GEOMETRICO: (C8.5.2 rilievo)

- Fotogrammetria
- Metodi tradizionali, stazione totale
- Laser scanner



Esempi di:

- a) edificio isolato,
- b) a schiera,
- c) aggregato



Rilievo geometrico **tradizionale (stazione totale)**



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

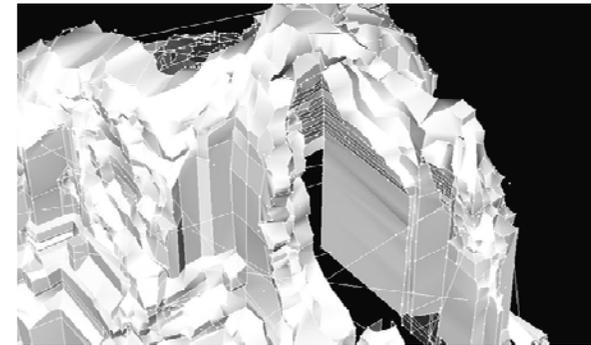
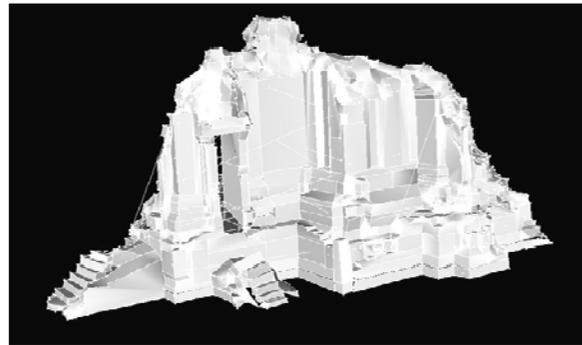
MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Rilievo geometrico: Uso della fotogrammetria.

Tempio G1 a My Son (Vietnam)

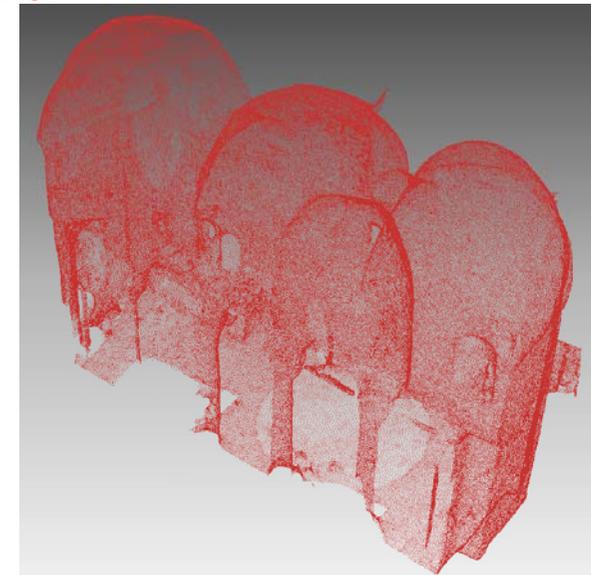
Modello 3D manuale 1) uso di Photomodeler 6 per la creazione del modello 3D per l'analisi a EF e il progetto di intervento, 2) Misura manuale almeno di due punti su almeno due immagini, dopo l'orientamento, 3) tempo per l'elaborazione: 45 gg



Rilievo geometrico: laser scanner

Chiesa di S. Nicola-
Mesopotam-Albania

Restituzione complessa:
necessità di informazioni sulla
geometria





FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



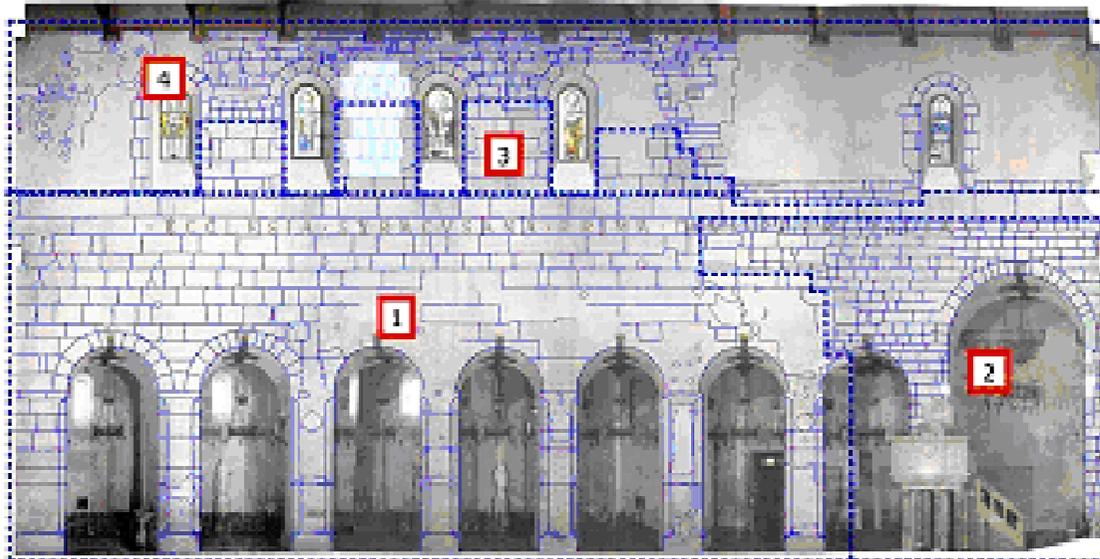
FEDERCOSTRUZIONI



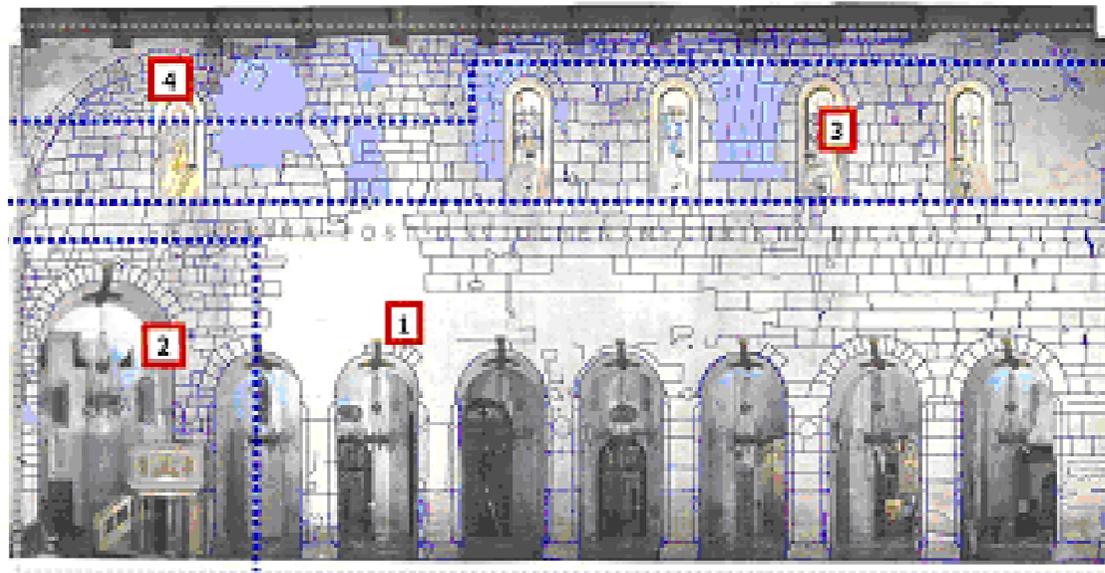
ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011



Rilevo geometrico: studio delle murature e della loro evoluzione



Ortofotopiano e rilievo stratigrafico_ Duomo di Siracusa



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADE expo

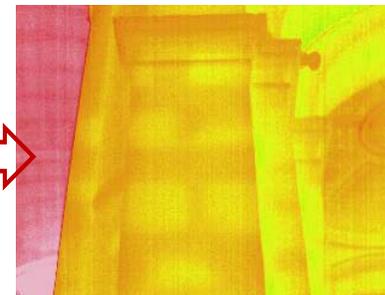
Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Rilievo geometrico:

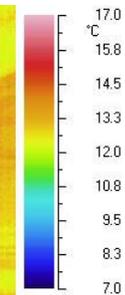
Termografia attiva applicata ai pilastri di una chiesa colpita dal terremoto (L'Aquila)



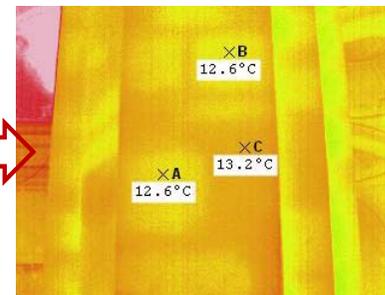
Superficie inquadrata



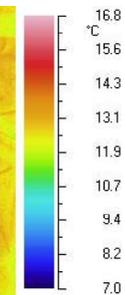
Termogramma



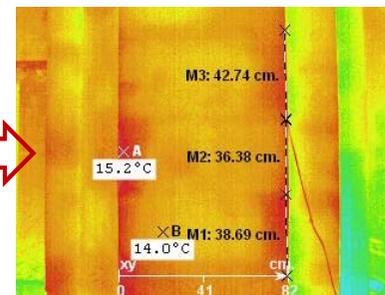
Superficie inquadrata



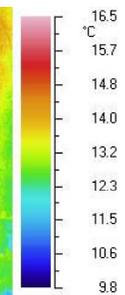
Termogramma



Superficie inquadrata



Termogramma





FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

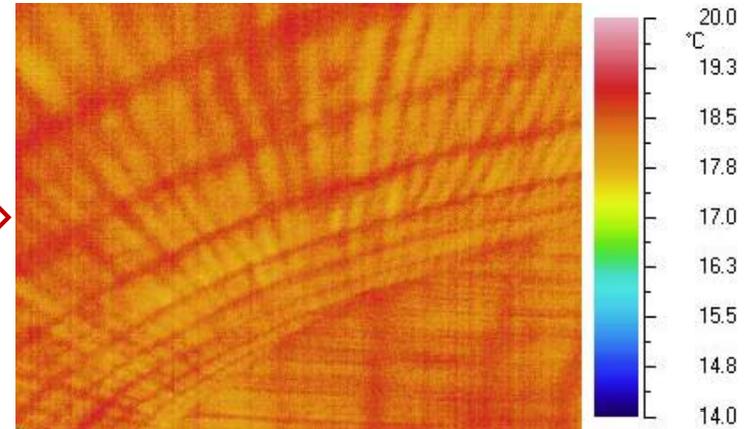
Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Rilievo geometrico:

Prove condotte sulla volta dell'Accademia delle Scienze di Torino



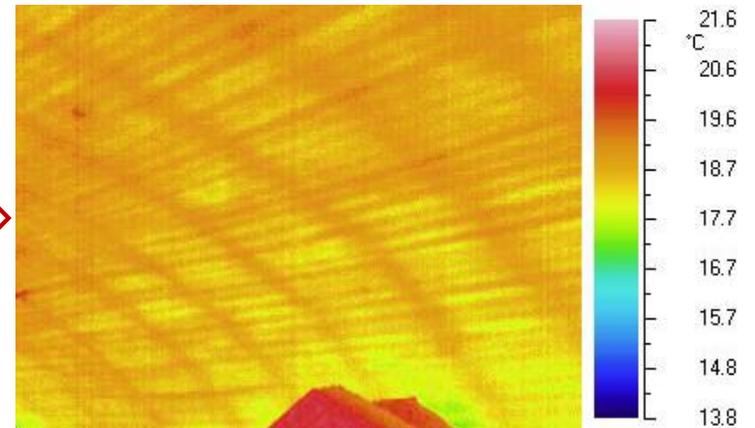
Superficie inquadrata



Termogramma



Superficie inquadrata



Termogramma



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

C8.5.2 Rilievo

3. RILIEVO DEL QUADRO FESSURATIVO E DEI MECCANISMI DI DANNO E INTERPRETAZIONE

- **danni pregressi: cedimenti terreno, fuori piombo, schiacciamento, crolli ecc.**
- **danni sisma: abachi dei meccanismi**
- **danni inondazioni, ecc.**
- **sinergie di danno: es. pregressi + sisma**
- **danni superficiali: umidità, gelo e disgelo, Sali, inquinamento**



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



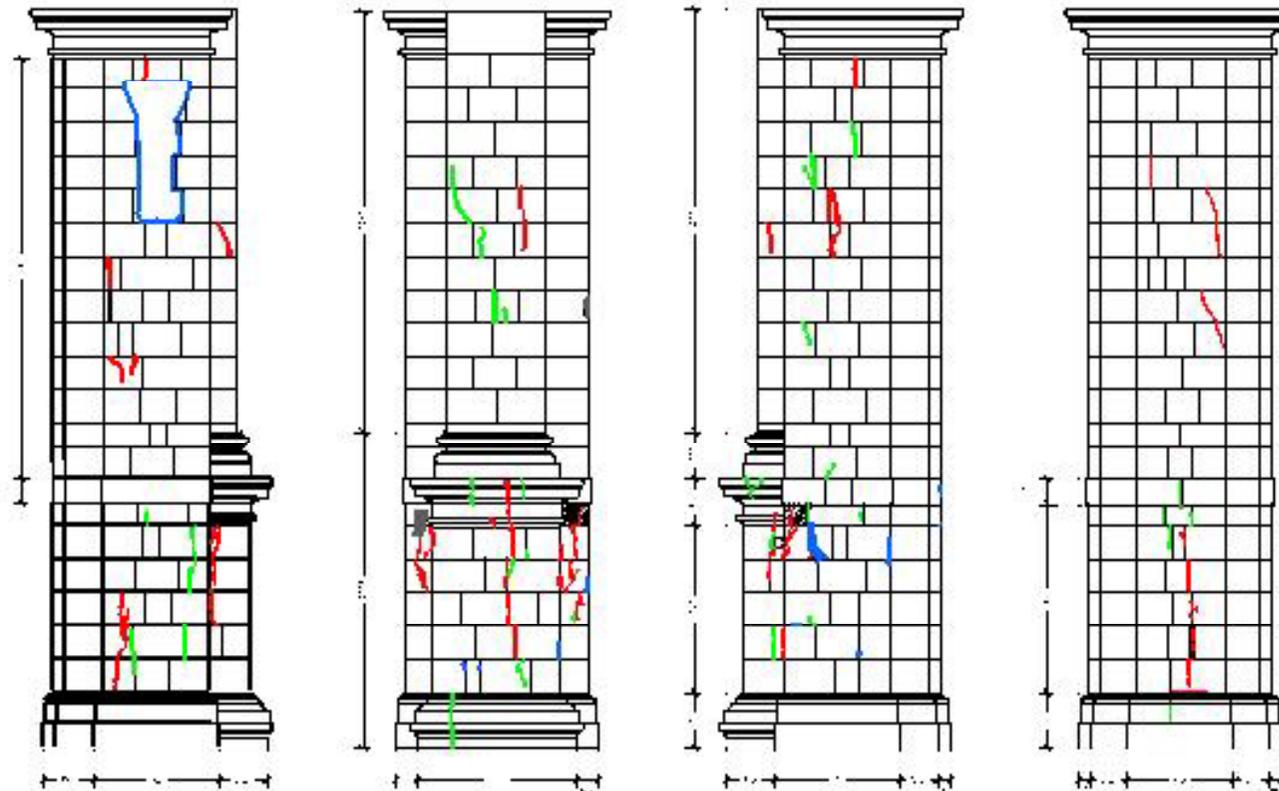
ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Rilievo del Q.F.

Un pilastro fessurato per compressione:



Chiesa del SS. Crocefisso a Noto



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



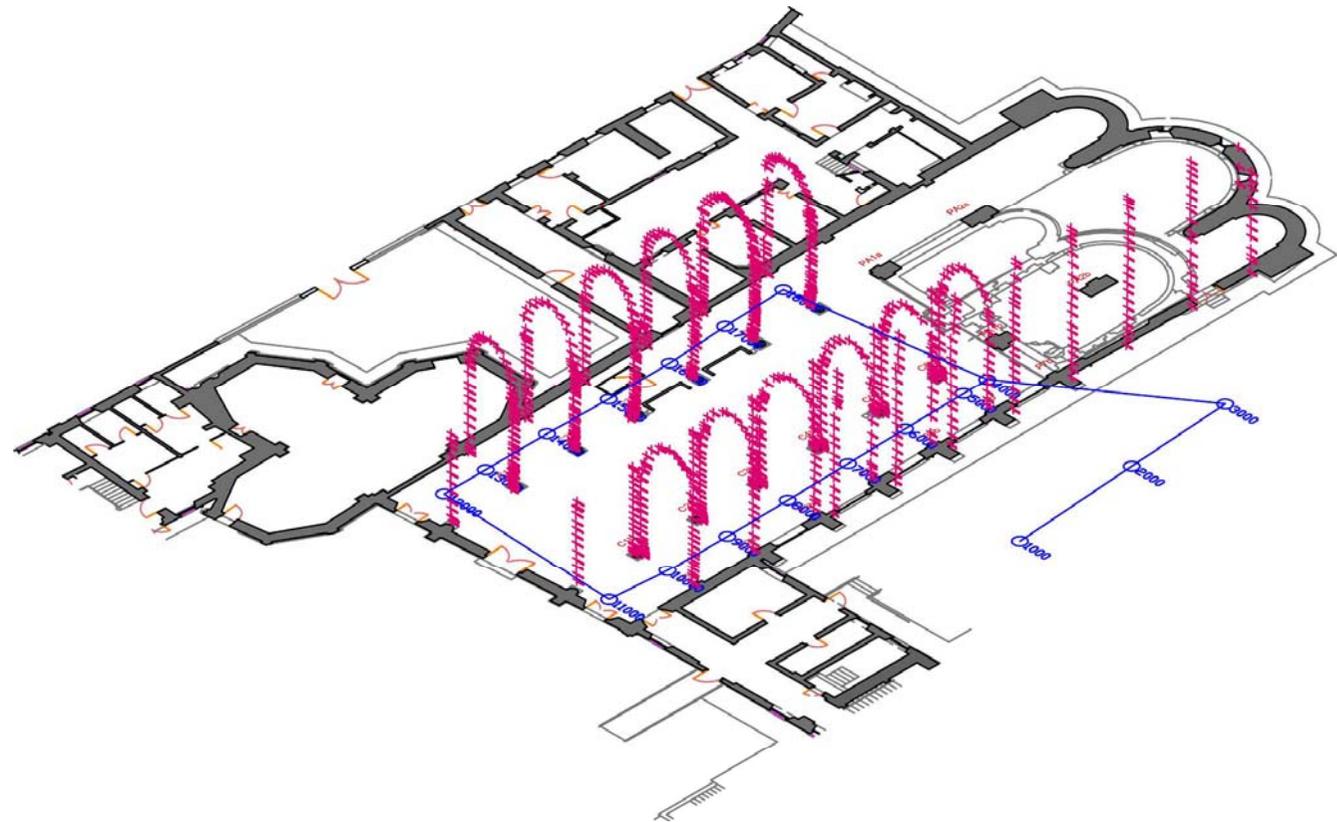
ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Rilievo del QF e dei danni

Verticalità dei pilastri



S. Lorenzo a Cremona



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI

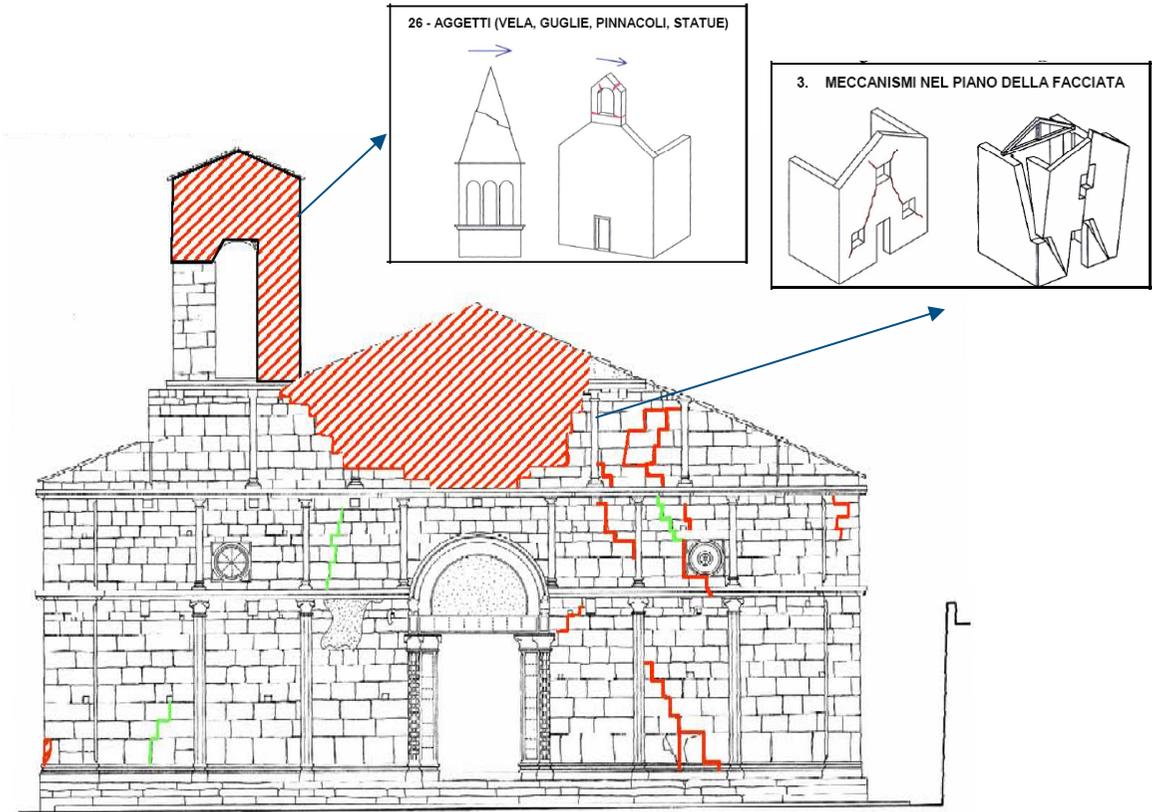


ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

DANNI TERREMOTO 2009 : S. Giusta in Bazzano: il Q.F si descrive per macro elementi





FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

C8.5.2 rilievo e C8.5.4 Livelli di conoscenza

4. CONTROLLO STATICO E DINAMICO DELLE STRUTTURE

Quando si nota un Q.F. importante e si teme la sua evoluzione a causa di cedimenti del terreno, variazioni di temperatura, carichi ciclici, o semplicemente per sforzi eccessivi è importante installare un sistema di monitoraggio sulla struttura per seguire questa evoluzione.

Il monitoraggio può essere di tipo statico o dinamico quando la struttura è soggetta a carichi ciclici dovuti al vento, alle vibrazioni del traffico, terremoto, ecc. Questo tipo di controllo è spesso applicato ad edifici importanti quali torri, o cattedrali

5. PROVE GEOGNOSTICHE

Si devono eseguire prove in sito ed in laboratorio per la caratterizzazione del terreno e prove di rilievo della geometria e qualità delle fondazioni



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

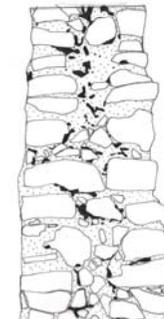
Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

C8.5.3 caratterizzazione meccanica dei materiali)

6. CARATTERIZZAZIONE DELLA MURATURA

- tessitura e morfologia della sezione
- comportamento tenso-deformativo: prove in sito con martinetti piatti
- caratterizzazione dei componenti: malta, mattoni e pietre
- metodologia per il rilievo della qualità muraria

**Qualità
muraria:
Rilievo
della
morfologia
delle
sezioni
murarie**





FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

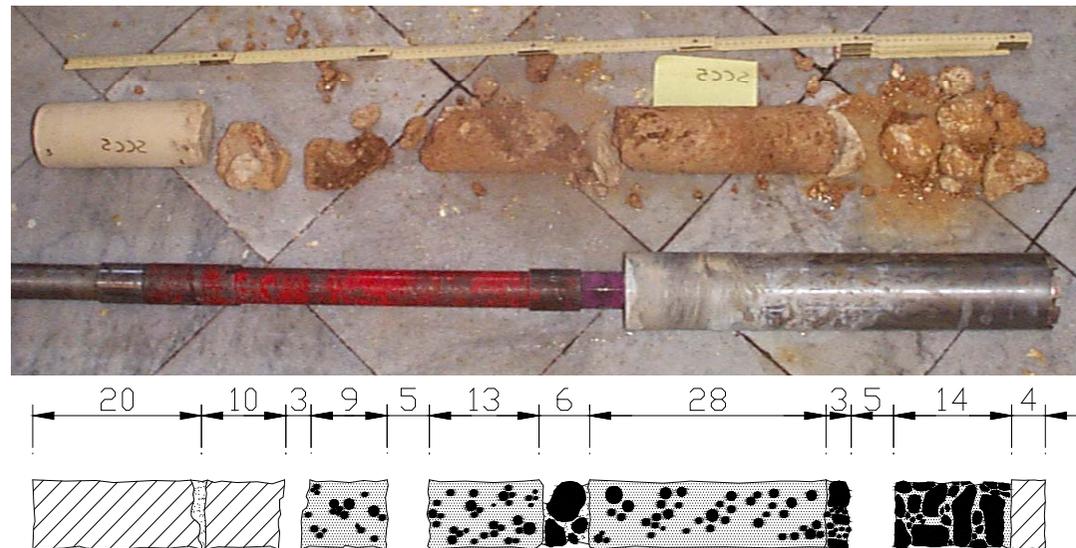
MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Rilievo della morfologia della sezione: Tecniche poco distruttive

Scassi e carotaggi.

Per comprendere la morfologia delle sezioni murarie è importante anche l'ispezione diretta. Spesso è necessario eseguire uno scasso e ispezionare direttamente. Può essere molto più efficiente del carotaggio



Carotaggio e ricostruzione della stratigrafia della sezione.



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



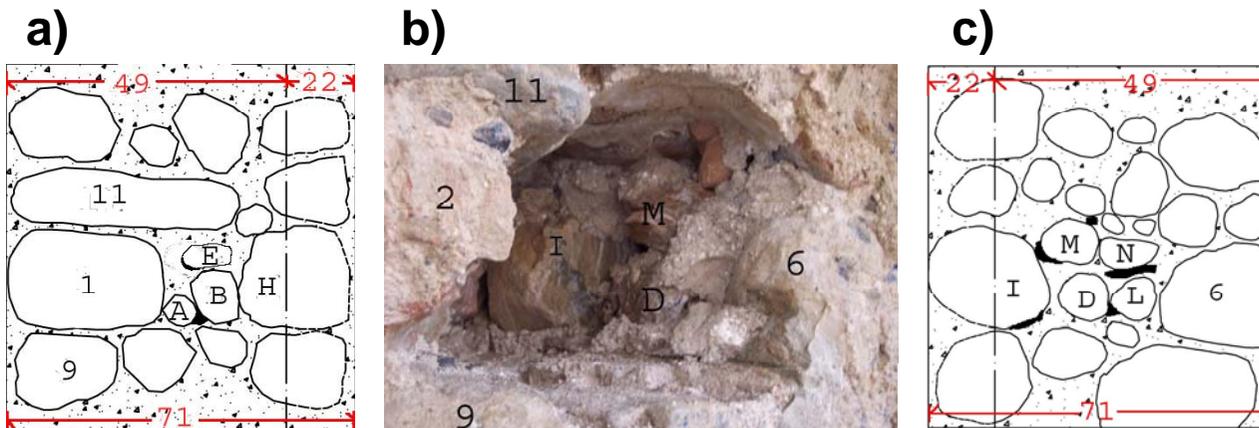
ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

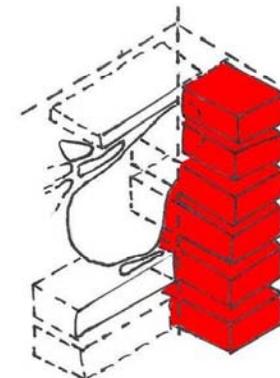
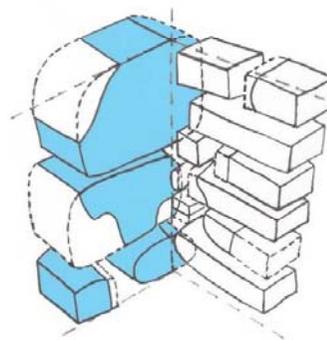
Rilievo della morfologia della sezione:

Piccoli scassi



Disegno della sezione dopo lo scasso: a) superficie interna di destra, b) foro del prospetto, c) superficie interna di sinistra

Verifica ammorsamenti parete-parete





FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

C8.5.4 Livelli di conoscenza

Prova con martinetto piatto singolo

La determinazione dello stato di sforzo è basata sul rilascio delle tensioni causato da un taglio perpendicolare alla superficie esterna del muro: l'effetto è la chiusura parziale del taglio, cioè la distanza tra due punti a cavallo del taglio diminuisce. Si inserisce nel taglio un martinetto sottile (4mm) nel quale si immette olio in pressione e la pressione si aumenta gradualmente fino a raggiungere la geometria prima del taglio.

La seguente relazione di equilibrio è fondamentale per tutte le applicazioni (ASTM, 1991):

$$S_f = K_j K_a P_f$$

S_f = valore di sforzo calcolato

K_j = costante di calibrazione del martinetto (<1)

K_a = costante di area taglio/martinetto (<1)

P_f = Pressione misurata nel martinetto



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



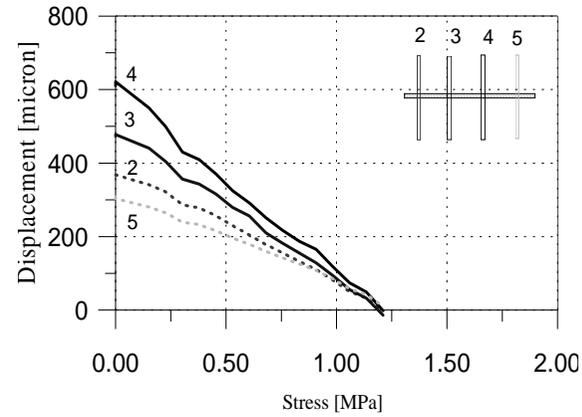
FEDERCOSTRUZIONI



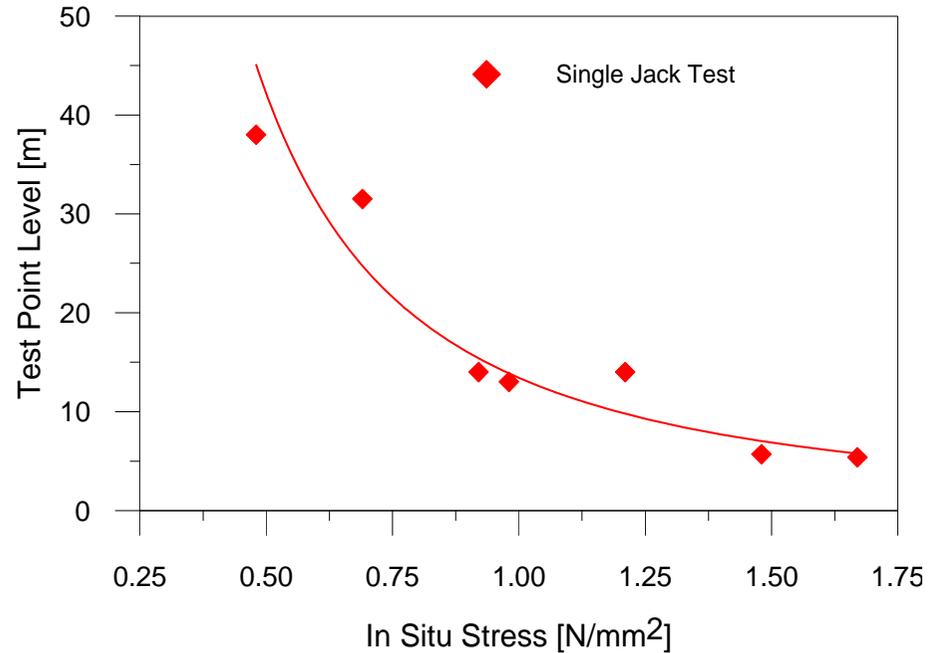
ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011



**Martinetto
singolo
(stato di
sforzo)-
Campanile
di Monza**



Martinetto singolo eseguito a 5.4, 5.6, 13, 14, 31.5, 38 m (Campanile di Monza)



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



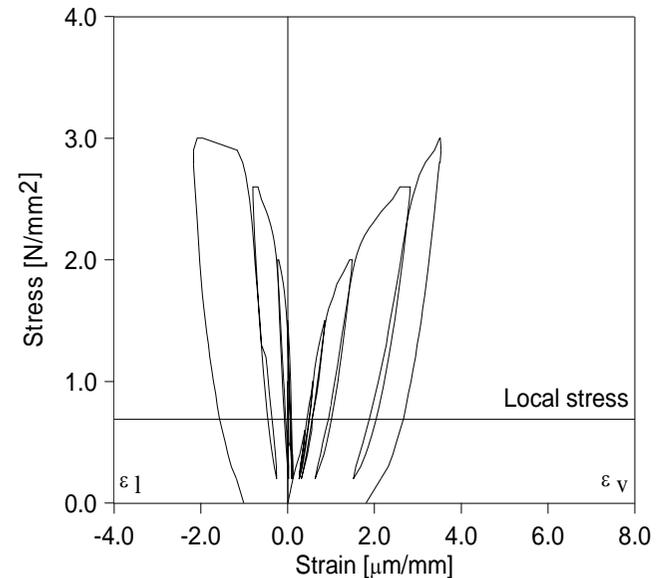
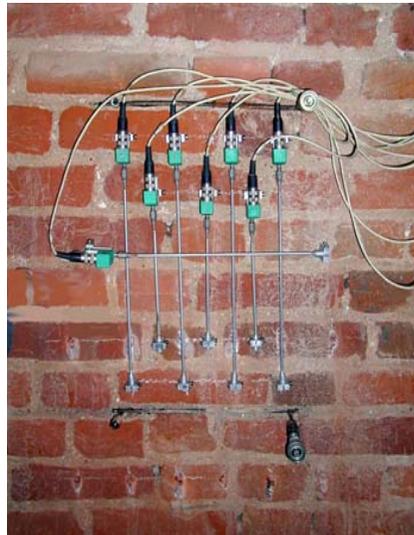
ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Prova con doppio martinetto piatto

La prova può anche essere usata per determinare le caratteristiche tenso-deformative della muratura. Si esegue un secondo taglio e si inserisce un secondo martinetto ad una distanza di circa 40-50 cm. I due martinetti delimitano un provino di muratura di dimensioni apprezzabili al quale è applicato uno sforzo di compressione mono-assiale.



**Martinetto doppio (diagramma sforzi-deformazioni)
Lato Ovest- Campanile di Monza.**



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI

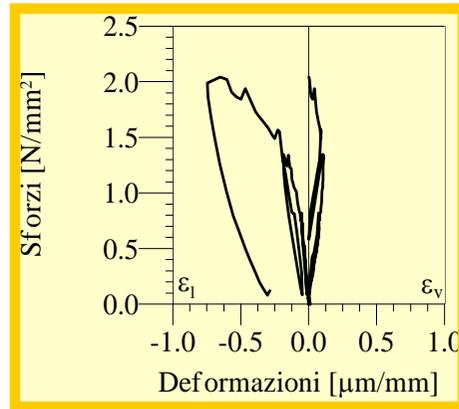


ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

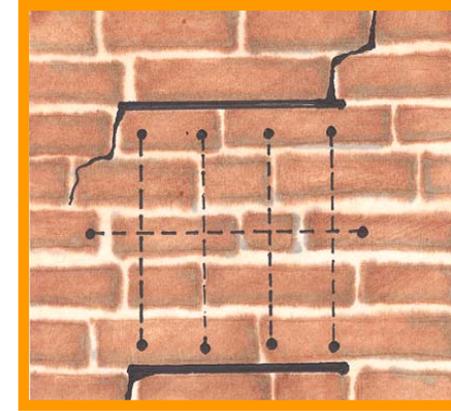
MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

a) Risultati della prova con due martinetti in caso di stato di sforzo locale basso , b) Fessurazione della muratura in mancanza di contrasto all'azione del martinetto.

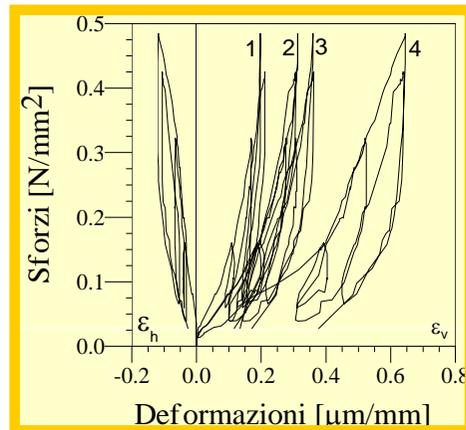


a)

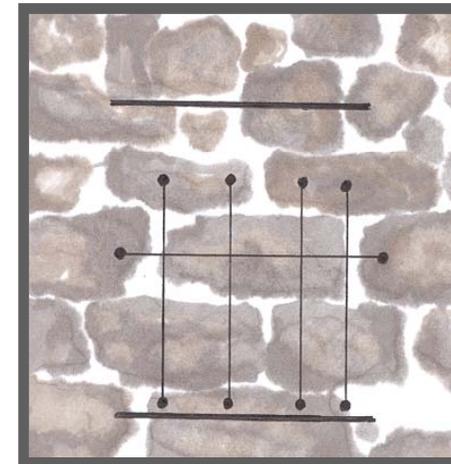


b)

a) Curva sforzi-deformazioni relativa ad una muratura in pietra irregolare, b) Pannello in muratura.



a)



b)



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Prove di Laboratorio

Un numero minimo di prove di laboratorio è necessario anche per un indagine limitata.

Le prove hanno lo scopo di definire le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche dei materiali componenti: malte, mattoni, pietre



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

UNA METODOLOGIA PER IL RILIEVO DELLA QUALITA' MURARIA

Un'esperienza piuttosto lunga su numerosi edifici in zona sismica ha permesso di definire una metodologia per il rilievo della qualità muraria:

- 1) Scelta di un'area rappresentativa dell muratura studiata**
- 2) Esecuzione di una prova sonica per trasparenza su una griglia di 75x75cm**
- 3) Prova con martinetto singolo e doppio**
- 4) Piccolo scasso con rilievo della sezione muraria ed estrazione di campioni di malte, pietre e mattoni**
- 5) Ricostituzione della sezione**
- 6) Prove di laboratorio**



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI

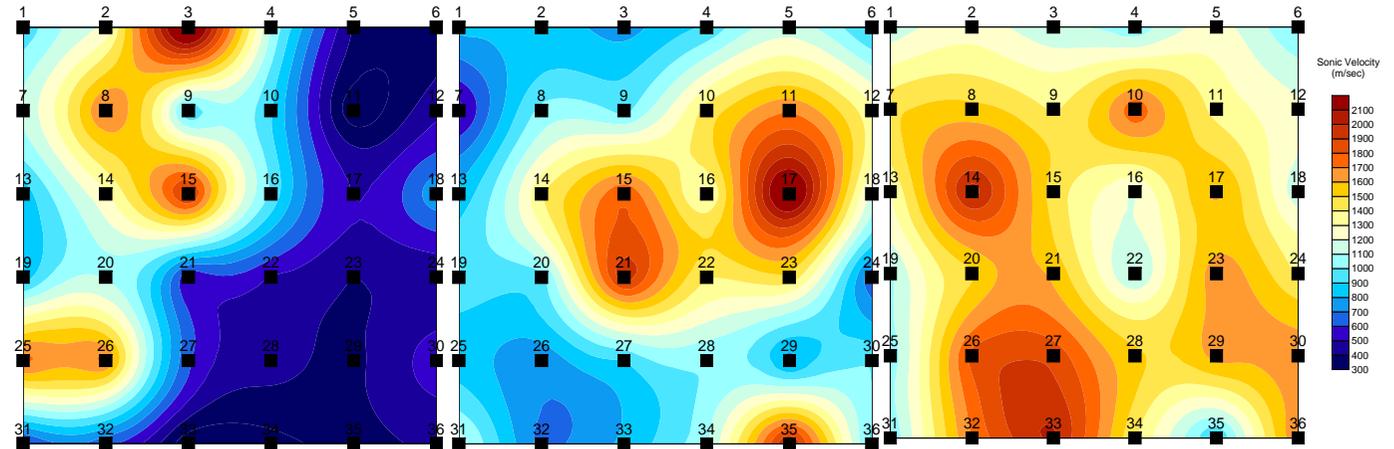


ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADE expo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

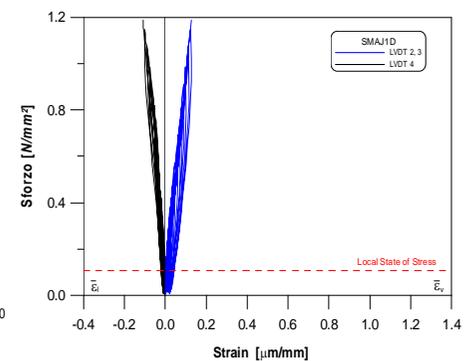
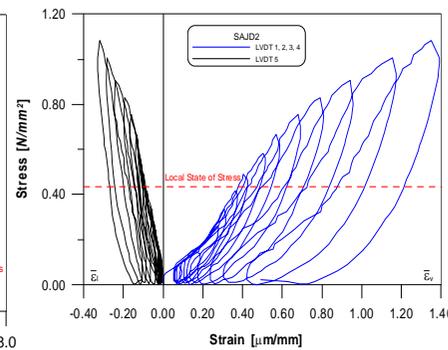
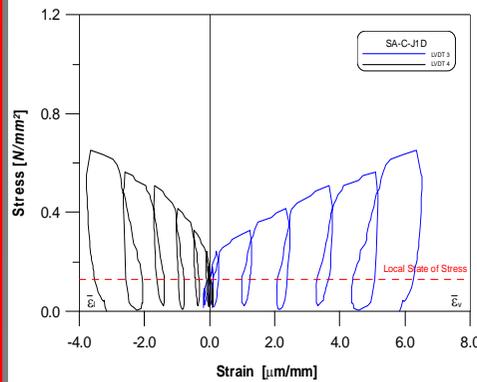
Distribuzione delle velocità



S. Antonio in Morgnaga - Canonica

S. Michele in Sabbio Chiese - Chiesa

S. Antonio in Morgnaga - Chiesa



Prove con martinetti piatti



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI

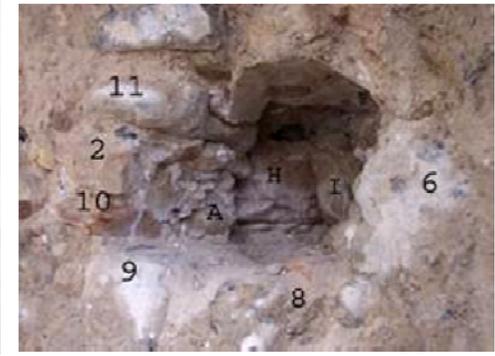
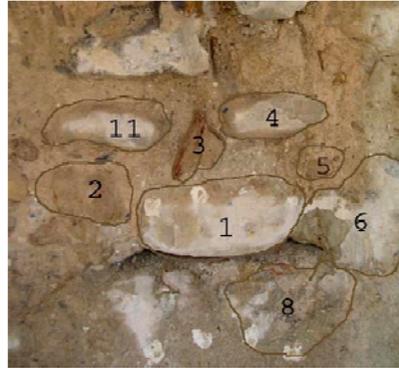


ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

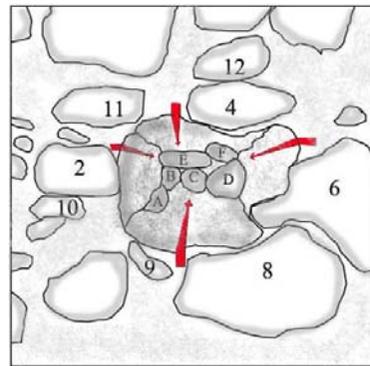
MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

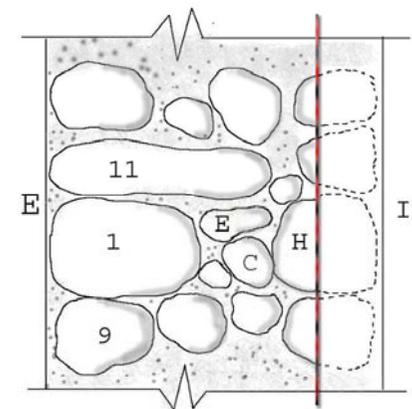
MORFOLOGIA DELLA SEZIONE



Tessitura muraria



Sezione muraria





FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI

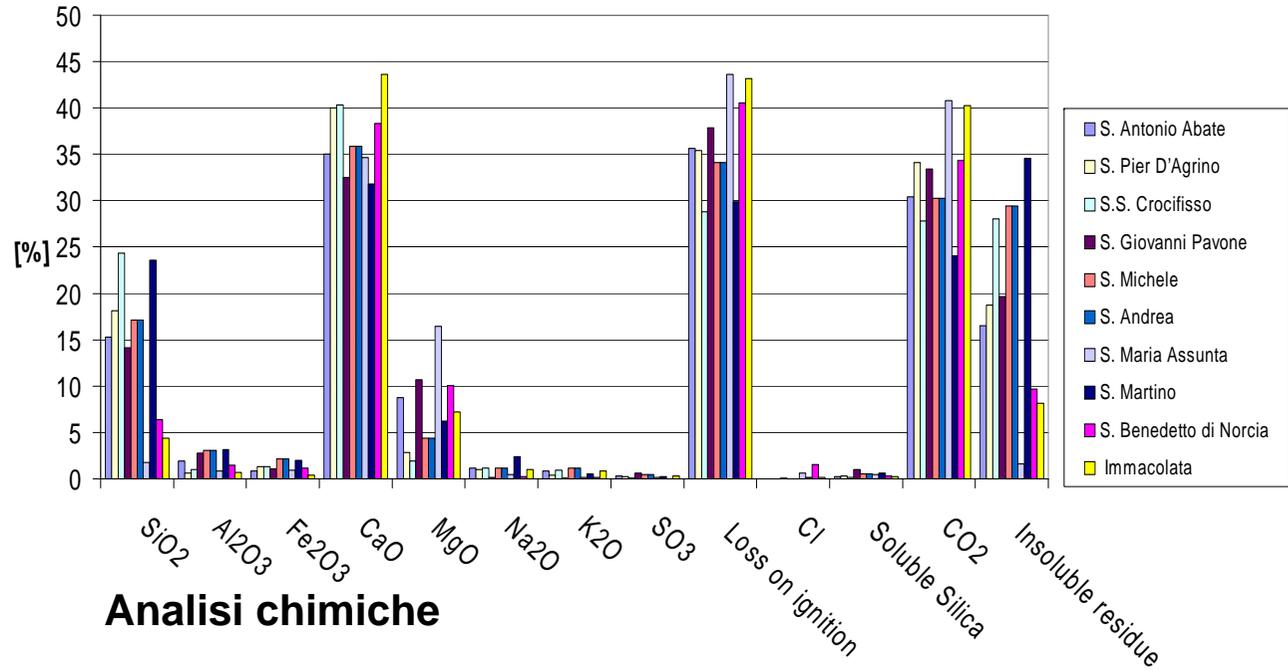


ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO

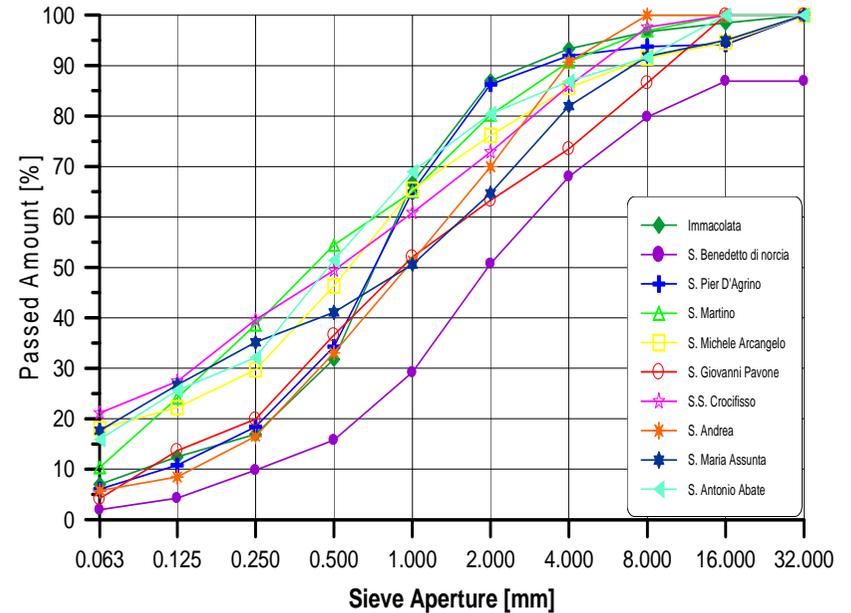
MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

PROVE DI LABORATORIO



Analisi granulometrica





FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

C8.5.4 Livelli di conoscenza

7. PROVE NON DISTRUTTIVE

Le prove non distruttive (ND) possono aiutare nell'individuazione di caratteristiche nascoste (vuoti, difetti, mancanze di connessione nelle sezioni) che non si possono conoscere in altro modo se non con indagini distruttive



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Termografia

La termografia opera utilizzando la banda delle radiazioni infrarosse. Ogni materiale emette energia sotto forma di radiazioni elettromagnetiche, in quanto caratterizzato da una propria conducibilità termica, e da un proprio calore specifico. La prova può essere *attiva* o *passiva*.

L'indagine **passiva** sfrutta l'emissione di calore di una superficie durante cicli termici naturali. Per quella **attiva** occorre un riscaldamento forzato della superficie

Il rilevamento viene registrato da una speciale apparecchiatura che fornisce un'immagine termica dell'oggetto attraverso scale di colori o di grigi

La termografia può essere molto utile per la diagnostica, in particolare per: 1) identificare materiali nascosti sotto l'intonaco, 2) controllare la presenza di grandi cavità (canne fumarie, ecc.), 3) individuare inclusioni di materiali diversi, 4) individuare impianti idrici e di riscaldamento, 5) trovare la presenza di umidità.

Limite di penetrazione 5-6cm

Termografia attiva su pilastri e volte di una chiesa colpita dal terremoto



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO

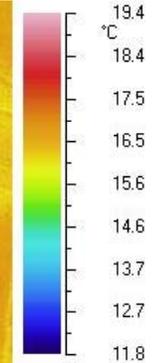
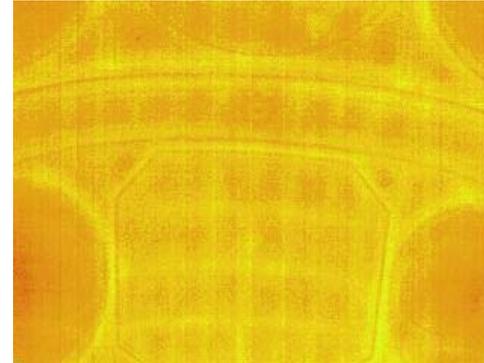
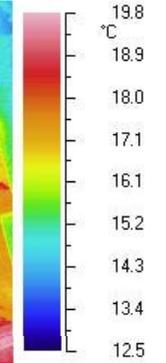
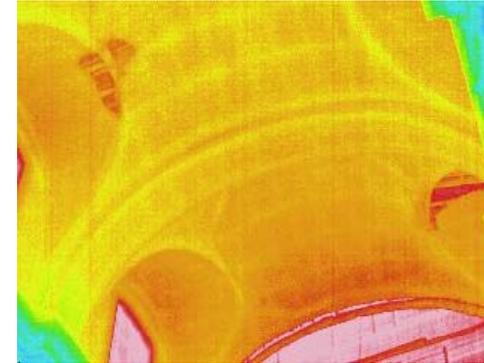
MADE_{expo}

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

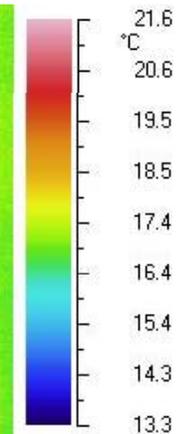
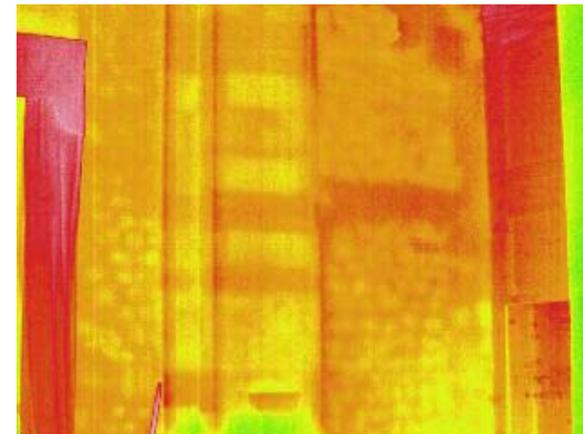
immagini del visibile



termogrammi



Verifica della tecnica costruttiva degli arconi





FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

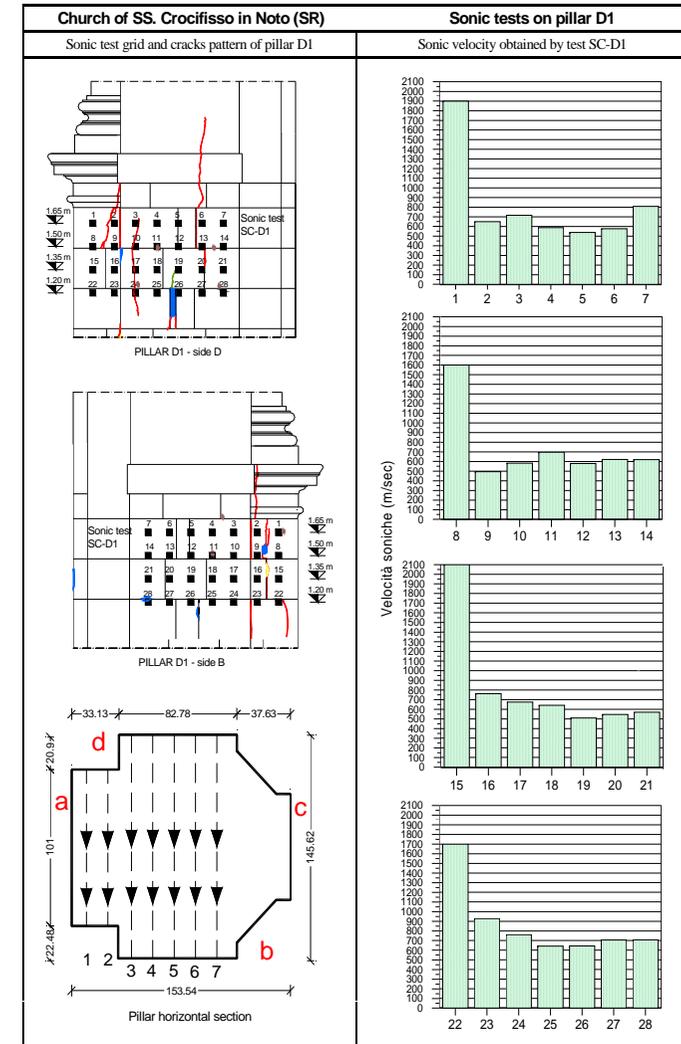
MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Prove soniche

La prova sonica (a basse frequenze per murature disomogenee) ha i seguenti scopi:

- qualificare la muratura attraverso la morfologia della sezione
- trovare la presenza di vuoti e difetti
- ricercare fessure e quadri fessurativi non visibili;
- controllare l'efficacia di tecniche di riparazione mediante iniezioni.





FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



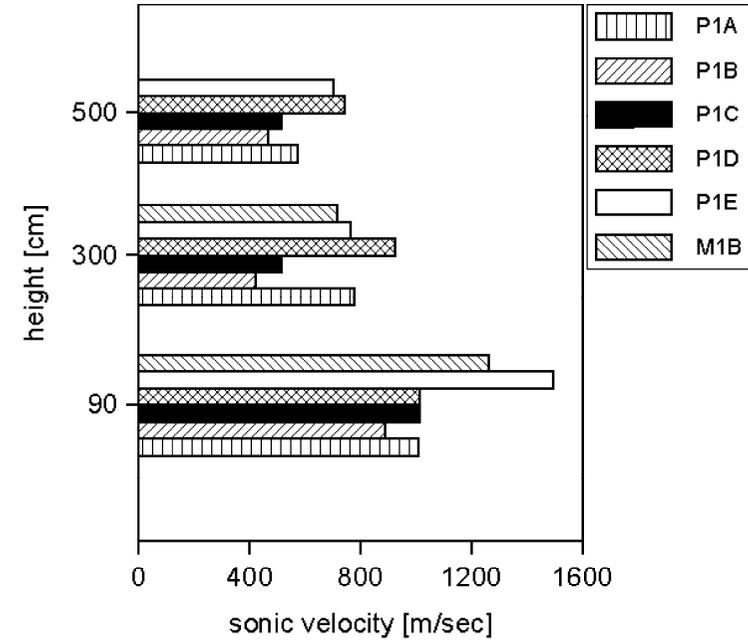
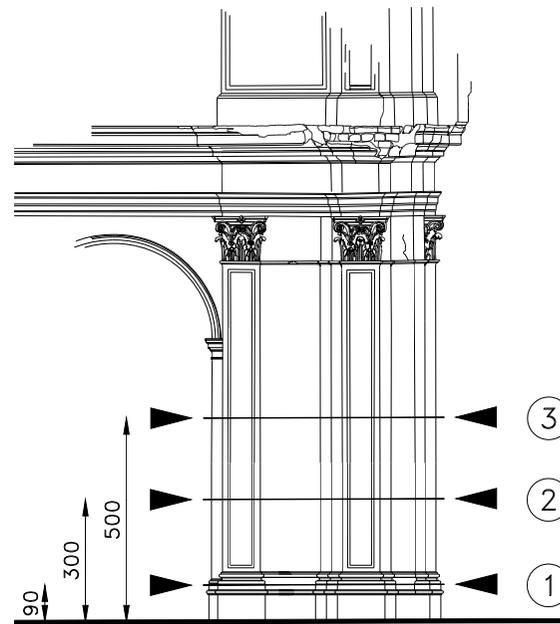
ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Pilastrini di Noto. (P1E)

Localizzazione delle prove soniche



Distribuzione delle velocità soniche in verticale. Il fusto dei pilastri è costituito da un travertino molto povero



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



Sonic tomography

FEDERCOSTRUZIONI

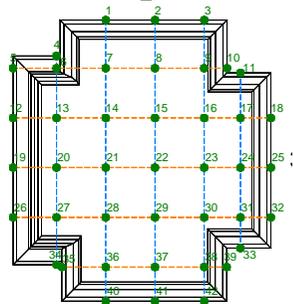
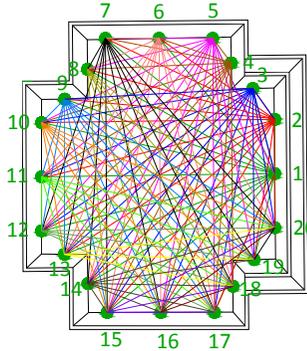


ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADE_{expo}

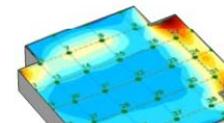
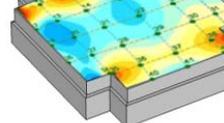
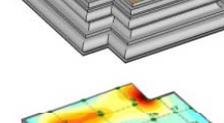
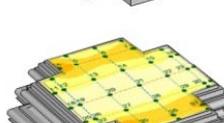
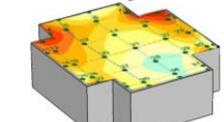
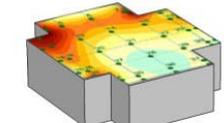
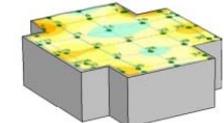
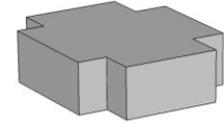
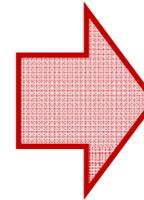
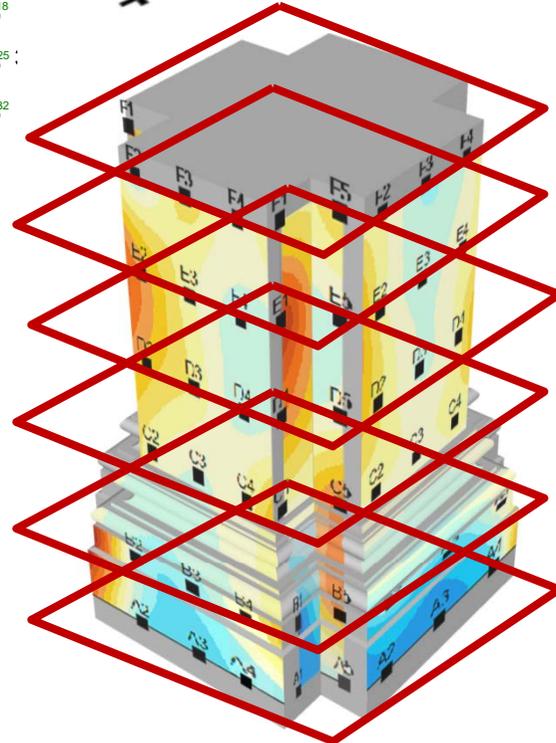
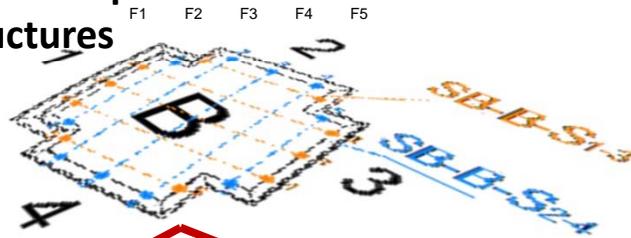
Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Indagini soniche (Direct Sonic Test)



Sonic direct test

Sonic direct tests allowed to find local damages in masonry pillars and walls. The results were elaborated in order to obtain information about the connections of the materials present in the section of the main structures





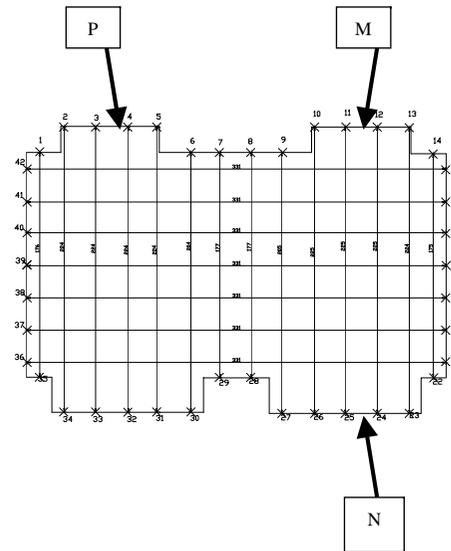
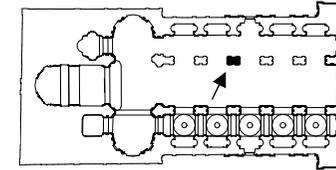
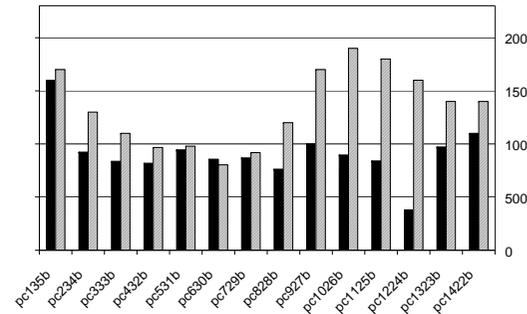
FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:

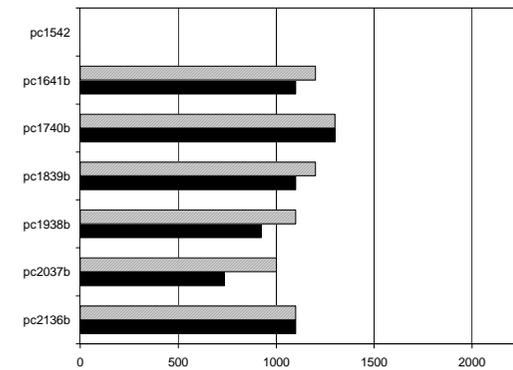


MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011



□	injected
■	not injected



Cattedrale di Noto.- Prove soniche sul pilastro PC a 25cm di altezza, prima e dopo le prove di iniezione



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Georadar

L 'applicazione del georadar alla muratura può essere utile per:

- (i) individuare la posizione di vuoti, inclusioni di materiali diversi come legno, acciaio, ecc.;
- (ii) individuare la profondità delle fessure purchè parallele alla superficie dove corre l 'antenna;
- (iii) definire la presenza e il livello di umidità;
- (iv) individuare la morfologia di una sezione muraria e lo spessore dei diversi paramenti.

Problemi: di difficile interpretazione e tempi lunghi di restituzione



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



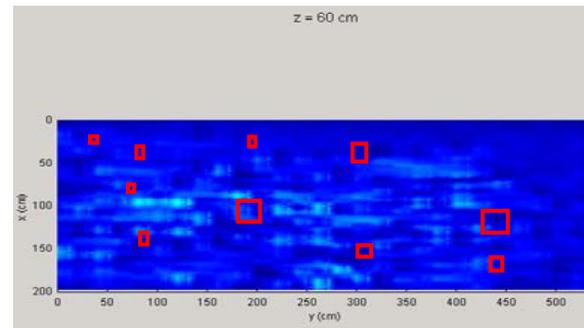
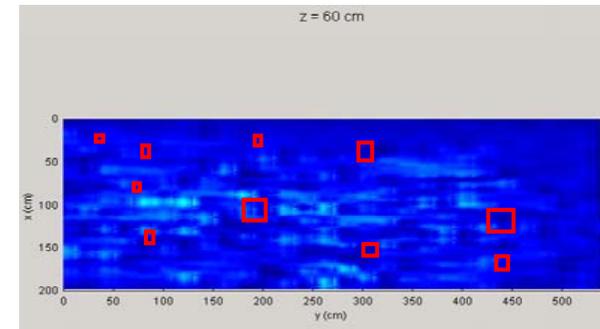
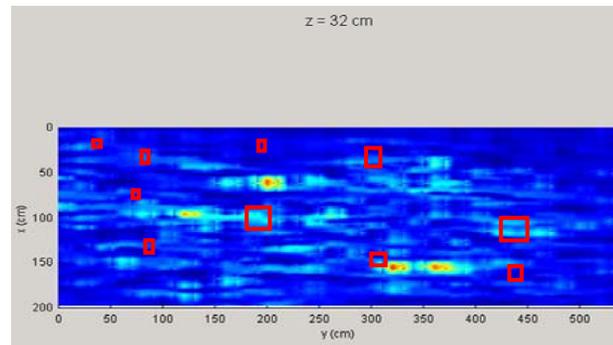
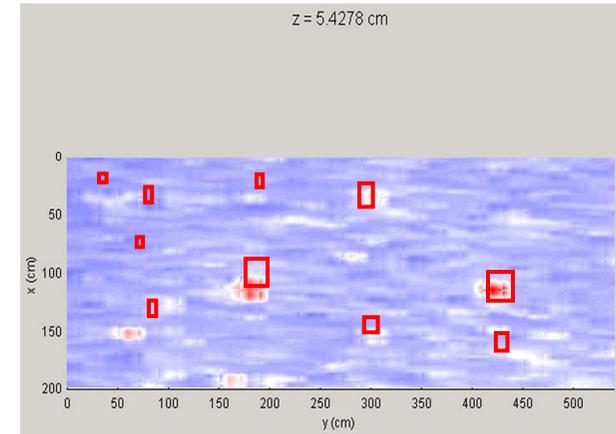
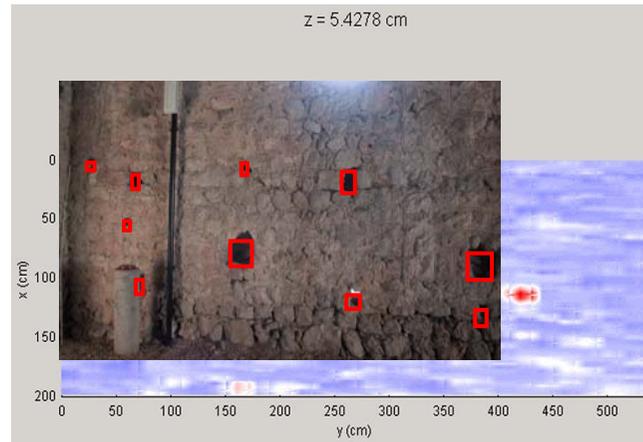
ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

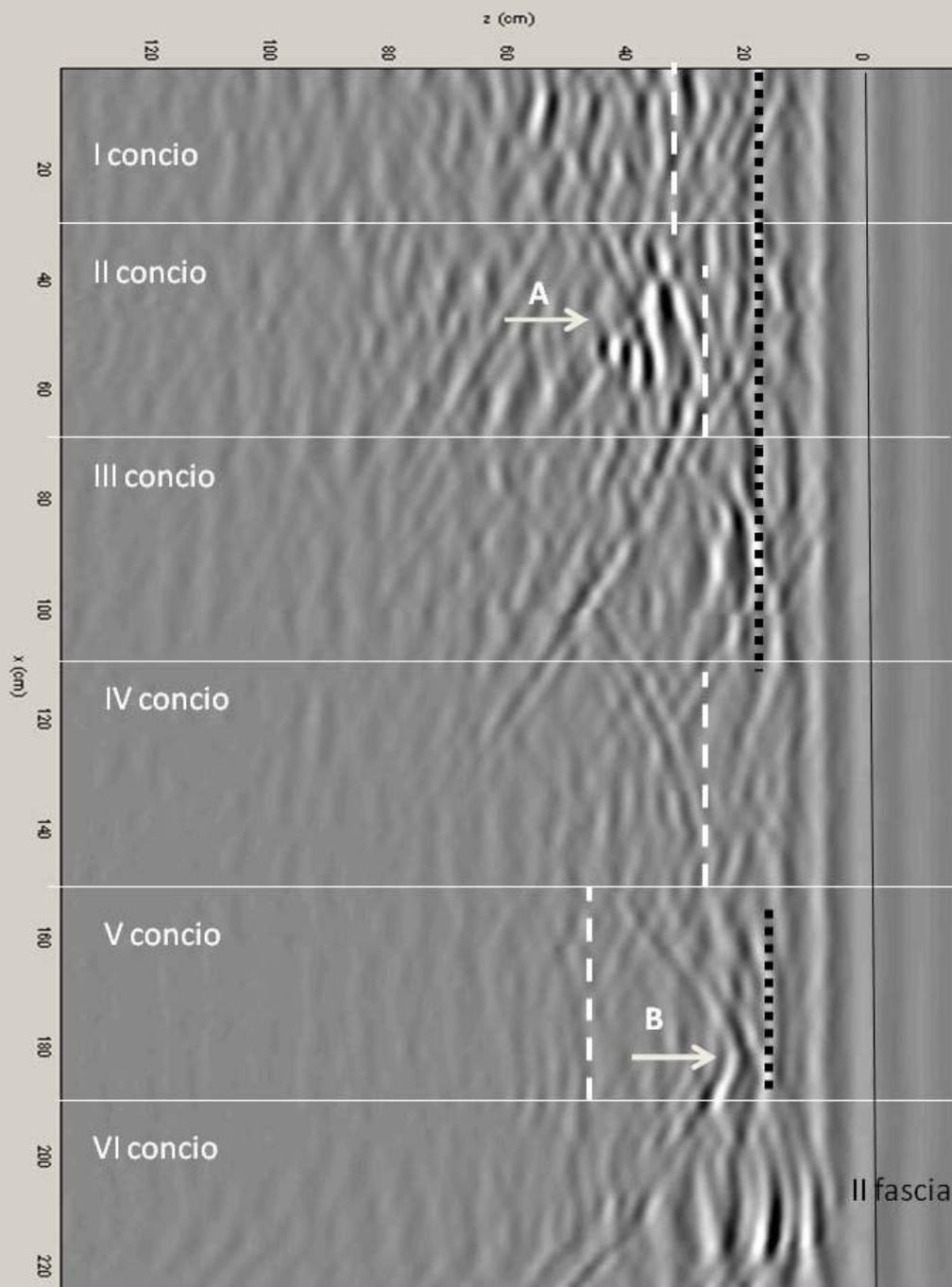
MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Castello di Avio (Tn)

sezioni verticali radar a diverse profondità





Radargramma elaborato del profilo acquisito sul lato est con l'antenna da 1GHz. Con il tratteggio chiaro è indicata la profondità del concio; con il tratteggio scuro inverte il termine del paramento in rilievo. Con le frecce bianche sono indicate le iperboli che evidenziano la presenza di un piccolo vuoto.



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



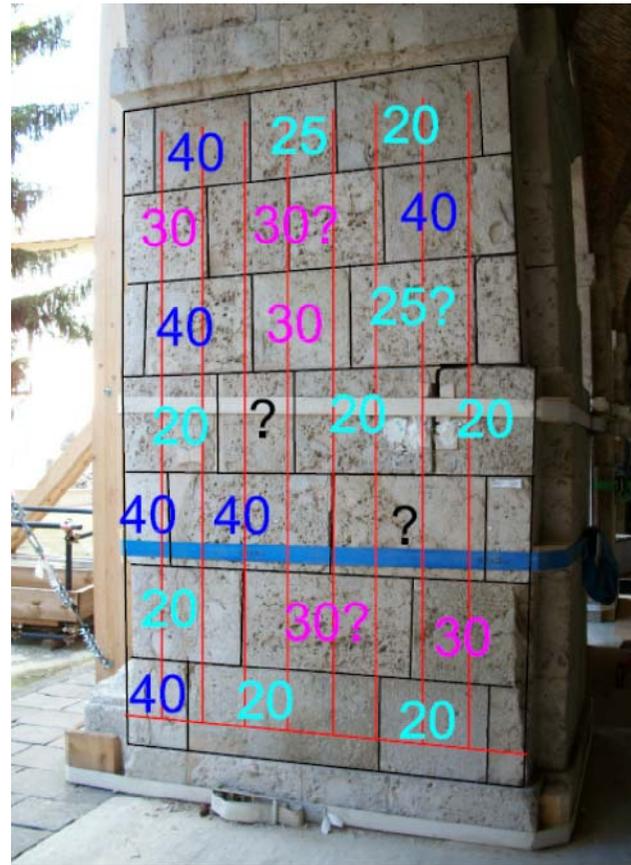
FEDERCOSTRUZIONI



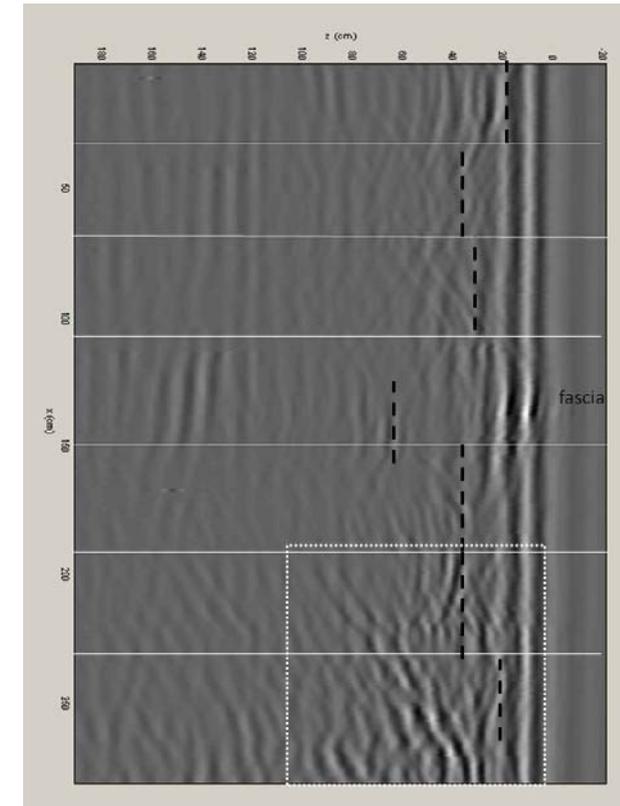
ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011



Interpretazione delle profondità dei conci su lato est in cm (compreso lo spessore del paramento in rilievo)



Radargrammi elaborati e relative interpretazioni di dati acquisiti con antenna da 1Ghz. I quadrati tratteggiati evidenziano la zona soggetta a microfratture per lo schiacciamento alla base del pilastro connesso al meccanismo di ribaltamento.



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

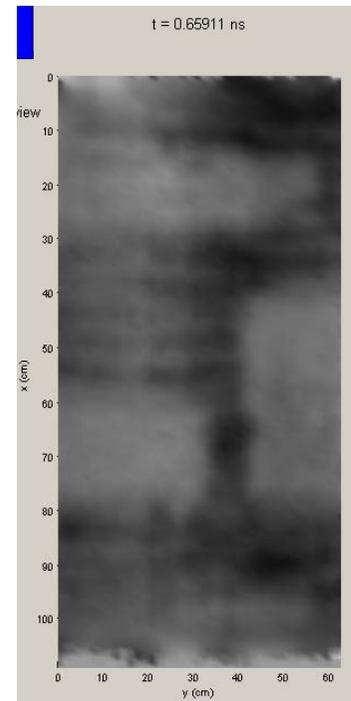
MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011



Acquisizione con PSG (Pad Survey Guide)

**Pilastro di una Chiesa
danneggiata dal terremoto-
Rilievo 3D con antenna da 2 GHz
in superficie sotto l'intonaco**





FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



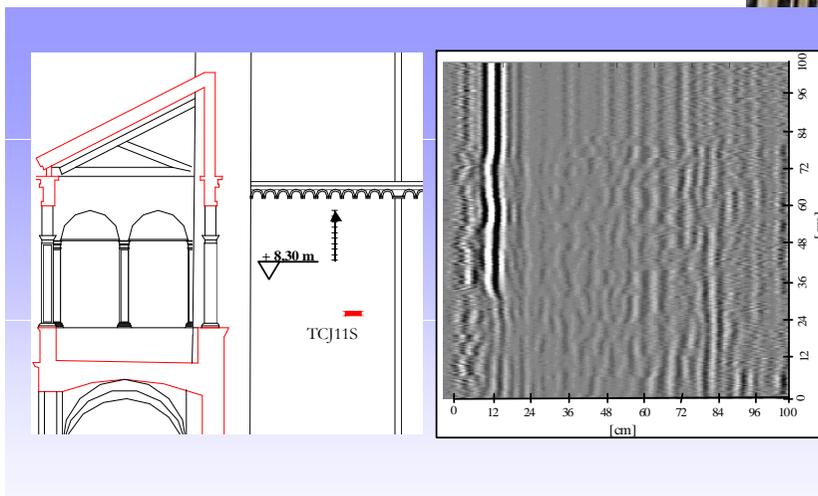
ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

EDIFICI MONUMENTALI

Torrazzo di Cremona.



Torrazzo di Cremona; distacco del paramento esterno.



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



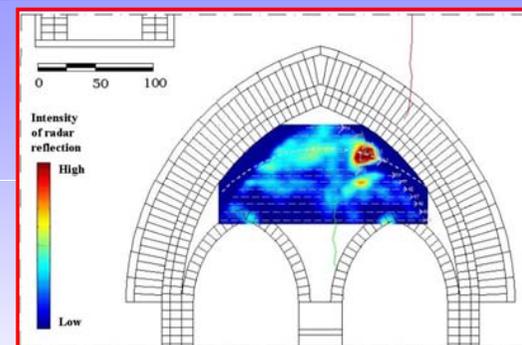
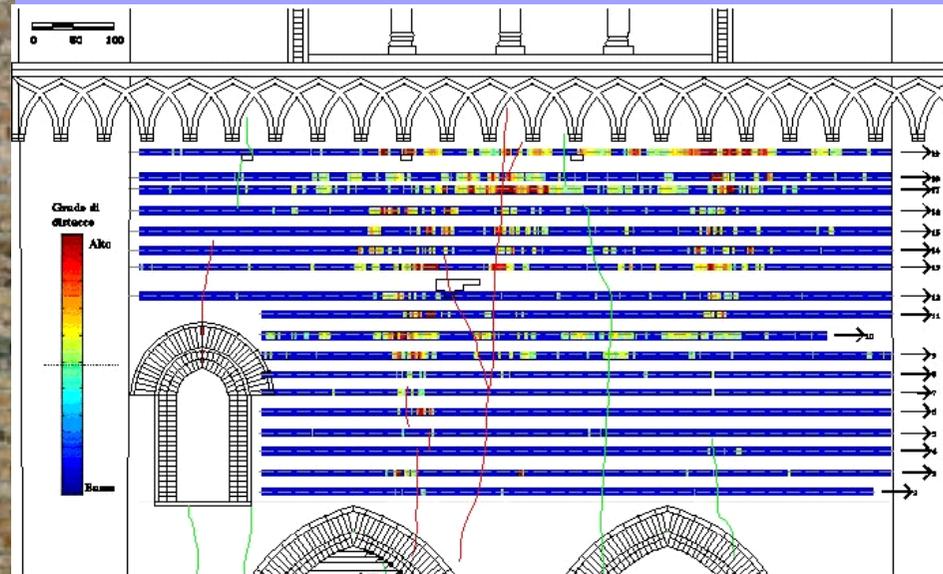
FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADE_{expo}

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011



Individuazione di un arco nascosto



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



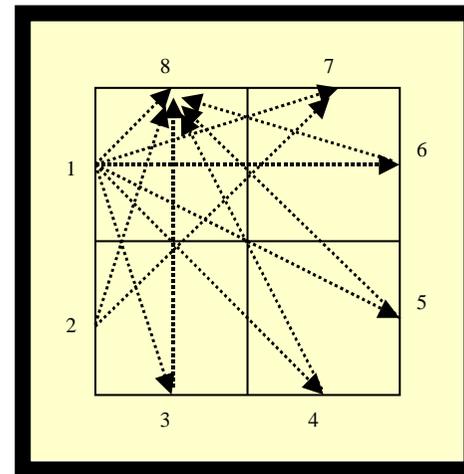
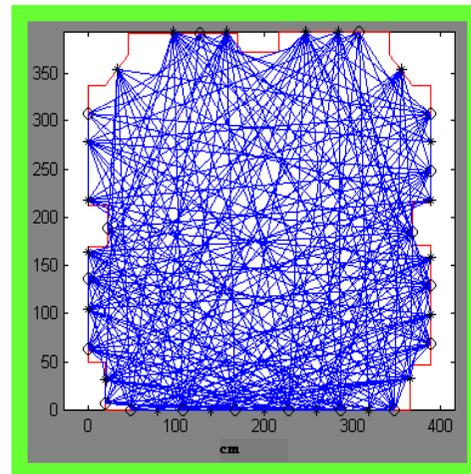
ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

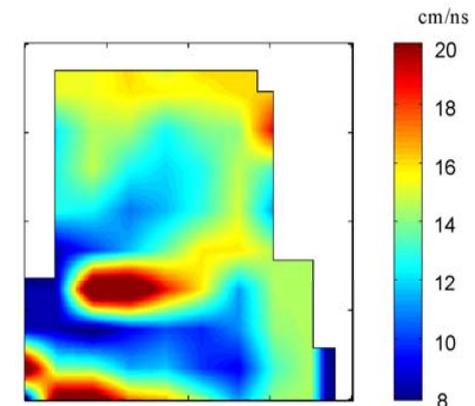
Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Tomografia radar e sonica

La ricostruzione tomografica è un algoritmo numerico che utilizza metodologie iterative per elaborare una notevole quantità di dati misurati lungo il profilo esterno di un oggetto al fine di riprodurre la struttura interna.



Tomografia delle velocità EM di un pilastro. La velocità più elevata indica un distacco all'interno della struttura.





FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



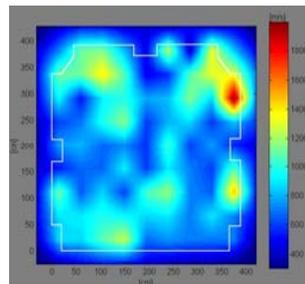
FEDERCOSTRUZIONI



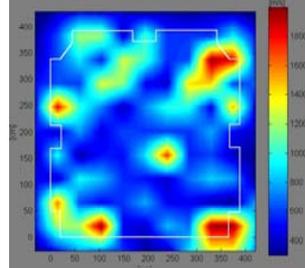
ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

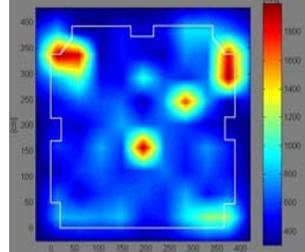
Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011



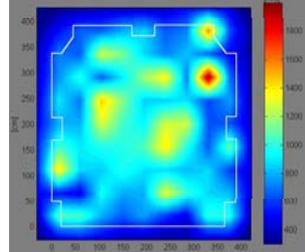
8.9 m



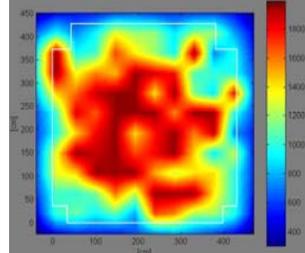
7.6 m



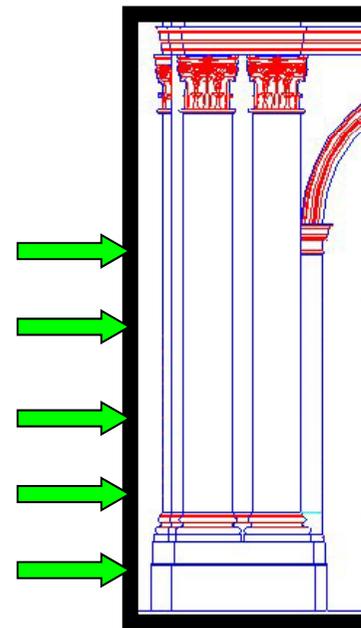
4.9 m



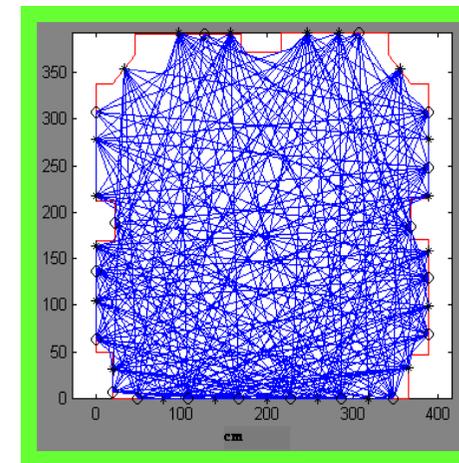
3.8 m



1.8 m



**Sezioni
orizzontali di
un Pilastro**



**S. Niccolò L'Arena,
Catania**

**La distribuzione della
velocità nel pilastro
mostra velocità
relativamente alte alla
base ed in sommità e
velocità piuttosto basse a
metà altezza.**

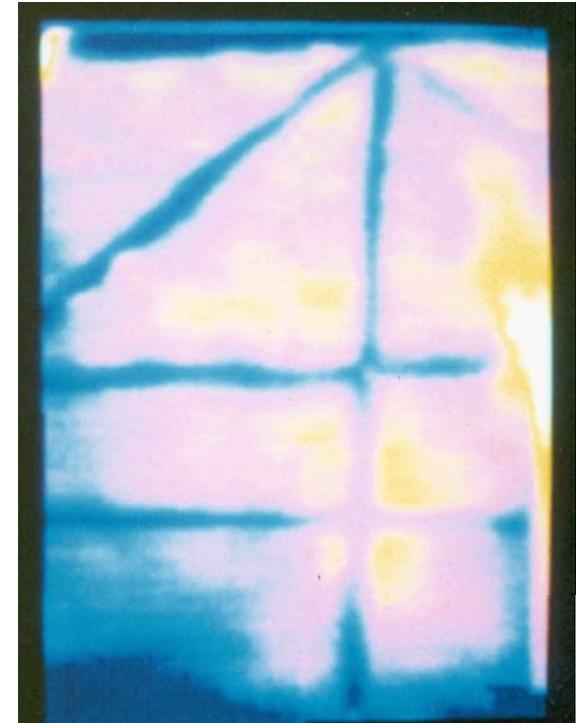
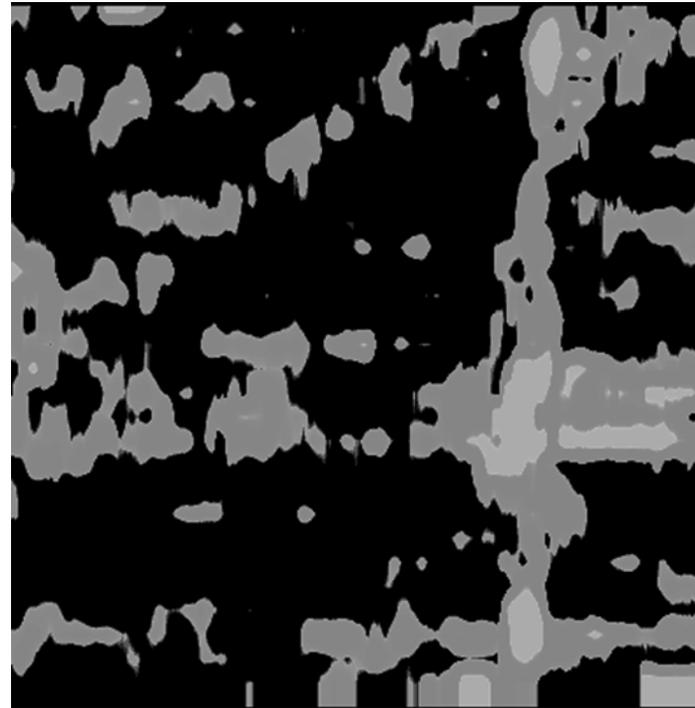


con il patrocinio di:



MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011



Indagini Radar e Termografiche

Due alternative: la termografia è veloce e meno costosa, ma ha il limite della profondità di penetrazione



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

CONCLUSIONI

La conoscenza delle tecniche costruttive e dei materiali degli edifici storici è andata perduta nel secolo scorso data la competitività dei nuovi materiali e delle nuove tecniche costruttive.

La sola strada da seguire per architetti ed ingegneri per recuperare le informazioni perdute è quella di ricorrere a procedure di indagine non distruttive oggi utilizzabili grazie anche allo sviluppo di tecniche sempre più sofisticate.



FORUM DELLA TECNICA DELLE COSTRUZIONI

con il patrocinio di:



CONSIGLIO NAZIONALE DEGLI INGEGNERI



FEDERCOSTRUZIONI



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI MILANO

MADEexpo

Milano Architettura Design Edilizia
Fiera Milano, Rho 05_08 Ottobre 2011

Deve però essere chiaro che, anche se c'è la possibilità di consultare esperti nei vari campi, è il progettista o il team di progetto il responsabile della diagnosi; quindi egli deve:

- predisporre un progetto delle indagini
- seguire costantemente le operazioni
- capire e verificare i risultati
- farne un uso tecnicamente accettabile
- scegliere modelli appropriati per l'analisi strutturale
- predisporre la diagnosi alla fine delle analisi

Queste operazioni possono essere condotte con l'aiuto di esperti nel campo.

Quindi architetti ed ingegneri devono essere informati sulla disponibilità e credibilità delle tecniche di indagine in modo da instaurare un dialogo con gli esperti.



MADE_{expo}

Milano Architettura Design Edilizia

▶ POLITECNICO DI MILANO



***Indagini dinamiche in condizioni operative:
Valutazione dello stato di conservazione e delle
caratteristiche di vulnerabilità sismica di strutture esistenti***

Carmelo Gentile

Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Strutturale

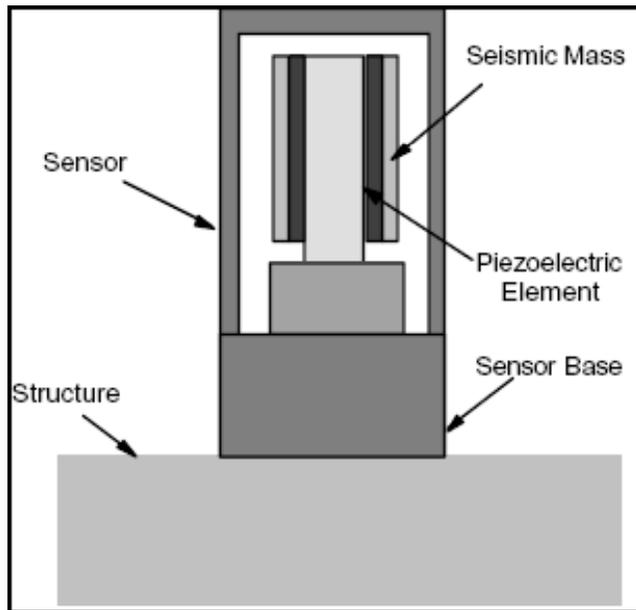


- **Indagini dinamiche in condizioni operative**
 - ⇒ Obiettivo
 - ⇒ Aspetti peculiari dell'indagine
 - ⇒ Campo d'applicazione
- **Valutazione dello stato di conservazione**
 - ⇒ (Indagine dinamica singola)
 - ⇒ Indagine dinamica singola + Modello EF
 - ⇒ Monitoraggio dinamico discreto
 - ⇒ Monitoraggio dinamico continuo
- **Valutazione della vulnerabilità sismica**
 - ⇒ Indagine dinamica singola + Modello EF + ...



Indagini dinamiche in condizioni d'esercizio³

Misura dell'evoluzione temporale di grandezze quali accelerazioni, velocità, spostamenti, deformazioni





Indagini dinamiche in condizioni d'esercizio⁴

- **Nessuna attrezzatura d'eccitazione**
⇒ non è richiesta alcuna chiusura all'esercizio
⇒ costi di prova relativamente contenuti

- **Accuratezza dei parametri modali identificati**
⇒ Tempo di acquisizione, T_a

$$T_a \geq \max \left[\frac{100}{\zeta_k \omega_k} \right] \cong 1000 \div 2000 T_1 \qquad T_a \geq 3000 \div 4000 s$$

- **Adatte praticamente a tutte le tipologie strutturali**
⇒ Ponti (in particolare a tipologia speciale)
⇒ Passerelle pedonali, impalcati flessibili
⇒ Torri, edifici storici e monumentali
⇒ Edifici alti, edifici in zona sismica
⇒ Stadi
⇒ Dighe



Indagini dinamiche in condizioni d'esercizio⁵

5

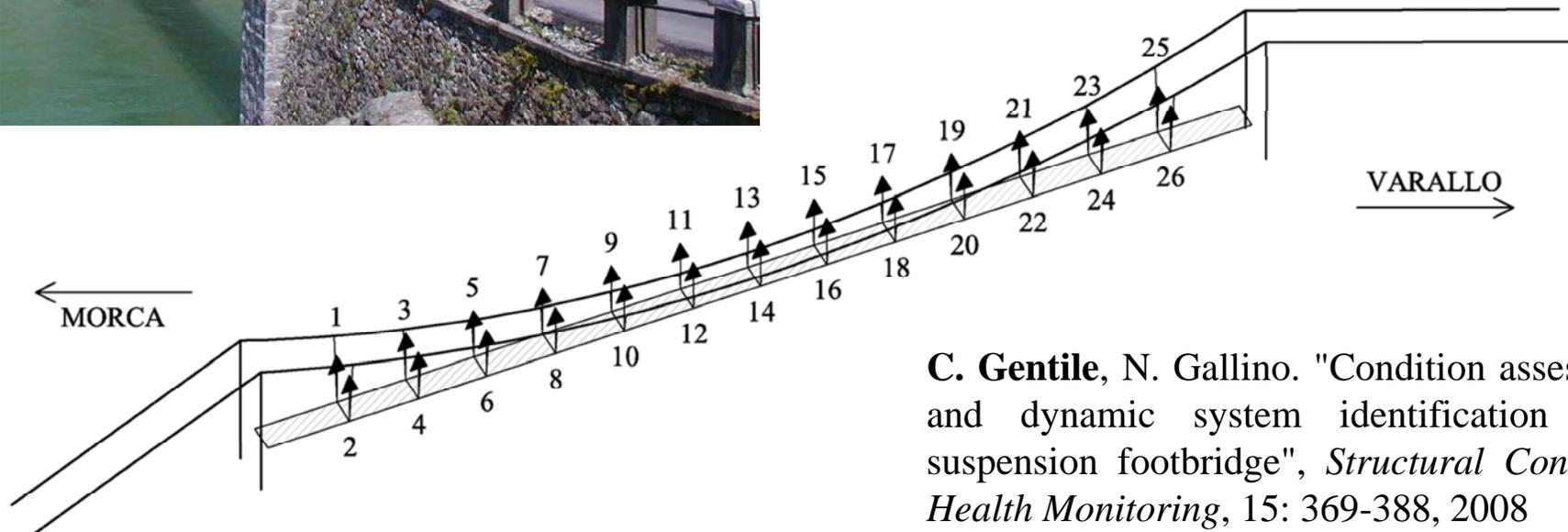




Tipiche configurazioni di misura

6

(1)



C. Gentile, N. Gallino. "Condition assessment and dynamic system identification of a suspension footbridge", *Structural Control & Health Monitoring*, 15: 369-388, 2008



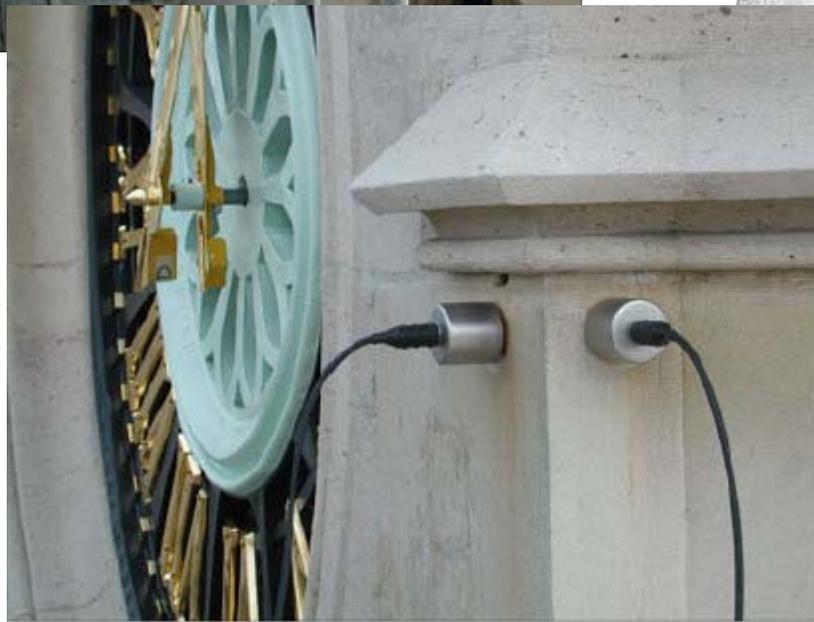
Tipiche configurazioni di misura

7

(2)



*Courtesy of Dr. Reto Cantieni,
RCI Dynamic, Switzerland*





Tipiche configurazioni di misura

8

(3)



F. Benedettini, C. Gentile, "Operational modal testing and FE model tuning of a cable-stayed bridge", *Engineering Structures*, 33: 2063-2073, 2011

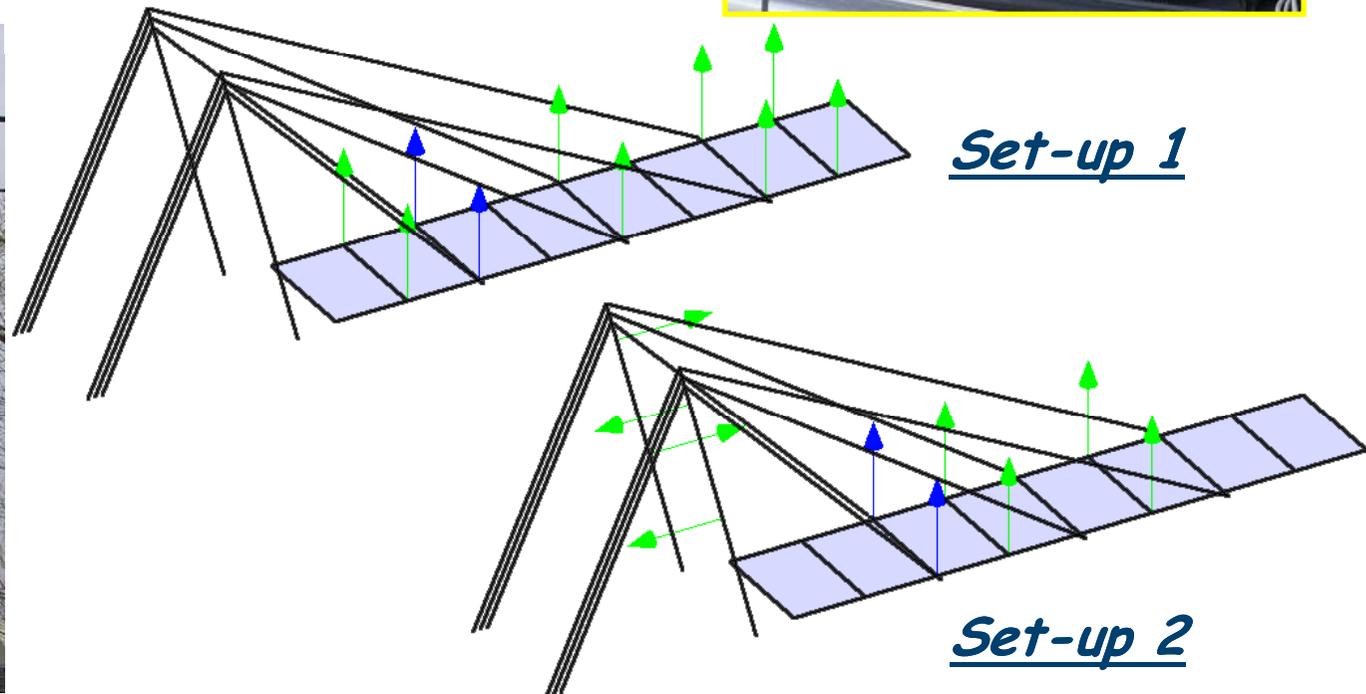


Tipiche configurazioni di misura

9

(4)

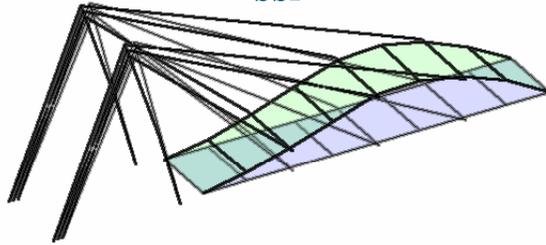
- Traffico;
- 400 Hz;
- 10 servo-accelerometri Sprengnether;
- 18 punti di misura sull'impalcato;
- 2 sensori per ogni torre;
- 2 configurazioni di misura



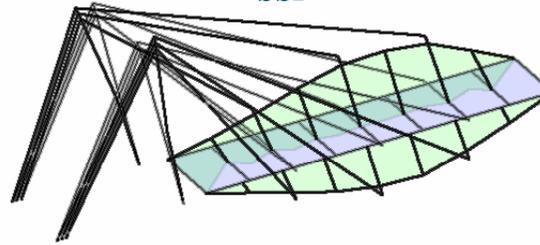


Frequenze naturali e modi di vibrare associati

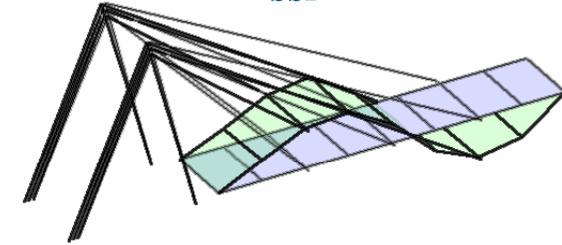
$f_{SSI} = 1.057 \text{ Hz}$



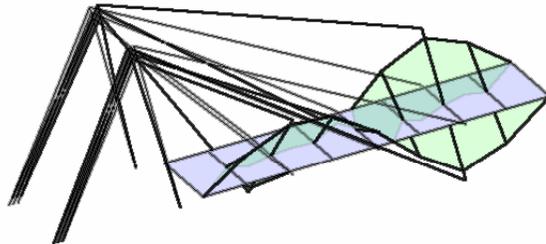
$f_{SSI} = 2.179 \text{ Hz}$



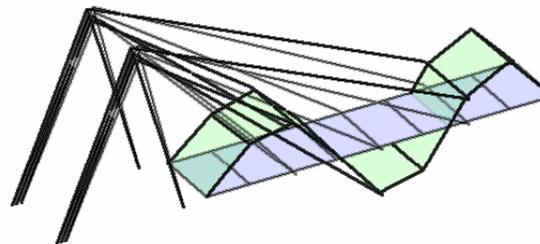
$f_{SSI} = 2.258 \text{ Hz}$



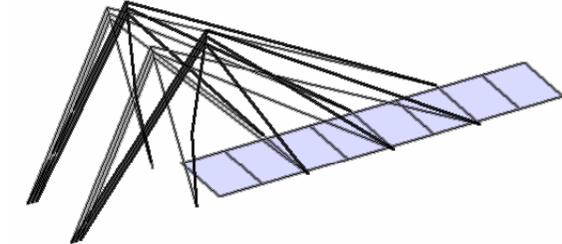
$f_{SSI} = 3.990 \text{ Hz}$



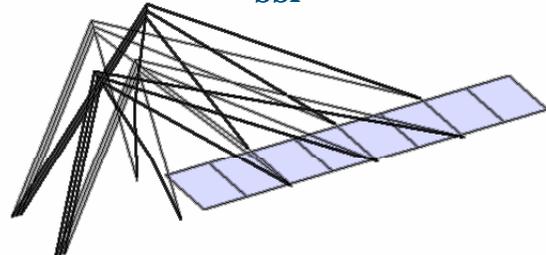
$f_{SSI} = 4.252 \text{ Hz}$



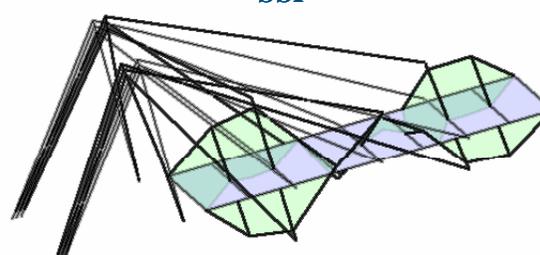
$f_{SSI} = 5.265 \text{ Hz}$



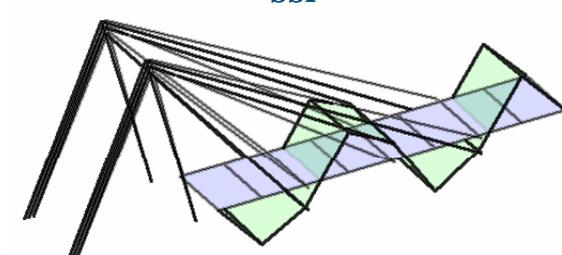
$f_{SSI} = 5.436 \text{ Hz}$



$f_{SSI} = 6.038 \text{ Hz}$



$f_{SSI} = 6.860 \text{ Hz}$



Sistema smorzato disaccoppiabile:

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = Lf(t)$$

$$u(t) = \phi q(t)$$

$$\phi^T M \phi \ddot{q} + \phi^T C \phi \dot{q} + \phi^T K \phi q = \phi^T L f(t)$$

$$\phi^T M \phi = I$$

$$\phi^T K \phi = \text{diag}[\omega_r^2]$$

 \Leftrightarrow

$$K = M \phi \text{diag}[\omega_r^2] \phi^T M$$

$$\phi^T C \phi = \text{diag}[2\zeta_r \omega_r]$$

$$\ddot{q}_r(t) + 2\zeta_r \omega_r \dot{q}_r(t) + \omega_r^2 q_r(t) = \alpha_r f(t)$$

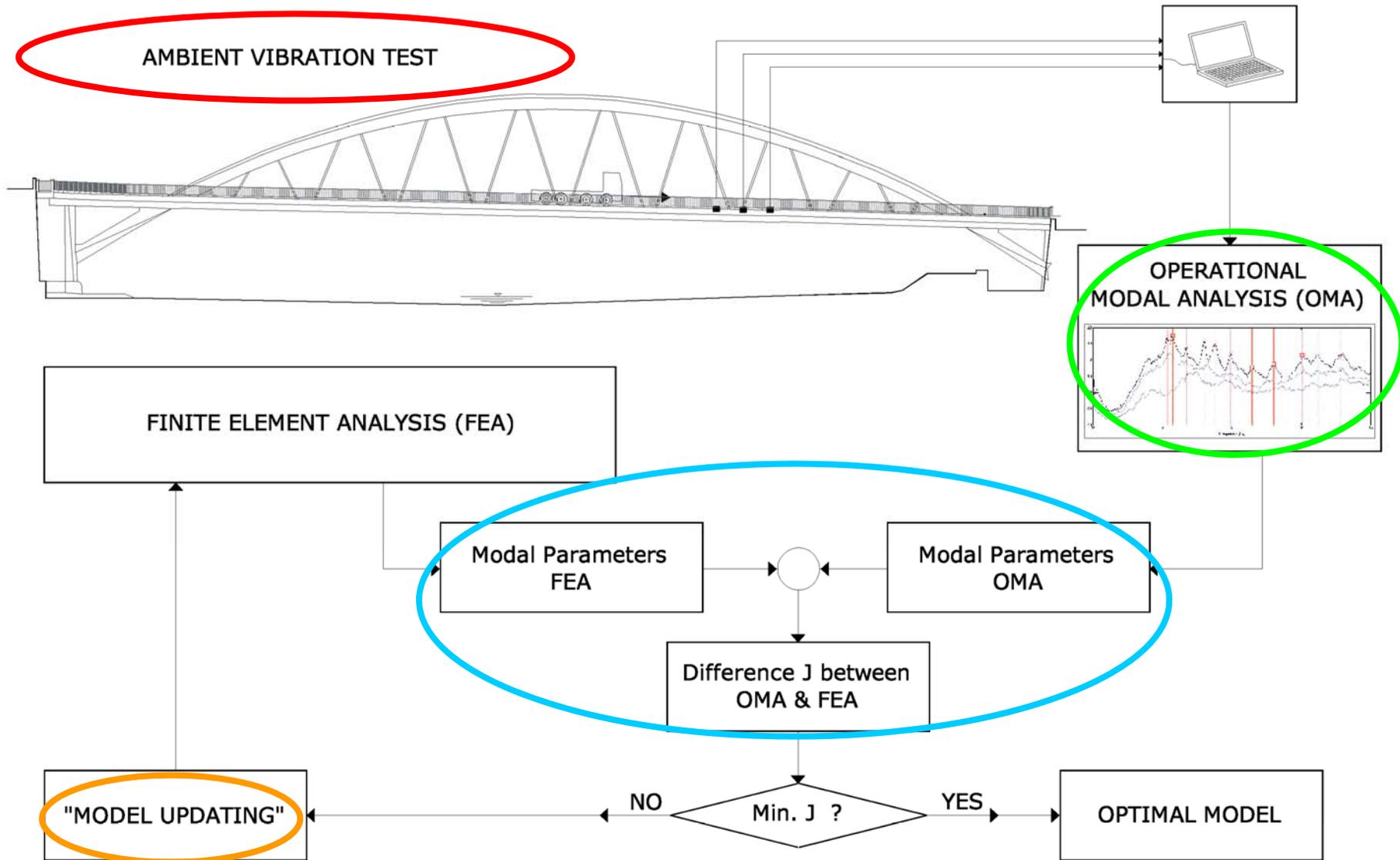
$$\alpha_r = \frac{\phi_r^T L}{\phi_r^T M \phi_r}$$

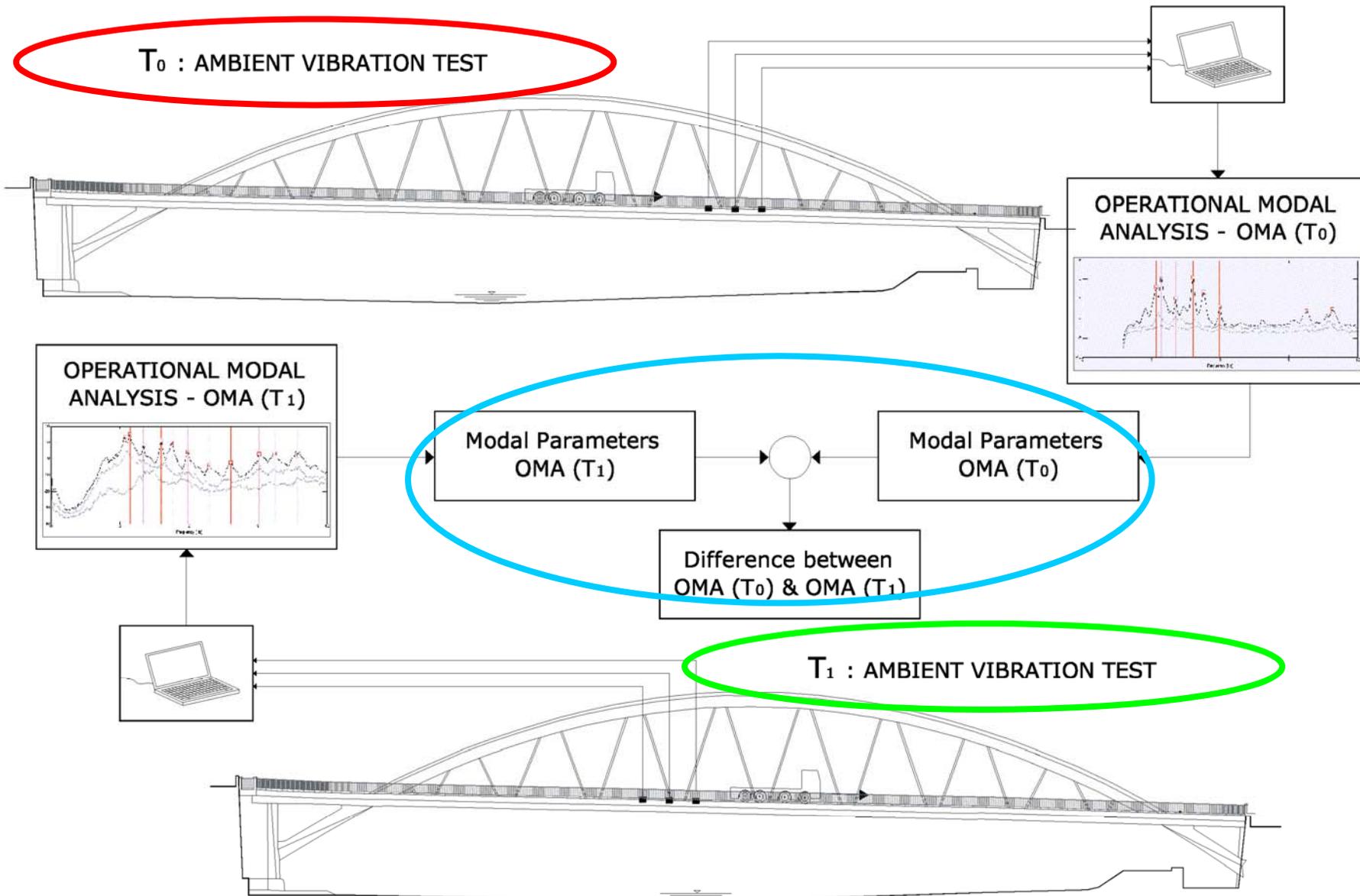


Valutazione dello stato di conservazione

12

(1)



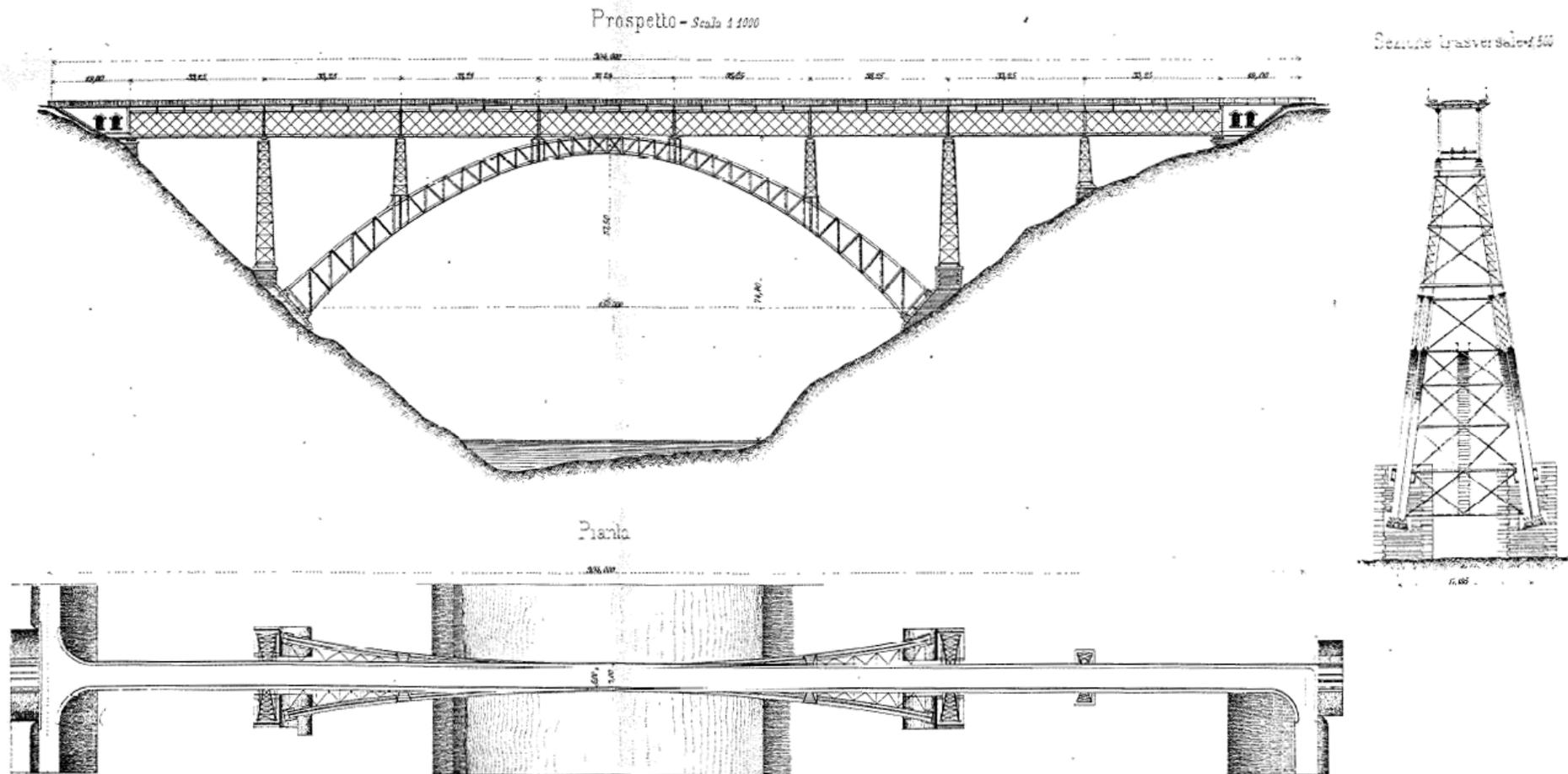




Ponte San Michele (1889)

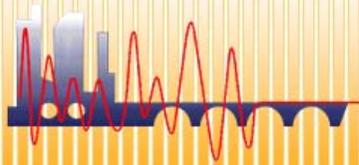
14

(1)



Il viadotto di Paderno sull'Adda, *Il Politecnico*, **37**(5-6): 316-323, 1889

C. Gentile, A. Saisi. "Ambient vibration testing and condition assessment of the Paderno iron arch bridge (1889)", *Construction and Building Materials*, 25: 3079-3720, 2011



EVACES 2011

[Home](#)

[Conference](#) ▾

[Committees](#) ▾

[Authors](#) ▾

[Venue](#) ▾

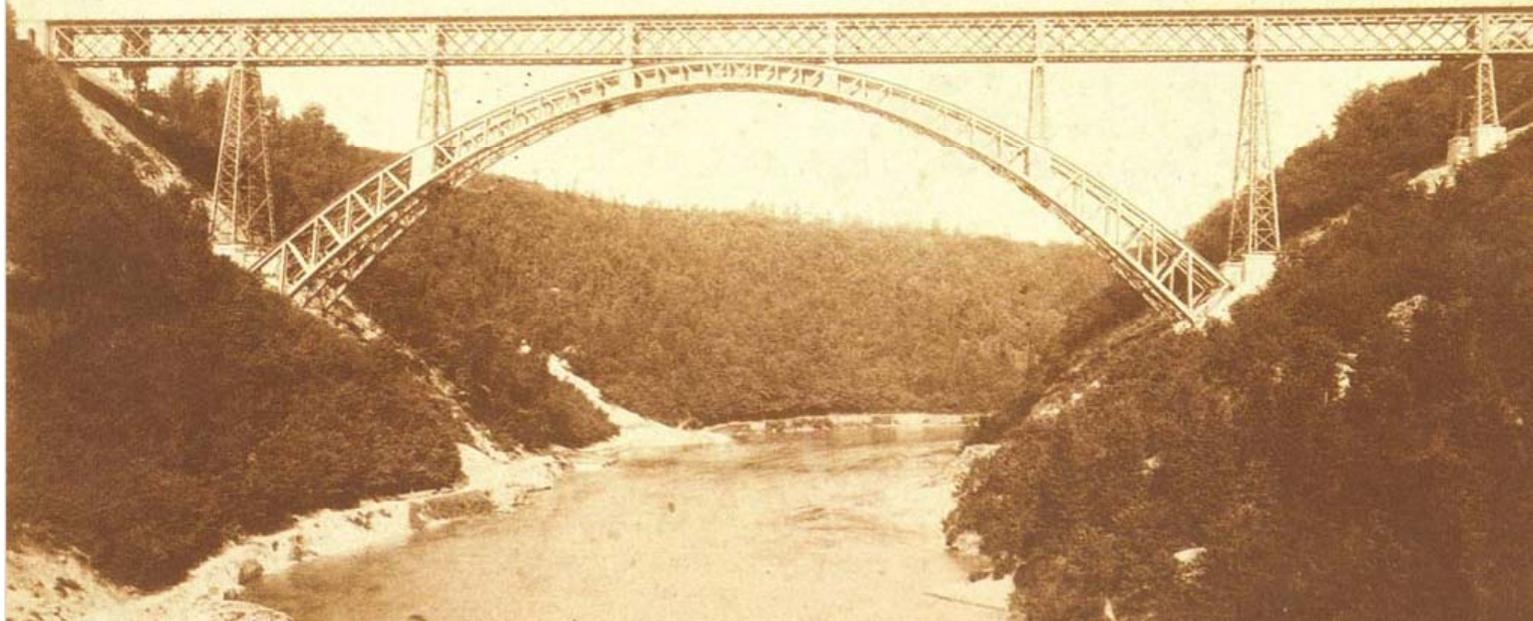
[Registration](#)

[Sponsors](#) ▾

[Contact](#)

Experimental Vibration Analysis for Civil Engineering Structures

Varenna, Italy
3-5 October 2011





Ponte San Michele (1889)

16

(3)





Ponte San Michele (1889)

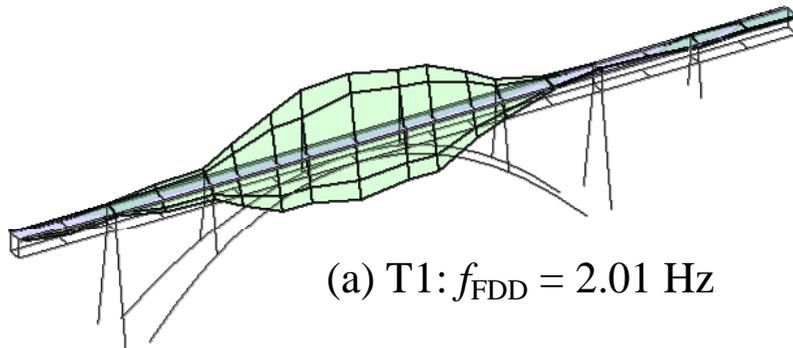
17

(4)

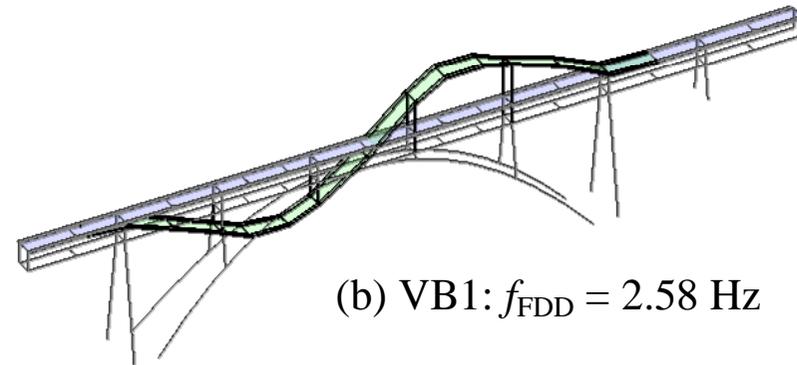




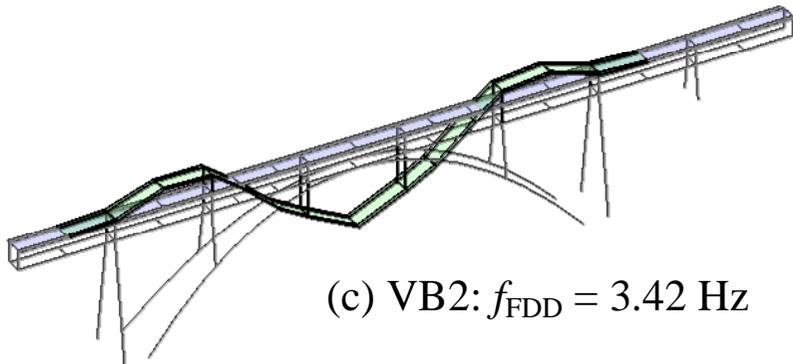
Modi Identificati (Giugno 2009)



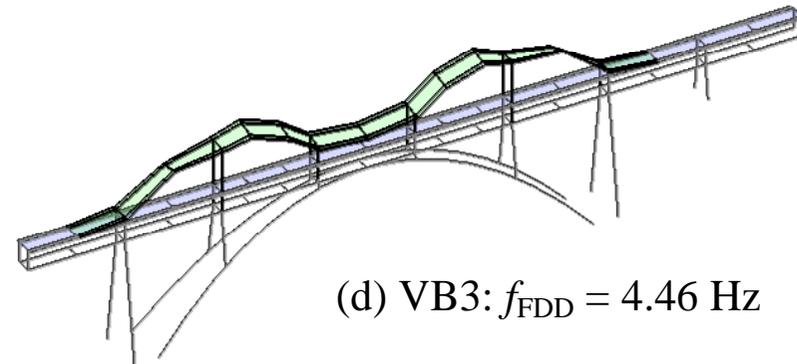
(a) T1: $f_{\text{FDD}} = 2.01 \text{ Hz}$



(b) VB1: $f_{\text{FDD}} = 2.58 \text{ Hz}$



(c) VB2: $f_{\text{FDD}} = 3.42 \text{ Hz}$

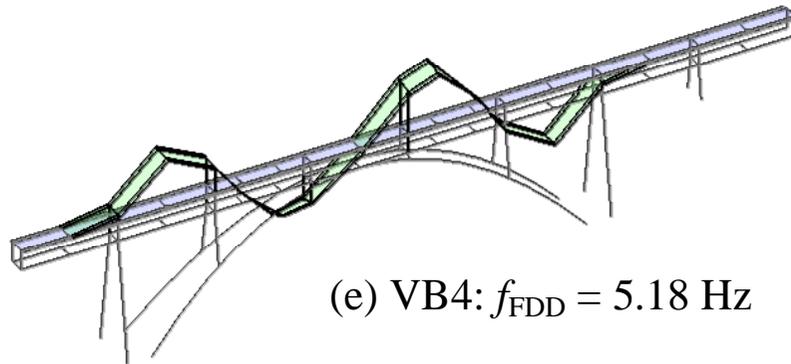


(d) VB3: $f_{\text{FDD}} = 4.46 \text{ Hz}$

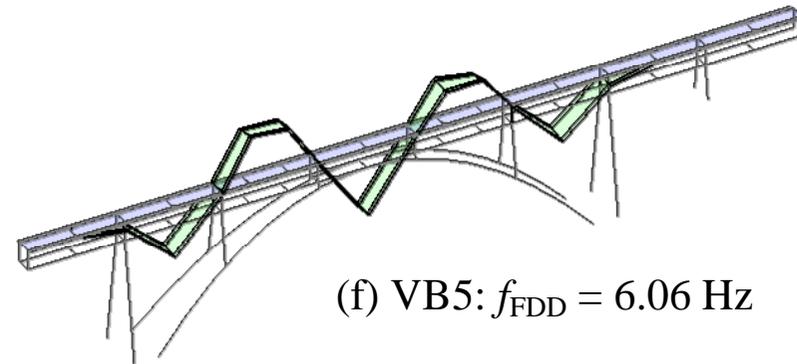
- ***Deformate flessionali non simmetriche rispetto alla mezzzeria;***



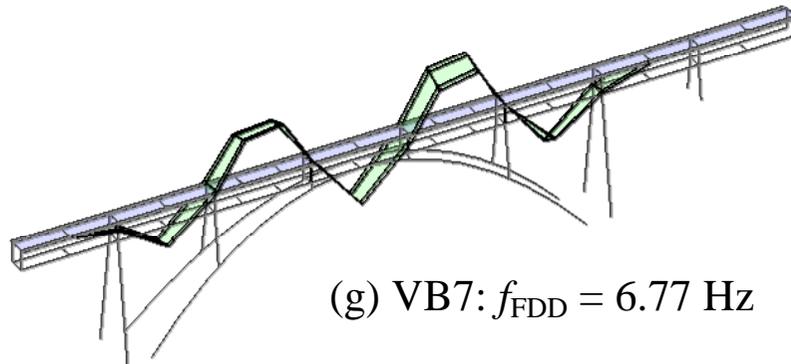
Modi Identificati (Giugno 2009)



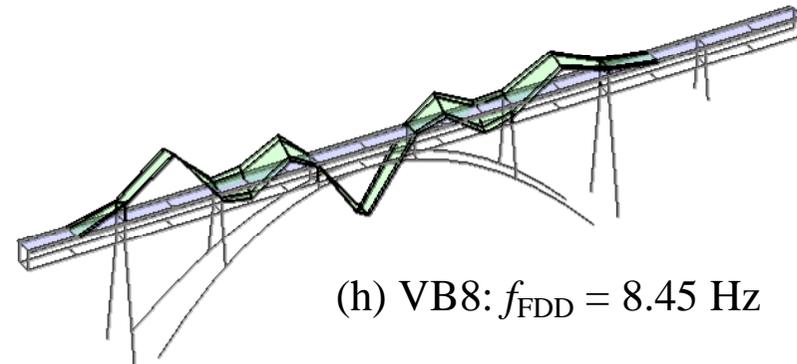
(e) VB4: $f_{FDD} = 5.18$ Hz



(f) VB5: $f_{FDD} = 6.06$ Hz



(g) VB7: $f_{FDD} = 6.77$ Hz

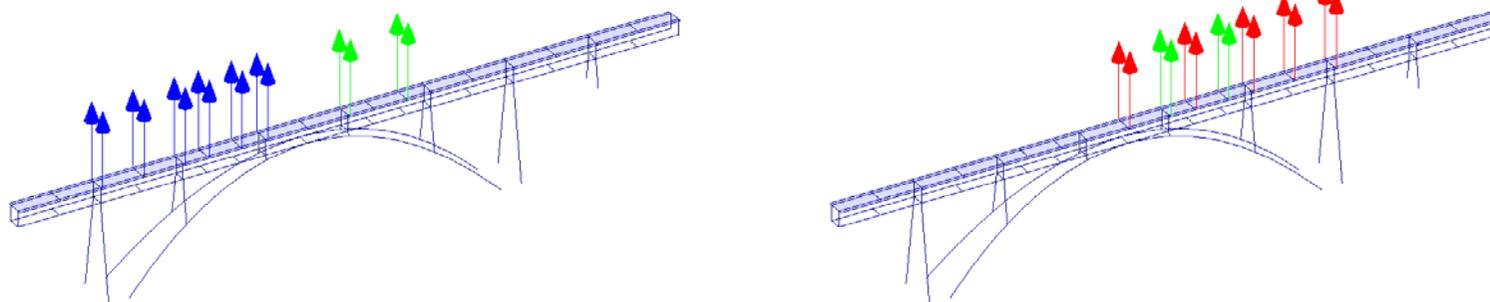
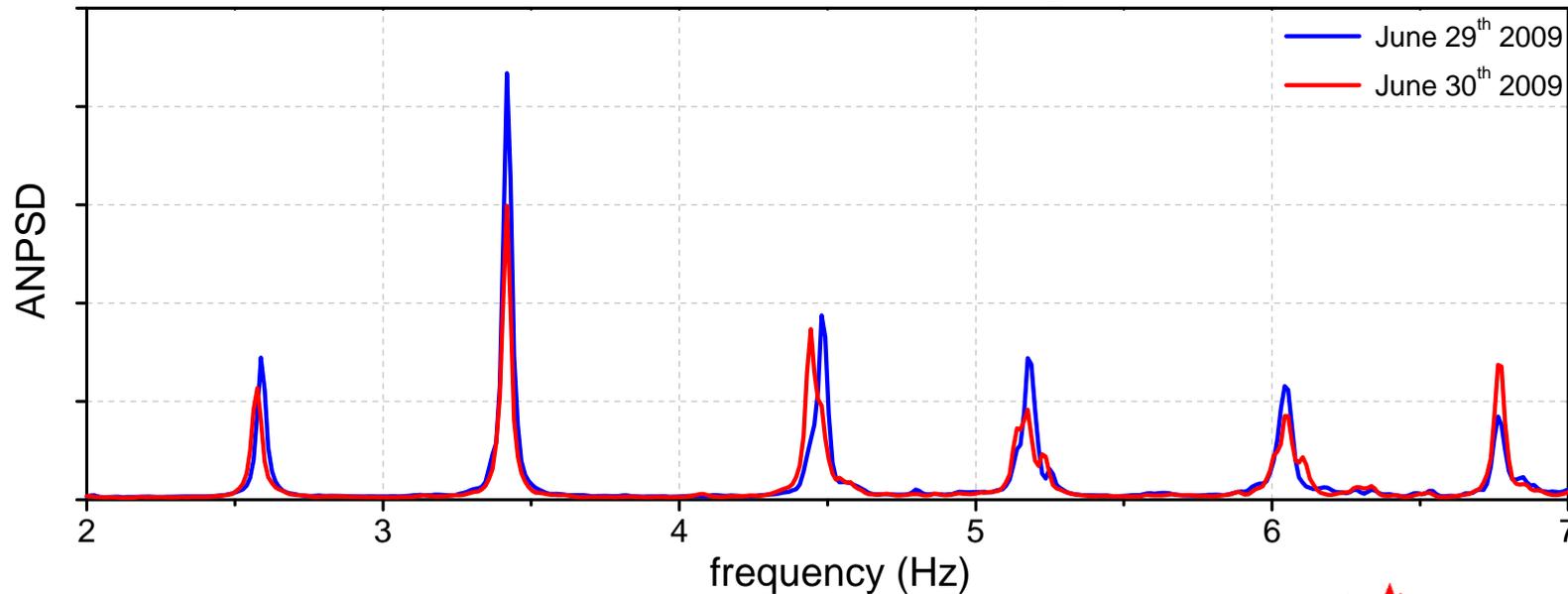


(h) VB8: $f_{FDD} = 8.45$ Hz

- *Asimmetria più pronunciata per i modi superiori (all'aumentare della complessità geometrica della deformata);*
- *Deformate modali debolmente variabili nel tempo.*



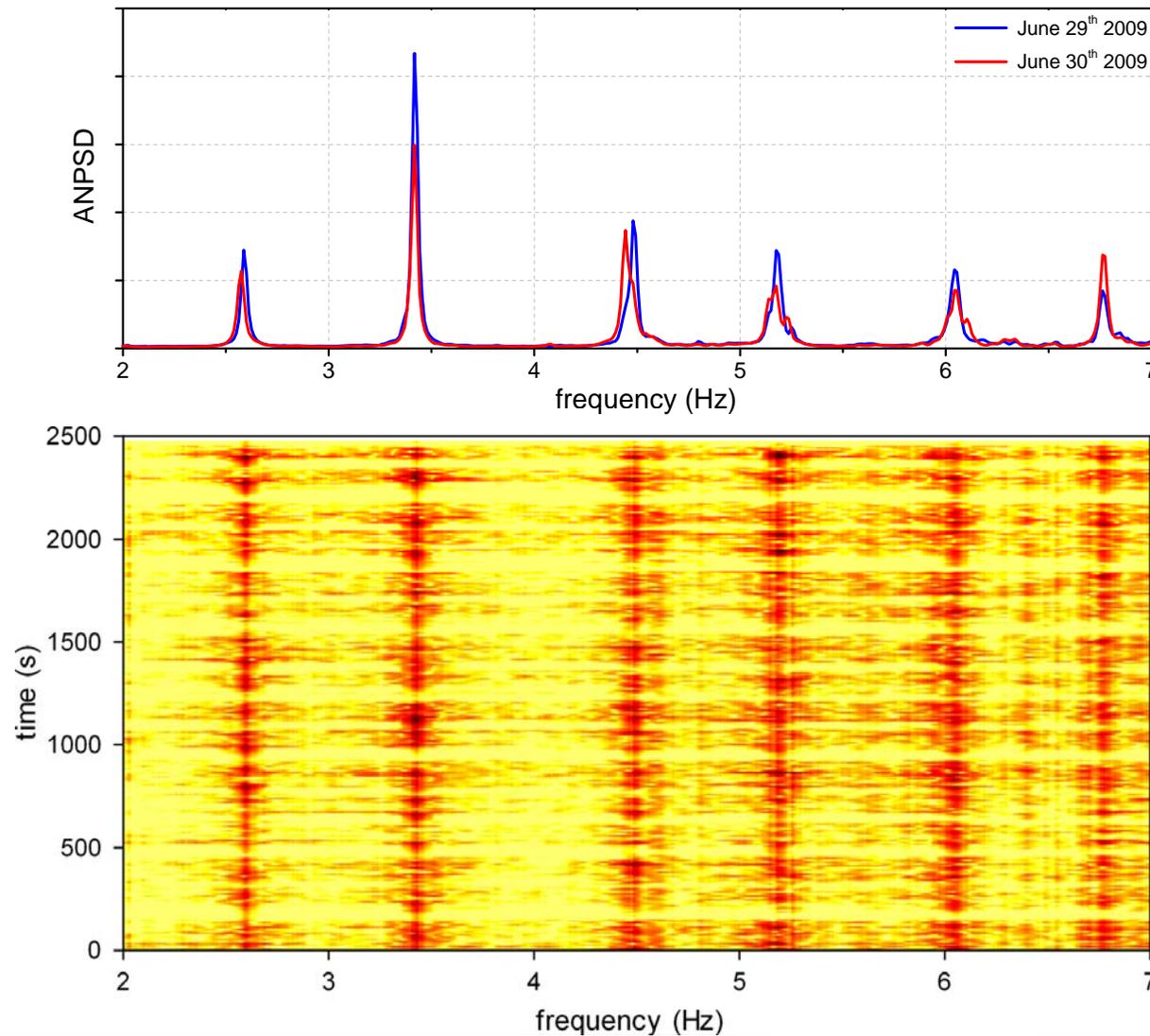
Non invarianza temporale di f_i (Giugno 2009)



- ***I diagrammi ANPSD ottenuti il 29 ed il 30 Giugno 2009 evidenziano la NON INVARIANZA TEMPORALE di alcune frequenze naturali***



Non invarianza temporale di f_i (Giugno 2009)

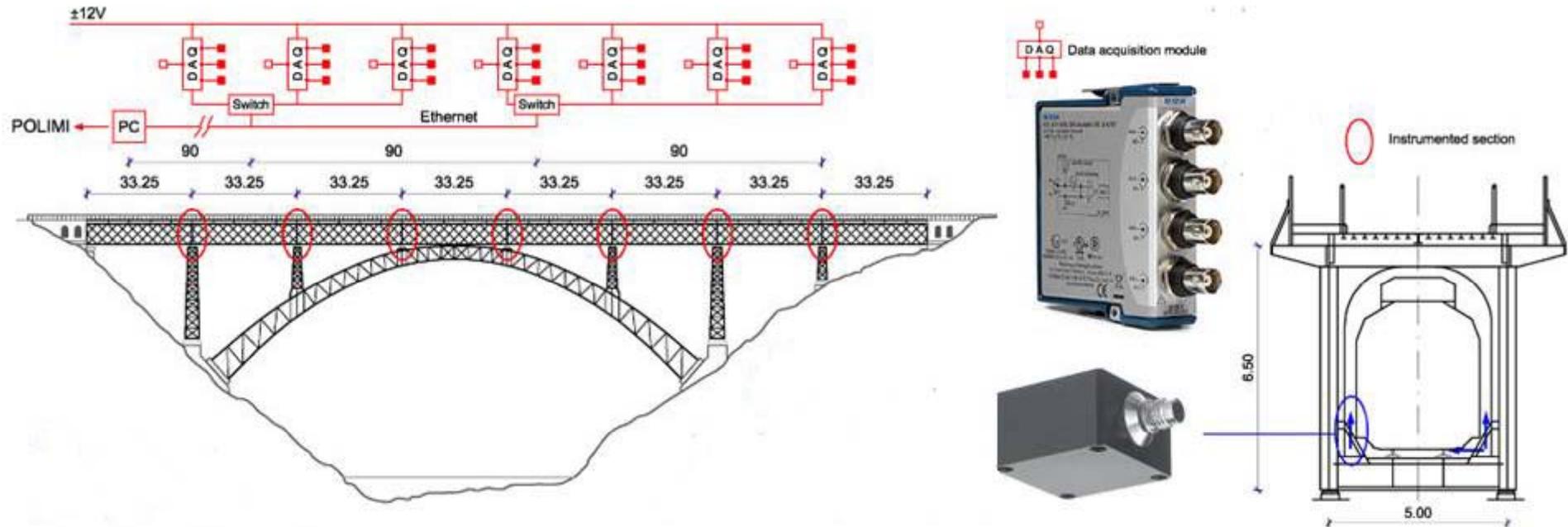




Ponte San Michele (1889)

22

(9)



1. Architettura:

- ❑ Sistema cablato ad architettura "distribuita";

2. Strumentazione:

- ❑ 21 accelerometri MEMS (Sensitivity: 1.2 V/g, Range: ± 3.0 g);
- ❑ 7 moduli DAQ a 4 canali (24 bit resolution, 102 dB dynamic range)

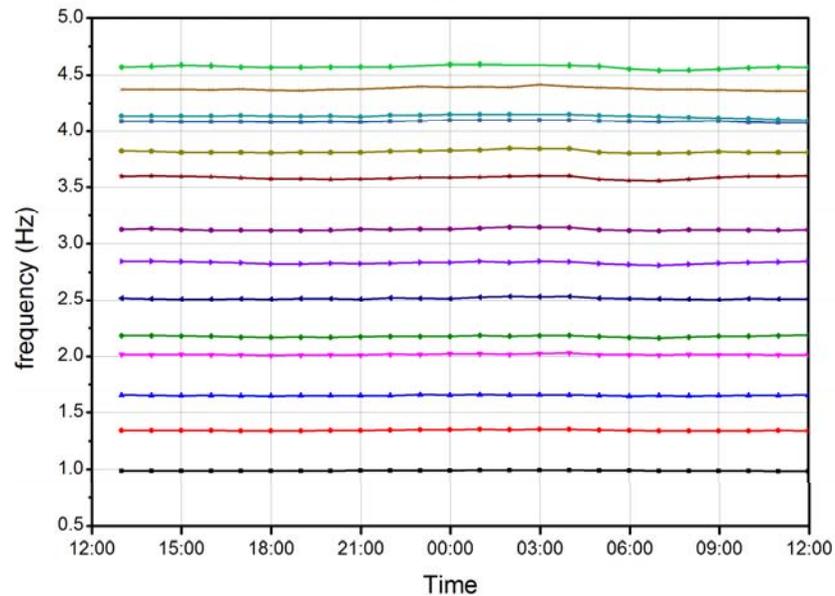
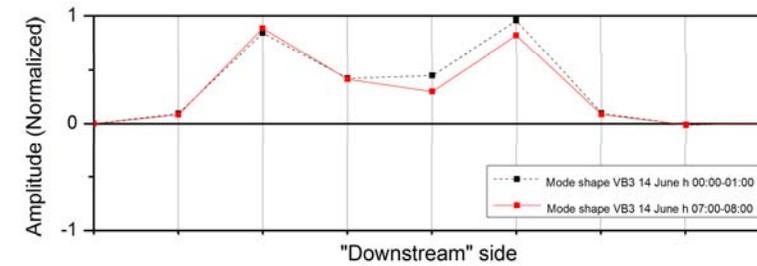
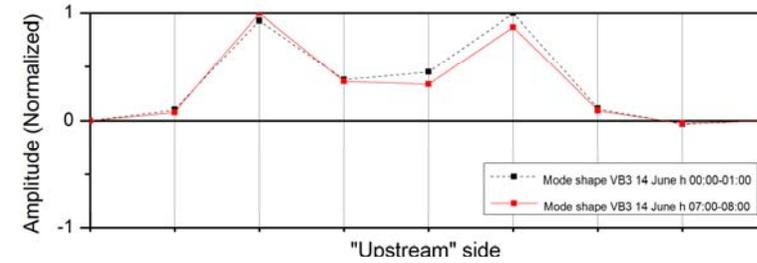
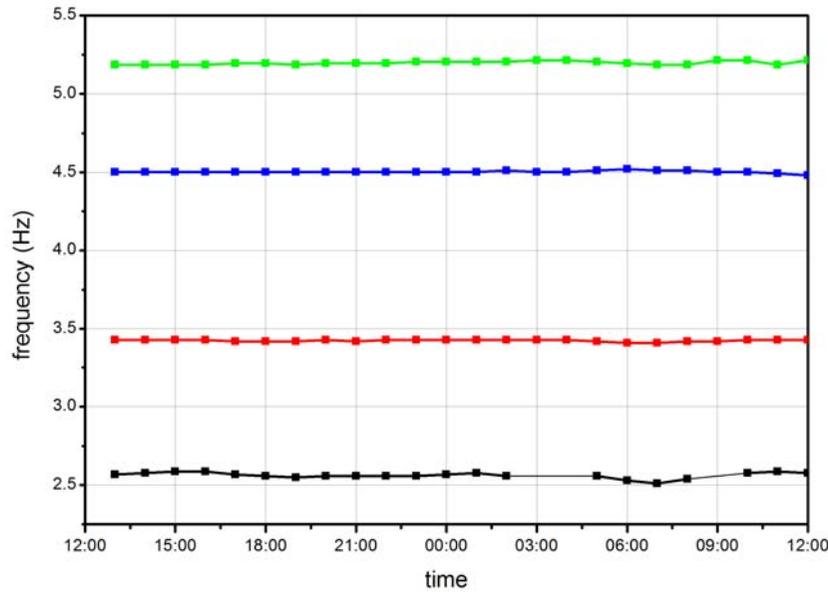




Ponte San Michele (1889)

23

(10)





Torre Campanaria in Arcisate (VA)



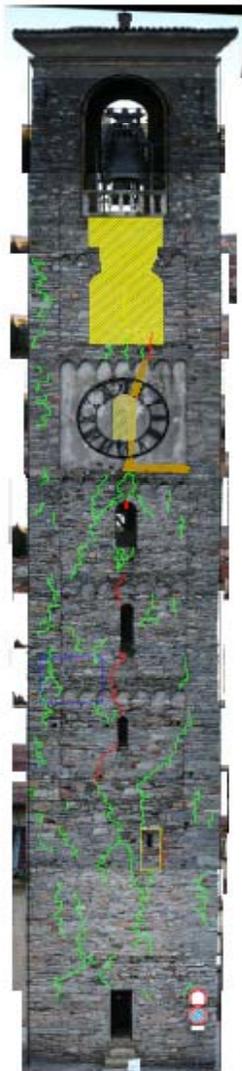
C. Gentile, A. Saisi, N. Gallino, L. Binda. "Operational modal analysis and F.E. model validation of a masonry tower", *Proc. Structural Faults & Repair 2008*



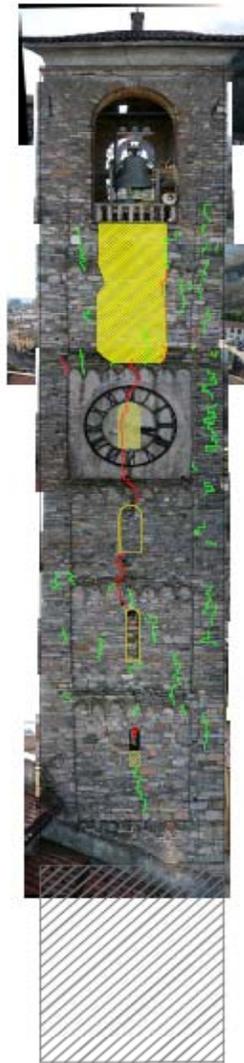
Torre campanaria in Arcisate (VA)

25

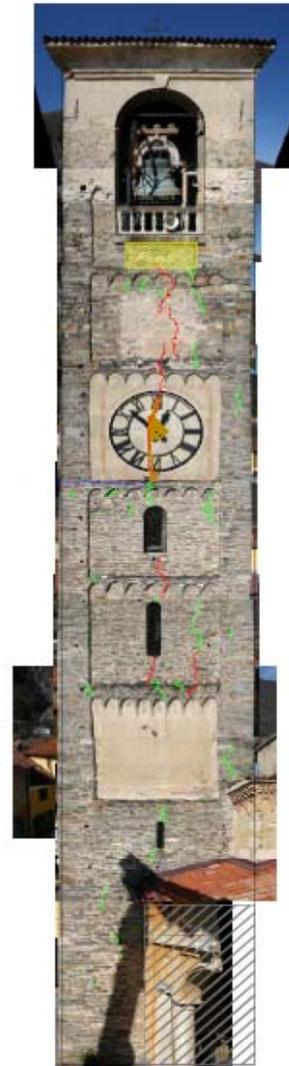
(2)



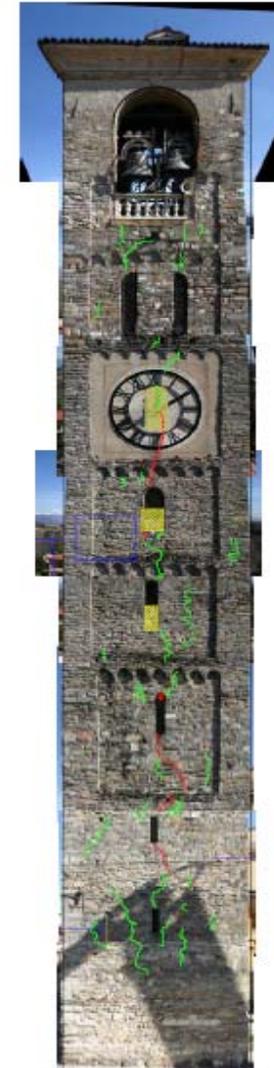
NORTH side



EAST side



SOUTH side



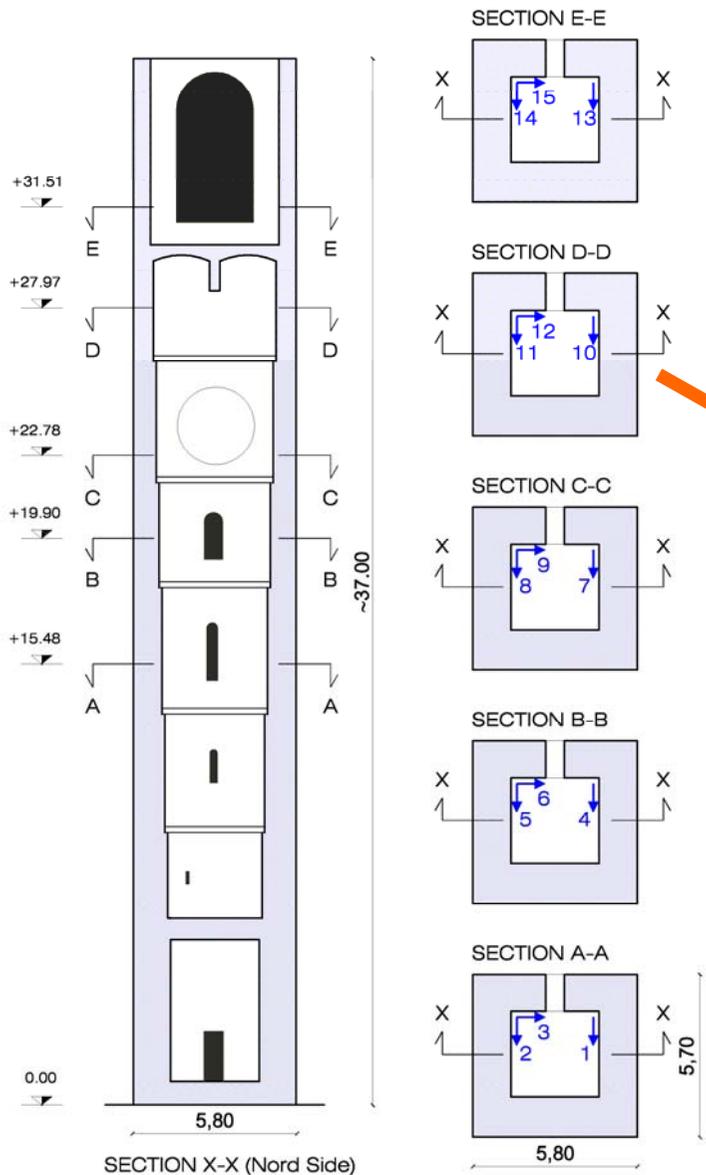
WEST side



Torre campanaria in Arcisate (VA)

26

(3)



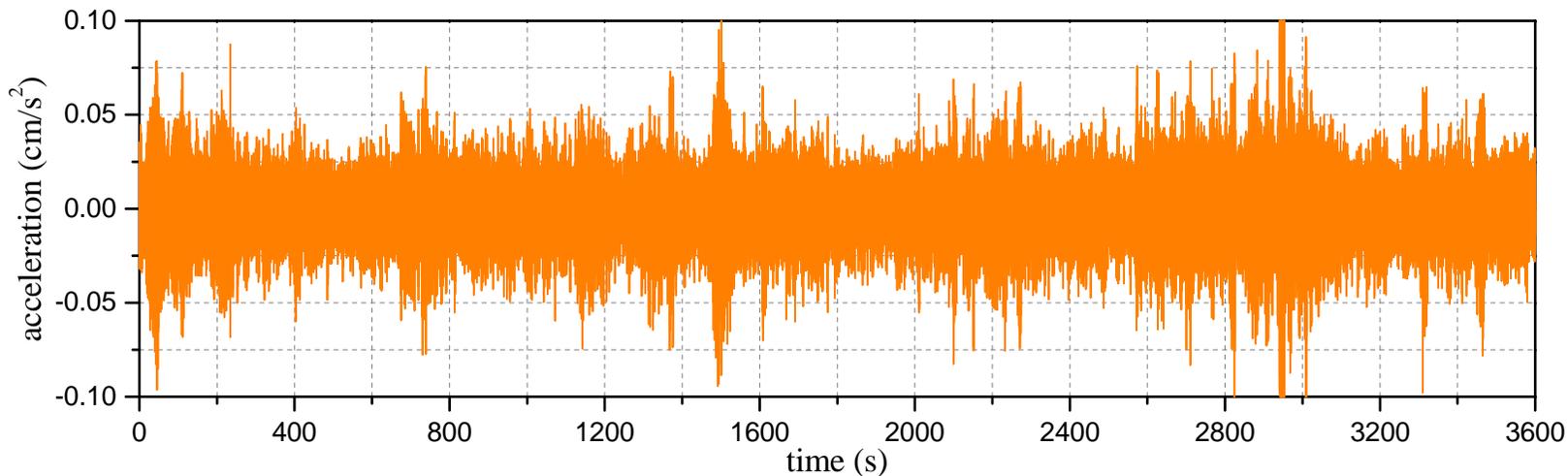
- Vento, micro-tremori ($T_a = 3600 s$)
- Oscill. Campana ($T_a = 2000 s$)
- 15 punti di misura



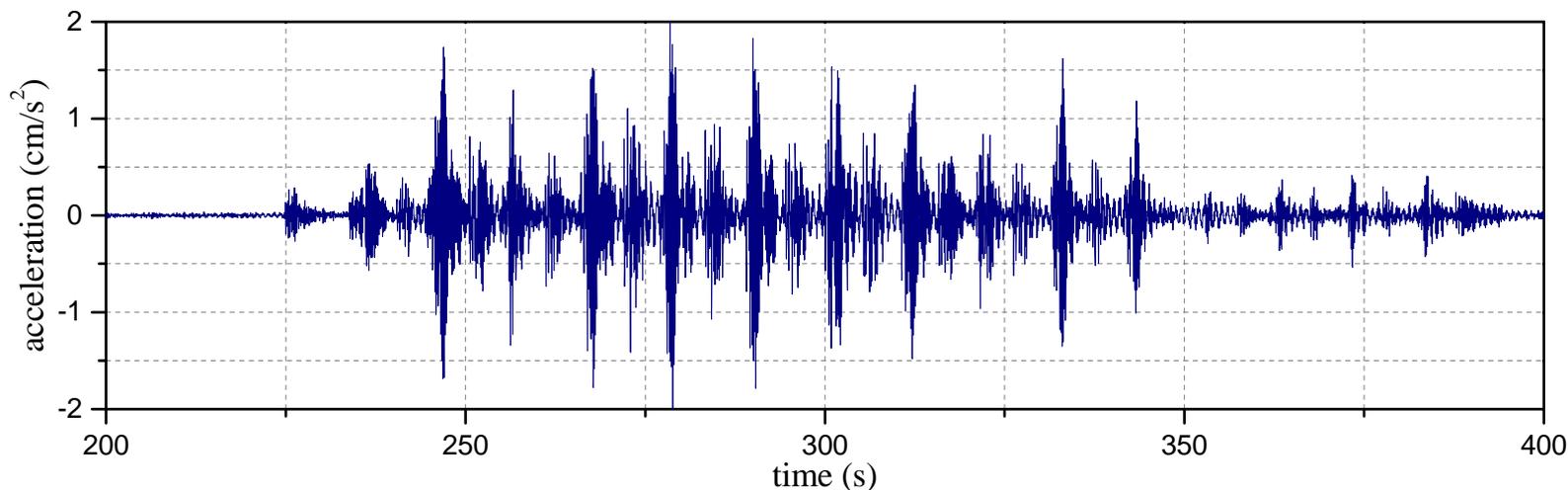


TP 10

Vento, Micro-tremori

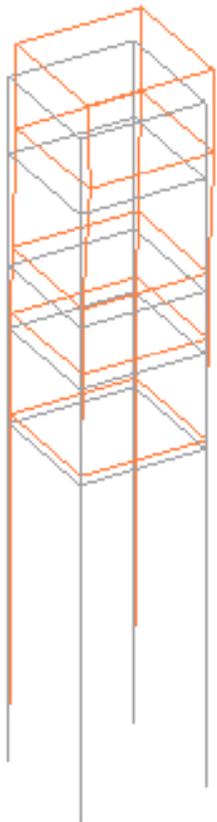


Oscillazione Campana

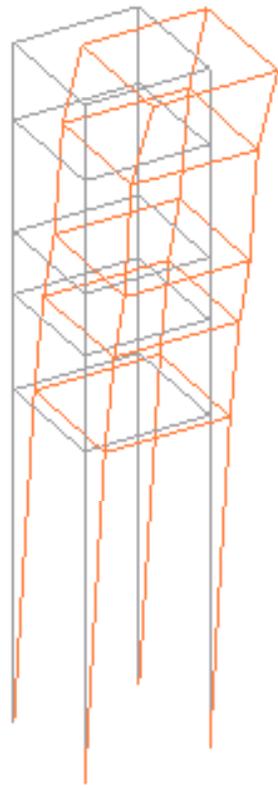




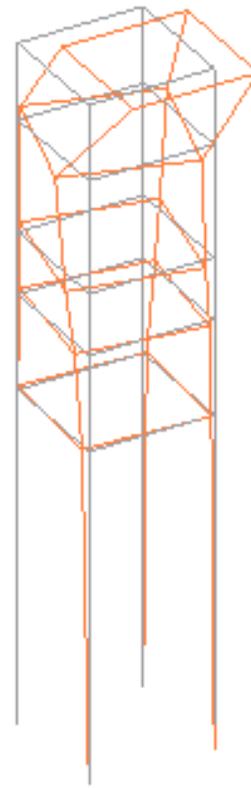
Modi identificati: Vento & Micro-tremori



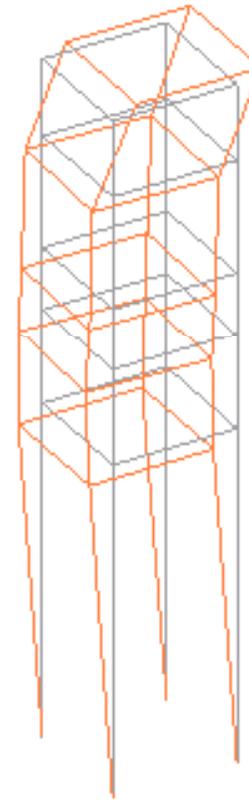
$f = 1.211 \text{ Hz}$



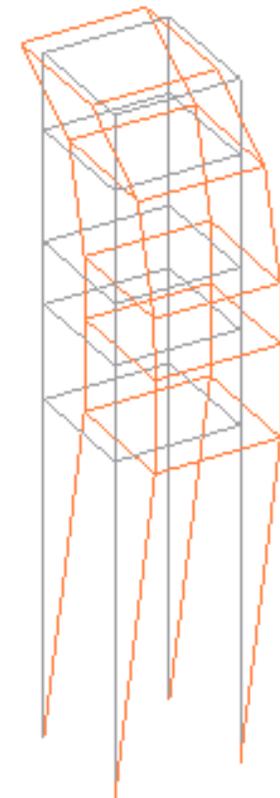
$f = 1.289 \text{ Hz}$



$f = 3.564 \text{ Hz}$



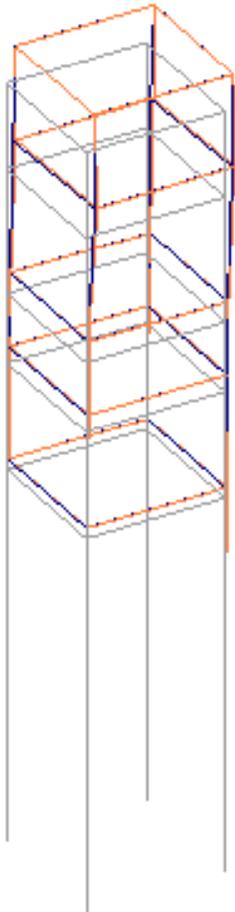
$f = 3.984 \text{ Hz}$



$f = 4.141 \text{ Hz}$

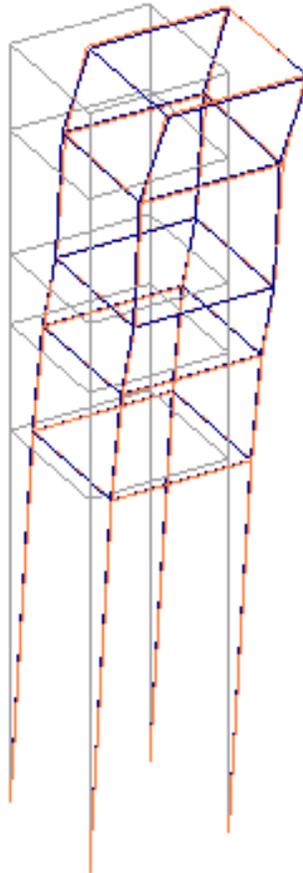


Confronto tra i modi identificati ai due livelli d'eccitazione:



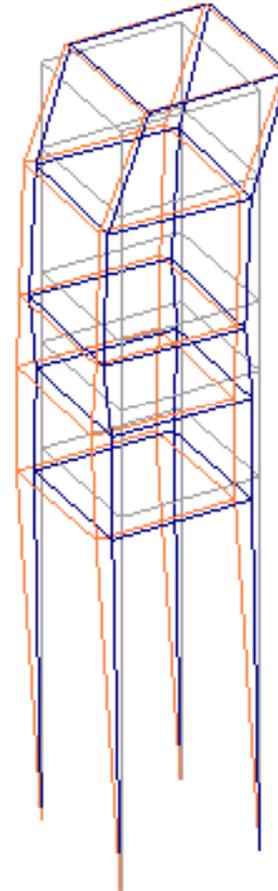
$f = 1.211 \text{ Hz}$

$f = 1.191 \text{ Hz}$



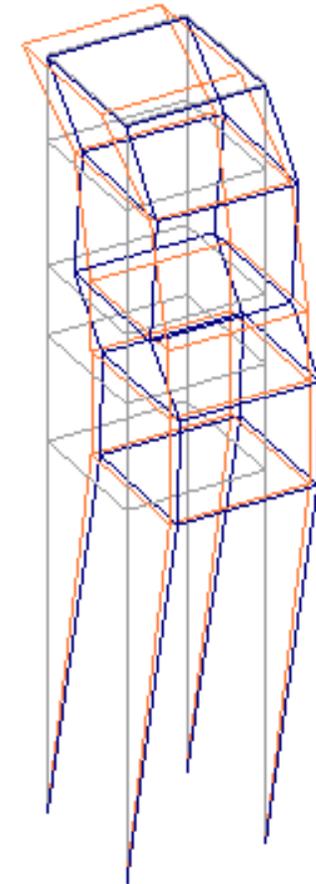
$f = 1.289 \text{ Hz}$

$f = 1.260 \text{ Hz}$



$f = 3.984 \text{ Hz}$

$f = 3.877 \text{ Hz}$

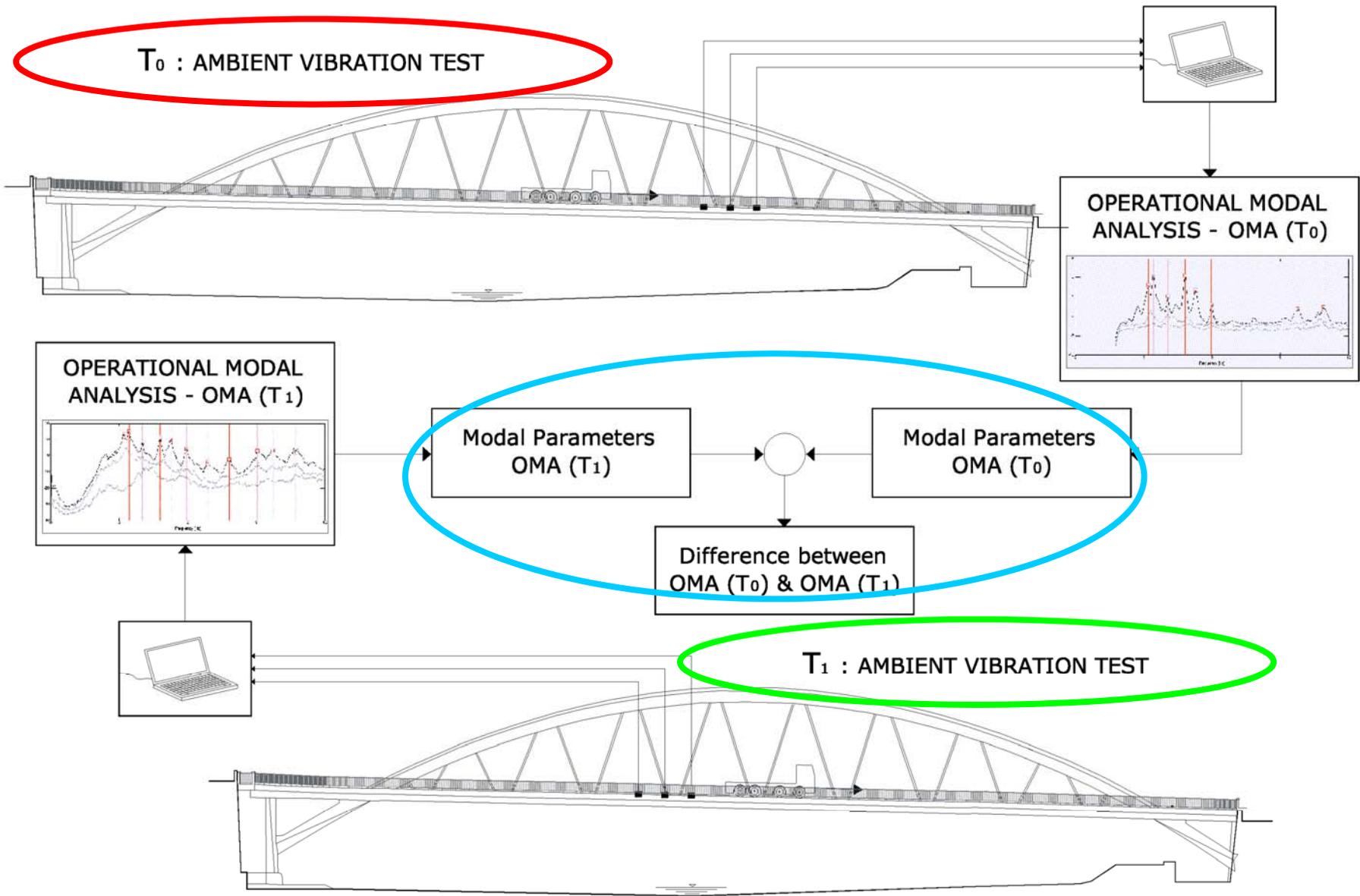


$f = 4.141 \text{ Hz}$

$f = 4.053 \text{ Hz}$



Monitoraggio dinamico discreto / continuo



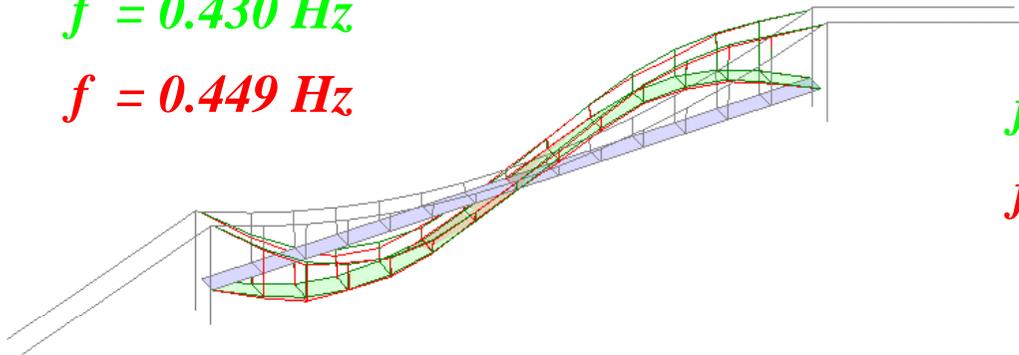


Esempio di Identificazione del Danno

31

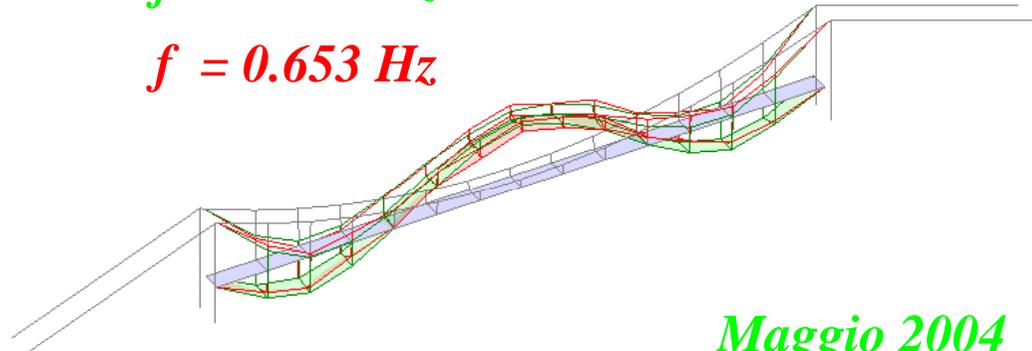
$f = 0.430 \text{ Hz}$

$f = 0.449 \text{ Hz}$



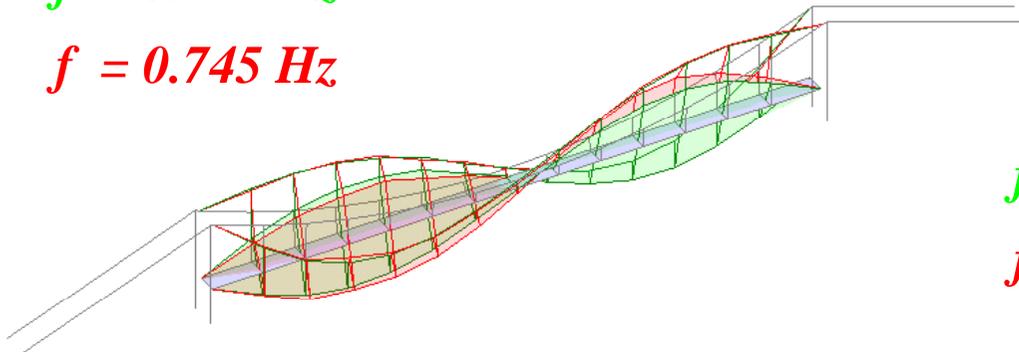
$f = 0.645 \text{ Hz}$

$f = 0.653 \text{ Hz}$



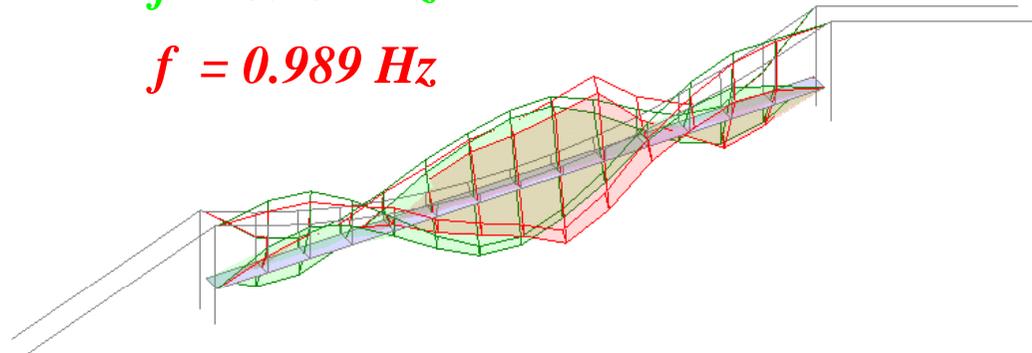
$f = 0.742 \text{ Hz}$

$f = 0.745 \text{ Hz}$



$f = 0.957 \text{ Hz}$

$f = 0.989 \text{ Hz}$



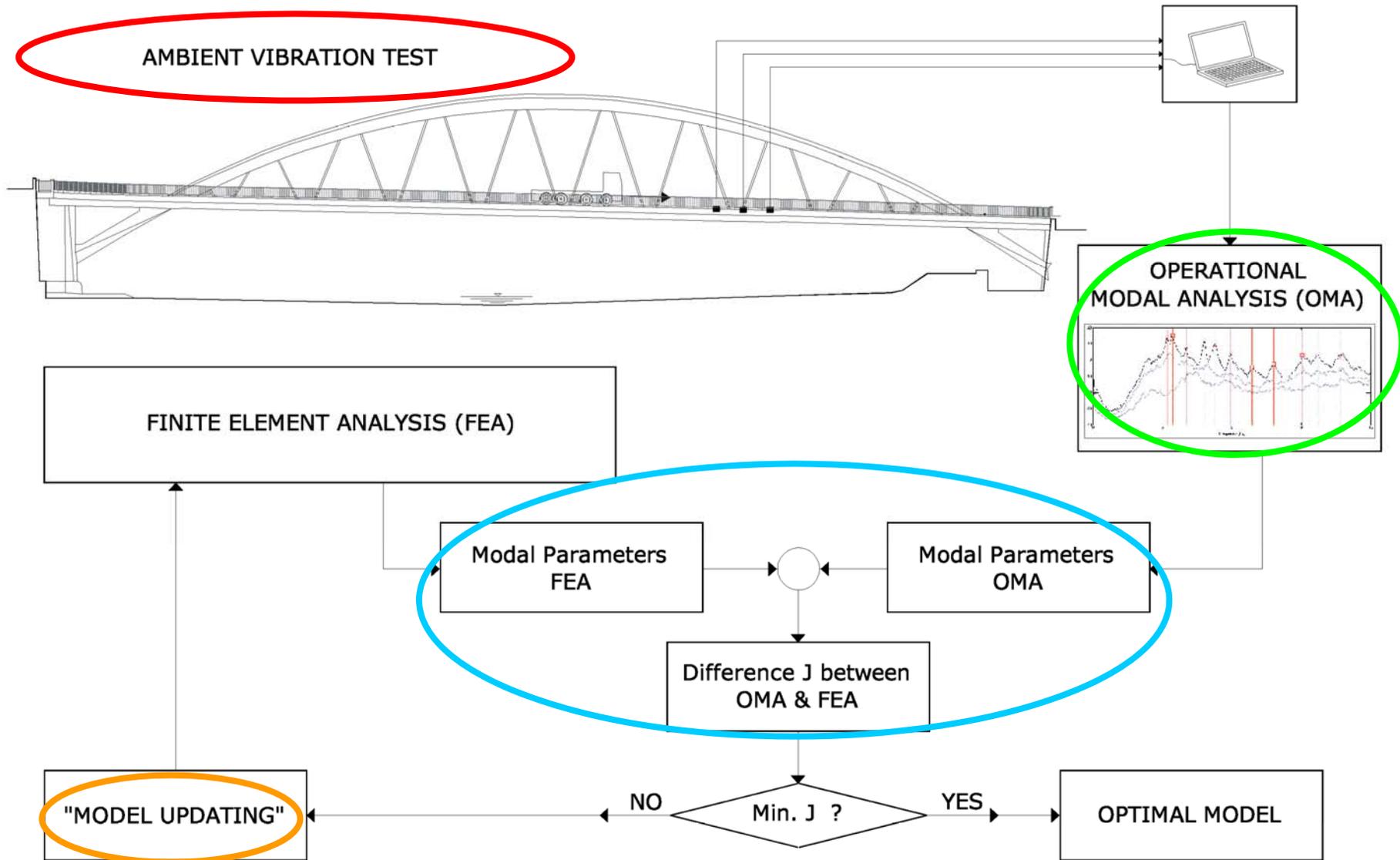
Maggio 2004

Luglio 2004

C. Gentile, N. Gallino. "Condition assessment and dynamic system identification of a suspension footbridge", *Structural Control & Health Monitoring*, 15: 369-388, 2008

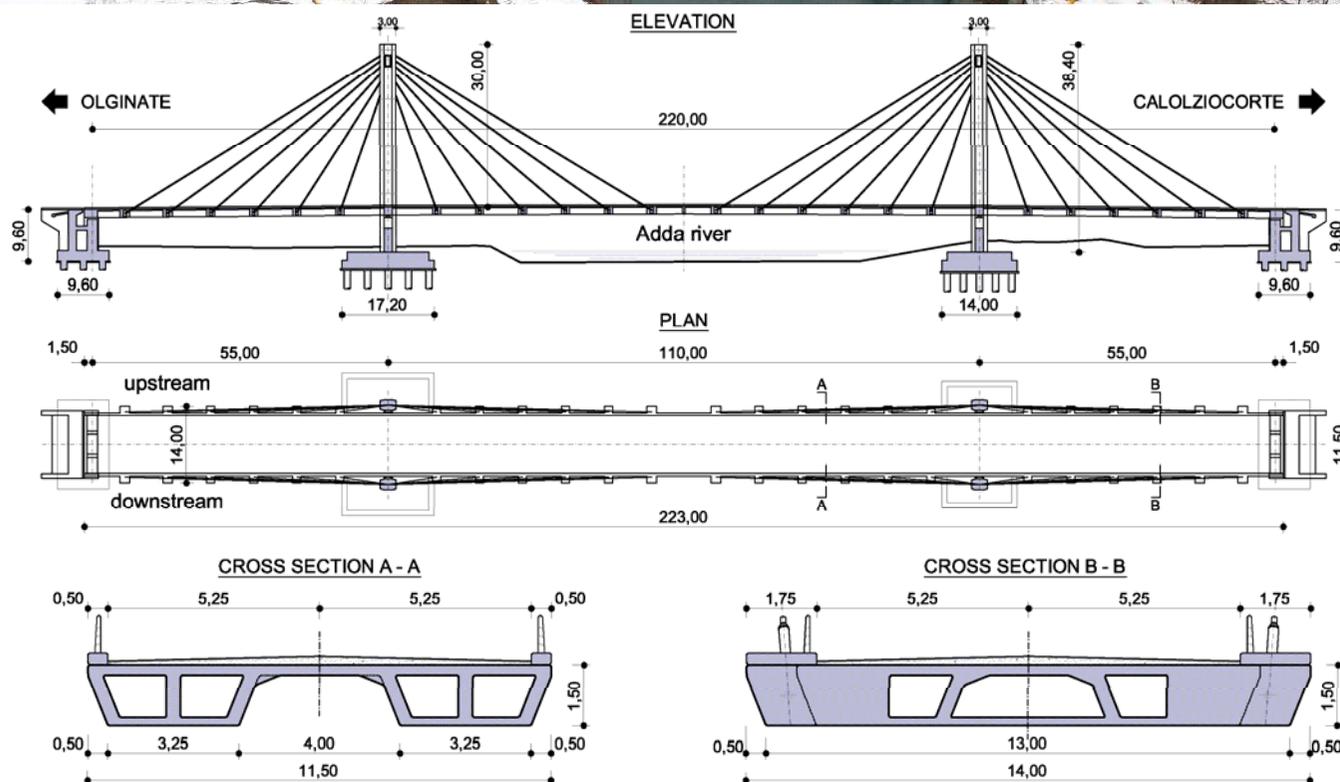


Valutazione della vulnerabilità sismica



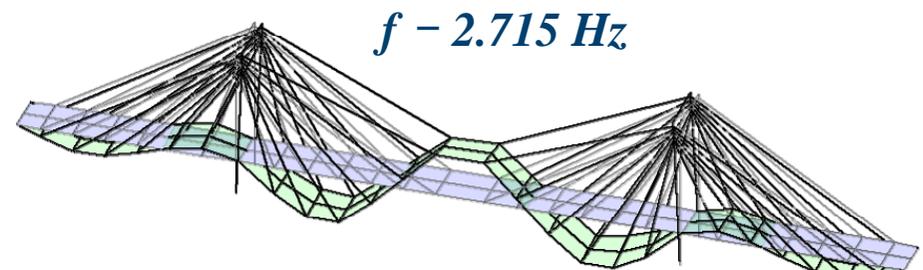
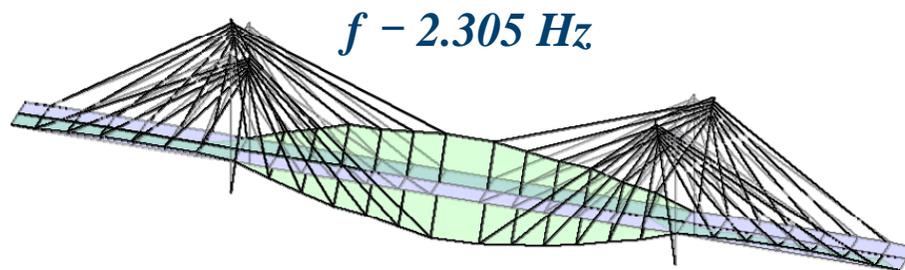
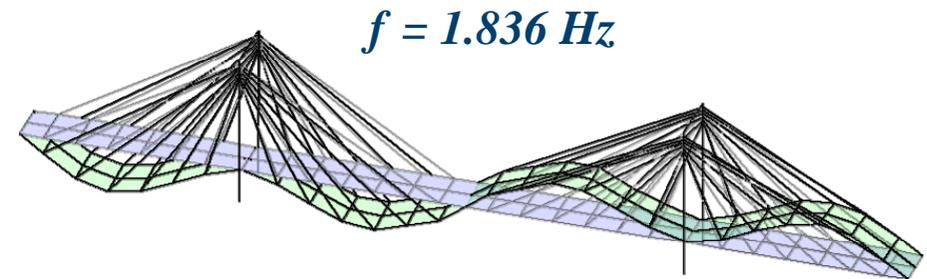
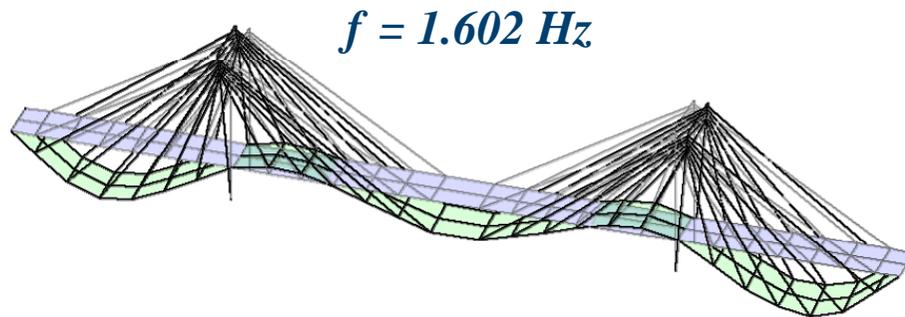
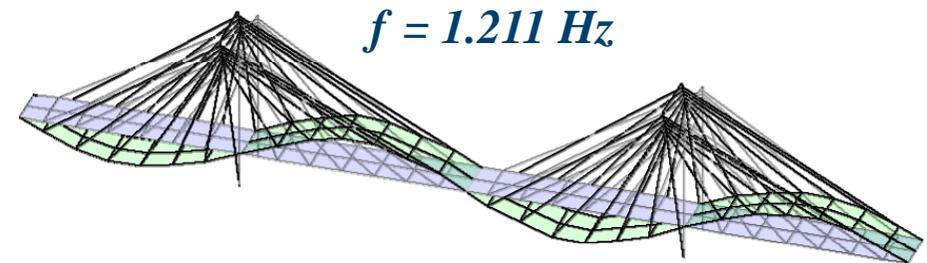
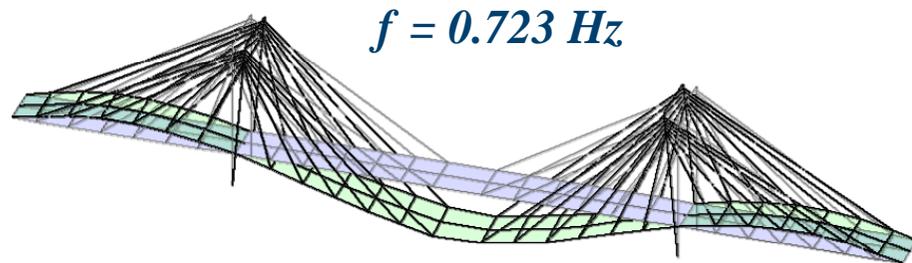


Esempio 1: Nuovo Ponte strallato sull'Adda (1)³³



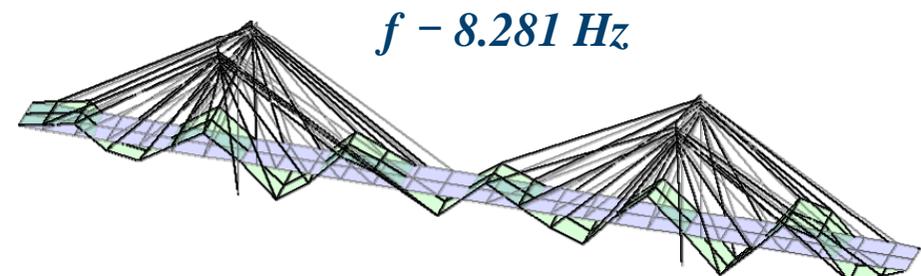
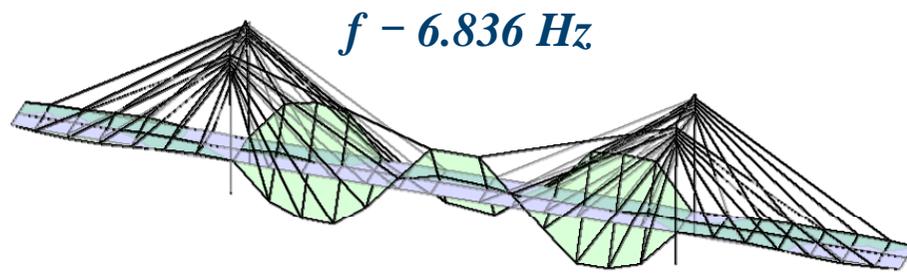
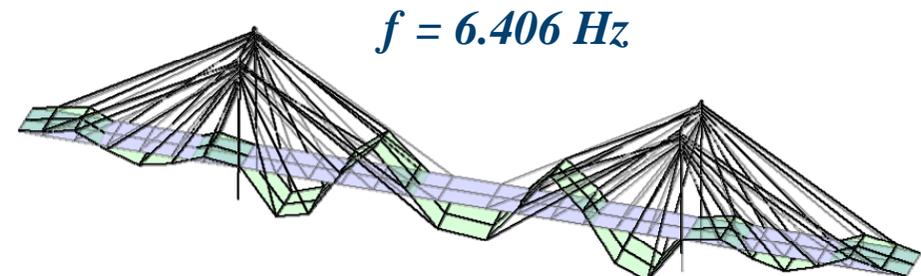
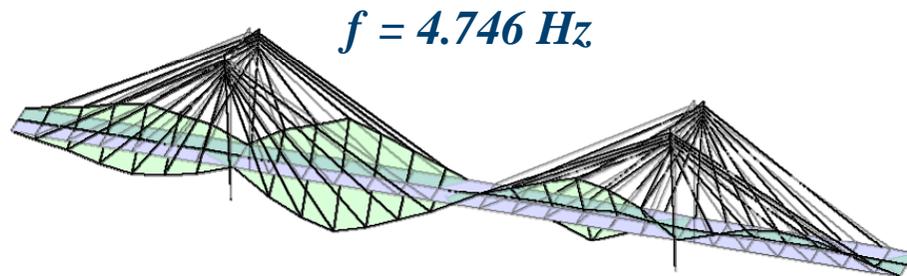
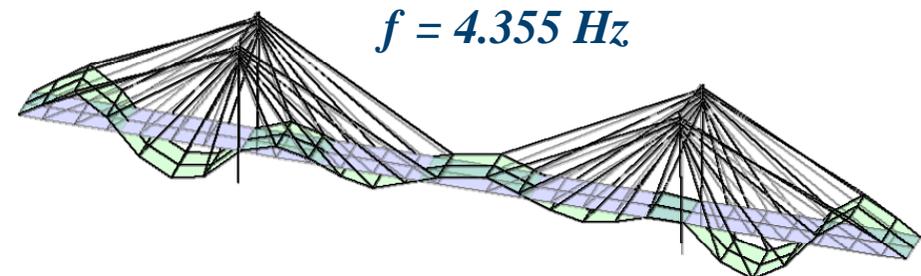
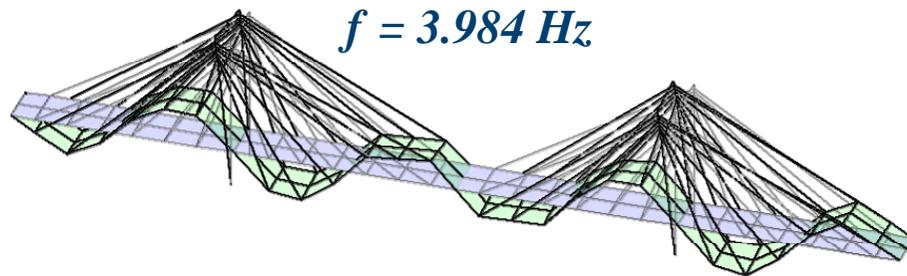


Esempio 1: Nuovo Ponte strallato sull'Adda ³⁴ (2)





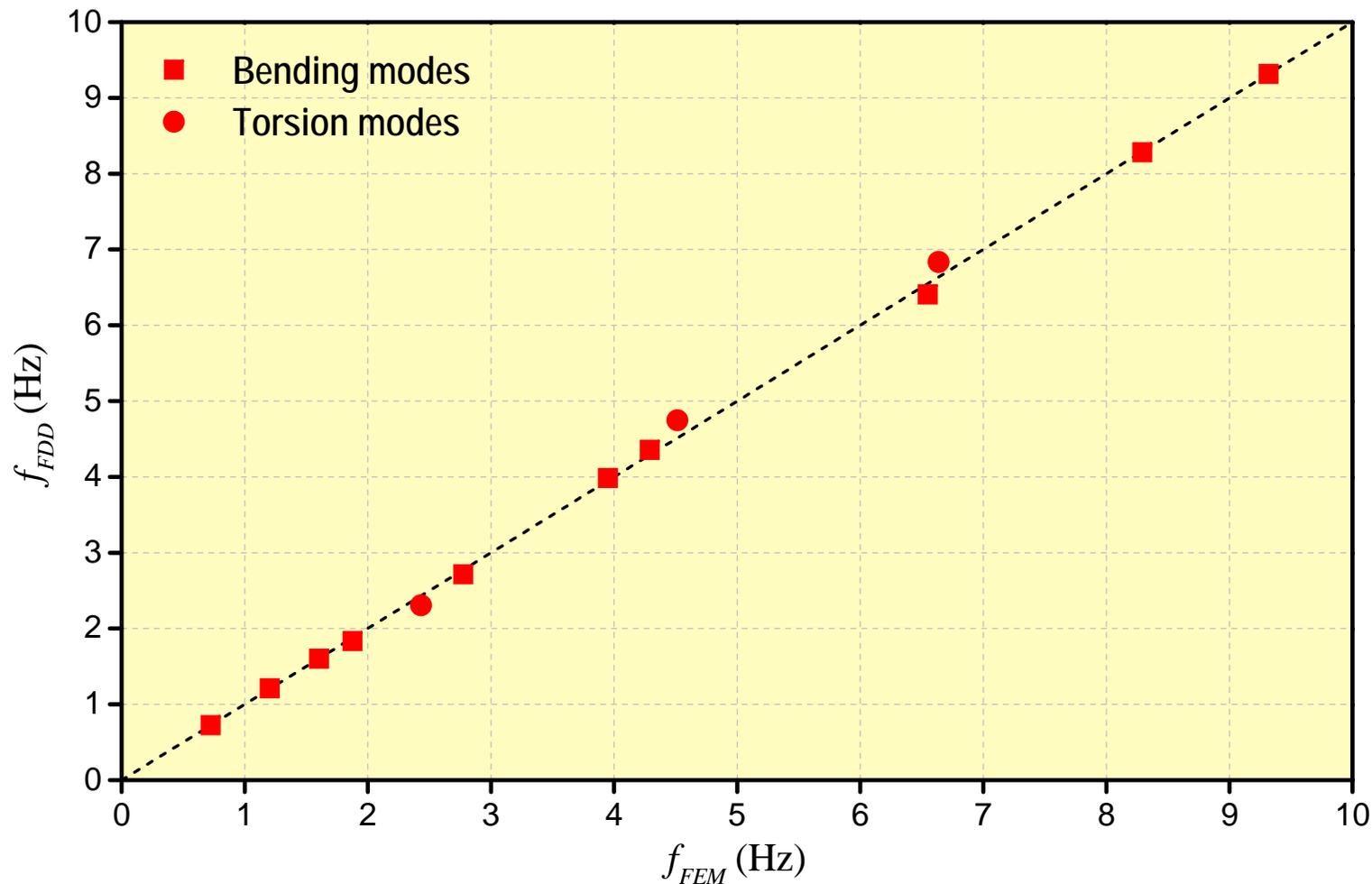
Esempio 1: Nuovo Ponte strallato sull'Adda ³⁵ (3)





Frequenze naturali:

$$D_F = \frac{f_{EMA} - f_{FEA}}{f_{EMA}}$$

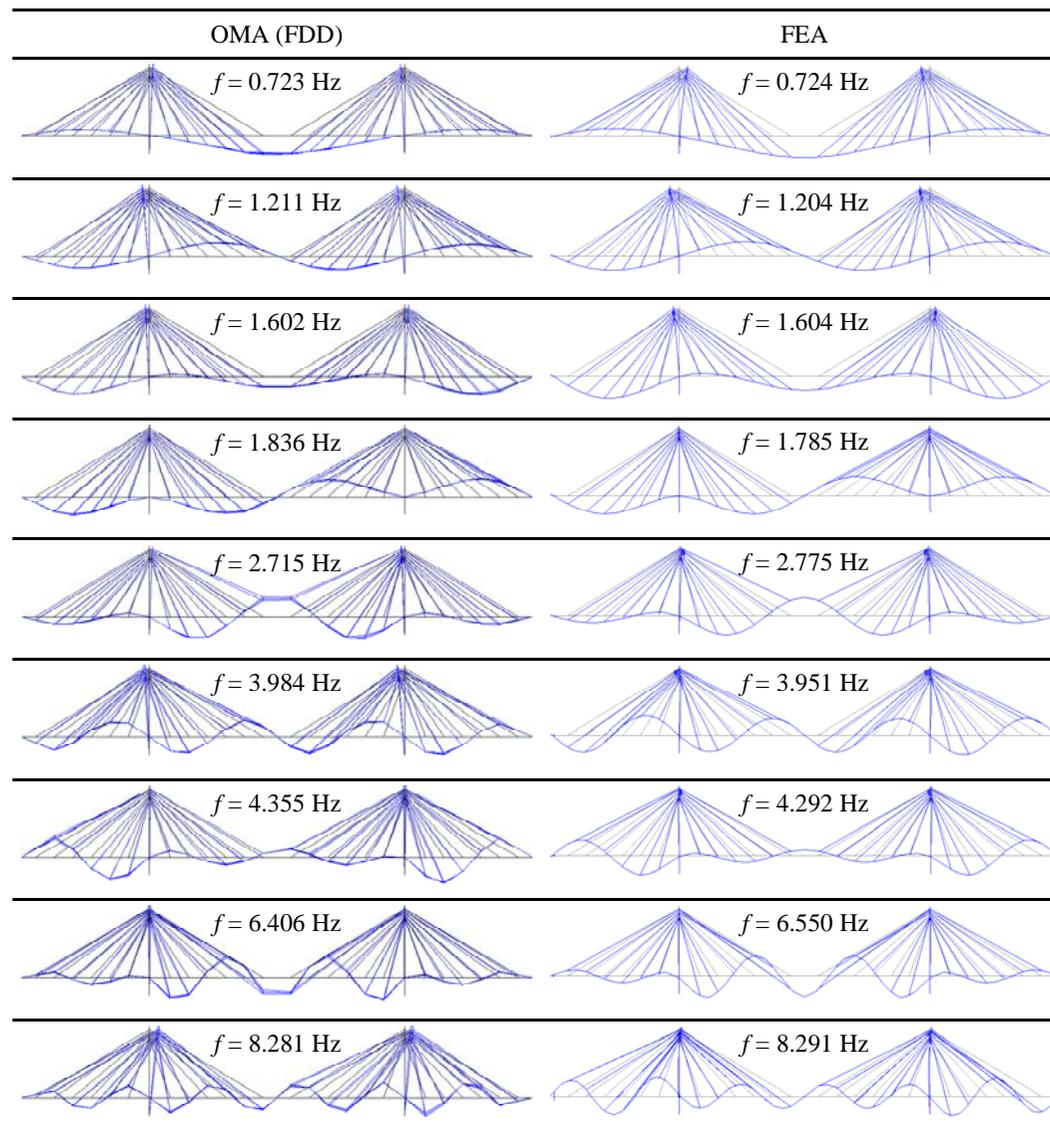




Correlazione tra OMA e FEA

37

(2)





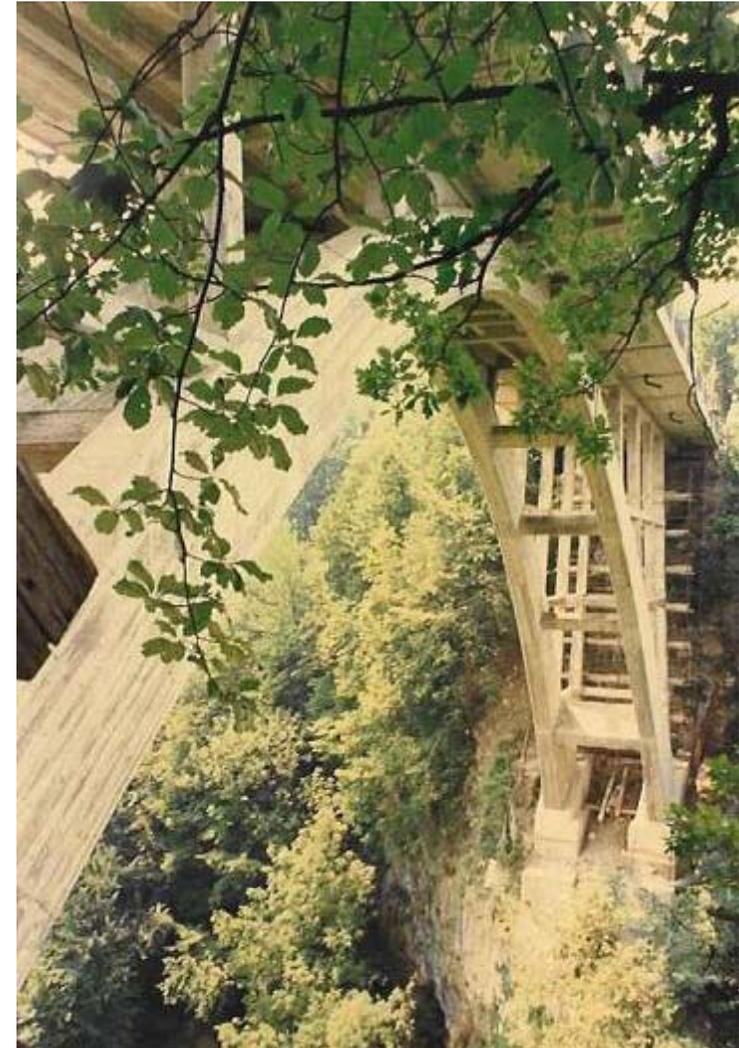
Esempio 2: Ponte della Vittoria (1923)

38

Il ponte nella configurazione originale



(A. Cavallazzi e A. Danusso, 1923)

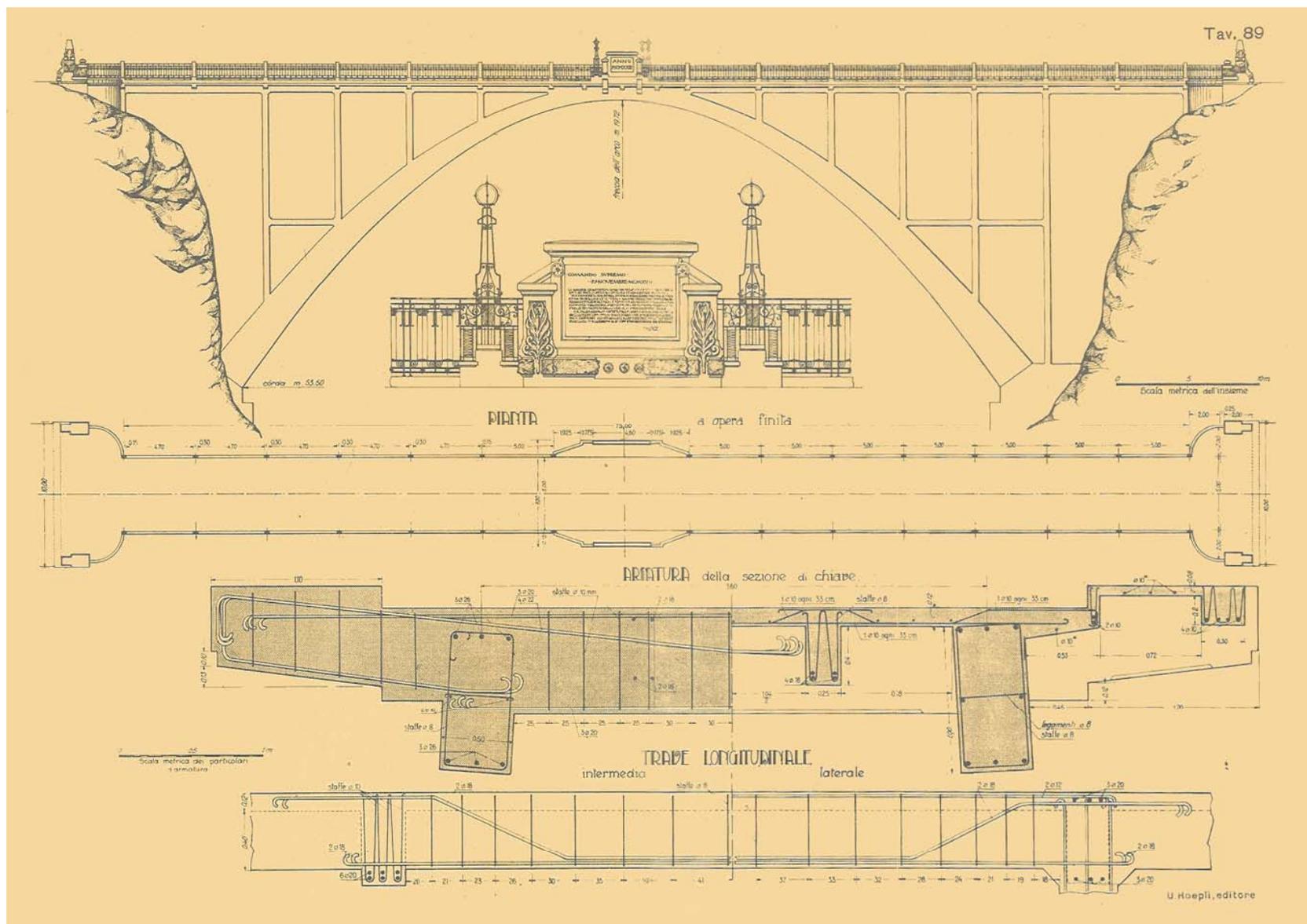


Il ponte dopo l'intervento di rinforzo
(F. Martinez y Cabrera, 1984)



Il ponte originario (A.Cavallazzi e A.Danusso, 1923)

39

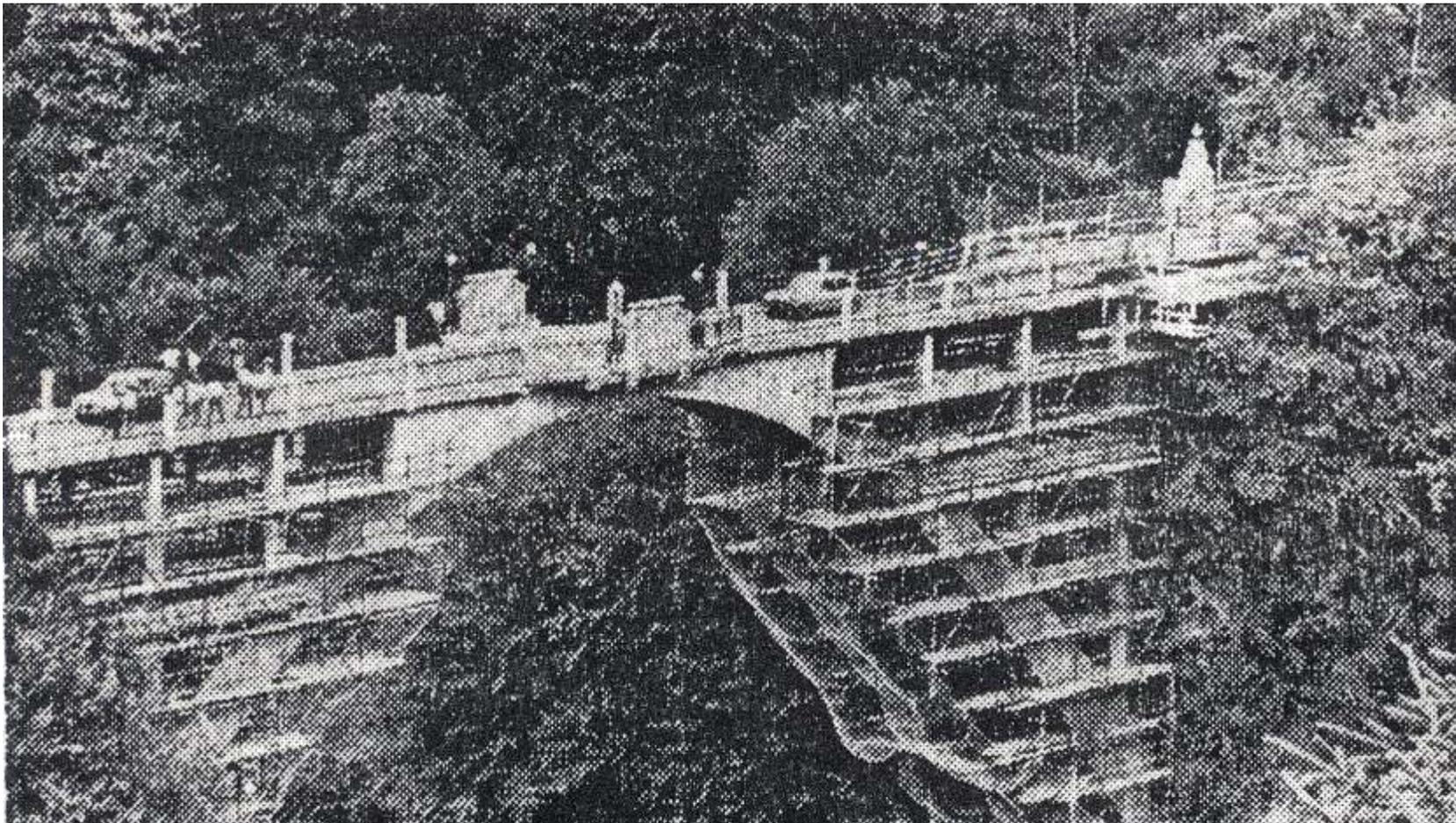




L'intervento di rinforzo (1984)

40

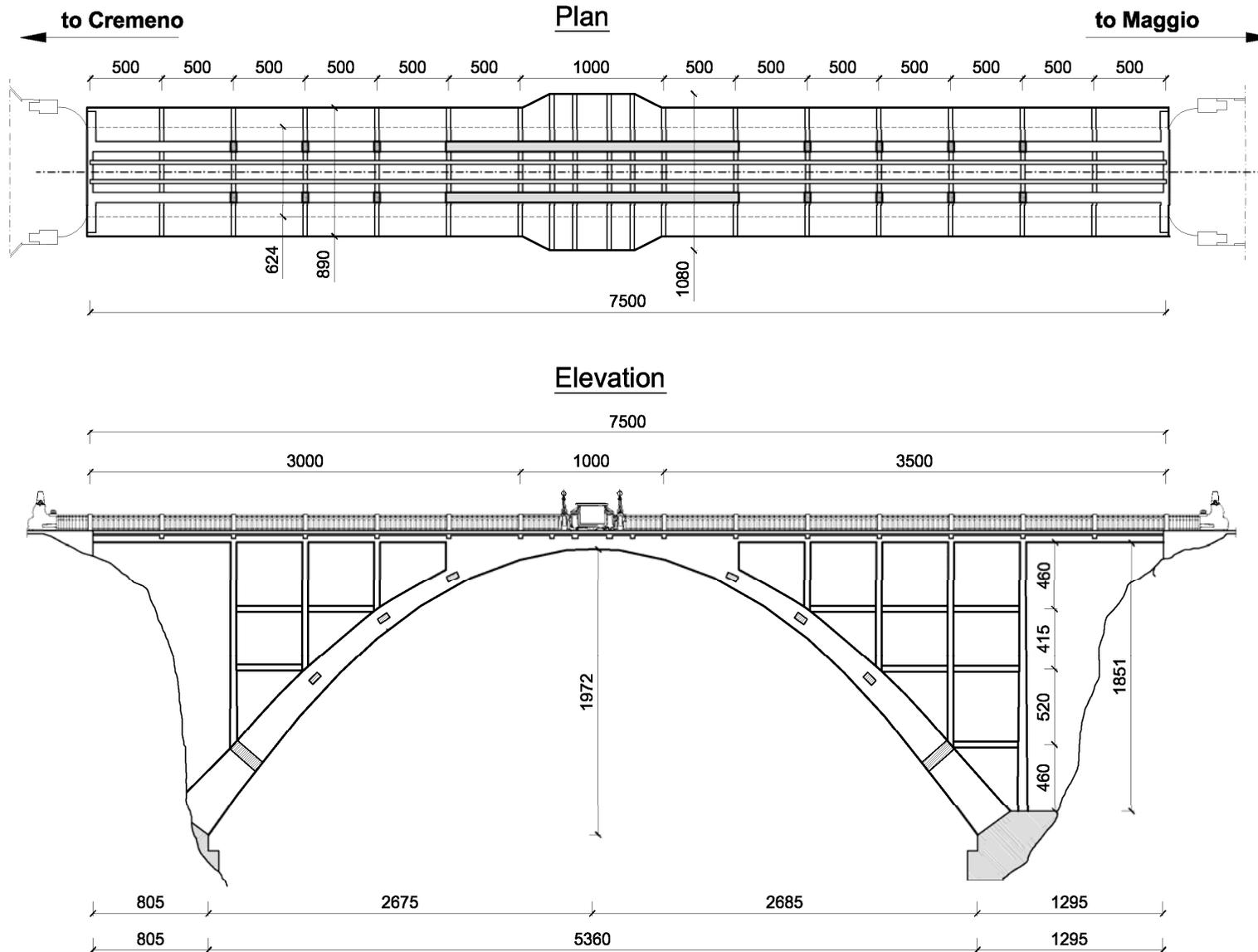
Nel 1984 il Ponte della Vittoria è stato oggetto di un importante intervento di riqualificazione, con allargamento dell'impalcato (da 4.80 m a 8.90 m) e rinforzo delle arcate.





Il Ponte della Vittoria nella configurazione attuale

41

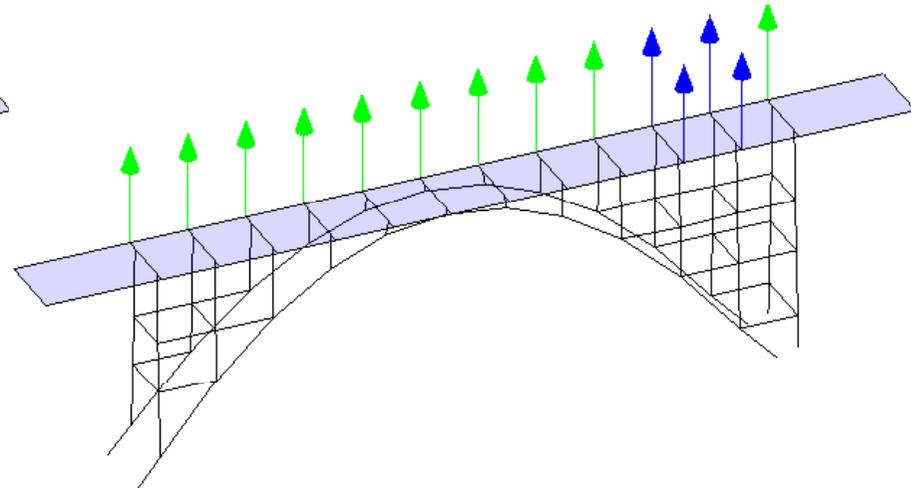
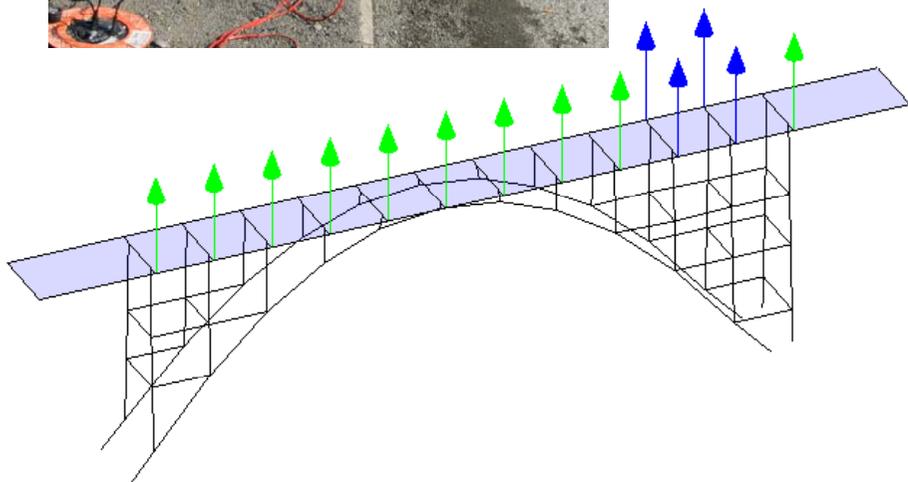




- ⇒ Aprile e Maggio 2006, Marzo 2007;
- ⇒ Traffico ($T_a = 3000 s$)

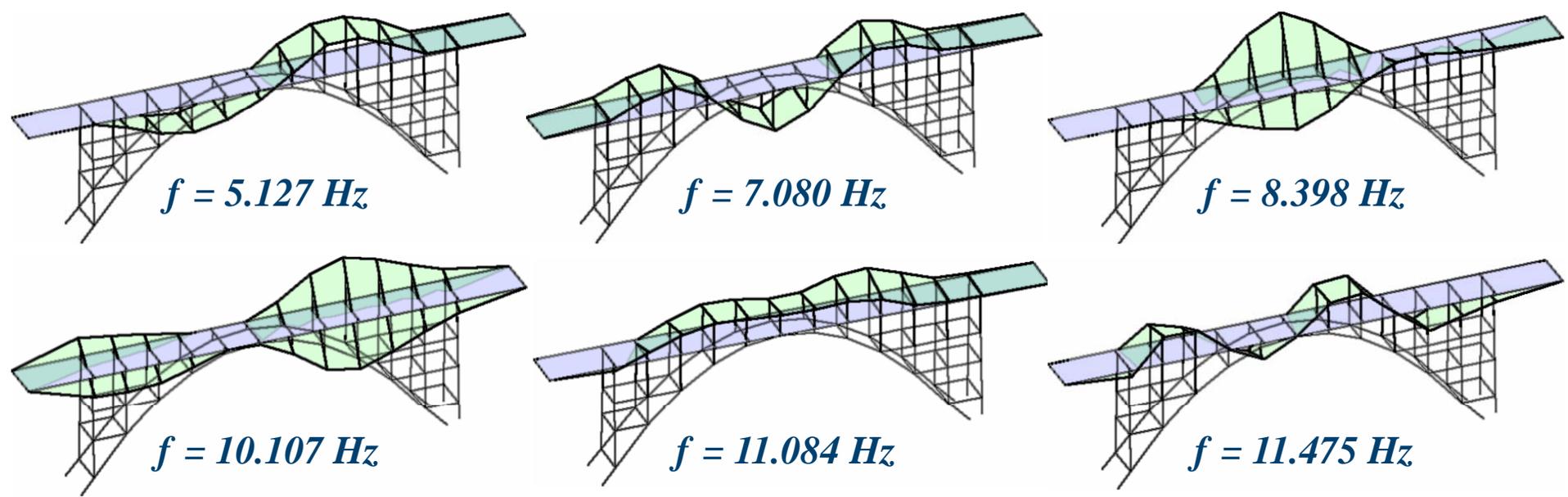
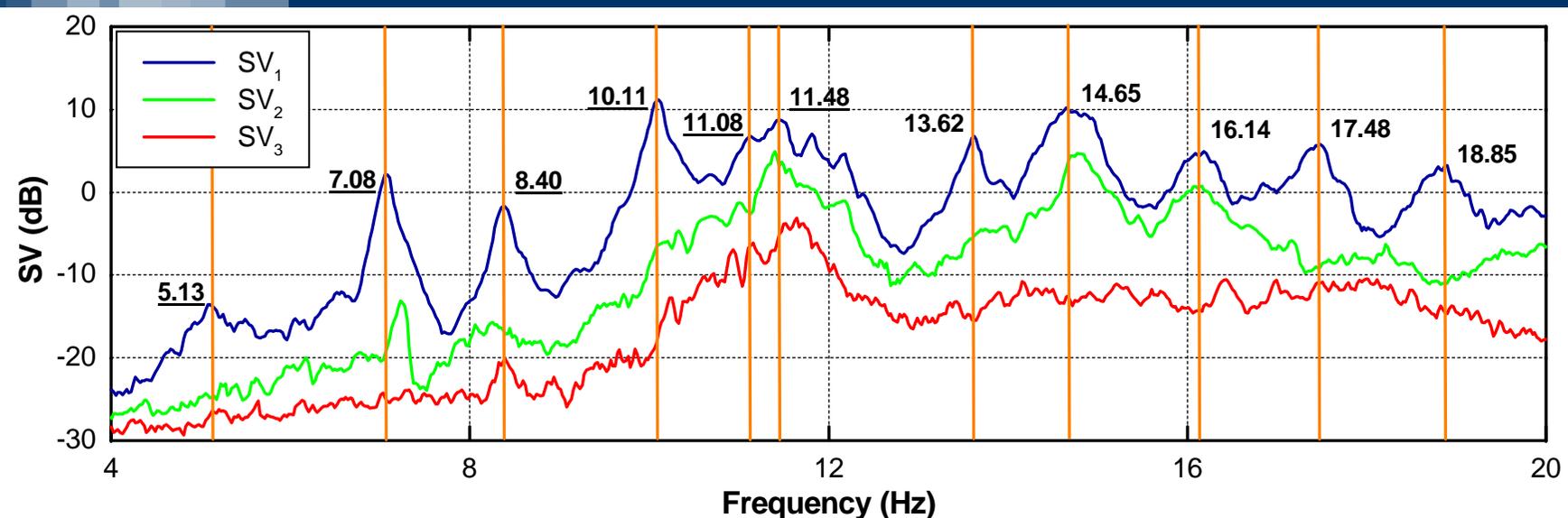
$$T_a \geq \max \left[\frac{100}{\zeta_k \omega_k} \right] \cong 1000 \div 2000 T_1$$

- ⇒ 200 Hz;
- ⇒ 24 punti di misura sull'impalcato;
- ⇒ 2 configurazioni di misura.



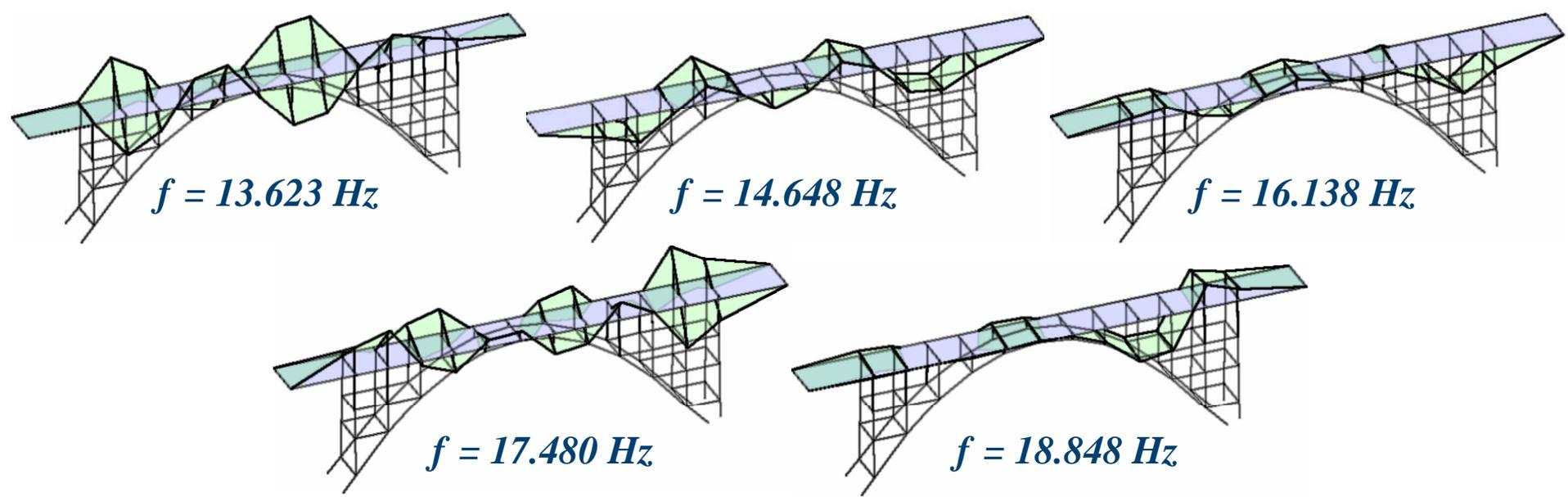
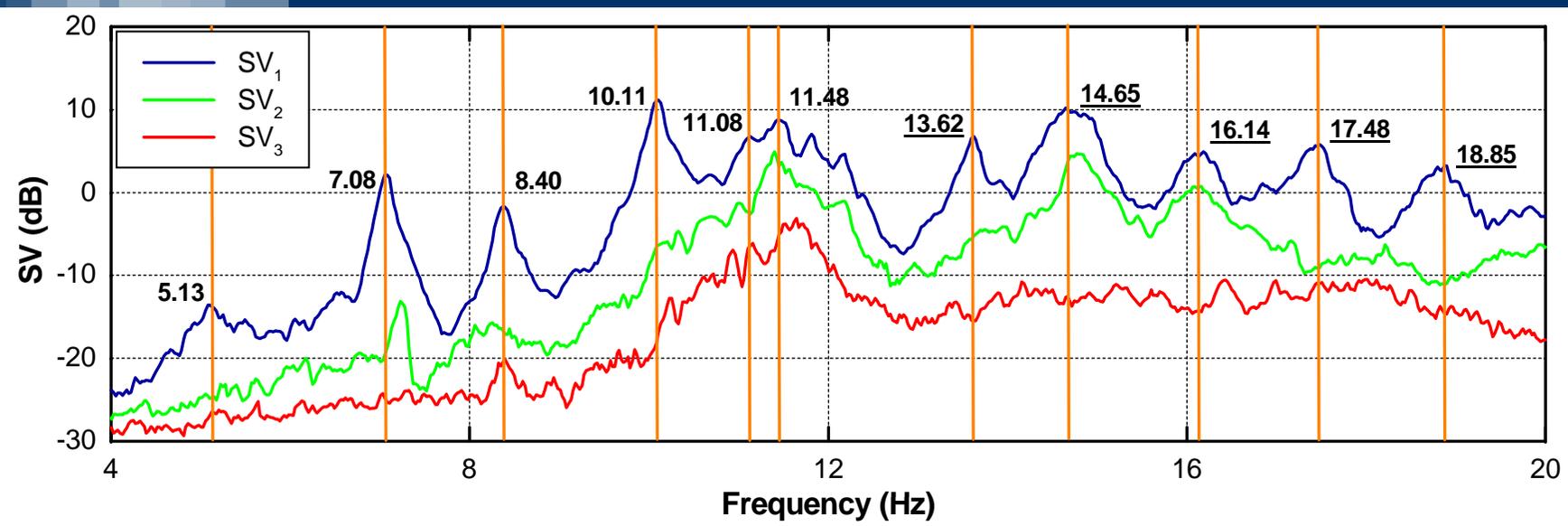


Caratteristiche dinamiche, Maggio 2006 (1)





Caratteristiche dinamiche, Maggio 2006 (2)





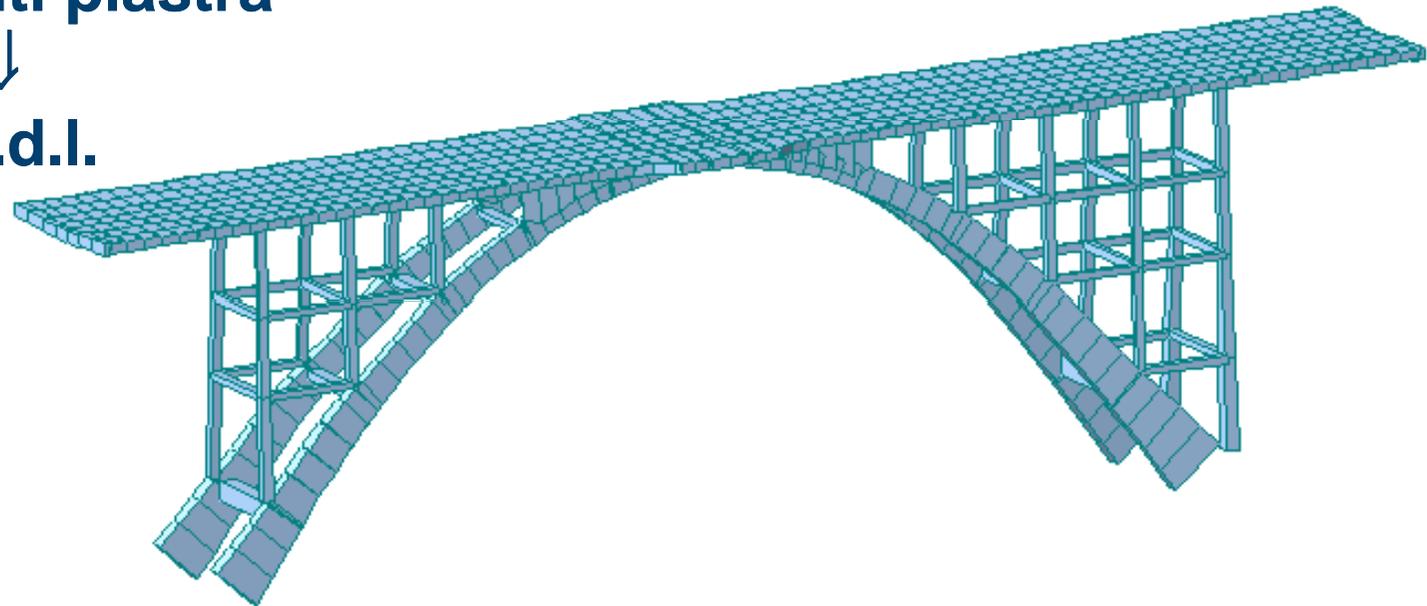
Modello ad E.F. (Modello Base)

45

- 1438 nodi
- 1448 elementi trave
- 593 elementi piastra



8576 g.d.l.



- Scelta iniziale dei parametri elastici (modello base):

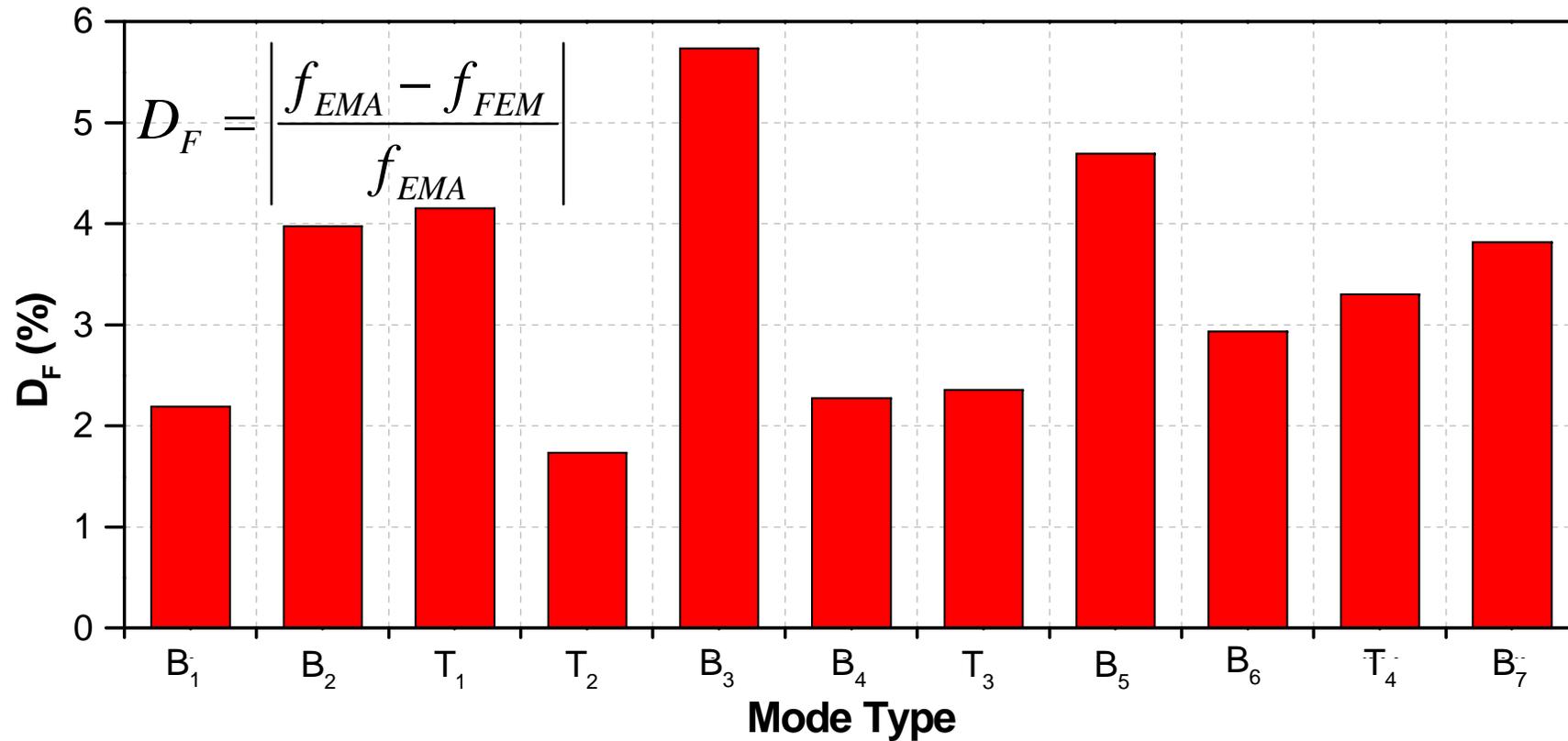


$E=38.0$ GPa (per tutti gli elementi strutturali)

$K_H=88000$ kN/m per lato



Correlazione tra OMA e FEA (Modello Base)



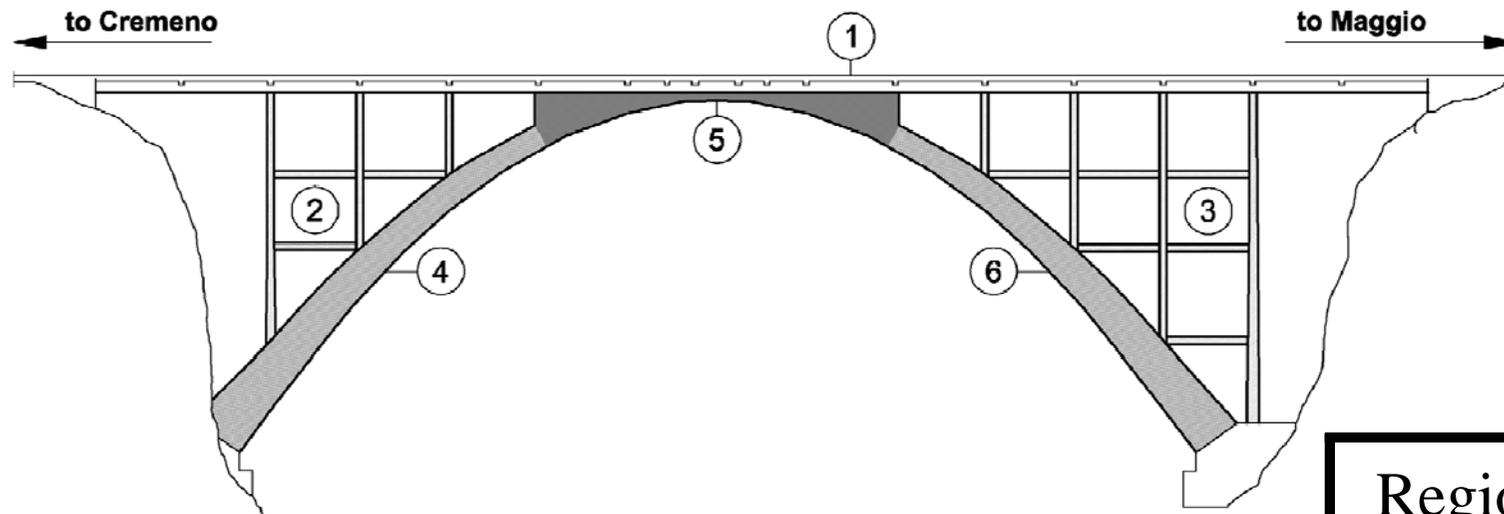
⇒ **Corrispondenza uno-a-uno tra le forme modali:**

$$0.66 \leq MAC \leq 0.98$$

$$\Rightarrow D_F < 6\%$$



Aggiornamento dei Parametri del Modello⁴⁷



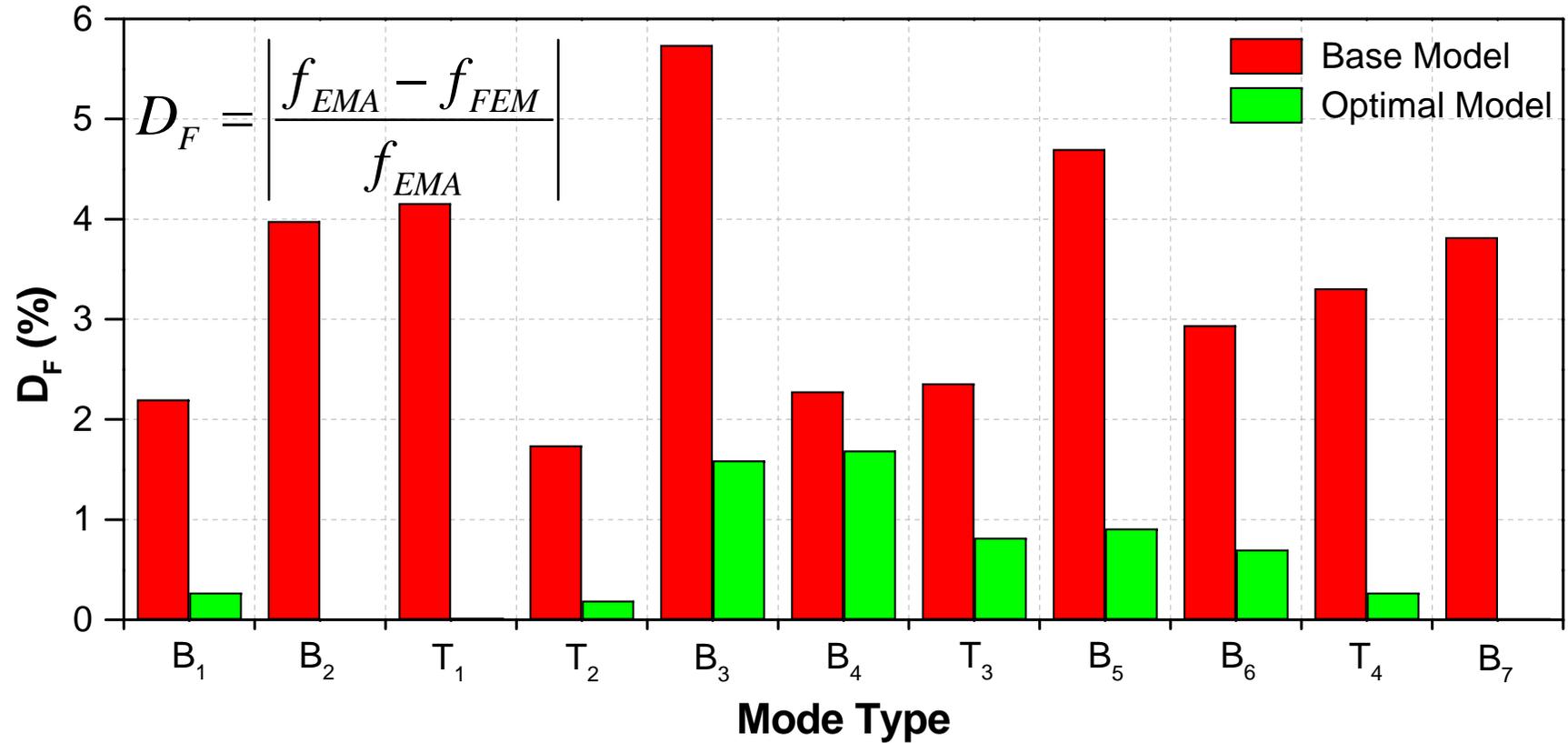
Aggiornamento dei parametri strutturali



Metodo di Douglas-Reid

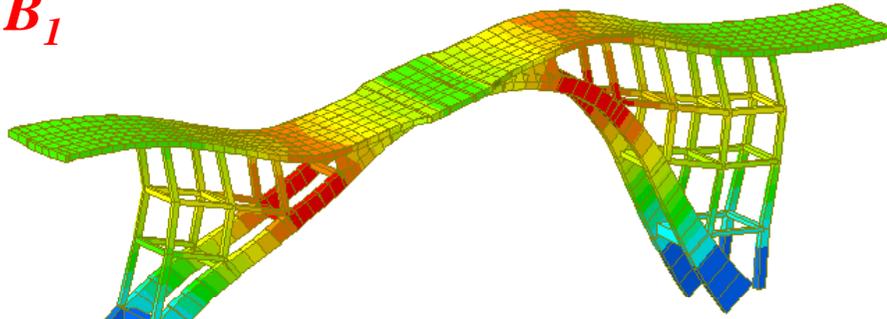
**Utilizzate solo le frequenze naturali
nell'aggiornamento**

Region	E_{opt} (GPa)
1	37.80
2	38.19
3	35.94
4	37.93
5	38.09
6	38.75



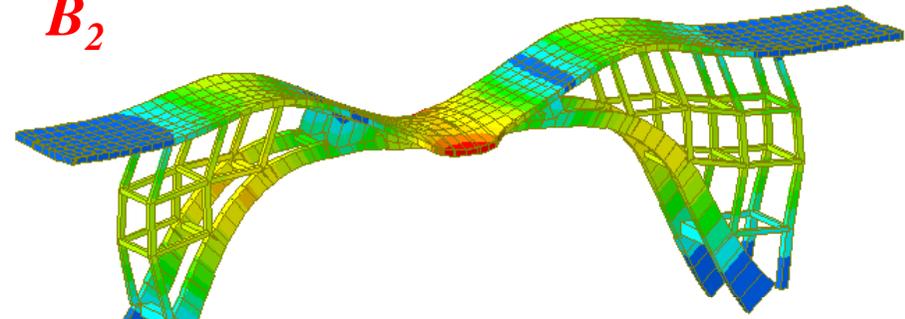


B_1



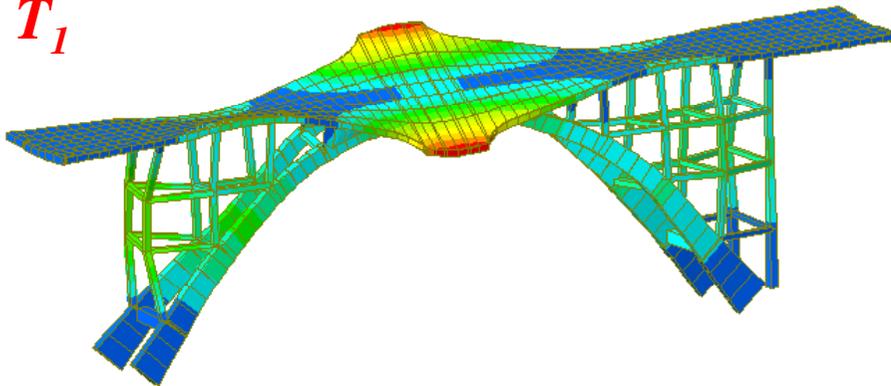
$f_{EXP} = 5.127 \text{ Hz}$
 $f_{FEM} = 5.113 \text{ Hz}$
MAC = 0.972

B_2



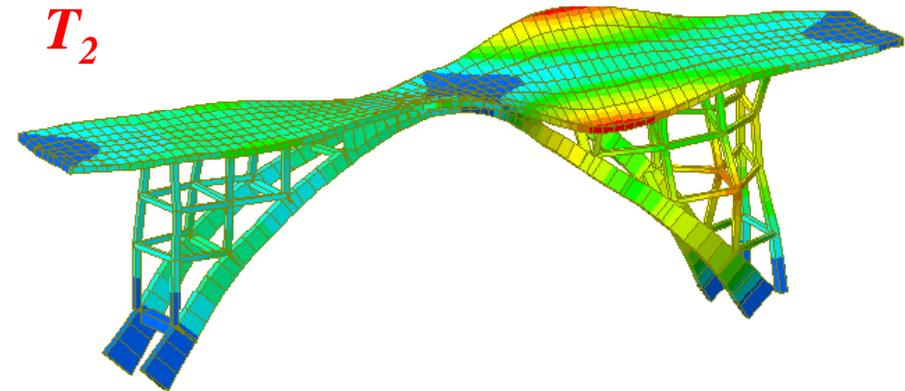
$f_{EXP} = 7.080 \text{ Hz}$
 $f_{FEM} = 7.080 \text{ Hz}$
MAC = 0.981

T_1



$f_{EXP} = 8.398 \text{ Hz}$
 $f_{FEM} = 8.396 \text{ Hz}$
MAC = 0.922

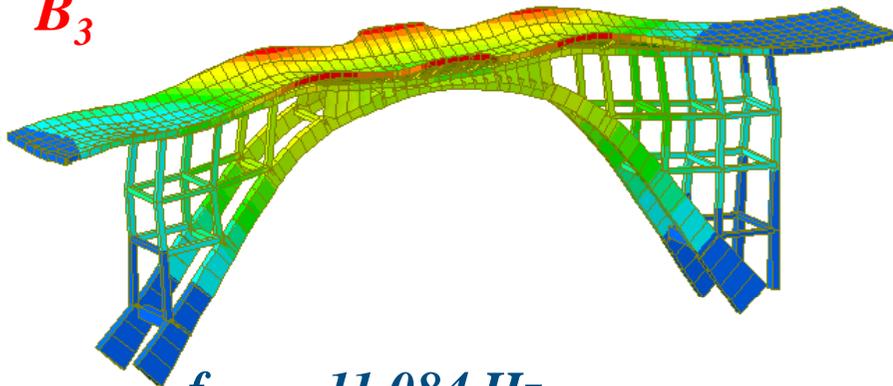
T_2



$f_{EXP} = 10.107 \text{ Hz}$
 $f_{FEM} = 10.126 \text{ Hz}$
MAC = 0.914

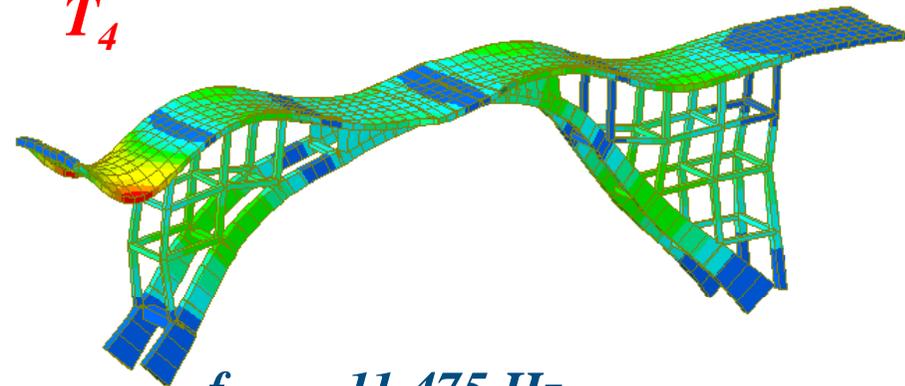


B_3



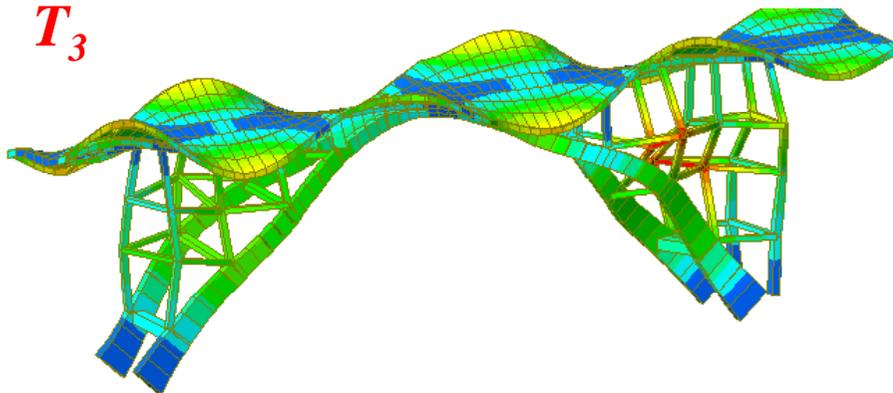
$f_{EXP} = 11.084 \text{ Hz}$
 $f_{FEM} = 10.908 \text{ Hz}$ $MAC = 0.892$

T_4



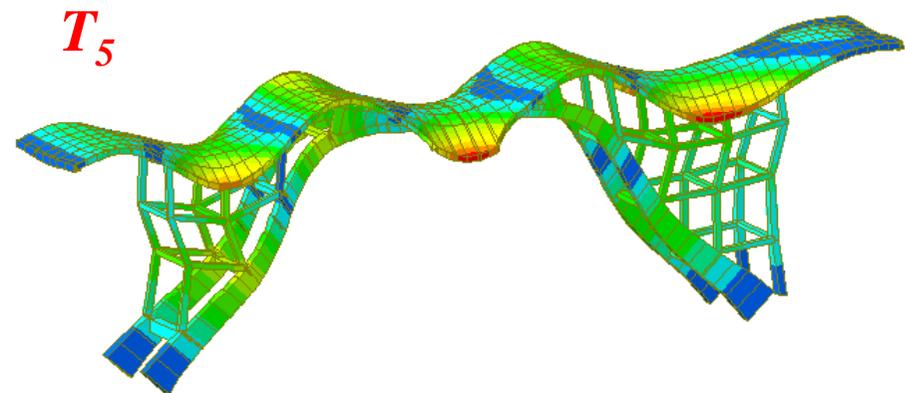
$f_{EXP} = 11.475 \text{ Hz}$
 $f_{FEM} = 11.669 \text{ Hz}$ $MAC = 0.853$

T_3



$f_{EXP} = 13.623 \text{ Hz}$
 $f_{FEM} = 13.735 \text{ Hz}$ $MAC = 0.860$

T_5



$f_{EXP} = 14.648 \text{ Hz}$
 $f_{FEM} = 14.515 \text{ Hz}$ $MAC = 0.915$



Laboratorio Prove Materiali
Dip. di Ingegneria Strutturale - Politecnico di Milano

VIBRAZIONI E MONITORAGGIO DINAMICO DI STRUTTURE

Responsabile: Prof. Ing. Carmelo Gentile

Vice-Responsabile: Prof. Arch. Antonella Saisi

Consulenti: Dott. Arch. Nicola Gallino, Ph.D.
Prof. Ing. Luca Martinelli

Studenti PhD: Dott. Ing. Fulvio Busatta

Tecnici di Laboratorio: Geom. Marco Antico
Geom. Marco Cucchi

**Attività di ricerca e sperimentazione su oltre 150 ponti,
generalmente a tipologia speciale**



Università degli Studi di Napoli Federico II
Master Universitario in INGEGNERIA FORENSE
direttore: prof. ing. Nicola Augenti

Nicola Augenti

www.nicolaaugenti.it

**IL RUOLO DELLA DIAGNOSTICA NELLE
INDAGINI GIUDIZIARIE RELATIVE AI CROLLI**

Milano Architettura Design Edilizia - MADE expo
Forum della Tecnica delle Costruzioni 08.10.2011

INGEGNERIA FORENSE

Definizioni

- Applica principi e metodi specifici dell'INGEGNERIA alla soluzione di problemi tecnici in ambito giudiziario
- Coniuga Ingegneria e Giurisprudenza ovvero Tecnica e Diritto

Settori di attivita'

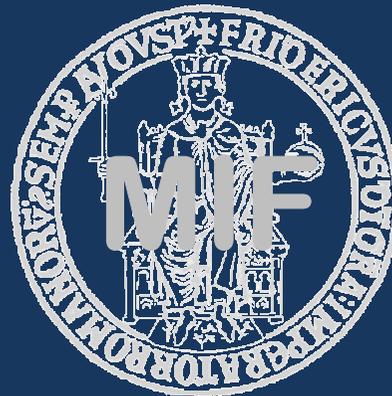
- Consulenza Tecnica di Ufficio o di Parte nei procedimenti giudiziari
- Consulenza Tecnico - Legale estranea al contenzioso giudiziario

Settori di interesse

- Ingegneria Strutturale (crolli e dissesti)
- Ingegneria Civile (ambiente, territorio, etc.)
- Ingegneria Industriale (esplosioni, incidenti, etc.)

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II
MASTER DI II LIVELLO IN INGEGNERIA FORENSE

direttore: prof. ing. Nicola Augenti



MIF 1 - a.a. 2008/2009: completato

MIF 2 - a.a. 2009/2010: completato

MIF 3 - a.a. 2010/2011: in corso

MIF 4 - a.a. 2011/2012: bandito

MANIFESTO DEGLI STUDI DEL MASTER IN INGEGNERIA FORENSE

Insegnamenti giuridici di base:

- Diritto Civile
- Diritto Penale
- Diritto Amministrativo
- Diritto Processuale
- Diritto Assic. e Commerciale

Insegnamenti tecnici di base:

- Consulenza tecnica giudiziaria
- Dissesti e Crolli
- Ingegneria della Sicurezza
- Incendi ed Esplosioni
- Impiantistica Industriale Forense
- Estimo Forense

Insegnamenti di indirizzo Civile:



- Prove e Monitoraggio Strutturale
- Ingegneria Geotecnica Forense
- Impianti Tecnici in Edilizia
- Gestione dei Lavori
- Tecniche di Rilievo e Rappresent.
- Ingegneria Ambientale Forense

Insegnamenti di indirizzo Industriale:

- Ingegneria Forense Meccanica I
- Ingegneria Forense Meccanica II
- Ingegneria Forense Chimica I
- Ingegneria Forense Chimica II
- Ingegneria Forense Elettrica I
- Ingegneria Forense Elettrica II

Proclamazione dei primi Specializzati in Ingegneria Forense

Facoltà di Ingegneria - Università degli Studi di Napoli Federico II - 31.03.2010



INGEGNERIA FORENSE STRUTTURALE

I crolli rappresentano il settore tradizionale dell' IF per le conseguenze civili e penali, oltre che per il maggiore impatto sull'opinione pubblica



La diagnostica è strumento essenziale nelle indagini giudiziarie relative ai crolli

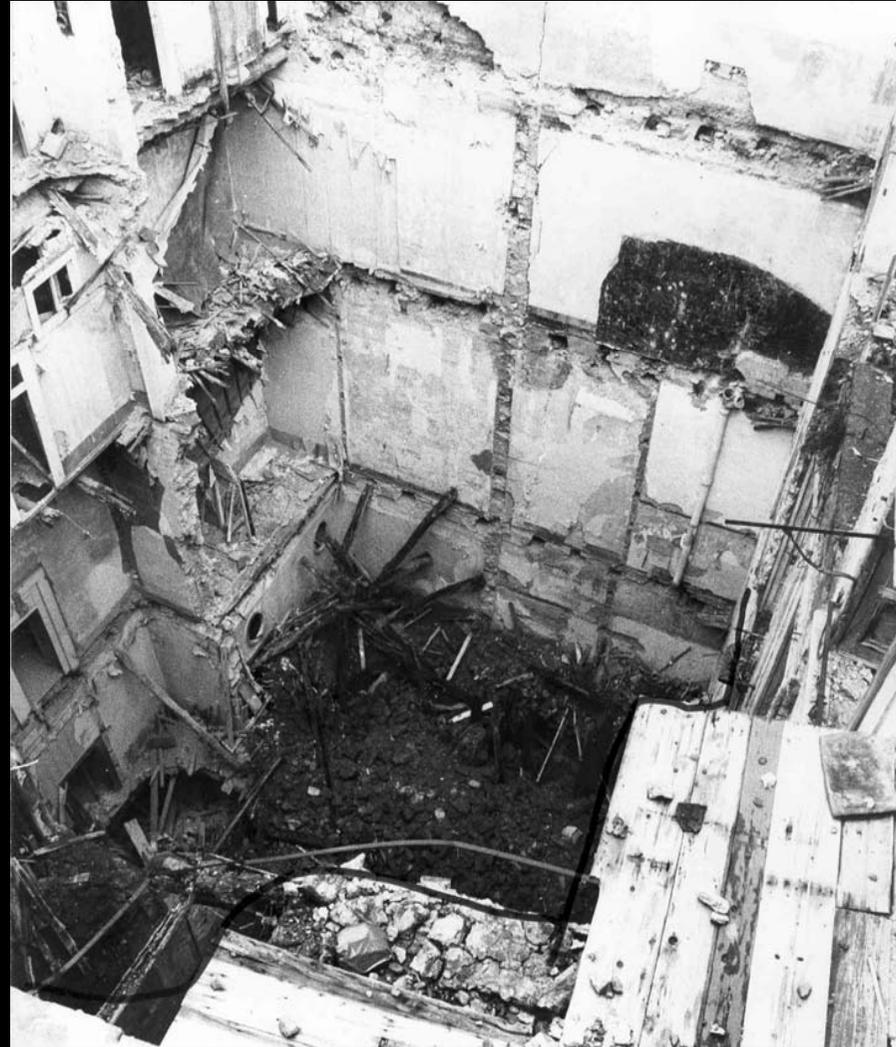
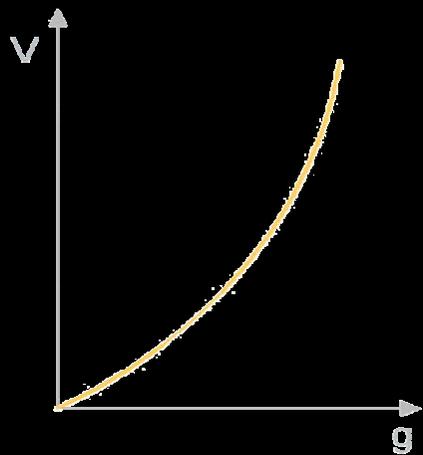
**CASI EMBLEMATICI DI CUI MI SONO OCCUPATO IN 40 ANNI DI ATTIVITÀ
QUALE CONSULENTE TECNICO DELL'AUTORITÀ GIUDIZIARIA O DI PARTE**



Tribunale di Napoli 1971 - Crollo di edificio residenziale in Napoli



monitoraggio





Tribunale di Taranto 1981 – Crollo di edificio commerciale in Massafra

Un incendio devasta il nuovo Tribunale



- Napoli, ore 11 e 30: le fiamme avvolgono una delle tre torri del Centro direzionale destinate ad ospitare il Palazzo di giustizia
- Momenti drammatici, i vigili del fuoco non riescono a raggiungere gli ultimi piani (a 110 metri d'altezza)
- Gravissimi i danni: l'edificio costato oltre 100 miliardi praticamente distrutto
- Le cause? Non si esclude nessuna ipotesi. Nemmeno quella inquietante del dolo
- I tre grattacieli sequestrati dalla Procura

NAPOLI - Uno spaventoso incendio ha distrutto ieri uno dei tre grattacieli costruiti nei pressi del Centro direzionale per ospitare gli uffici della Procura e del Tribunale del nuovissimo Palazzo di giustizia. I danni ascendono a cento miliardi. Le fiamme, divampate all'improvviso, alle 11,30, hanno divorato 19 dei 25 piani della «torre» di acciaio, cemento e cristalli, alta 110 metri. I vigili hanno rischiato la vita per domare il fuoco, per una serie di crolli. I sostituti Russo e d'Angelo, incaricati dell'inchiesta, hanno ordinato il sequestro dell'edificio semidistrutto e degli altri due eretti a fianco. Per ora sono ignote le cause del sinistro. Non si può escludere l'ipotesi del dolo (racket? «messaggio» della camorra?) ma mancano le prove. Da considerare però che, al momento dell'incendio, nell'edificio lavoravano decine di operai.

Si allungano così, a 16 anni dal progetto esecutivo, i tempi per la consegna della nuova struttura giudiziaria. Intoppi e problemi si sono moltiplicati. Imprese fallite, ostacoli procedurali, correttivi ai piani originali, nuovi finanziamenti. Un anno fa l'impegno del ministro Vassalli: «Per luglio '90 Napoli avrà il suo nuovo Palazzo di giustizia...».

di A PAGINA 15 GIGI DI FIORE
MINO JOUAKIM E ENZO PEREZ

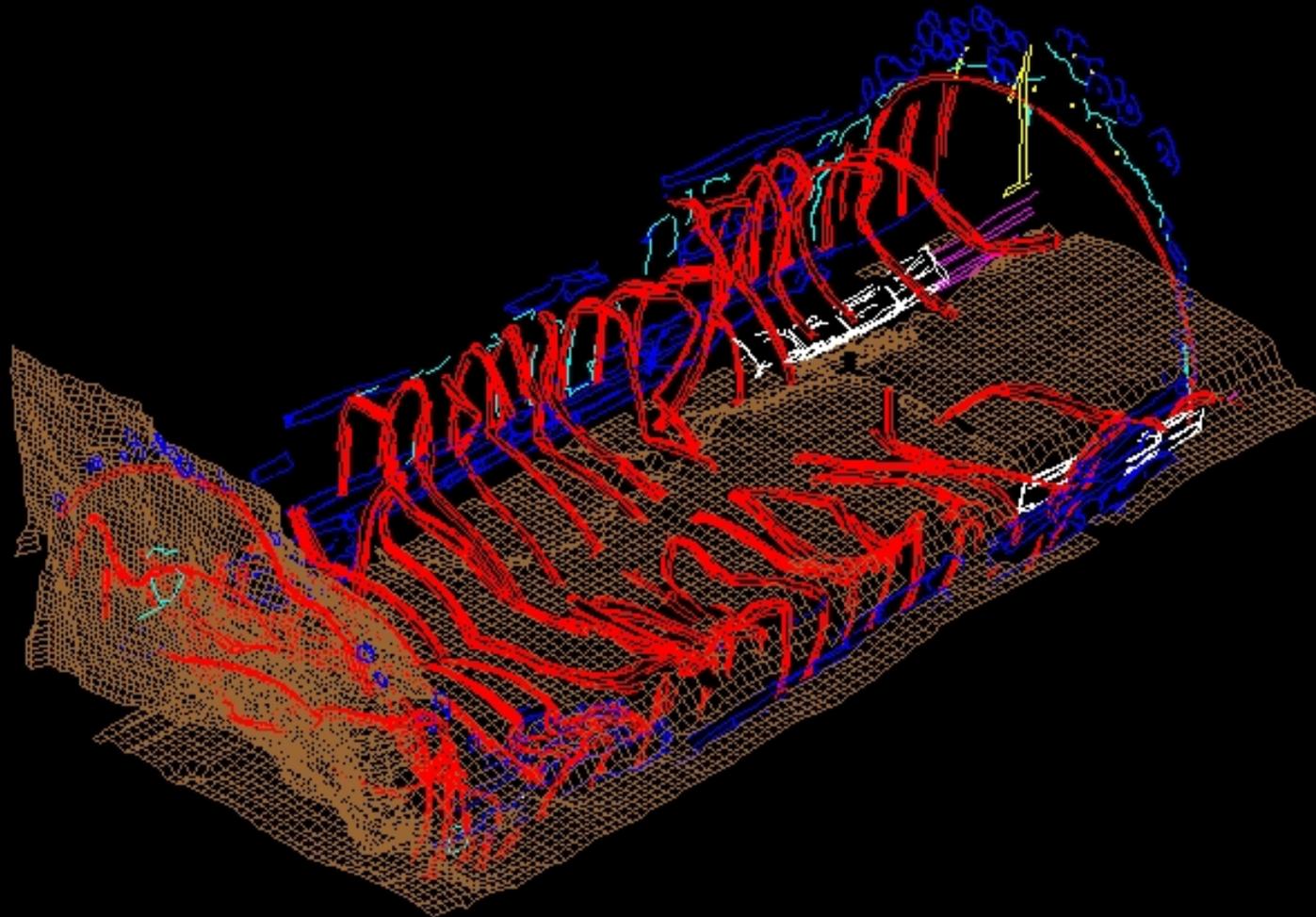


Tribunale di Napoli 1990 - Crollo parziale Nuovo Palazzo di Giustizia



Tribunale di Napoli 1996 - Disastro presso il quadrivio di Secondigliano in Napoli (11 vittime)





Rilievo fotogrammetrico



Prelievo di campioni da sottoporre a prove di laboratorio



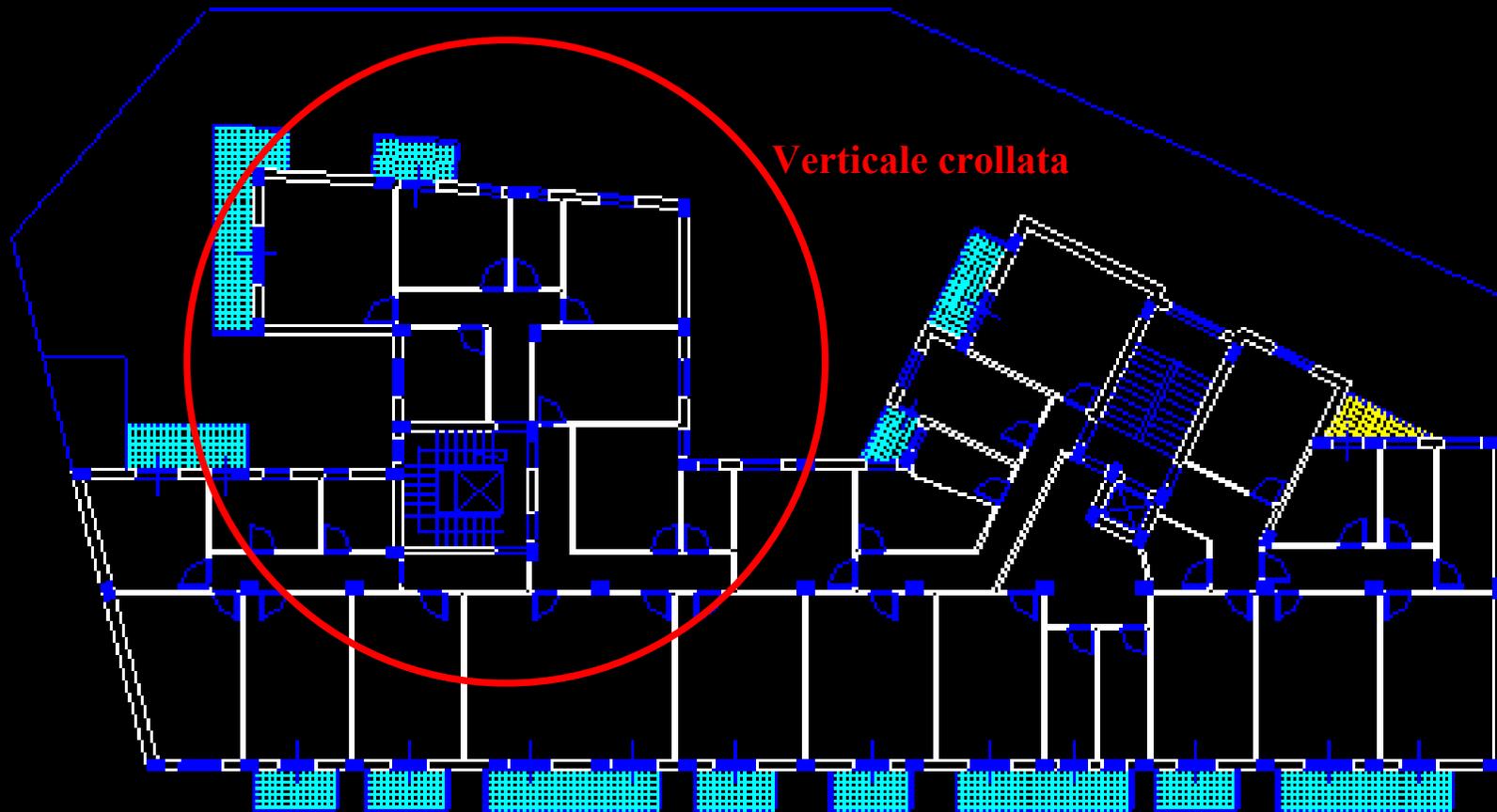
Prelievo di campioni da sottoporre a prove di laboratorio



Tribunale di Crotona 1998 – Crollo parziale di edificio industriale in Crotona (1 vittima)



Tribunale di Napoli 2001 - Crollo parziale di edificio residenziale in Napoli



Piano tipo: stato precedente il crollo



Prelievo di elementi strutturali



Prove di laboratorio su pilastri privati del copriferro



Tribunale di Larino 2002 - Crollo della Scuola "Iovine" in S. Giuliano di Puglia (28 vittime)

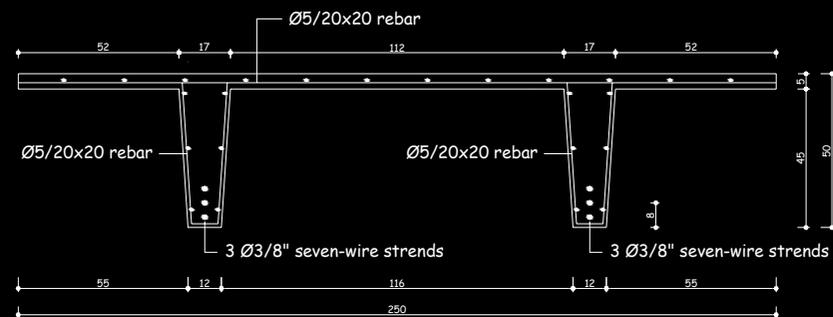




Prove in sito su pannelli murari residui del crollo



Tribunale di Napoli 2005 - Crollo Auditorium scuola «Maglione» in Casoria







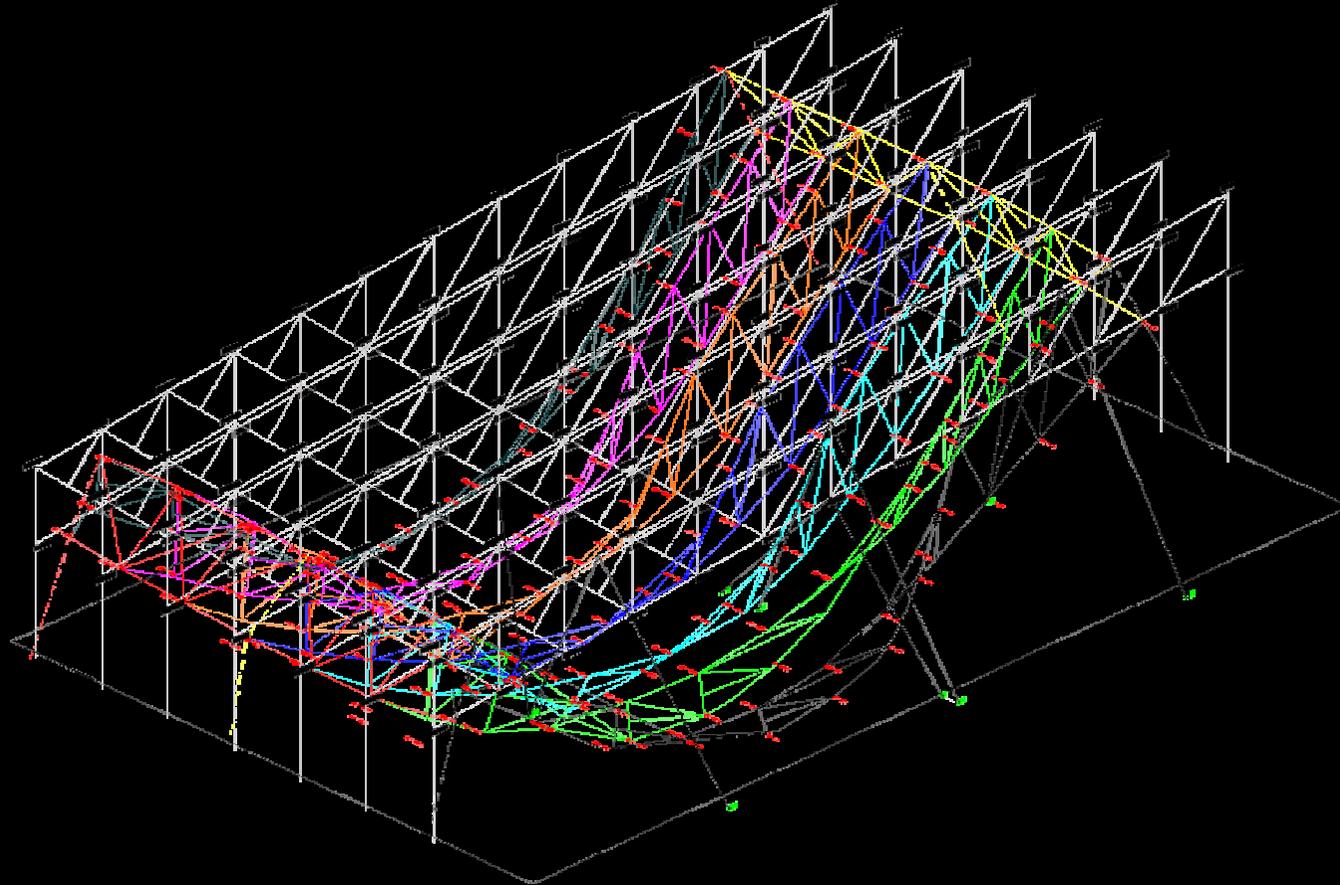
Estrazione campioni di acciaio armonico



Estrazione campioni di acciaio armonico



Tribunale di Genova 2008 - Crollo del padiglione "B" della Fiera del Mare





Tribunale di Napoli 2010 - Crollo di un edificio residenziale in Afragola (3 vittime)



Indagini geognostiche



Tribunale di Torre Annunziata 2010 - Crollo della “Schola Armaturarum” negli Scavi di Pompei





Rilievo fotogrammetrico - fase 1



Tribunale di Salerno 2011 - Crollo parziale edificio residenziale in Salerno

Workshop ALIG – MADE EXPO 2011

La valutazione della sicurezza nelle strutture esistenti. La corretta progettazione ed esecuzione delle indagini diagnostiche

LA DIAGNOSTICA PER LA VALUTAZIONE ED IL PROGETTO DEGLI INTERVENTI : ALCUNE CONSIDERAZIONI SULL'ESPERIENZA DEL POST-SISMA DI L'AQUILA

Andrea Prota

email: ***aprota@unina.it***

*Dipartimento di Ingegneria Strutturale – D.I.ST.
Università di Napoli Federico II, Italia*

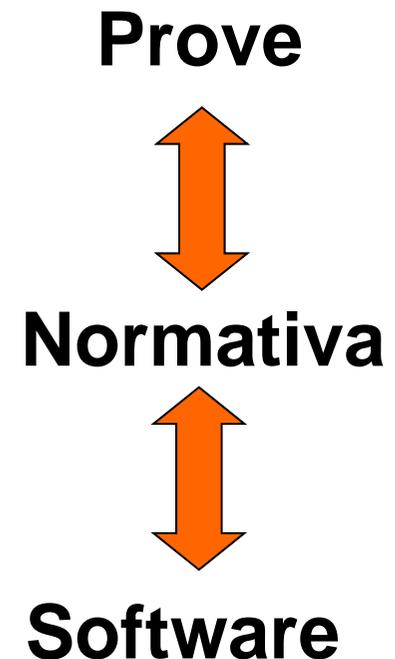


Milano, 8 ottobre 2011

Valutazione e progetto dell'intervento

Il processo logico

- **Conoscenza**
 - ✓ Geometria
 - ✓ Caratteristiche dei materiali
 - ✓ Condizioni di conservazione
- **Definizione delle prestazioni richieste**
 - ✓ Sismicità dell'area
 - ✓ Destinazione d'uso
 - ✓ Livello di protezione richiesto/accettato
- **Valutazione della struttura esistente**
 - ✓ Definizione del modello
 - ✓ Analisi sismica
 - ✓ Verifica di sicurezza
- **Progetto di intervento**
 - ✓ Scelta in relazione a vincoli e prestazioni richieste
 - ✓ Dimensionamento dell'intervento
- **Valutazione della struttura migliorata o adeguata**



Conoscenza

Esempio relativo al c.a.: materiali (cls e acciaio)

- Carotaggi e microcarotaggi con prove di rottura a compressione
- Metodi ultrasonici
- Metodo sclerometrico e SonReb
- Prove di pull-out

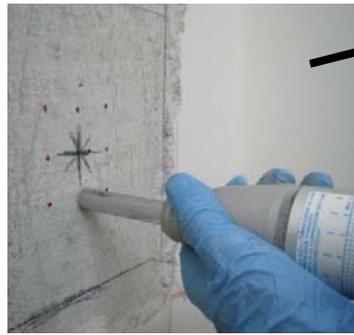
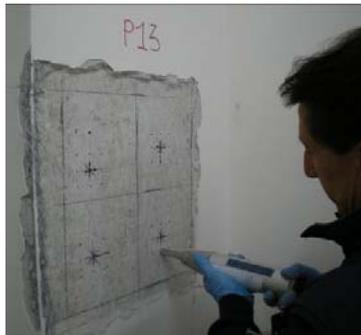
Carotaggi



Metodi ultrasonici



Prove sclerometriche



Determinazione resistenza cilindrica
media a compressione, f_{cm}

- **Ai fini del calcolo serve determinare un valore di f_{cm}**

Valutazione ante-operam

Tabella C8A.1.2 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

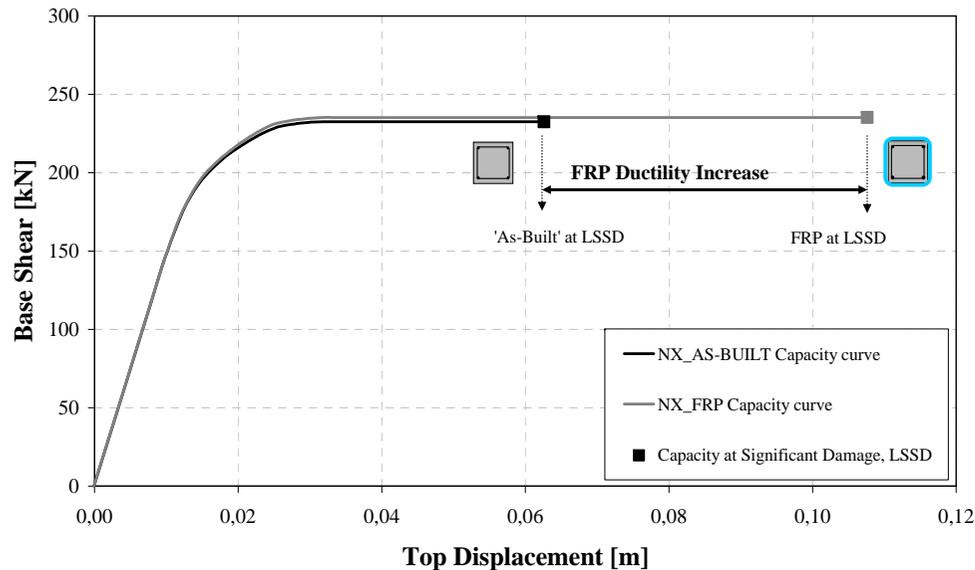
Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ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

Valutazione ante-operam

SCELTA DEL TIPO DI ANALISI:

LINEARE

NON LINEARE → Condizioni di applicabilità (LC2-LC3 e distribuzioni di forze)



Il beneficio derivante da interventi di confinamento di zone di potenziale cerniera plastica mediante FRP, CAM o incamiciatura non può essere colto mediante un'analisi lineare



Nella fase di analisi della struttura, condizioni restrittive imposte dalle norme e/o lacune da parte dei software possono condizionare fortemente il tipo di intervento scelto, precludendo a volte la possibilità di effettuare un intervento basato sull'incremento di duttilità (FRP, CAM etc.).

Alcuni aspetti della normativa post-sisma

- Esperienza istruttoria tecnica a l'Aquila su istanze di richiesta di contributo



- Circolare e Ordinanze hanno fornito indicazioni sul contributo per prove su materiali e terreni nonché stabilito che vi sono casi in cui la scarsa resistenza del materiale può comportare il diritto di demolire e ricostruire

Circolare 484 del 5/1/2010: riferimento costi



Presidenza del Consiglio dei Ministri
TERREMOTO ABRUZZO
Prot.n° 0000484 del 05/01/2010
----- USCITA -----

Ai Prefetti delle Province di
L'Aquila *Aquila*
Chieti
Pesara

Nei casi b), invece, il rimborso è ammissibile per le indagini GEO ai fini della ricostruzione del nuovo edificio e, nei casi in cui è necessario effettuare la verifica della struttura esistente ai fini della valutazione economica dell'intervento di riparazione/miglioramento in alternativa a quello della demolizione/ricostruzione, anche per le indagini STRU.

L'acquisizione dei dati geologici, geotecnici e strutturali relativi alle costruzioni esistenti può essere effettuata con modalità e tecniche differenti, che vanno scelte in un'ottica di ottimizzazione delle risorse e, quindi, anche di limitazione dei costi in relazione alla rilevanza degli interventi previsti.

A tal fine di seguito viene definito il contributo massimo ammissibile per le indagini e le prove di tipo geologico - geotecnico (GEO) e strutturali (STRU).

Il contributo alla spesa per unità di superficie coperta lorda complessiva dell'edificio o aggregato oggetto delle prove è di 12 €/mq IVA inclusa, con i seguenti limiti massimi:

- | | |
|--|-----------------------------------|
| + limite massimo per edifici ordinari | 15.000 € IVA inclusa (STRU + GEO) |
| + limite massimo per aggregati (OPCM 3820) | 20.000 € IVA inclusa (STRU + GEO) |
| + limite massimo per indagini sui terreni | 6.000 € IVA inclusa (solo GEO) |

Per edifici con superficie coperta lorda complessiva inferiore a 417 mq è comunque ammissibile un contributo totale fino a 5000 €.

Al fine di ottimizzare le risorse e/o migliorare la conoscenza delle caratteristiche dei terreni su aree che interessano più edifici, pur se affidati a progettisti diversi, è possibile ripartire le spese relative alle indagini GEO su più domande di accesso al contributo.

OPCM 3881

5. Per l'attuazione del comma 4 la perizia deve in particolare indicare:

- 1) i casi di edificio distrutto, ossia completamente crollato;
- 2) i casi di crolli parziali dei muri portanti e degli orizzontamenti che hanno interessato almeno il 25% in volume degli edifici in muratura;
- 3) gli edifici in calcestruzzo armato, in presenza di spostamenti permanenti dovuti al sisma fra la base e la sommità dei pilastri di un qualunque piano, pari o superiore all'1,5% dell'altezza d'interpiano e relativa ad almeno il 50% dei pilastri del piano stesso;
- 4) i casi in cui la resistenza a compressione media cubica in situ del calcestruzzo, ossia valutata su provini cilindrici con altezza/diametro unitario e senza applicare alcun coefficiente correttivo – eventualmente valutata tenendo conto anche di prove non distruttive opportunamente calibrate sui dati delle prove distruttive - risulti inferiore a 8 mega Pascal. Nel caso di provini cilindrici con il suddetto rapporto maggiore di uno, si riporta la resistenza ottenuta a quella cubica secondo le formulazioni correnti. Il Comune effettua controlli a campione, anche mediante l'esecuzione di ulteriori prove distruttive e/o non distruttive per verificare la resistenza del calcestruzzo delle strutture per le quali verrà richiesta l'applicazione del presente comma.

Linee guida

LINEE GUIDA

Modalità di indagine sulle strutture e sui terreni per i progetti di riparazione/miglioramento/ricostruzione di edifici inagibili

Dipartimento Protezione Civile
Struttura Tecnica di Missione Abruzzo

ReLUI5

ALIG

ALGI



BOZZA – MARZO 2010

Il testo e gli schemi riportati in questo documento vogliono costituire un supporto al tecnico che debba affrontare il delicato problema della progettazione di un piano di indagini strutturali e geotecniche e della successiva interpretazione dei risultati ai fini della valutazione della capacità sismica di strutture danneggiate a seguito del terremoto del 6 aprile 2009. Data l'urgenza del problema, anche a seguito dell'emanazione della Circolare del Vice Commissario Delegato n. 484 del 5/1/10, si è ritenuto di pubblicare il presente documento anche nell'attuale forma di bozza, fermo restando che il singolo progettista si assume la piena responsabilità della progettazione di indagini e della interpretazione dei risultati, anche se ispirati da questo documento.

5. Gruppo di Lavoro

Il presente Documento è stato predisposto da un Gruppo di lavoro costituito da:

- per il Dipartimento della Protezione Civile:

Mauro Dolce, Giacomo Di Pasquale, Claudio Moroni, Giuseppe Naso

- per la Struttura Tecnica di Missione:

Gaetano Fontana, Francesco Nola

- per ReLUI5:

Gaetano Manfredi, Claudio Modena, Francesca Da Porto, Andrea Prota
Armando Lucio Simonelli, Francesco Silvestri e Giuseppe Lanzo

- per ALIG:

Donatella Pingitore, Guglielmo Montella

- per ALGI:

Lamberto Griffini

Linee guida: principi generali

Le prescrizioni delle NTC08 e della relativa Circolare n. 617 consentono di evidenziare che, preliminarmente alla progettazione del piano di prove strutturali, risulta di fondamentale importanza:

- acquisire tutta la documentazione disponibile (progetto originario ed eventuali atti di collaudo);**
- stabilire l'anno di progettazione;**
- ricostruire la eventuale sequenza di esecuzione (sia in elevazione che in termini di corpi di fabbrica);**
- effettuare considerazioni basate sulla pratica progettuale dell'epoca di costruzione ovvero sulle caratteristiche geometriche della struttura (individuare elementi o parti che, per criterio di progetto o per condizioni di simmetria, siano stati dimensionati (e armati nel caso di strutture in cemento armato) allo stesso modo;**

Linee guida: principi generali

- nel caso di strutture in muratura, eseguire una serie di saggi che consentano di prendere visione del tipo di muratura utilizzata, della sua tessitura sui paramenti esterni ed in senso trasversale, dei dettagli di ammorsamento utilizzati nei cantonali e negli incroci tra muri portanti, della qualità del collegamento tra orizzontamenti e pareti, dell'esistenza di architravi efficienti e di elementi atti ad eliminare le spinte eventualmente presenti.

Linee guida: principi generali



Linee guida: principi generali



Linee guida: principi generali



Linee guida: principi generali



Linee guida: strutture in c.a.

In taluni casi (es. strutture con elevato numero di piani oppure giuntate costituite da corpi di fabbrica realizzati in tempi diversi), è possibile:

a) ridurre ulteriormente il numero di carote di calcestruzzo sfruttando quanto suggerito dalla Circolare n. 617 per cui “Ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con un più ampio numero, almeno il triplo, di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive”;

b) valutare la possibilità di ridurre il numero dei prelievi di campioni di armatura, in considerazione della delicatezza e della laboriosità dell'estrazione e del successivo ripristino; ciò è tipicamente possibile quando è nota con buona approssimazione l'epoca di costruzione e quindi la relativa classe dell'acciaio utilizzato come barre di armatura.

Linee guida: strutture in muratura

- nel caso in cui si voglia raggiungere un livello di conoscenza LC2, è possibile limitare al minimo le prove distruttive e debolmente distruttive, una volta che si è identificata con accettabile certezza il tipo di muratura in esame,
- se, a valle di preliminari saggi visivi, la muratura presenta una tessitura molto irregolare, è necessario valutare la possibilità di realizzare idonee superfici di taglio, nel caso di esecuzione di martinetti piatti. Se il progettista ritiene che tali condizioni sussistano, l'esecuzione delle prove va comunque subordinata alla selezione del livello di conoscenza che si mira ad ottenere.
- Il livello di conoscenza LC3 richiede l'esecuzione di prove distruttive molto onerose (es., compressione diagonale) e quindi non viene tipicamente posto come obiettivo nella progettazione di interventi su ordinarie

Linee guida: strutture in muratura

strutture in muratura. In generale, ai fini del raggiungimento di tale livello di conoscenza, si potrà operare utilizzando le informazioni desunte da prove eseguite su altre costruzioni presenti nella stessa area geografica, qualora esista una chiara e comprovata corrispondenza tipologica per materiali, pezzatura dei conci, dettagli costruttivi, tenendo conto delle specificità costruttive del territorio in cui si sta operando e dell'esistenza di zone omogenee a cui riferirsi.

Ciò è particolarmente realizzabile nel caso di interventi post-sisma in cui è possibile sfruttare i dati raccolti mediante prove distruttive (quali, ad esempio, compressione semplice, compressione diagonale, taglio-compressione) su tipologie di muratura omogenee presenti nell'intera area colpita dal terremoto.

Linee guida: terreni

- **metodi di indagine:**
- **sondaggi;**
- **prove in sito tradizionali (CPT; SPT; DMT; ecc.);**
- **installazione di piezometri e misura delle pressioni interstiziali;**
- **prove geofisiche in situ (down hole; cross hole; cono sismico; SDMT; SASW-MASW, ecc.)**
- **prove geotecniche di laboratorio (determinazione di proprietà indice e di stato; prove edometriche, triassiali, RCTS; ecc.)**

Linee guida: terreni

obiettivi minimi:

a) la caratterizzazione stratigrafica del sottosuolo

b) la conoscenza del regime delle pressioni interstiziali (superficie libera della falda, condizioni di quiete o di moto dell'acqua)

c) la conoscenza delle proprietà fisiche e meccaniche dei diversi terreni ricadenti nel volume significativo

d) la valutazione dell'analisi della risposta sismica locale del sito, con particolare attenzione alla quota di riferimento del manufatto¹.

Viene anche delineata la procedura progettuale che si dovrebbe tipicamente seguire

Linee guida: microzonazione (MS)

La caratterizzazione è basata sul fattore di amplificazione del moto FA (Indirizzi e criteri generali per la Microzonazione Sismica (2008)).

I valori di FA attribuiti alle varie microzone delle mappe prodotte definiscono una scala di pericolosità sismica areale (probabilità di superamento del 10% in 50 anni, cioè periodo di ritorno del terremoto $TR=475$ anni).

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), approvate con D.M. 14.01.2008, richiedono che nella progettazione siano affrontati aspetti e conseguiti obiettivi apparentemente simili agli studi di MS.

Linee guida: microzonazione (MS)

Occorre però distinguere la scala alla quale si opera.

Progettazione riferita ad uno specifico manufatto e quindi riguarda siti di limitata estensione in pianta (scala del manufatto, generalmente dell'ordine delle centinaia di mq); MS opera invece su scala territoriale, e le stesse microzone possono avere estensione anche notevole

In genere, quindi, le indagini e lo studio a supporto della progettazione di un manufatto forniscono informazioni più puntuali e specifiche di quelle che si possono ottenere dagli studi per la MS di un territorio.

Linee guida: microzonazione (MS)

I parametri FA (risultato della MS) ed S (in NTC, 2008) hanno analogo significato fisico, però

- FA è ottenuto tenendo conto di dati arealmente distribuiti in un intorno molto ampio (scala della microzona) rispetto al generico sito del manufatto**
- deve essere calcolato specificamente per i terreni di fondazione del manufatto (scala del manufatto).**

Il valore FA è determinato rapportando valori medi delle ordinate spettrali in intervalli piuttosto ristretti intorno ai picchi sia dello spettro in superficie sia di quello di input: ciò può condurre a valori superiori rispetto a quelli definiti per S dalle NTC (2008), i quali sono relativi ad un intervallo più ampio degli spettri di superficie e di input.

Linee guida: microzonazione (MS)

Infine, al di là degli aspetti scientifico-tecnici, sussiste anche un problema di responsabilità sia nella definizione del modello geotecnico di sottosuolo sia nella scelta del metodo di calcolo, che non può che essere del progettista, così come stabilito dalle NTC (2008).

In definitiva, FA non è in generale assimilabile al valore S delle NTC (2008) e quindi non può sostituire quest'ultimo nella definizione dello spettro elastico per il sito (scala del manufatto).

Linee guida: organizzazione

2.3.	Prove per strutture in calcestruzzo armato	9
2.3.1.	Indagini non distruttive	9
2.3.1.1.	Prove pacometriche	9
2.3.1.1.1.	Principi	9
2.3.1.1.2.	Esecuzione	9
2.3.1.1.3.	Avvertenze/Raccomandazioni	9
2.3.1.2.	Prove sclerometriche	10
2.3.1.2.1.	Principi	10
2.3.1.2.2.	Esecuzione	10
2.3.1.2.3.	Avvertenze/Raccomandazioni	10
2.3.1.3.	Prove ultrasoniche	11
2.3.1.3.1.	Principi	11
2.3.1.3.2.	Esecuzione	11
2.3.1.3.3.	Avvertenze/Raccomandazioni	11
2.3.1.4.	Metodo combinato SONREB	12
2.3.1.4.1.	Principi	12
2.3.1.4.2.	Esecuzione	12
2.3.1.4.3.	Avvertenze/Raccomandazioni	13
2.3.1.5.	Scansioni mediante georadar	13
2.3.1.5.1.	Principi	13
2.3.1.5.2.	Esecuzione	13
2.3.1.5.3.	Avvertenze/Raccomandazioni	13
2.3.1.6.	Prove di carico	13
2.3.1.6.1.	Principi	13
2.3.1.6.2.	Esecuzione	13
2.3.1.6.3.	Avvertenze/Raccomandazioni	13
2.3.2.	Indagini distruttive	13
2.3.2.1.	Prove di compressione su carote di calcestruzzo	13
2.3.2.1.1.	Principi	13
2.3.2.1.2.	Esecuzione	14
2.3.2.1.3.	Avvertenze/Raccomandazioni	14
2.3.2.2.	Prove di trazione su barre di armatura d'acciaio estratte dalla struttura	17
2.3.2.2.1.	Principi	17
2.3.2.2.2.	Esecuzione	17
2.3.2.2.3.	Avvertenze/Raccomandazioni	17
2.4.	Prove per strutture in muratura	18
2.4.1.	Indagini non distruttive	18

Miglioramento o Adeguamento?

Sito: www.ordineingegnerinapoli.it

1. SOSTITUZIONE DI UN TETTO

Trattasi di un edificio condominiale in cemento armato, con n piani fuori terra oltre sottotetto e piano interrato. I proprietari del sottotetto devono procedere ad eseguire dei lavori di manutenzione straordinaria che prevedono la demolizione del solaio del sottotetto; si è proposto di sostituire il tetto attuale in latero-cemento, con un tetto in legno (comprese le travi principali), lasciando inalterata la pilastrata in cemento armato.

INTERPRETAZIONE

Rispetto al punto 8.4 del D.M. 14.01.2008, l'intervento si configura in generale come miglioramento (8.4.2). Ciò significa che va condotta un'analisi globale della struttura al fine di comparare il livello di sicurezza dello stato attuale con quello relativo allo stato di progetto. L'intervento proposto può essere realizzato se da tale comparazione emerge che il livello di sicurezza nello stato di progetto è maggiore rispetto allo stato attuale. L'esecuzione di tale analisi globale implica che vengano prodotti gli elaborati previsti dalla normativa.

Il progettista potrebbe però anche condurre delle analisi globali preliminari (prima di procedere all'approfondito rilievo strutturale ed alla completa campagna di prove sui materiali) per dimostrare l'influenza dell'intervento sul comportamento dinamico globale della struttura; a tal fine, potrebbe utilizzare valori di riferimento per le caratteristiche dei materiali che ritiene essere realistici anche sulla base di sole prove non distruttive. In particolare vanno determinate le variazioni di rigidezza nel proprio piano (vedasi §C8.4.3) e le possibili modifiche dei carichi verticali statici. Anche in questo caso rimane fermo l'onere di dimostrare il miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti

Laddove la suddetta comparazione ottenuta mediante tali analisi evidenziasse che l'intervento proposto modifica in modo non sostanziale il comportamento dinamico globale della struttura (rigidezza elastica, periodo proprio di vibrare, modi di vibrare, etc), l'intervento può essere qualificato anche come locale (8.4.3).

Miglioramento o Adeguamento?

Sito: www.ordineingegnerinapoli.it

3. REALIZZAZIONE DI NUOVE APERTURE IN MASCHI MURARI

Trattasi di un edificio in muratura composto da n. piani fuori terra più un piano interrato, con struttura in muratura portante. L'intervento prevede una ristrutturazione di alcuni piani, con diversa distribuzione interna. Non verrà abbattuto alcun maschio murario, ma per effetto della diversa destinazione d'uso dei locali saranno create nuove aperture nei maschi murari esistenti e chiuse alcune aperture esistenti.

INTERPRETAZIONE

L'intervento progettuale prospettato potrebbe essere qualificato come "intervento locale" (§8.4.3) qualora il progettista dimostri il ricorrere delle condizioni di cui al paragrafo della norma. In particolare il progettista dovrà dimostrare che " ... la rigidità dell'elemento variato non cambi significativamente e che la resistenza e la capacità di deformazione, anche in campo plastico, non peggiorino ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali..." (§C8.4.3), fermo restando l'obbligo di verificare il miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti. Tale dimostrazione non può prescindere dal corretto dimensionamento dei rinforzi delle nuove aperture e dall'esecuzione a regola d'arte delle chiusure dei vani esistenti. Ciò deve essere correttamente illustrato nella "tavola dei dettagli costruttivi".

In caso contrario l'intervento potrebbe classificarsi come "miglioramento" (§8.4.2)