

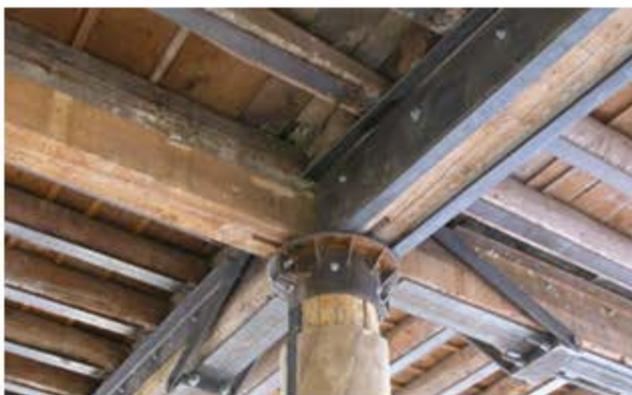
SOLUZIONI DI INTERVENTO IN ACCIAIO

Prof. Ing. Raffaele Landolfo
Università degli Studi di Napoli Federico II

- **Introduzione**
Prerogative della tecnologia acciaio
- **Classificazione degli interventi**
Approcci metodologici, ipotesi di intervento, casi emblematici
- **Ricerche nell'ambito del progetto DPC-ReLUIS**
Retrofit sismico e approccio olistico

INTRODUZIONE

Prerogative tecnologiche



Prefabbricazione

Produzione di elementi in fabbrica su misura, assemblate in cantiere per mezzo di bulloni.

Reversibilità

I collegamenti bullonati consentono lo smontaggio delle opere.

Leggerezza

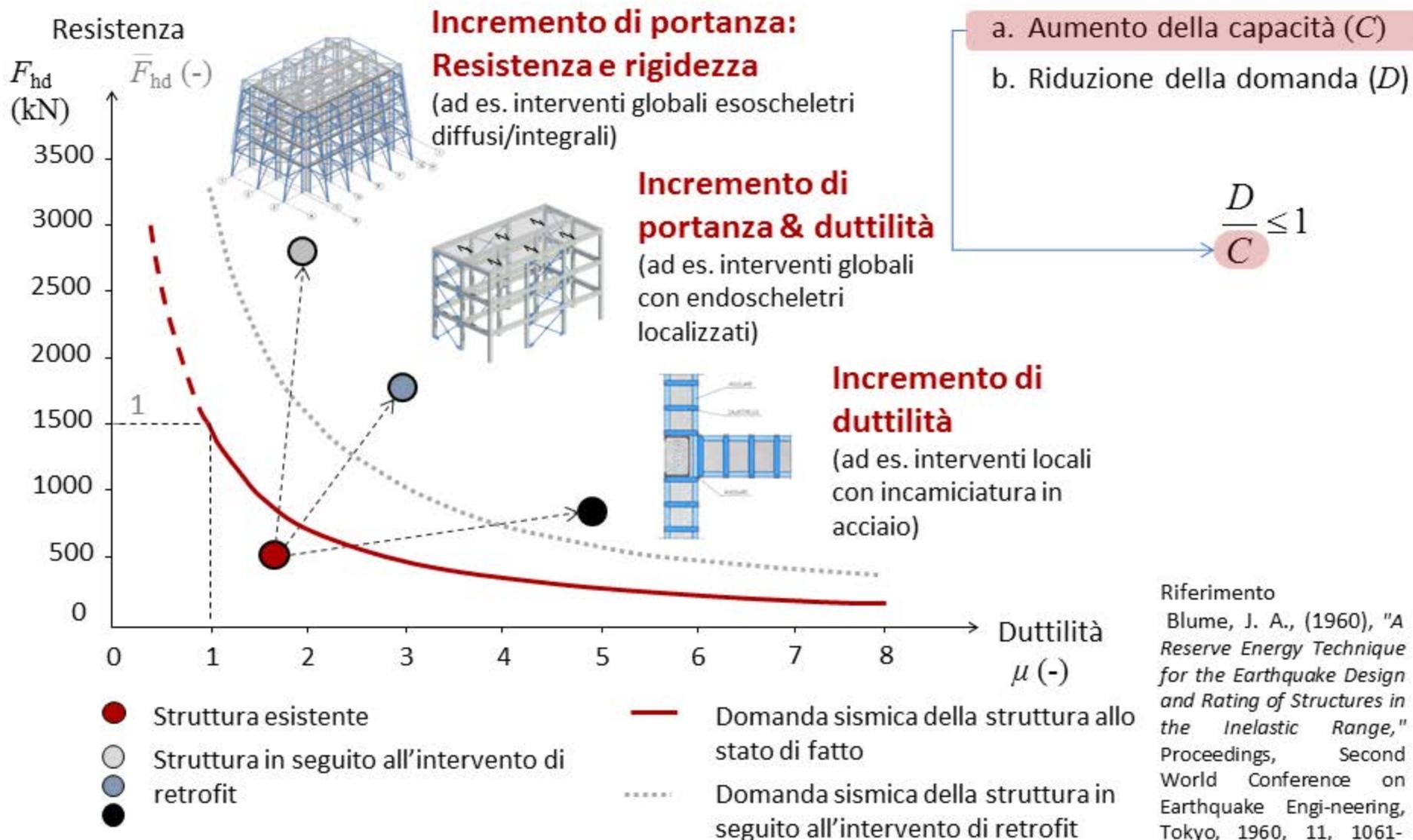
elevato rapporto peso/resistenza semplifica il trasporto e la posa.

Rapidità di costruzione

una caratteristica sempre auspicabile, soprattutto quando l'intervento è estremamente urgente.

INTRODUZIONE

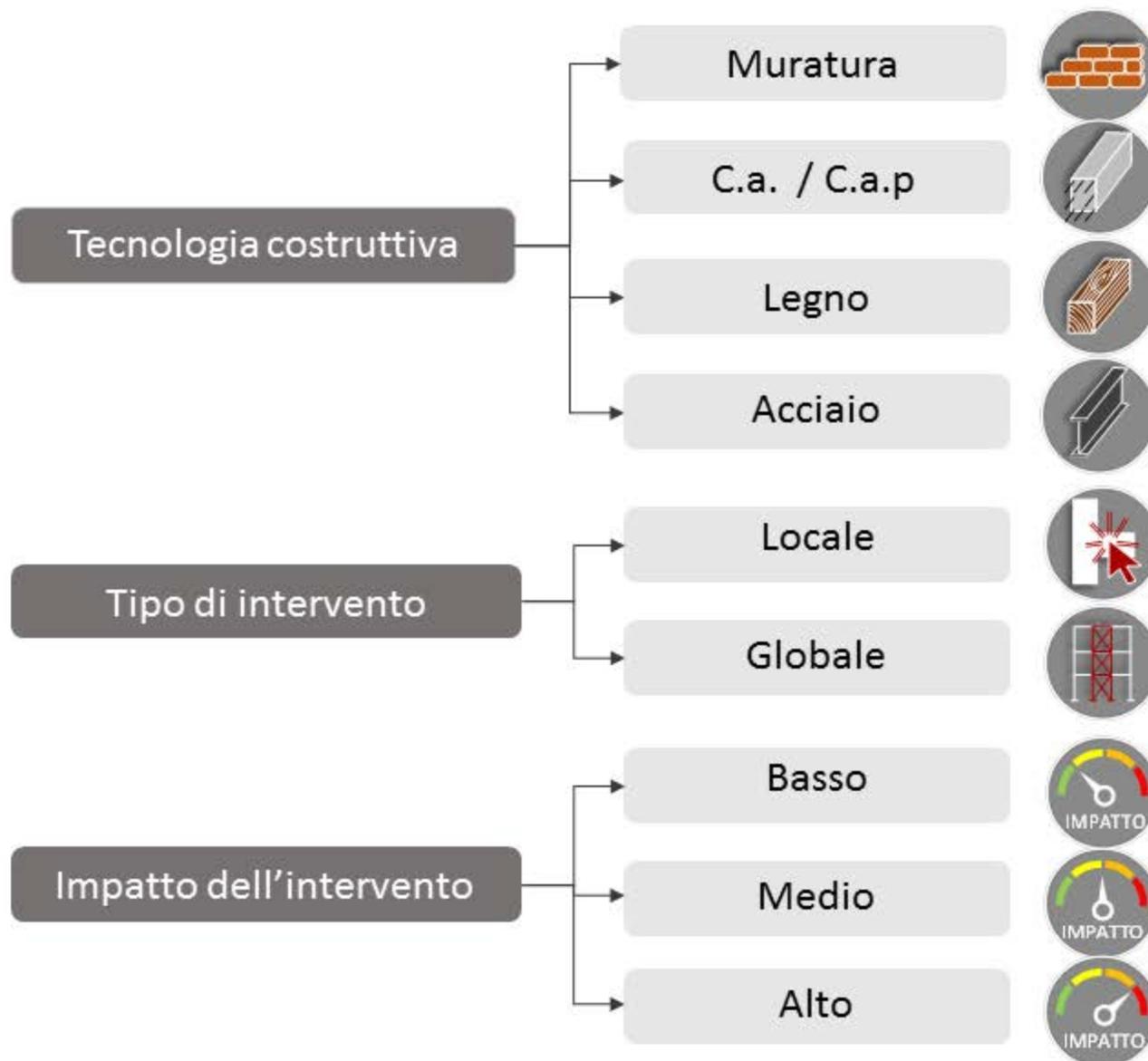
Prerogative strutturali



Riferimento

Blume, J. A., (1960), "A Reserve Energy Technique for the Earthquake Design and Rating of Structures in the Inelastic Range," Proceedings, Second World Conference on Earthquake Engineering, Tokyo, 1960, 11, 1061-1084

CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI



TECNOLOGIA COSTRUTTIVA

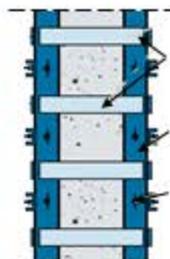
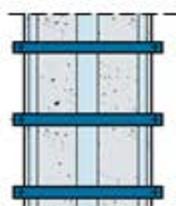
Esempi



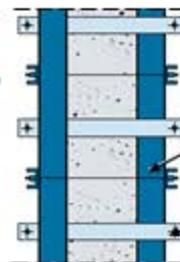


Le strutture in muratura

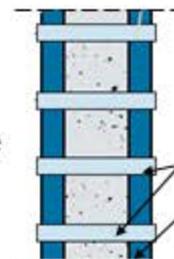
Colonne



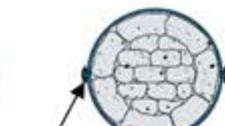
Piastra di collegamento
Angolare
Tirante filettato



Angolare
Tirante filettato



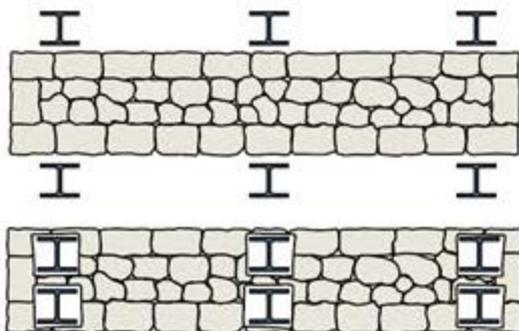
Anello Angolare



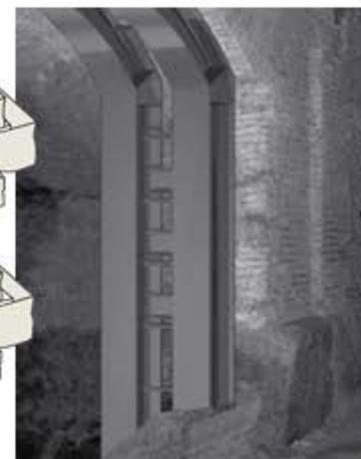
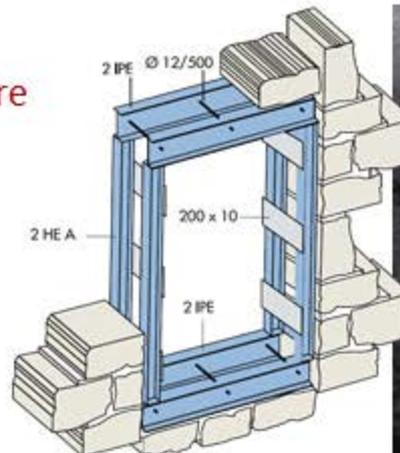
Bullone



Pareti



Aperture



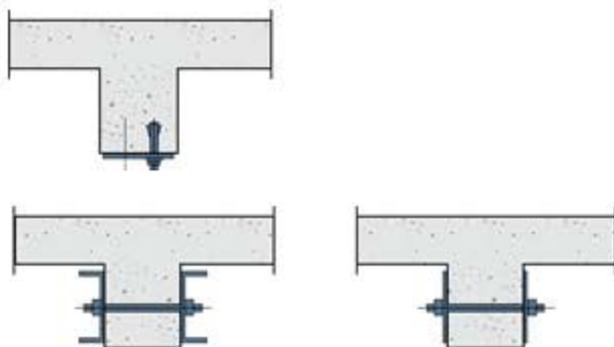
TIPO DI INTERVENTO

Locale

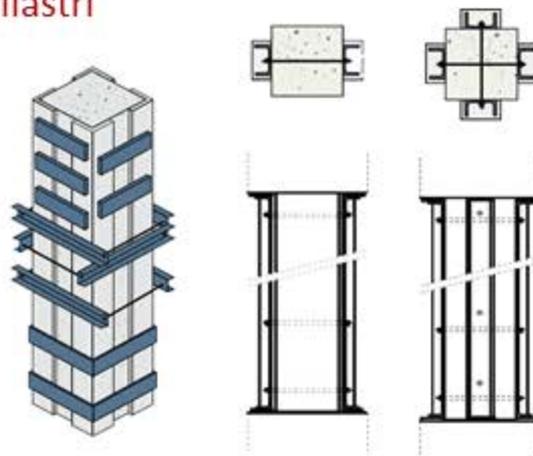


Le strutture in c.a. e c.a.p.

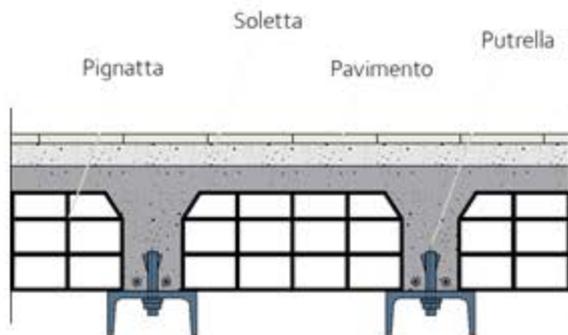
Travi



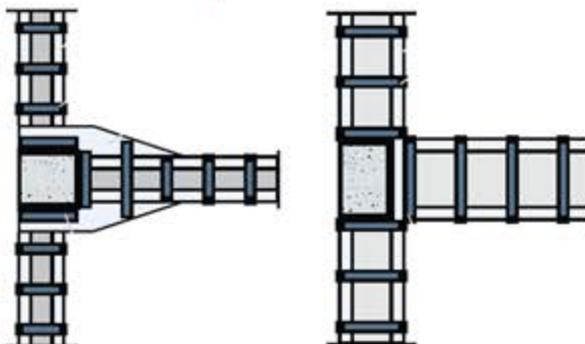
Pilastri



Solai



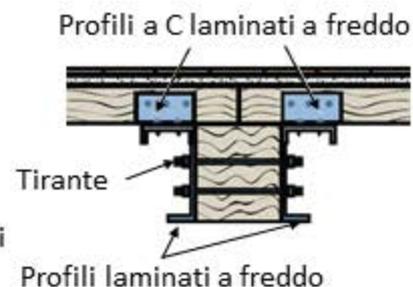
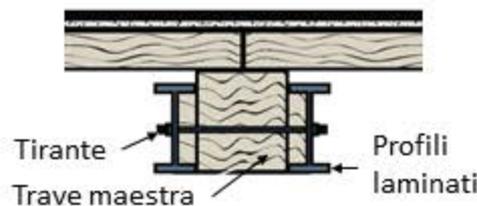
Nodi trave-pilastro



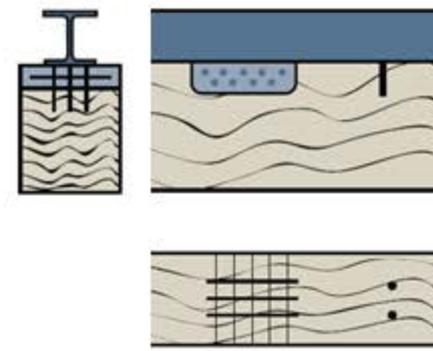
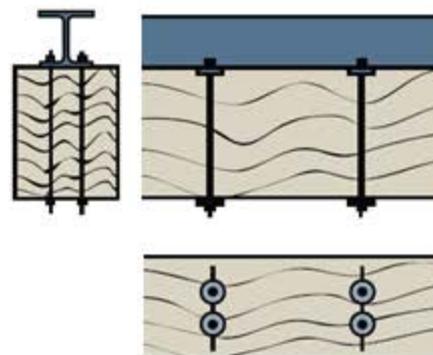
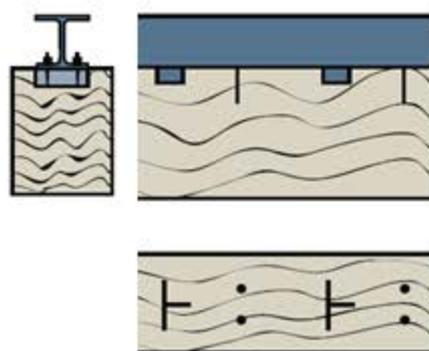


Le strutture in legno

Travi
Interventi
all'intradosso



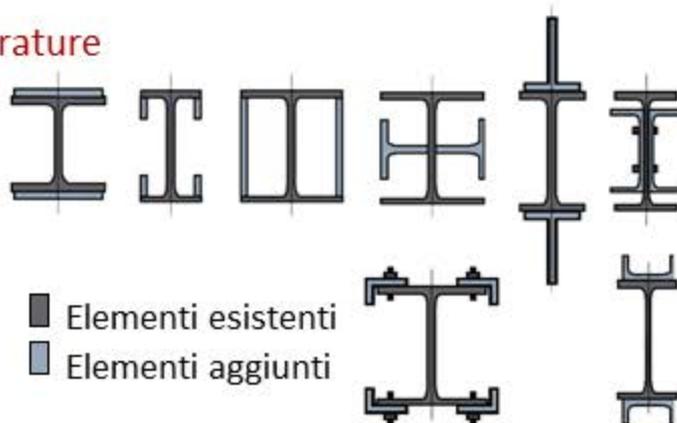
Travi
Interventi
all'estradosso





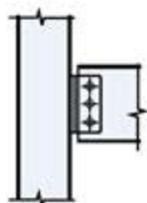
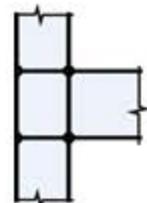
Le strutture in acciaio

Membrature

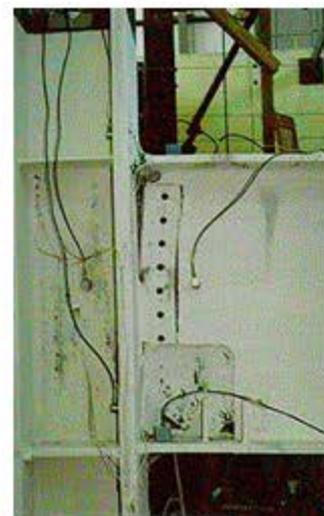
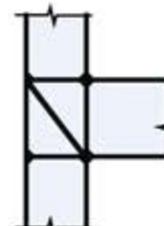
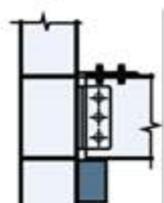
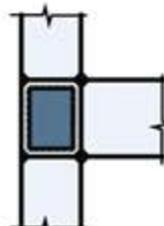
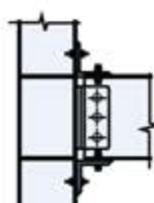
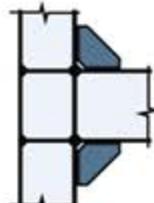


Nodi

Nodi Iniziali



Nodi rinforzati



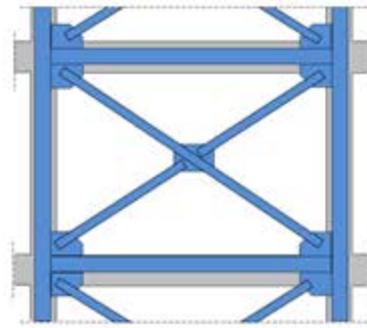
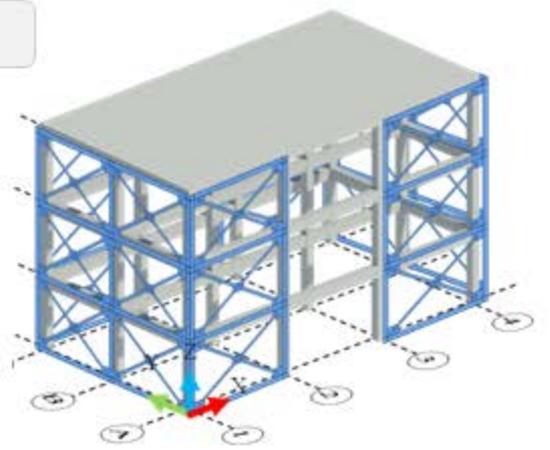
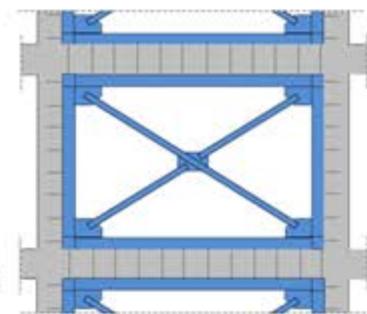
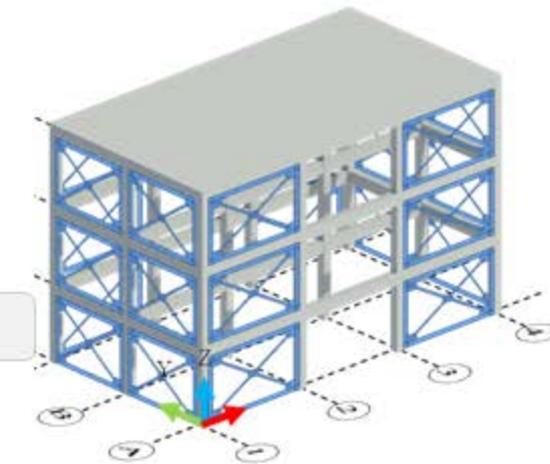
TIPO DI INTERVENTO

Globale

Globale

Endoscheletri

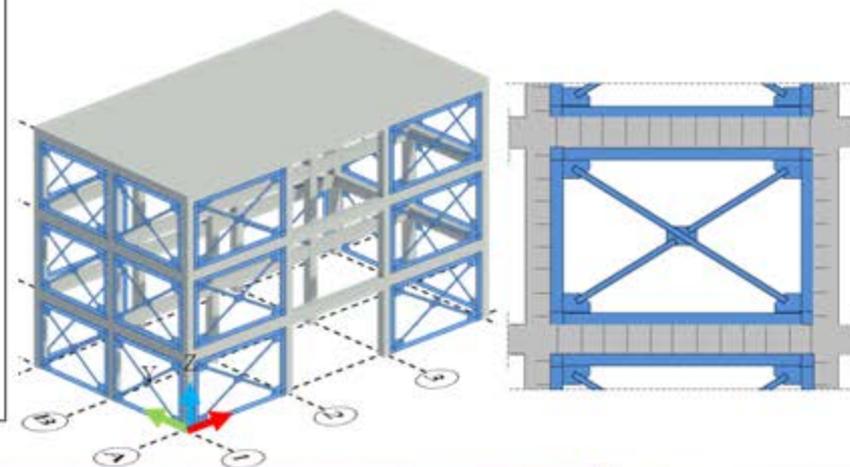
Esoscheletri



TIPO DI INTERVENTO

Globale

Endoscheletri



L'endoscheletro è un sistema "additivo" simo-resistente, non adattivo, applicata internamente o sul perimetro della struttura esistente.

Globale

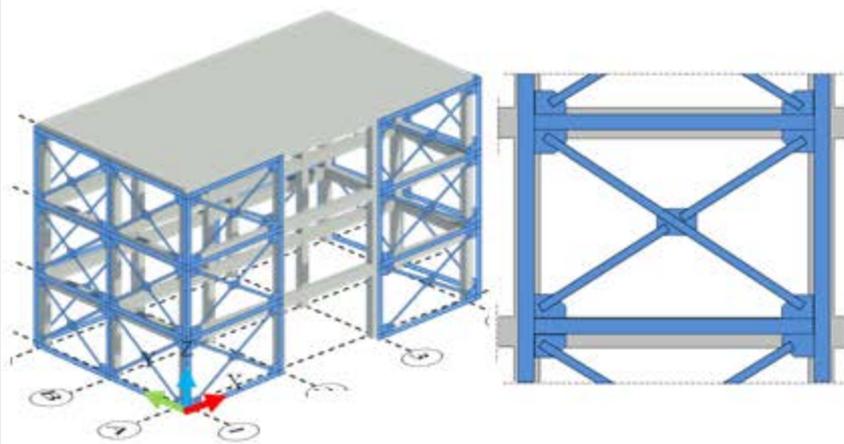


TIPO DI INTERVENTO

Globale



Globale



Esoscheletri

L'esoscheletro è un sistema "additivo" simo-resistente, opzionalmente "adattivo", applicato e collegato dall'esterno alla struttura esistente su una porzione significativa della sua superficie laterale.

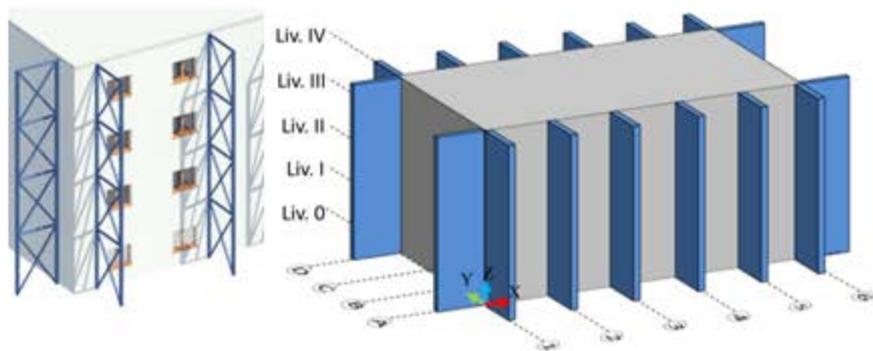
Reference
Benyus, J. M., (2002), "Biomimicry. Innovation Inspired by Nature". 2nd ed William Morrow and Company, New York, 2002

GLI ESOSCHELETRI

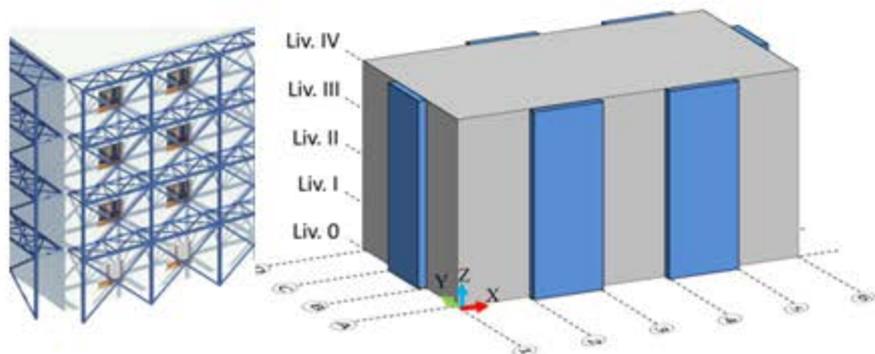
Tipologie

Eso scheletri 2D

Pareti di taglio \perp

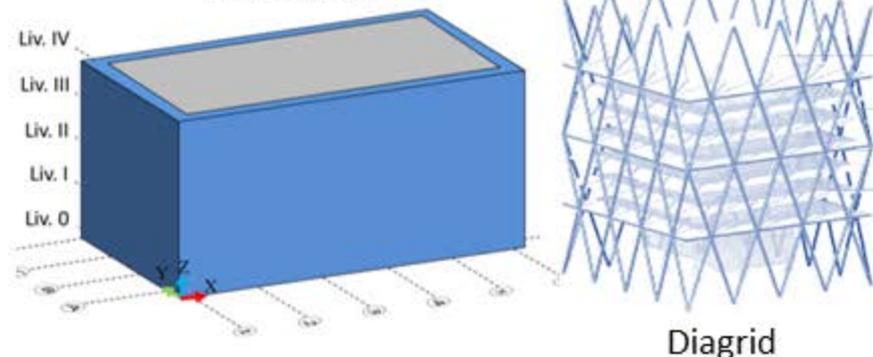


Pareti di taglio $//$

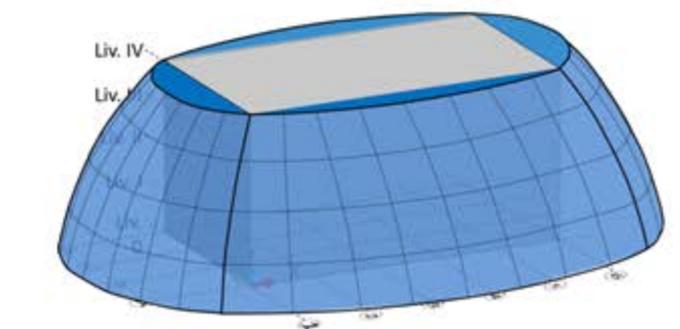


Eso scheletri 3D

Scatolari



Gusci



Integrale se inviluppa integralmente la struttura, compresa la copertura

GLI ESOSCHELETRI

Esempi emblematici e loro localizzazione

Le **prime realizzazioni** di esoscheletri in acciaio per il retrofit sismico a partire dagli anni '80

1995



Telegraph-Channing Garage
(Berkeley, California-USA)

1994



Auditorium HPH oh ETH
(Zurich, Switzerland)

2014



Palazzina Uffici Magneti
Marelli (Crevalcore, Italia)

1985

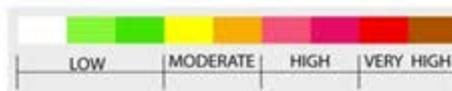


Matsuya Ginza Center
(Tokyo, Giappone)

1980



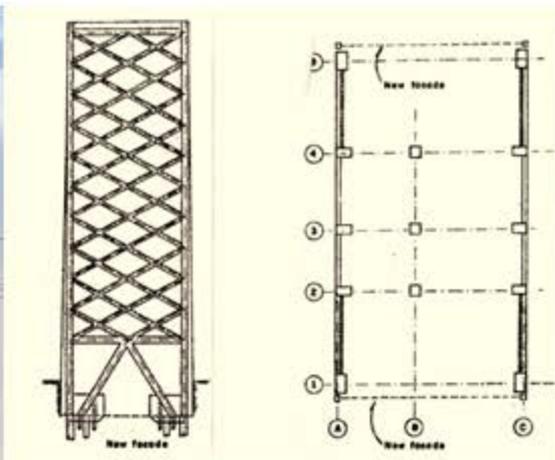
Hospital
Ángeles Clínica Londre
(Città del Messico, Messico)



1990



Applied Chemistry and
Chemical Engineering Building
(Sendai, Giappone)



PROGETTO

Clínica Londre dell' Hospital
Ángeles di Città del Messico

POSIZIONE

Città del Messico (Messico).

PERIODO

1980 (la durata
dell'intervento è stata di
appena 10 mesi)

Riferimento

Badoux, M., Jirsa, J.O., (1990). "Steel Bracing of RC Frames for Seismic Retrofitting", Journal of Structural Engineering, 116 (1), 55-74.

EXO 2D ⊥

Ante-operam



PROGETTO

Palazzina per uffici di Magneti Marelli (Teleisos s.r.l.)

POSIZIONE

Crevalcore (BO).

PERIODO

2012-14

Riferimento

Franceschini, M., Semproli, P., Secci, A., Mundadori, M., Melli, B., Biancocini, B., (2014), "I segni della ricostruzione post terremoto maggio 2012: L'adeguamento sismico della palazzina per uffici nello stabilimento Magneti Marelli di Crevalcore", Fondazione Promozione Acciaio,

Intervento post-operam: vista globale, dettagli



Ante-operam



PROGETTO

Intervento di Adeguamento e Sistemazione
Scuola Primaria "La Tina"

COMMITTENTE

Comune di Città di Castello (PG).

PERIODO

2015-16 (completato)

Fonte

<https://www.archilovers.com/projects/246906>

Intervento post-operam: vista globale



Dettagli costruttivi



EXO 2D //

Ante-operam



PROGETTO

Intervento di Adeguamento e Sistemazione
Scuola Media "VIRGILIO"

COMMITTENTE

Comune di Camposano (NA)

PERIODO

2014 (completato)

Fonte

<http://www.mascolo-ingegneria.it/progetti/scuola-di-camposano/>

Intervento post-operam: vista globale

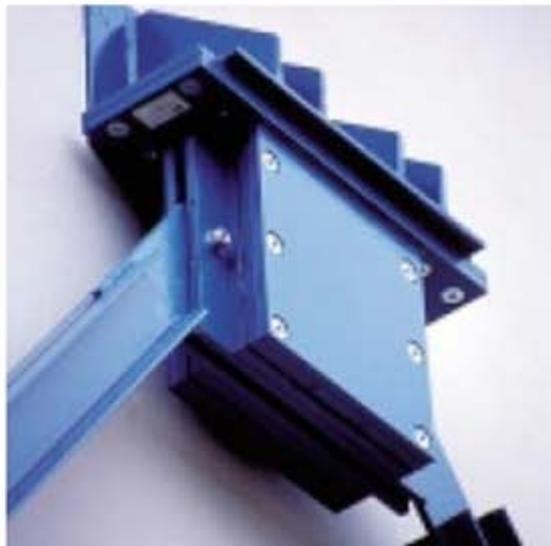
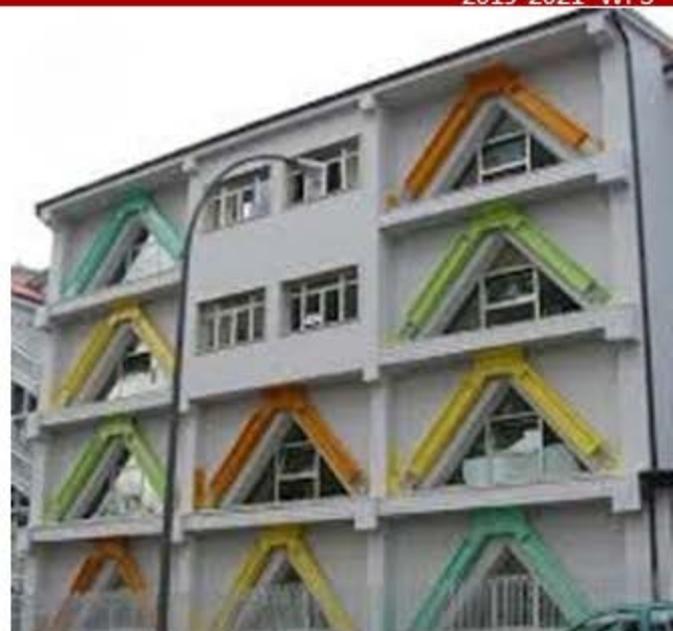


Dettagli costruttivi



INTERVENTI GLOBALI

Sistemi reticolari



INTERVENTI GLOBALI

Controventi

Controventi dissipativi tradizionali – dissipazione elastoplastica



Controventi innovativi

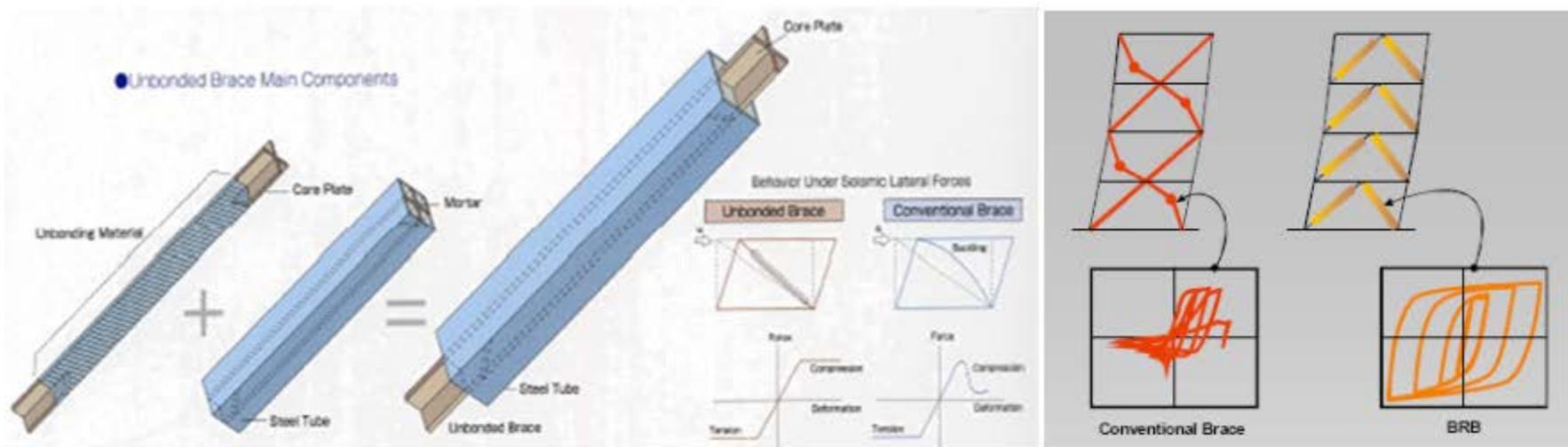


dissipazione elastoplastica



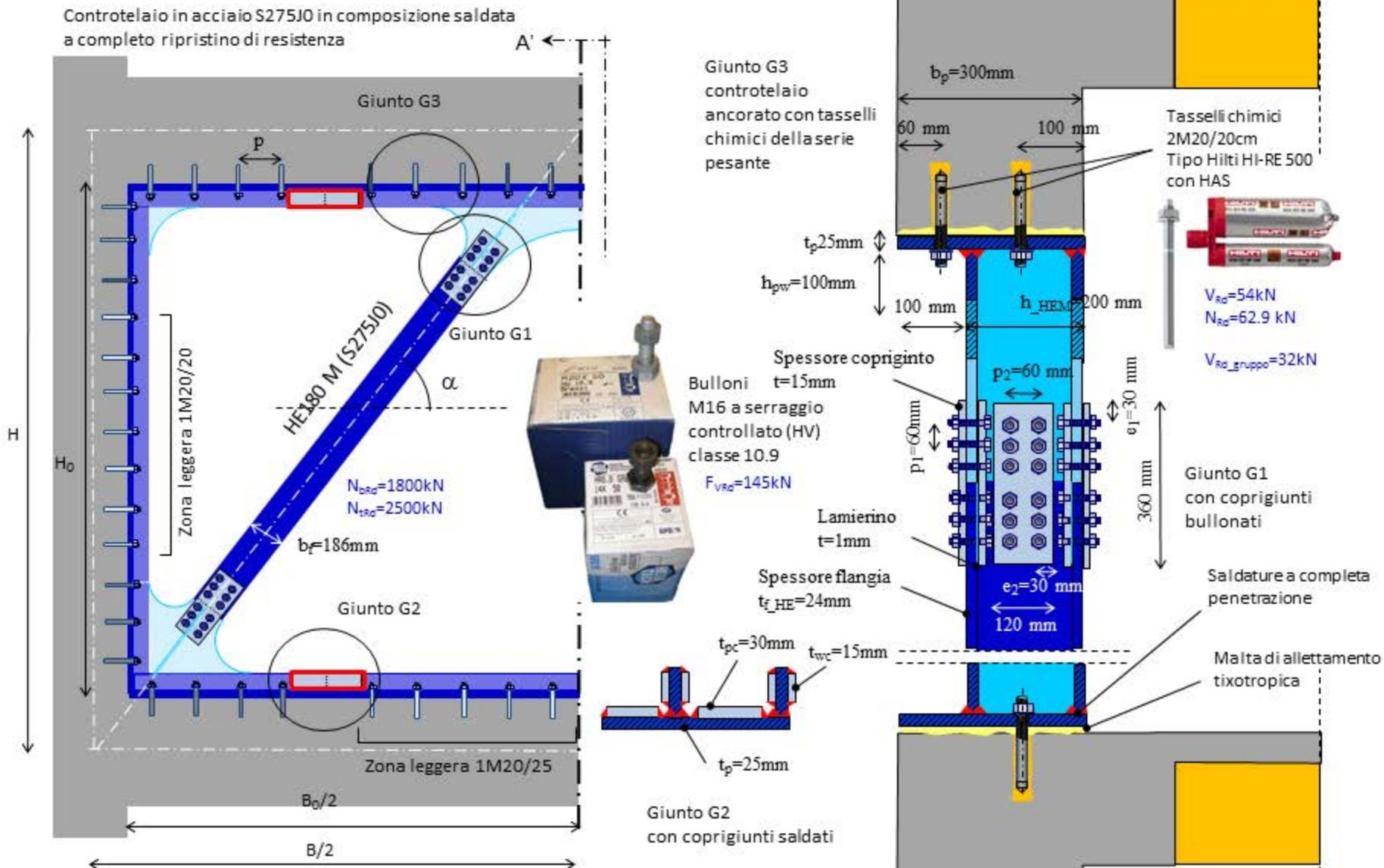
dissipazione attritiva, viscoelastica, viscosa

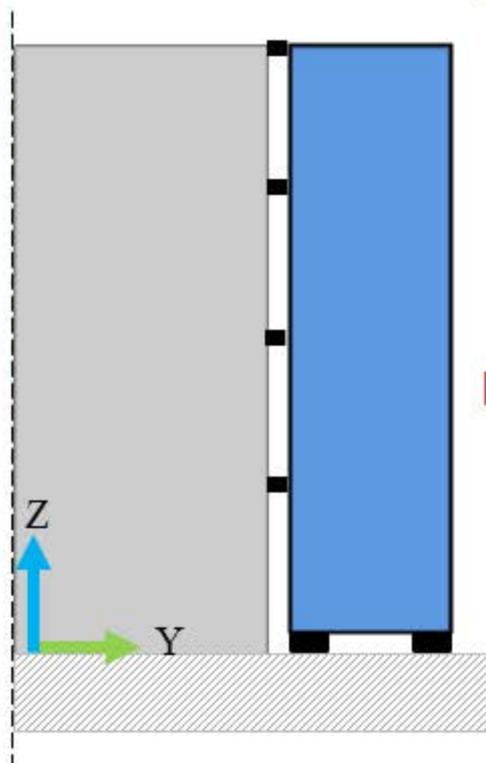
BRB - Buckling Restrained Braces



COLLEGAMENTI

Endoscheletri





Interfaccia esoscheletro – struttura in elevazione



RIGID
(e.g. Hinge and Pin
Connections)



ADDITIONAL DISSIPATION
(e.g. damping devices)

Interfaccia esoscheletro – fondazione



RIGID
(e.g. Hinge and Pin Connections)



ADDITIONAL DISSIPATION
(e.g. damping devices)

Reference

Labò, S., Passoni, C., Marini, A., Belleri A., Camata, G., Riva, P., Spacone, E., (2016). "Diagrid solutions for a sustainable seismic, energy, and architectural upgrade of European RC buildings", XII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation, 26-29 October 2016, Porto, Portugal.

L'impiego della tecnologia acciaio



UniSANNIO – M. Pecce



UniBas – A. Masi



UniNA – R. Landolfo



UniNA – G. Della Corte



PoliTo – G. A. Ferro



UniBG – A. Marini
(collaborazione con UniBS)



IUSS – R. Monteiro



UniUD – G. Russo



UniCT – I. Calì



UniSA – G. Rizzano



UniCAMP – A. Mandara

L'impiego della tecnologia acciaio



UniCT – I. Calì



UniBG – A. Marini
(collaborazione con UniBS)



UniSANNIO – M. Pecce



UniBas – A. Masi



UniNA – G. Della Corte



UniBG – A. Marini
(collaborazione con UniBS)



UniNA – R. Landolfo



UniUD – G. Russo



PoliTo – G. A. Ferro



IUSS – R. Monteiro



UniSA – G. Rizzano



UniNA – R. Landolfo



UniCAMP – A. Mandara

RICERCHE NELL'AMBITO DEL PROGETTO DPC-RELUIS



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BERGAMO**

Dipartimento
di Ingegneria
e Scienze Applicate

Responsabile UR: A. Marini

Componenti UR: A. Belleri, E. Giuriani, G. Mirabella, P. Riva, C. Passoni, S. Labò, D. Sirtoli, E. Casprini, M. Bosio, M. Bressanelli, M. Bassetti, J. Zanni, S. Castelli, S. Cademartori



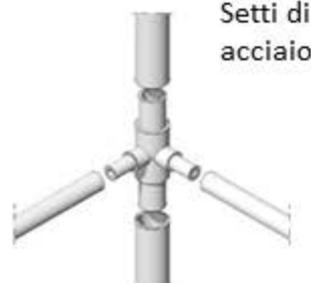
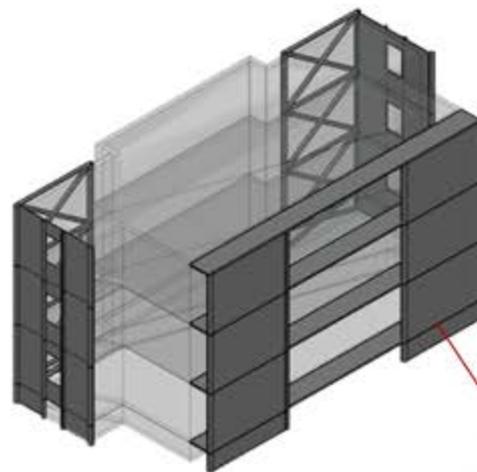
Obiettivo della Ricerca

Interventi di **rinforzo sismico** di edifici esistenti in muratura.

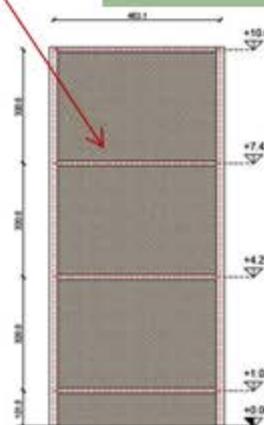
Prodotti attesi

Esoscheletri in acciaio con setti sismo-resistenti costituiti da **montanti e traversi tubolari e lamiera microforata**.

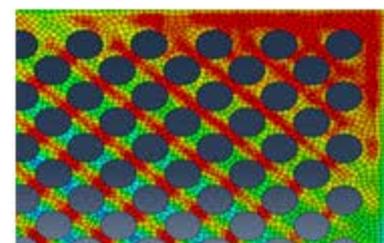
Edificio residenziale, anni '50, Dalmine (BG)



Setti di
acciaio



Lamiera microforata



RICERCHE NELL'AMBITO DEL PROGETTO DPC-RELUIS



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DEL SANNIO Benevento
Dipartimento di Ingegneria

Responsabile UR: M. Pecce
Componenti UR: B. Delcogliano



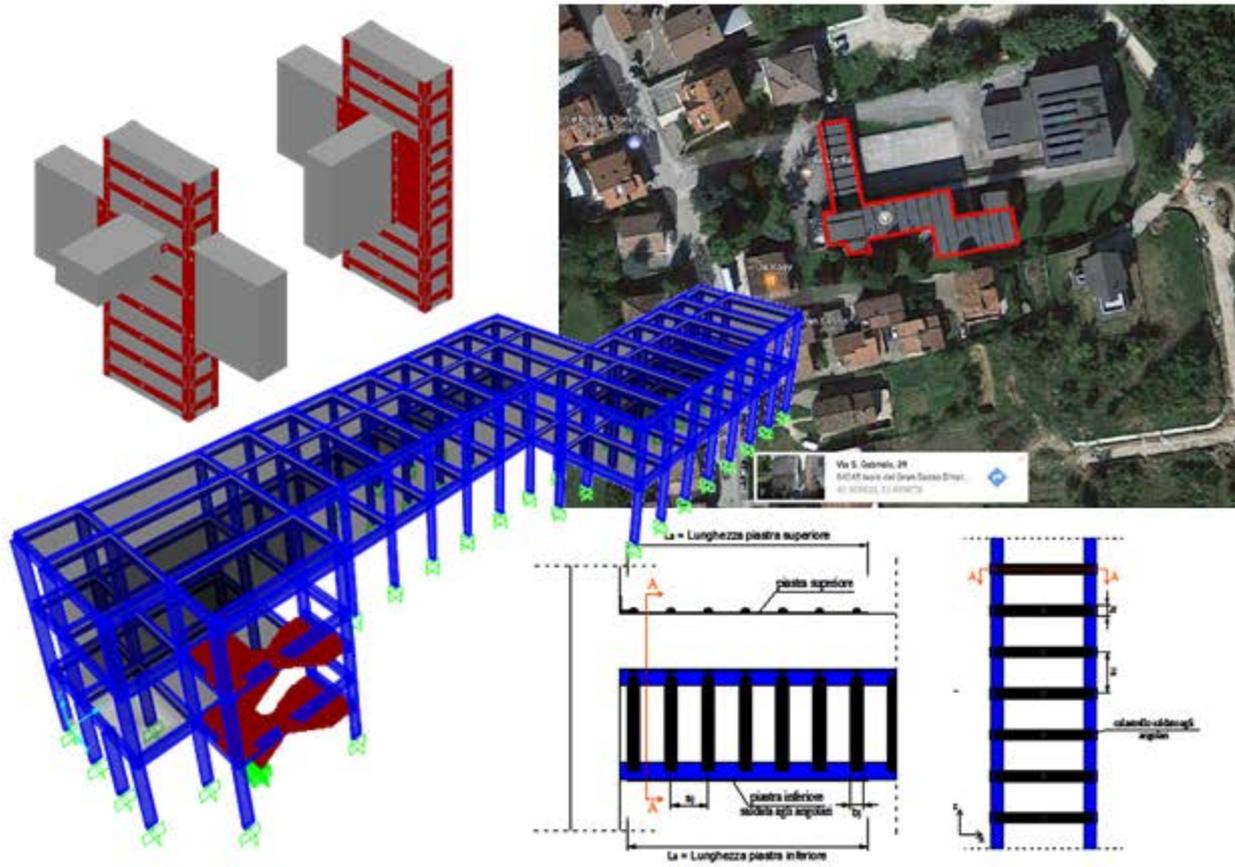
Complesso Scolastico - Parrozzani

Obiettivo della Ricerca

interventi di rinforzo locale con carpenteria metallica di elementi e nodi di strutture in c.a., in relazione alle vulnerabilità tipiche degli edifici esistenti.

Prodotti attesi

Linee guida sulla progettazione ed esecuzione degli interventi locali.



RICERCHE NELL'AMBITO DEL PROGETTO DPC-RELUIS



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DELLA BASILICATA
Scuola di Ingegneria

Responsabile UR: A. Masi

Componenti UR: G. Santarsiero, V. Manfredi, A. Digrisolo, G. Ventura



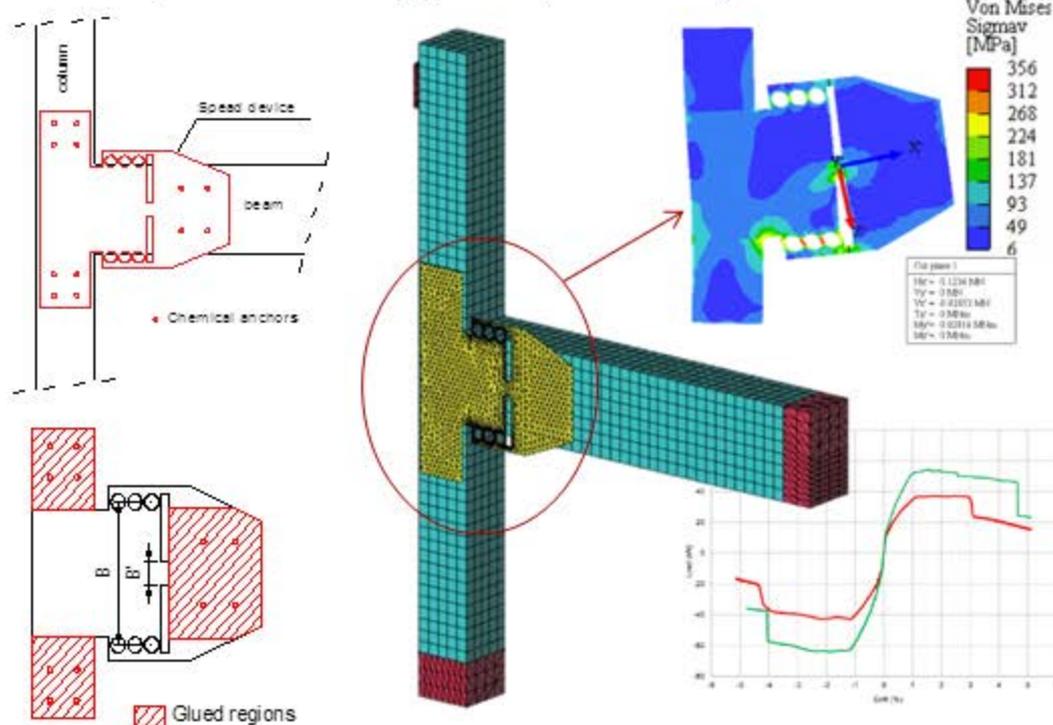
Obiettivo della Ricerca

Interventi di rinforzo locale per nodi di strutture in c.a.

Prodotti attesi

Dispositivo detto **SPEAD** (Steel Plate Energy Absorption Device) per il miglioramento delle prestazioni sismiche dei nodi trave colonna in c.a., da applicare solo dall'esterno (senza demolizione delle tamponature).

SPEAD (Steel Plate Energy Absorption Device)



Santarsiero, G., Manfredi, V., Masi, A. 2020 *Numerical Evaluation of the Steel Plate Energy Absorption Device (SPEAD) for Seismic Strengthening of RC Frame Structures*. International Journal of Civil Engineering (in press)

RICERCHE NELL'AMBITO DEL PROGETTO DPC-RELUIS



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II

Dipartimento
Di Strutture per l'Ingegneria
e l'Architettura

Responsabile UR: G. Della Corte

Componenti UR: G. Cantisani, E. Rodontini

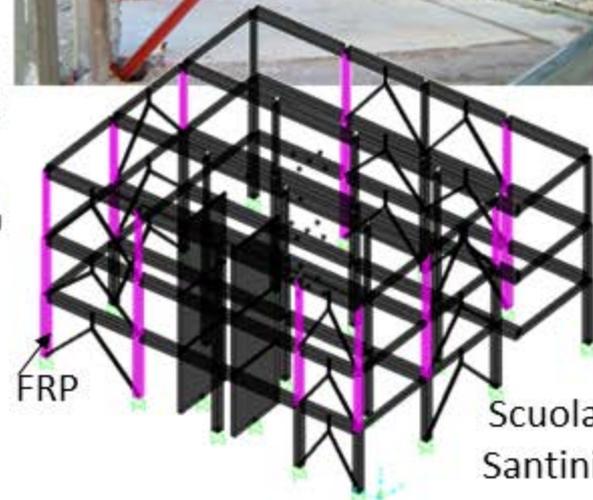
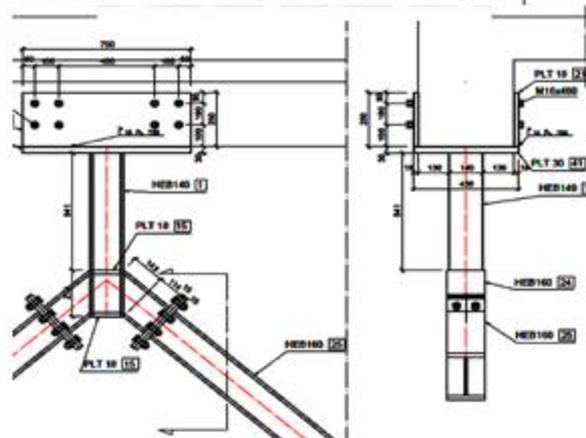
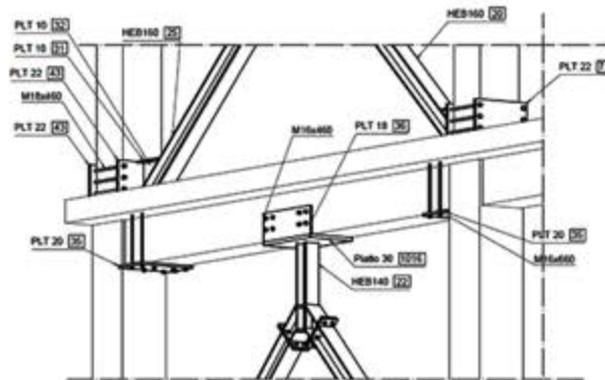


Obiettivo della Ricerca

Progettazione del sistema di controventi per il miglioramento o adeguamento sismico compatibile con un intervento di miglioramento energetico.

Prodotti attesi

Controventi disposti sul perimetro dell'edificio, con dimensioni tali da poter essere inclusi nel "pacchetto" di strati di isolamento termo-acustico, abbinati con rinforzo locale FRP.



Scuola
Santini

RICERCHE NELL'AMBITO DEL PROGETTO DPC-RELUIS



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI BERGAMO**

Dipartimento
di Ingegneria
e Scienze Applicate

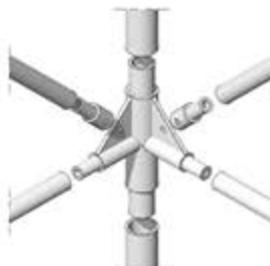
Responsabile UR: A. Marini

Componenti UR: A. Belleri, E. Giuriani, G. Mirabella, P. Riva, C. Passoni, S. Labò, D. Sirtoli, E. Casprini, M. Bosio, M. Bressanelli, M. Bassetti, J. Zanni, S. Castelli, S. Cademartori



Obiettivo della Ricerca

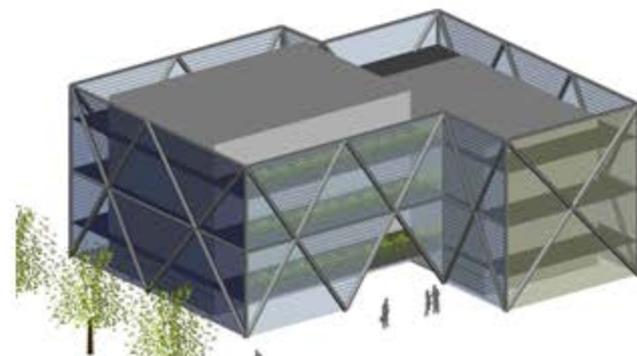
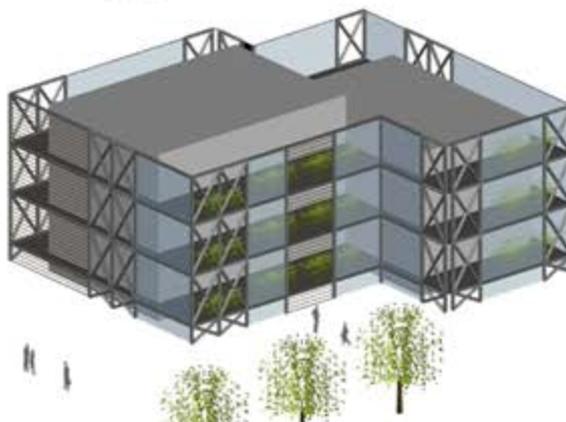
Interventi di **riqualificazione integrata** di edifici esistenti in c.a. e tecniche di intervento per la **mitigazione del rischio di collasso progressivo** degli edifici esistenti.



- Esoscheletro con setti in acciaio
- Esoscheletro diagrid

Prodotti attesi

Esoscheletri ed identificazione del tipo di intervento in relazione alle vulnerabilità tipiche degli edifici in c.a.



Connessioni esoscheletro-edificio esistente
Diaframmi di piano

RICERCHE NELL'AMBITO DEL PROGETTO DPC-RELUIS



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II

Dipartimento
Di Strutture per l'Ingegneria
e l'Architettura

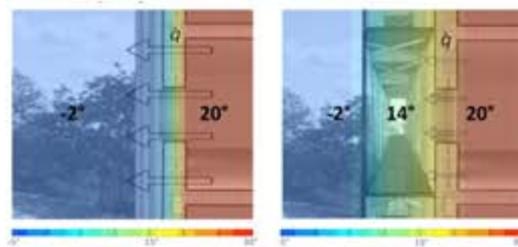
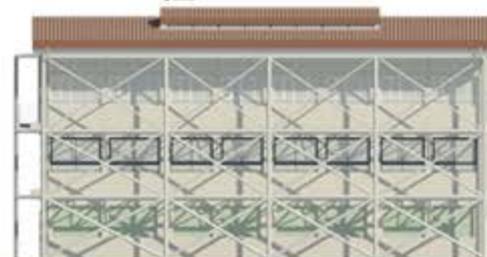
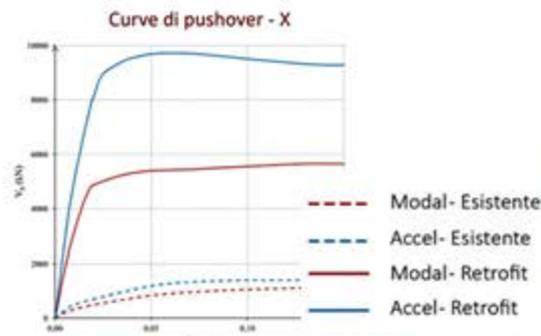
Responsabile UR: R. Landolfo

Componenti UR: A. Formisano, G. Di Lorenzo,
A. Massimilla, E. Colacurcio, A. Di Filippo



Obiettivo della Ricerca

Utilizzo degli **esoscheletri in acciaio** per il retrofit integrato sismico-energetico di edifici esistenti in c.a.



Prodotti attesi

Metodologia semplificata per il progetto e la **valutazione integrata** degli interventi di retrofit sismico-energetico con esoscheletri in acciaio.

Scuola primaria Santini – Loro Piceno (MC)



Pannelli di **alluminio microforati**, a **controllo solare**, applicati esternamente

RICERCHE NELL'AMBITO DEL PROGETTO DPC-RELUIS



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE**

Dipartimento Politecnico
di Ingegneria e Architettura

Responsabile UR: G. Russo

Componenti UR: M. Pauletta, M. Miani, G. Frappa



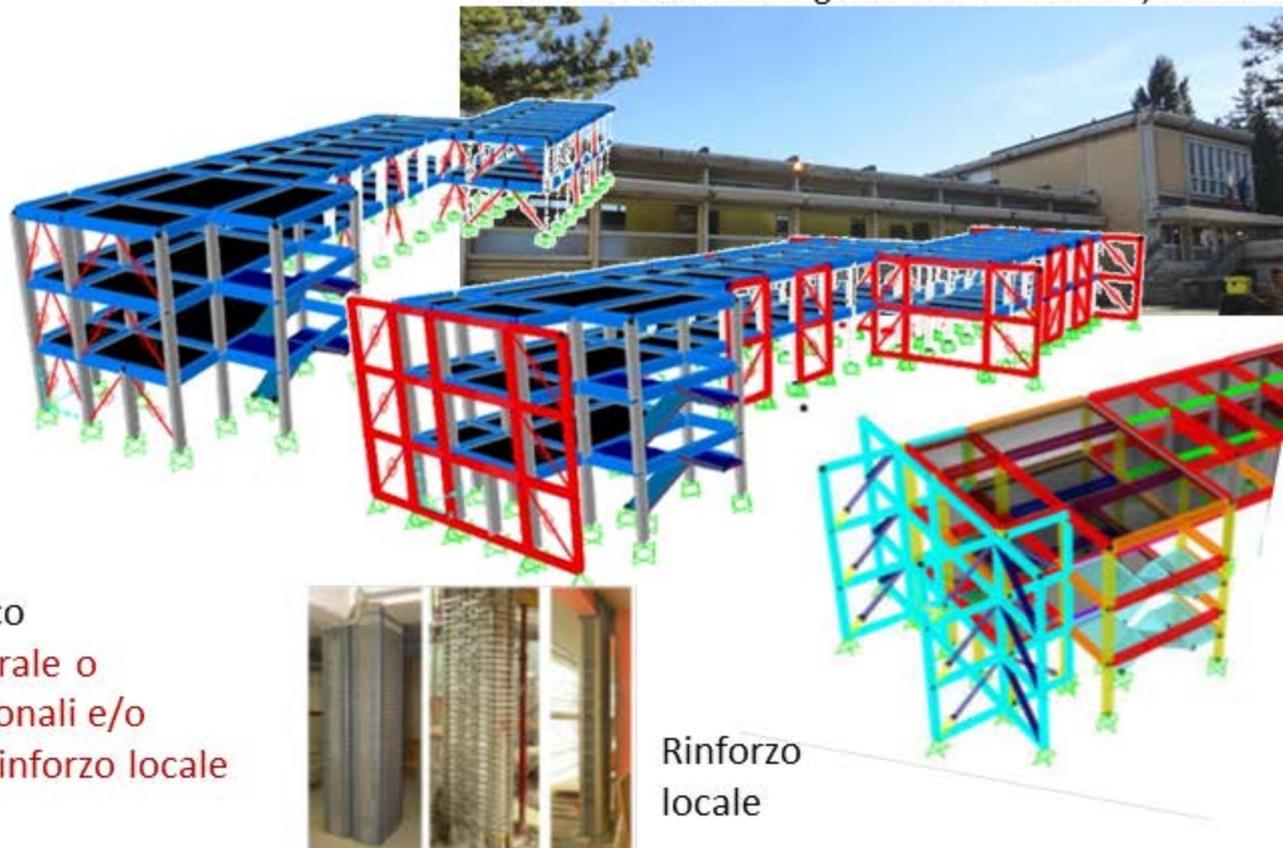
Obiettivo della Ricerca

Strategie di rinforzo ottimizzate, possibilmente applicabili sull'involucro esterno dell'edificio al fine di minimizzare l'invasività dell'intervento ed il grado di disturbo per gli occupanti.

Prodotti attesi

Interventi di adeguamento sismico mediante endoscheletro perimetrale o esoscheletri con diagonali tradizionali e/o innovative (BRAD), interventi di rinforzo locale

Scuola secondaria di I grado "G. Parrozzani" , 1960-70



Rinforzo
locale

RICERCHE NELL'AMBITO DEL PROGETTO DPC-RELUIS



**POLITECNICO
DI TORINO**

Dipartimento
di Ingegneria Strutturale,
Edile e Geotecnica

Responsabile UR: G. A. Ferro

Componenti UR: A. Reggio, L. Restucciarì

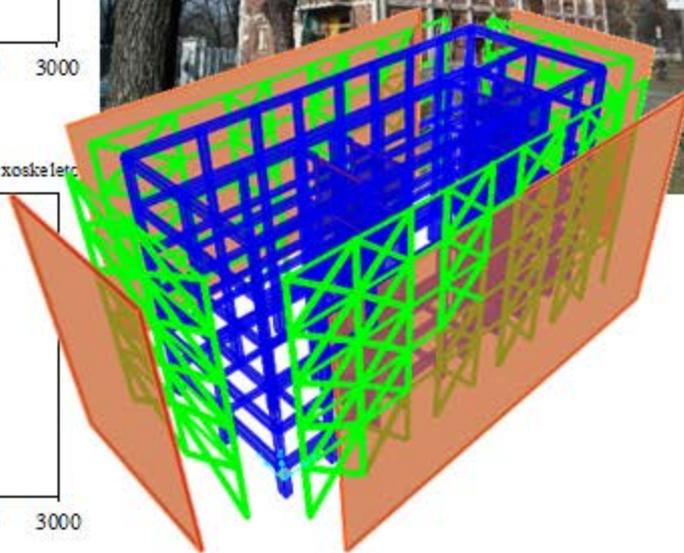
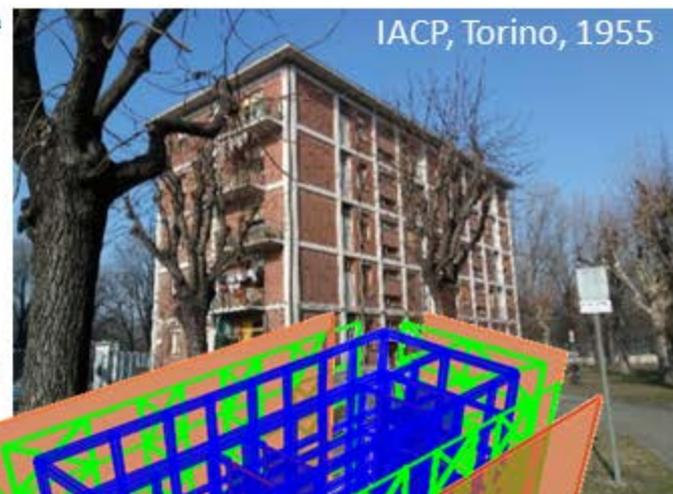
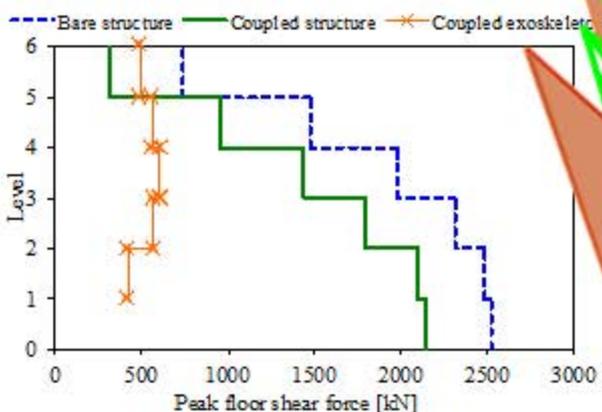
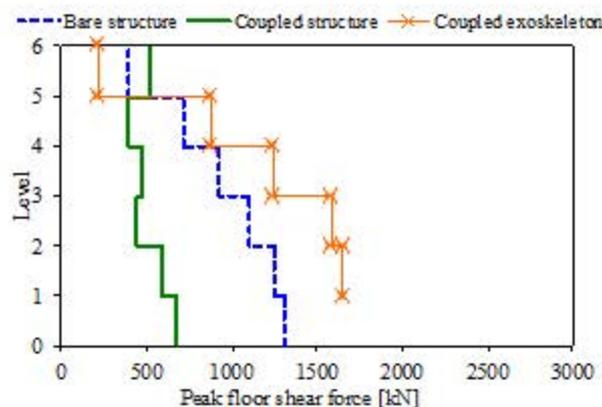


Obiettivo della Ricerca

Retrofitting integrato, sismico ed energetico di costruzioni in c.a. esistenti.

Prodotti attesi

Sistema di retrofitting integrato, sismico ed energetico, realizzato mediante esoscheletri in acciaio, che tiene conto di diverse livelli di performance e criteri di costo.



RICERCHE NELL'AMBITO DEL PROGETTO DPC-RELUIS



IUSS
Scuola Universitaria Superiore Pavia

Responsabile UR: R. Monteiro

Componenti UR: W. Carofilis, G. Gabbianelli, N. Clemmet, G. O'Reilly

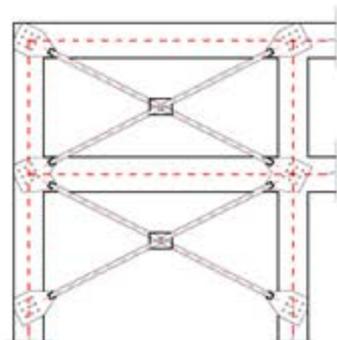


Obiettivo della Ricerca

Revisione delle soluzioni di Interventi per il miglioramento delle performance strutturali di edifici residenziali in c.a. con tamponature in laterizio.

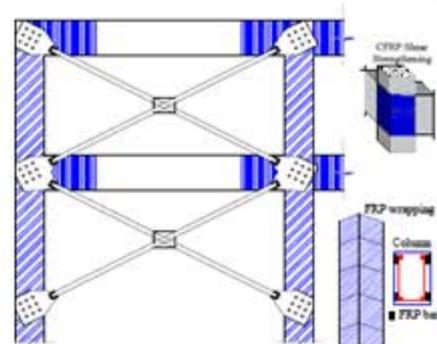
Prodotti attesi

Un confronto dei vantaggi e svantaggi di ciascuna delle soluzioni evidenziate in termini di tempi, costi e grado di invasività.

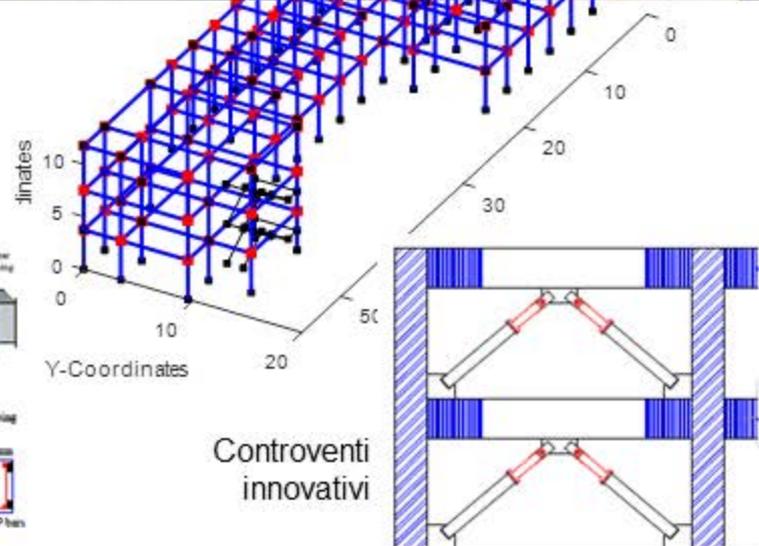
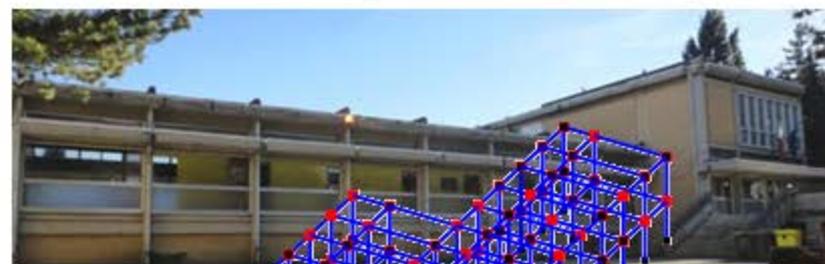


Controventi tradizionali

CFRP+ barre FRP
+ Controventi concentrici



Scuola secondaria di I grado "G. Parrozzani", 1960-70



RICERCHE NELL'AMBITO DEL PROGETTO DPC-RELUIS



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II

Dipartimento
Di Strutture per l'Ingegneria
e l'Architettura

Responsabile UR: R. Landolfo

Componenti UR: M. D'Aniello, L. Fiorino,
R. Tartaglia, S. Costanzo, A. Campiche,
A. Milone



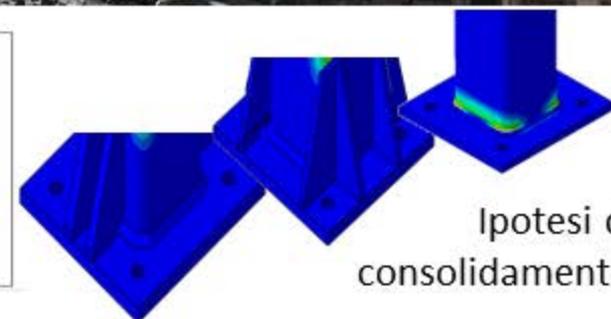
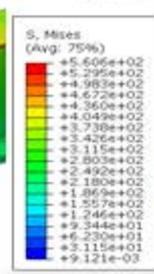
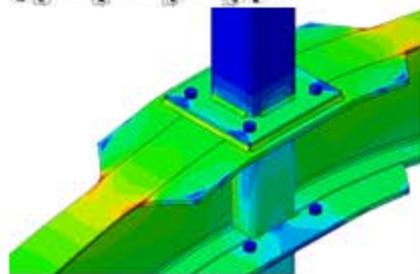
Edificio per uffici, Napoli, 1960-61

Obiettivo della Ricerca

Valutazione del comportamento **energetico e strutturale** in caso di azioni sismiche di strutture di acciaio e conseguente progetto degli **interventi di miglioramento locali e globali**.

Prodotti attesi

Linee guida sulle tecniche di intervento globale e locale e di efficientamento energetico.



Ipotesi di
consolidamento

RICERCHE NELL'AMBITO DEL PROGETTO DPC-RELUIS



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II

Dipartimento
Di Strutture per l'Ingegneria
e l'Architettura

Responsabile UR: R. Landolfo

Componenti UR: M. D'Aniello, L. Fiorino,
R. Tartaglia, A. Campiche



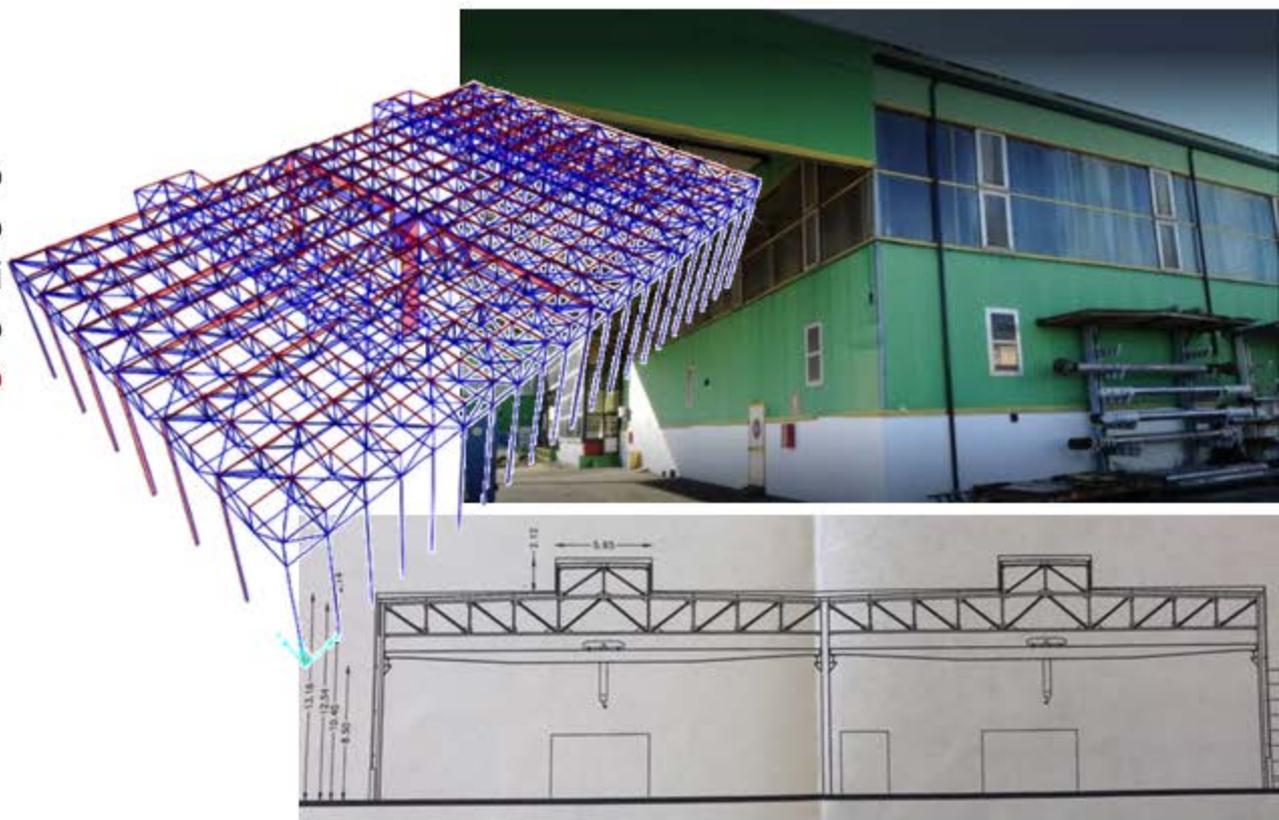
Edificio industriale, Nusco (AV), 1992-1999

Obiettivo della Ricerca

Valutazione del comportamento **energetico e strutturale** in caso di azioni sismiche di strutture di acciaio e conseguente progetto degli **interventi di miglioramento locali e globali**.

Prodotti attesi

Linee guida sulle tecniche di intervento globale e locale e di efficientamento energetico.



RICERCHE NELL'AMBITO DEL PROGETTO DPC-RELUIS



UNIVERSITA'
DI SALERNO
Dipartimento di Ingegneria Civile

Responsabile UR: G. Rizzano

Componenti UR: V. Piluso, R. Montuori,
M. Latour, E. Nastri, A. B. Francavilla, A.
Pisapia, S. Streppone, S. Di Benedetto,
B. Tagliaferro, E. Elettore



Edificio per uffici, Napoli, 1960-61

Edificio industriale Nusco (AV), 1992-1999

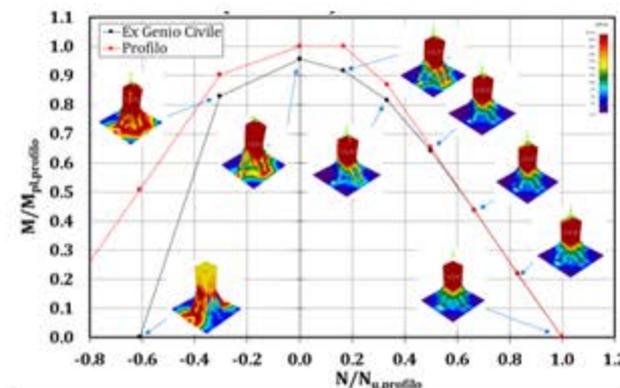
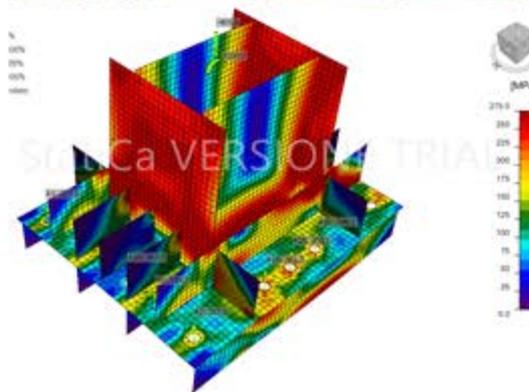


Obiettivo della Ricerca

Regole di progettazione per l'intervento di **protezione dei collegamenti esistenti** delle strutture di acciaio soggette ad azioni sismiche, con particolare riferimento ai collegamenti colonna-fondazione.

Prodotti attesi

Linee guida sui metodi di progettazione.



RICERCHE NELL'AMBITO DEL PROGETTO DPC-RELUIS



Università
degli Studi
della Campania
Luigi Vanvitelli
Dipartimento di Ingegneria

Responsabile UR: A. Mandara

Componenti UR: M. Ferraioli, A. Lavino



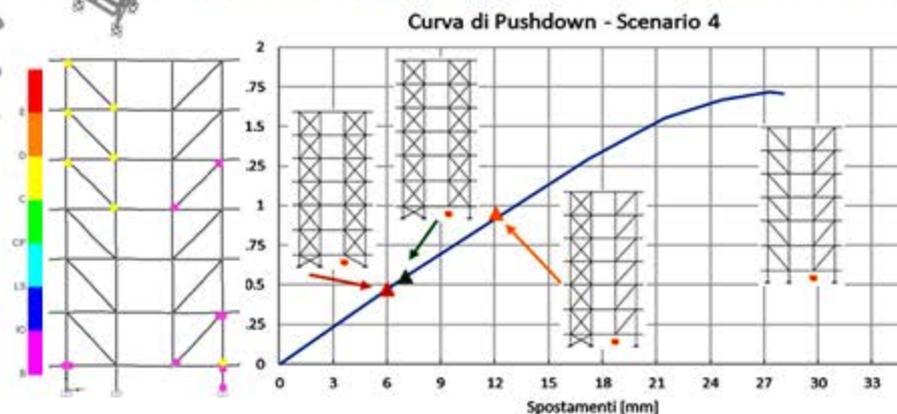
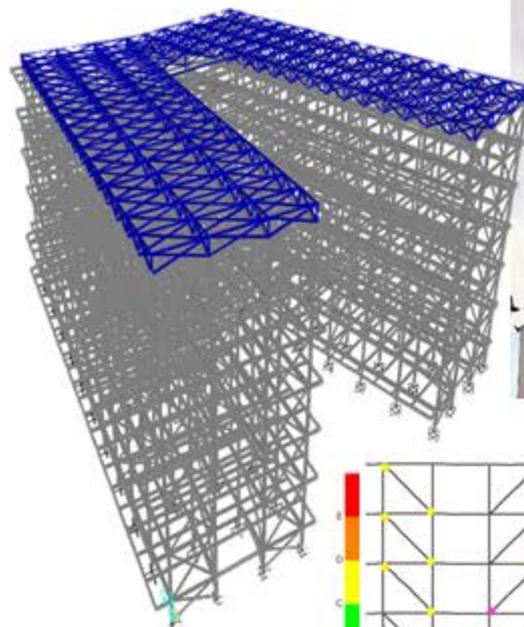
Edificio per uffici, Napoli, 1960-61

Obiettivo della Ricerca

Sviluppo di strategie e tecniche di intervento per la **mitigazione del rischio di collasso progressivo** delle strutture di acciaio, combinando i requisiti essenziali richiesti con i criteri di progetto in zona sismica.

Prodotti attesi

Linee guida sui metodi di progettazione.



Prefabbricazione reversibilità leggerezza, rapidità di costruzione e prestazioni meccaniche rendono la carpenteria metallica una tecnologia fortemente competitiva per il consolidamento degli edifici esistenti

In una visione moderna, basata su un approccio di tipo olistico, **la varietà delle soluzioni tecniche disponibili** consente di soddisfare esigenze diversificate e complesse, come quelle derivanti dall'applicazione di **approcci integrati nella progettazione e realizzazione**

In tale prospettiva, la ricerca in corso è finalizzata alla definizione di un approccio metodologico, capace di fornire **criteri di selezione per l'individuazione di interventi di rapida esecuzione a basso impatto** ed integrati, nonché **linee guida alla progettazione**, come utile strumento operativo per i professionisti

GRAZIE PER L'ATTENZIONE