



Ordine Ingegneri di Forlì-Cesena

Giovedì 10 marzo 2016
Hotel Globus - Via Traiano Imperatore - FORLÌ

SISTEMI E SOLUZIONI INNOVATIVE PER LA MITIGAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE

CONSOLIDAMENTO E MITIGAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA DI EDIFICI IN MURATURA E C.A.:
DALL'IDENTIFICAZIONE DELL'ORGANISMO STRUTTURALE CON LE METODOLOGIE DELL'INDAGINE DIAGNOSTICA ALLE DEFINIZIONI DEGLI INTERVENTI DI RINFORZO CON L'IMPIEGO DI TECNOLOGIE E MATERIALI INNOVATIVI (FRP ED FRG).

PARTE 2a

Alberto Balsamo
Università degli Studi di Napoli "Federico II"
Facoltà di Ingegneria
DiSt - Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura



Dipartimento di Strutture
per l'Ingegneria e l'Architettura



Effetti dei terremoti:
danni alle costruzioni

Turchia, 1999 ML=7.0

Forza sismica



Il sisma de L'Aquila

■ I pilastri

Crisi a taglio alla testa del pilastro circolare.
Passo delle staffe superiore (sembra) ai 200mm.
E' evidente la qualità del calcestruzzo



Il sisma de L'Aquila

■ I pilastri

Crisi a taglio



Il sisma de L'Aquila

■ I pilastri

Crisi a taglio



Il sisma de L'Aquila

■ I nodi trave-pilastro



Assenza di staffe nel nodo

Instabilità armatura pilastro passante nel nodo

Il sisma de L'Aquila

■ I nodi trave-pilastro



Assenza di staffe nel nodo



Scarsa qualità del calcestruzzo

Il sisma de L'Aquila

■ Riprese di getto



© Reluis 2009

www.reluis.it

Il sisma de L'Aquila

■ La scala



Danni agli elementi non strutturali

- Le Tamponature

**Discontinuità prodotte
dalle aperture.
Ribaltamento della
fodera esterna della
tamponatura**



NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

**Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture
(GU n.29 del 04/02/2008)**

Capitolo 8: Costruzioni Esistenti

• Categorie degli Interventi

✓ interventi di adeguamento

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

✓ interventi di miglioramento

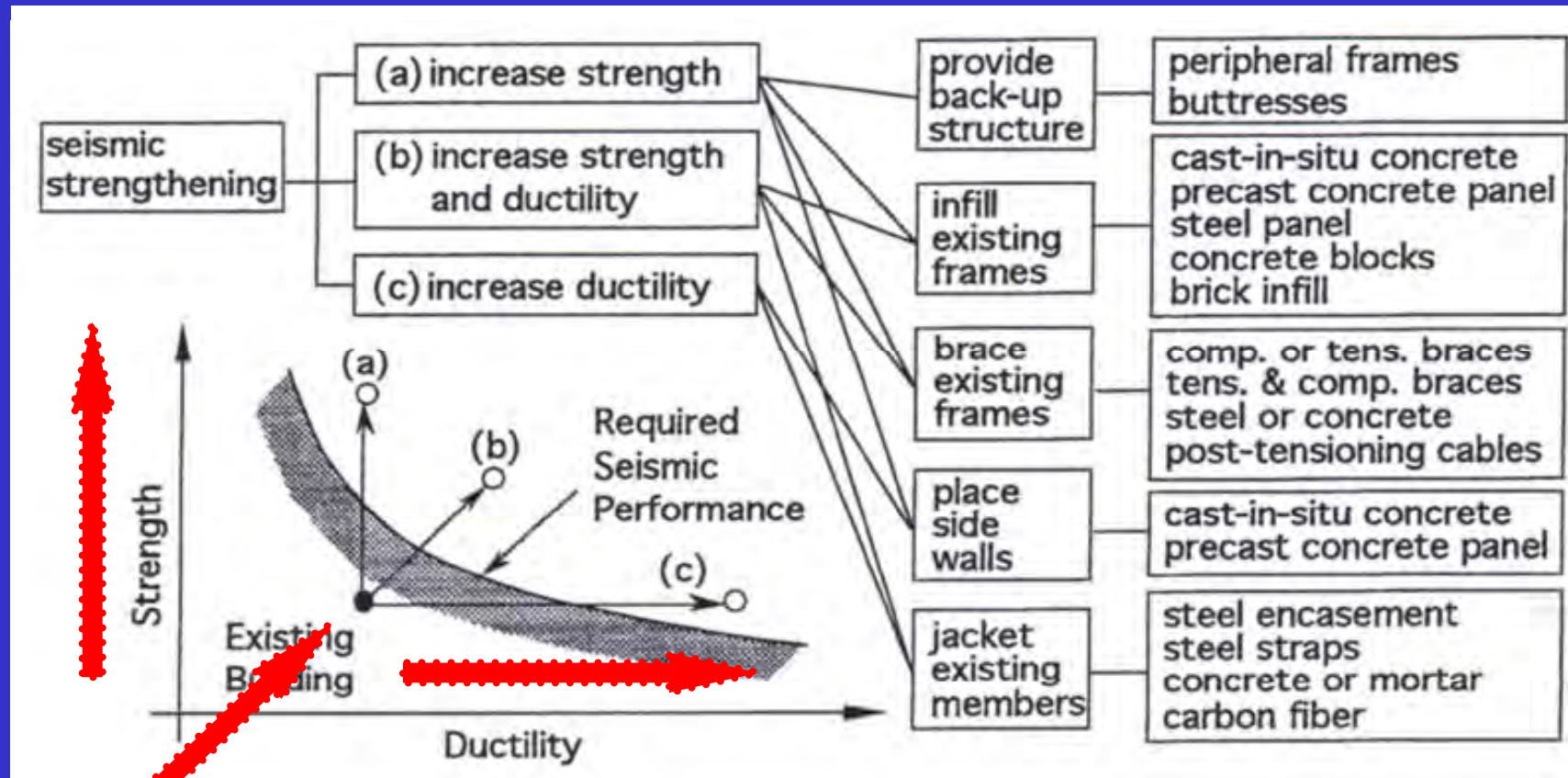
atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente, pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle presenti norme;

✓ 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.

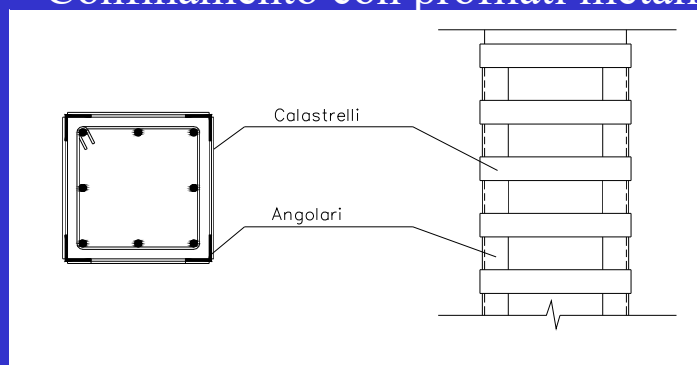
Strategie di adeguamento sismico



TECNICHE DI ADEGUAMENTO SISMICO

Tecniche di intervento locale

- Incremento di sezione ed armature
- Confinamento con profilati metallici



- Confinamento con FRP

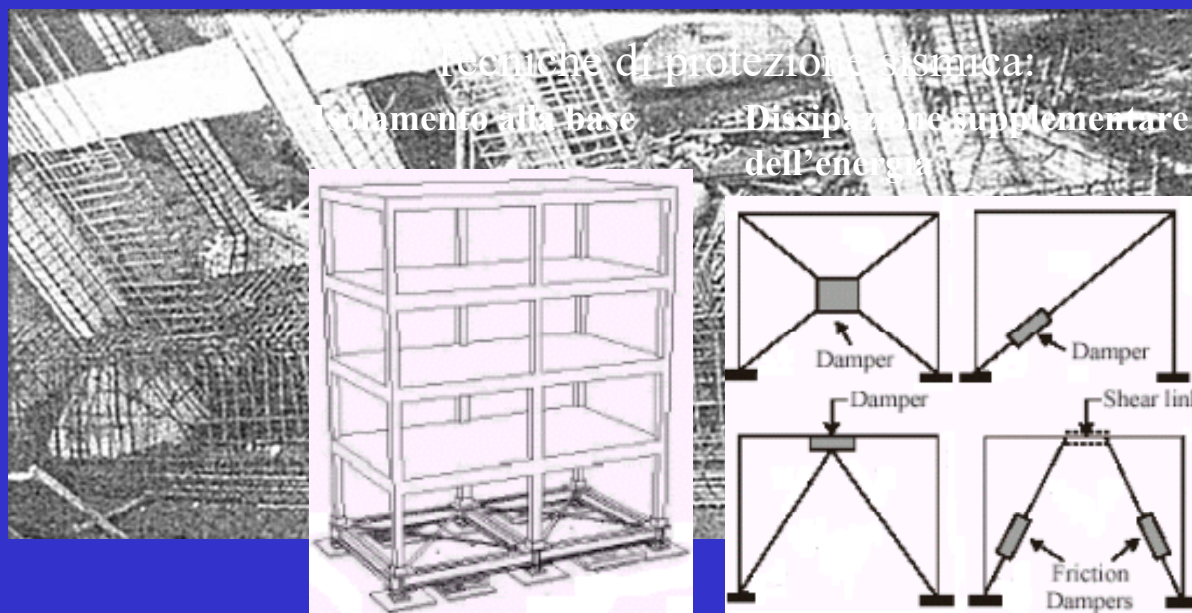


Tecniche di intervento globale

- Inserimento di controventi metallici



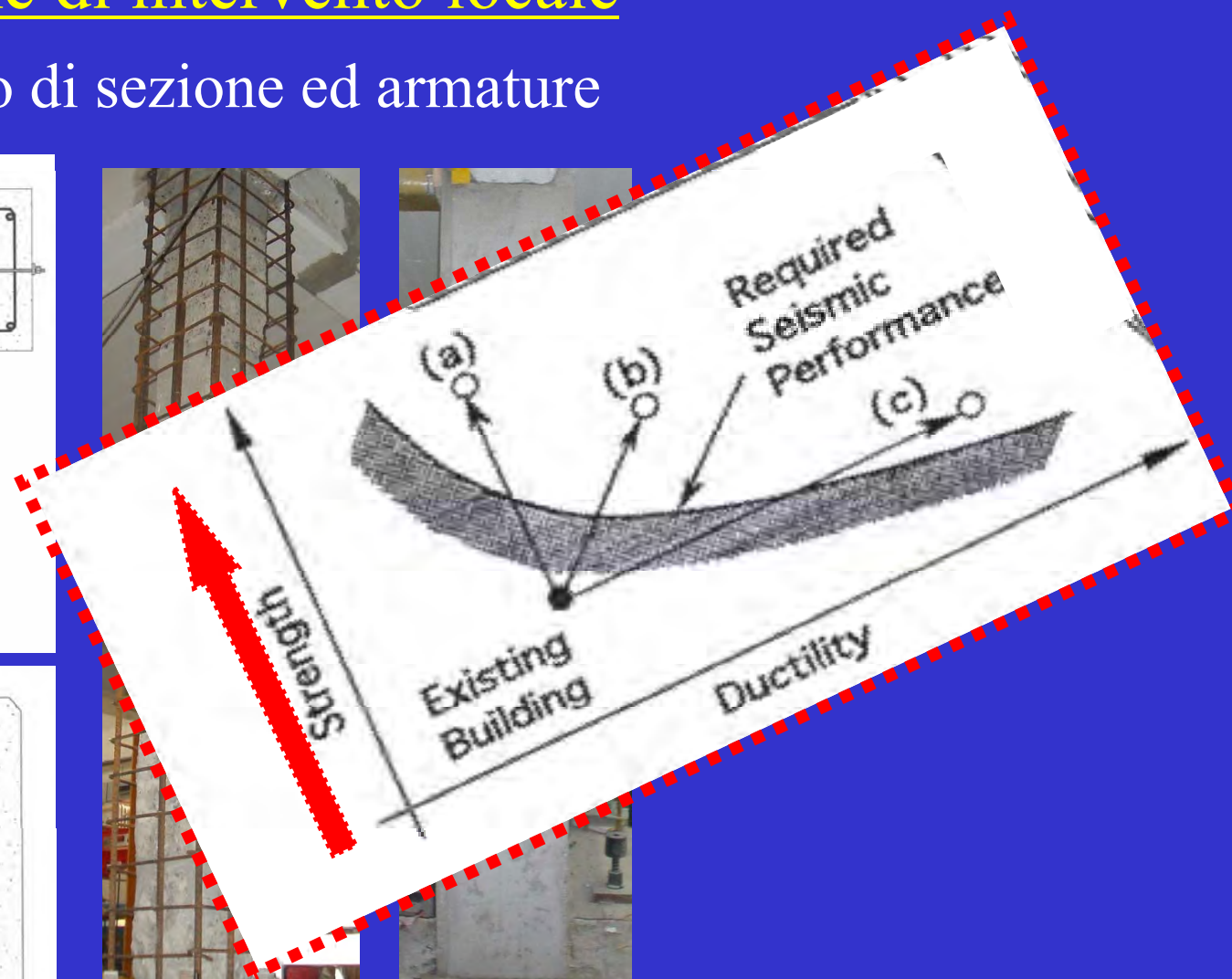
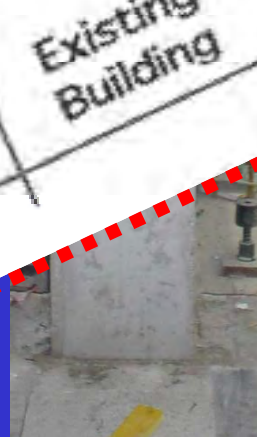
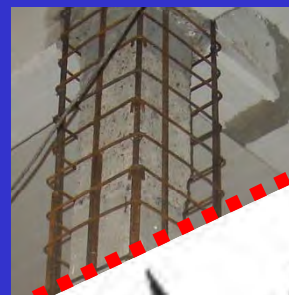
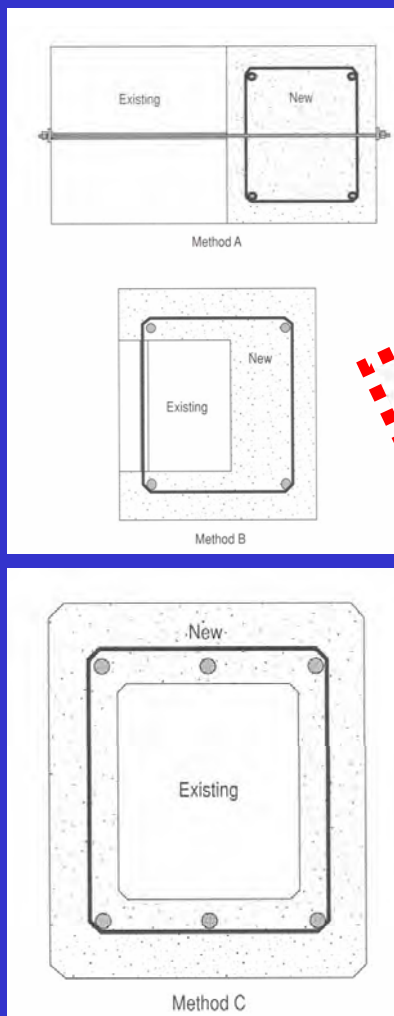
- Inserimento di pareti sismoresistenti



TECNICHE DI ADEGUAMENTO SISMICO

Tecniche di intervento locale

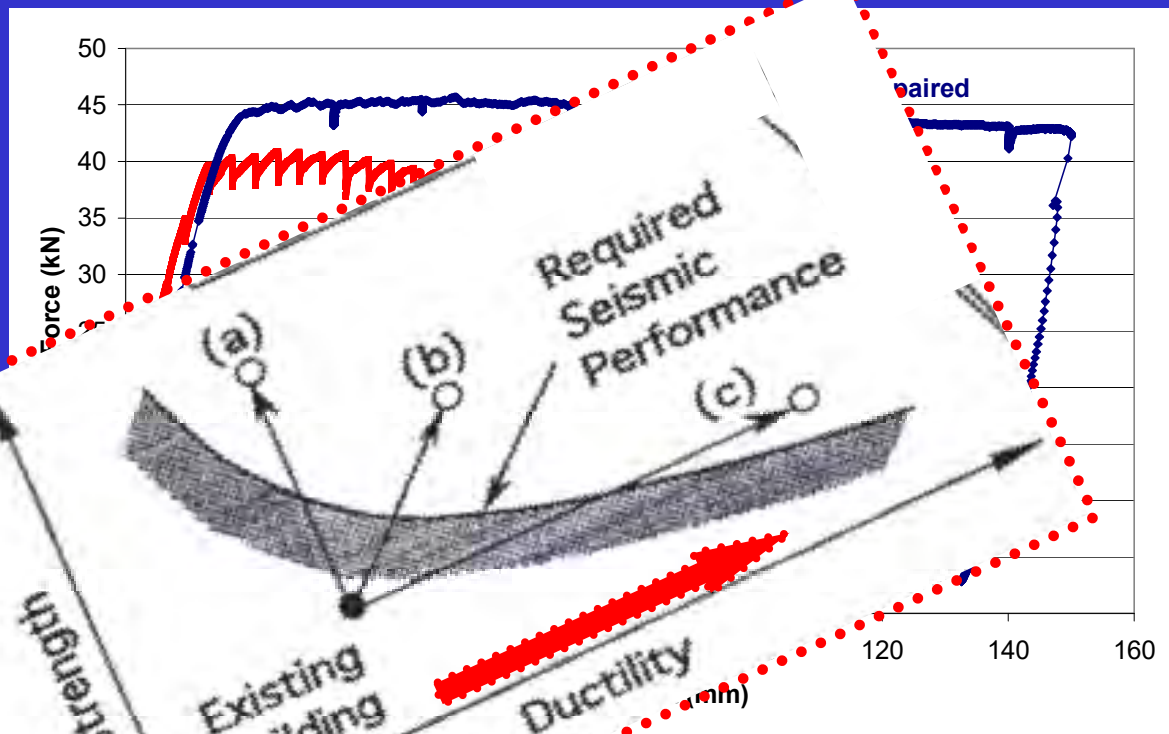
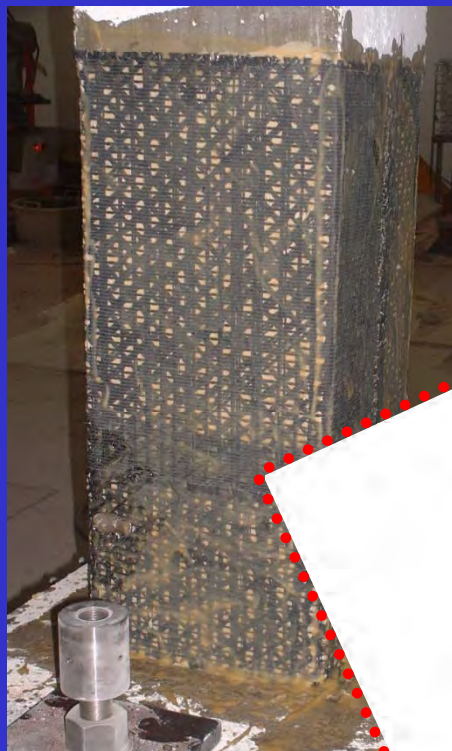
- Incremento di sezione ed armature



TECNICHE DI ADEGUAMENTO SISMICO

Tecniche di intervento locale

- Confinamento con FRP



TECNICHE DI ADEGUAMENTO SISMICO

Tecniche di intervento locale

- Confinamento con profilati metallici
- Confinamento e rinforzo

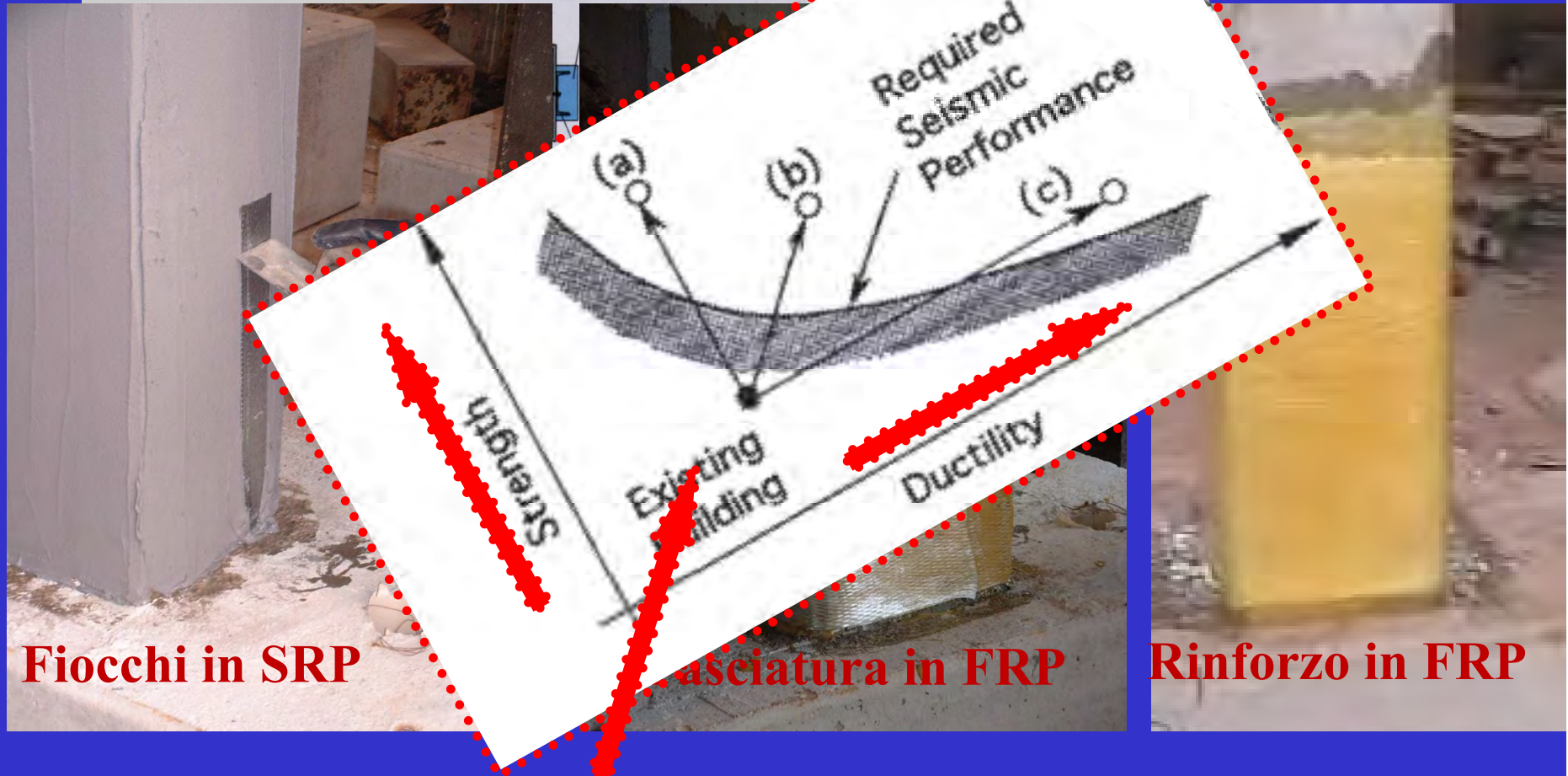




TECNICHE DI ADEGUAMENTO SISMICO

Tecniche di intervento locale

- Confinamento con profilati metallici
- Confinamento e rinforzo con FRP













STRATEGIE DI ADEGUAMENTO SISMICO: TECNICHE DI INTERVENTO INNOVATIVE

- **Adeguamento sismico con FRP**

In quanto selettiva, la strategia di intervento con FRP deve essere ispirata ai seguenti principi:

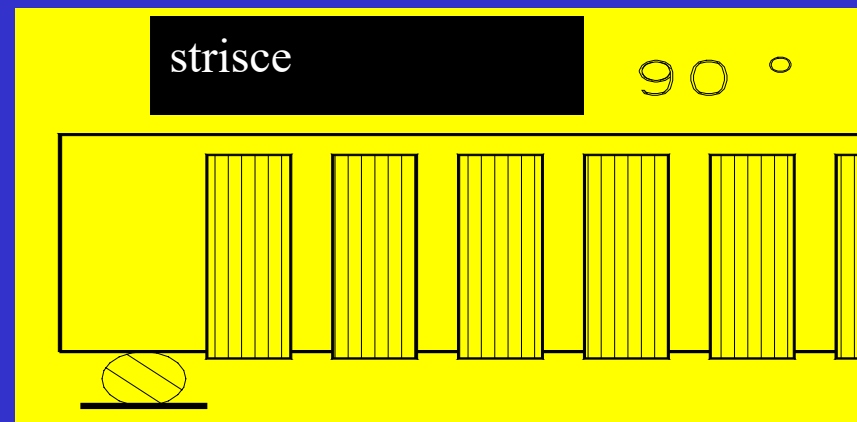
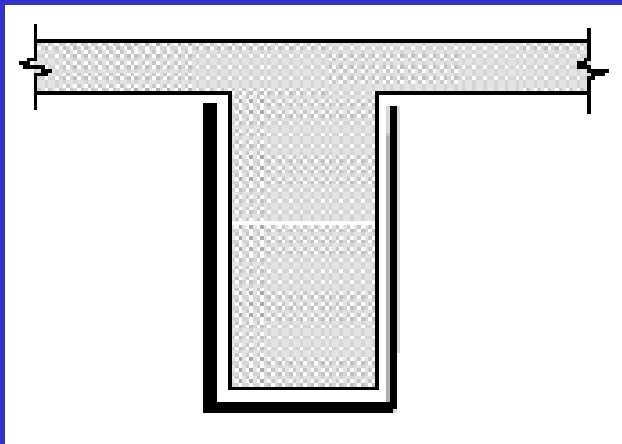
- **eliminazione di tutti i meccanismi di collasso di tipo fragile;**
- eliminazione di tutti i meccanismi di collasso di piano (“piano soffice”);
- miglioramento della capacità deformativa globale della struttura conseguibile in uno dei seguenti modi:
 - incrementando la duttilità delle potenziali cerniere plastiche senza variarne la posizione;
 - rilocalizzando le potenziali cerniere plastiche nel rispetto del criterio della gerarchia delle resistenze.

STRATEGIE DI ADEGUAMENTO SISMICO: TECNICHE DI INTERVENTO INNOVATIVE

- Adeguamento sismico con FRP

Elementi e meccanismi fragili

Taglio : sono consentite configurazioni ad U o in avvolgimento.

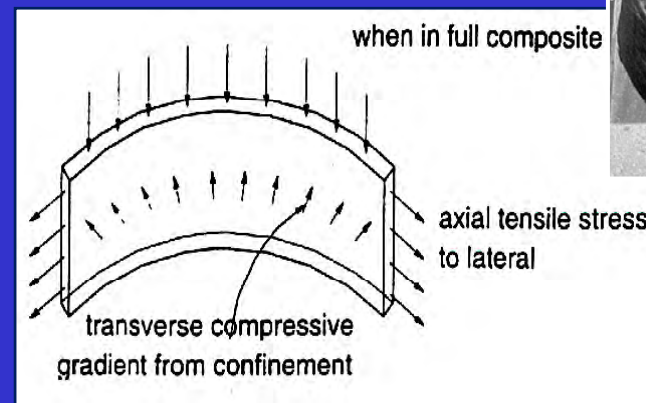
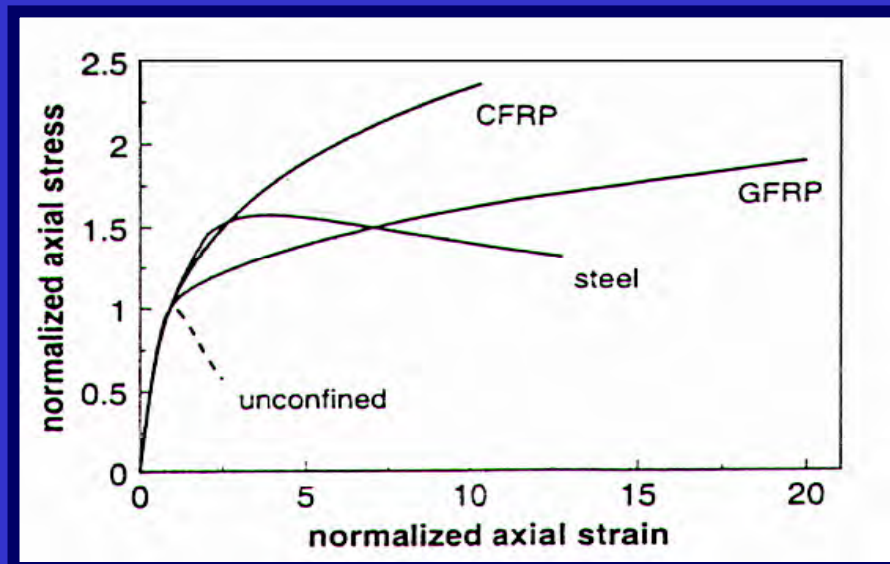


STRATEGIE DI ADEGUAMENTO SISMICO: TECNICHE DI INTERVENTO INNOVATIVE

- Adeguamento sismico con FRP

Elementi e meccanismi fragili

Zone di sovrapposizione : il pericolo di scorrimento delle giunzioni per aderenza nei pilastri, può essere eliminato mediante l'applicazione di una fasciatura di confinamento in FRP.



**sfilamento armatura
ancoraggi insufficienti**



1999 North Athens, Greece

STRATEGIE DI ADEGUAMENTO SISMICO: TECNICHE DI INTERVENTO INNOVATIVE

- **Adeguamento sismico con FRP**

Elementi e meccanismi fragili

Svergolamento delle barre longitudinali : il pericolo di svergolamento delle barre longitudinali di armatura, può essere eliminato mediante l'applicazione di una fasciatura di confinamento in FRP.



Kobe 1995

STRATEGIE DI ADEGUAMENTO SISMICO: TECNICHE DI INTERVENTO INNOVATIVE

- Adeguamento sismico con FRP

Elementi e meccanismi fragili

Nodi

- Il calcolo dell'incremento di resistenza a trazione conseguibile nei pannelli dei nodi non confinati va eseguito tenendo conto del contributo dell'FRP nella direzione delle tensioni principali di trazione e limitando la massima deformazione di quest'ultimo al valore del 4%. L'intervento risulterà efficace solo se le estremità del rinforzo sono perfettamente ancorate, attraverso l'adozione di opportuni particolari costruttivi.

In caso contrario il rinforzo non può essere considerato come efficace.



Turchia, Agosto 1999



*Elsa-Jrc, telaio in scala reale:
rinforzo con CFRP del nodo trave-pilastro*



Intervento locale sui nodi trave-pilastro non confinati con utilizzo di materiali compositi (FRP)



Alberto Balsamo - Università di Napoli “Federico II”



Riparazione e miglioramento con utilizzo di CFRP di un edificio in c.a. danneggiato con sisma controllato di progetto con prova pseudodinamica

Laboratorio Europeo per le Verifiche Strutturali Elsa - Ispra (VA)



Elsa
JRC



A. Balsamo - Università di Napoli "Federico II"

A. Colombo - ELSA

G. Manfredi - Università di Napoli "Federico II"

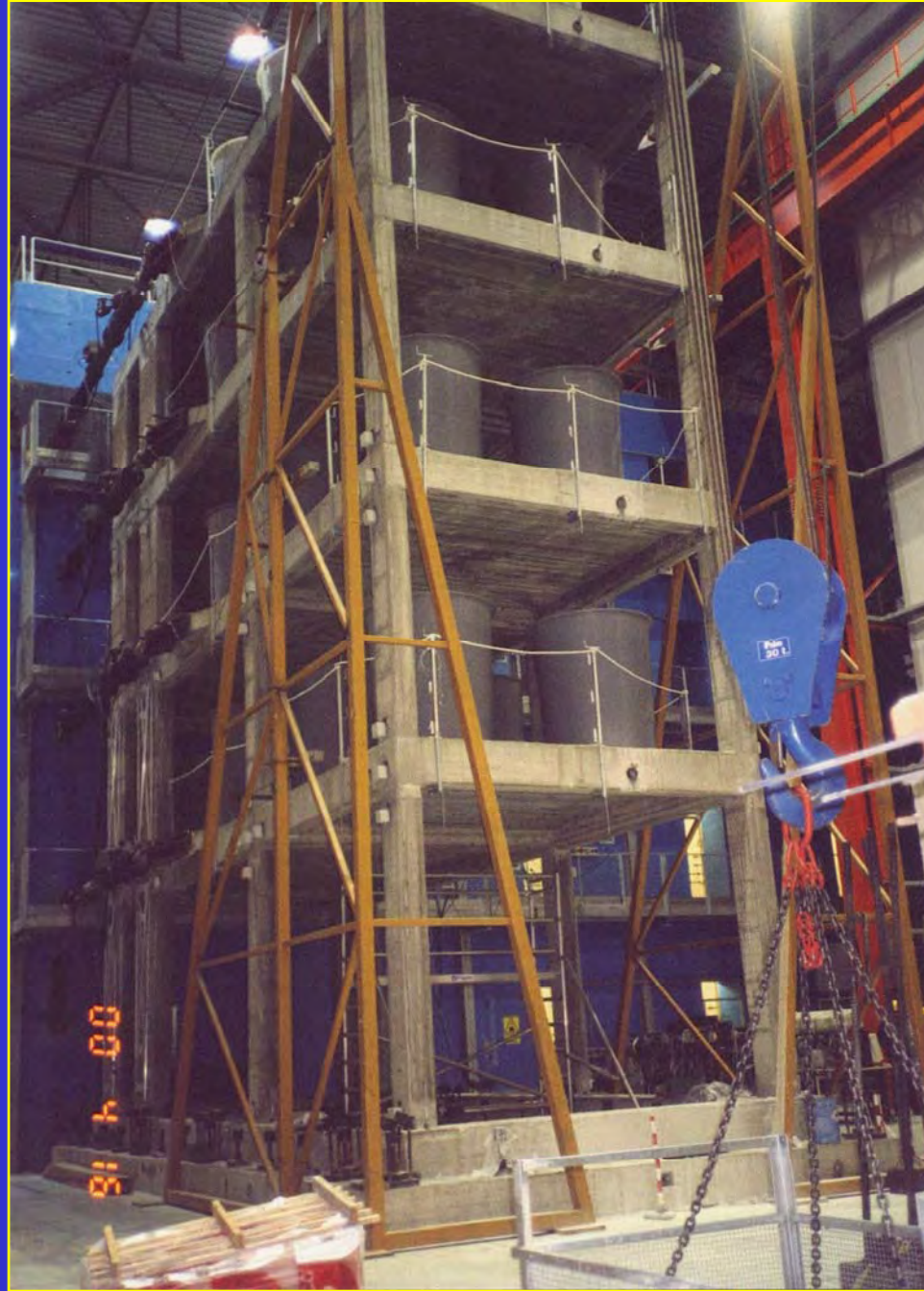
P. Negro - ELSA



Alberto Balsamo - Università di Napoli "Federico II"



Elsa-JRC





Elsa-JRC





*rinforzo con CFRP del nodo trave-pilastro :
vista d'insieme finale*





TELAIO RIPARATO

Alberto Balsamo - Università di Napoli "Federico II"

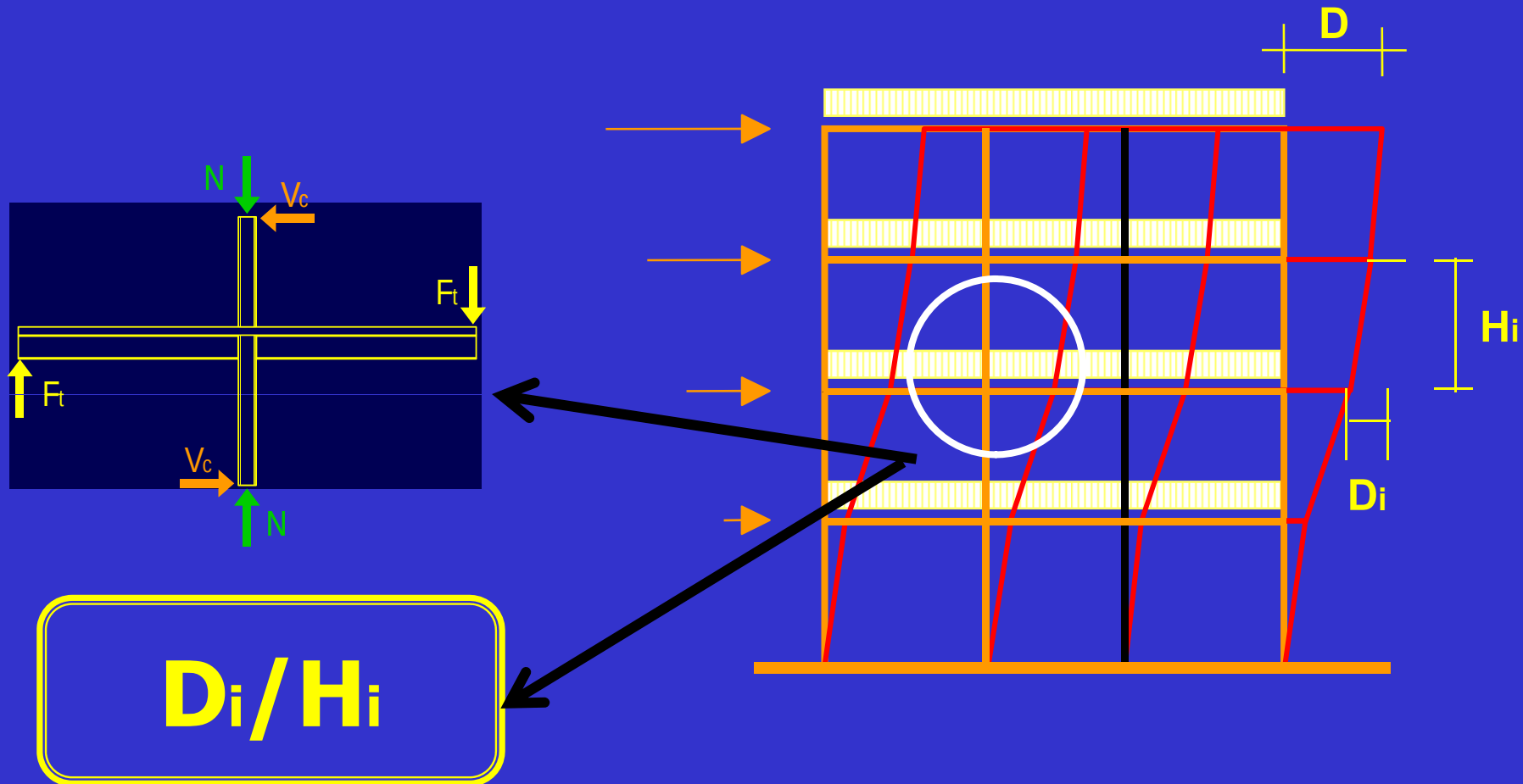


Elsa-JRC



TEST IN SCALA REALE SU UN TELAIO RIPARATO CON MATERIALI COMPOSITI

MISURA DELLA CAPACITÀ DI SPOSTAMENTO



- ✓ Il massimo drift passa da 0.8% a 1.3%
- ✓ Il periodo passa da 0.8 a 1.0 sec

La Struttura Spear



- Edificio di **tre piani** progettato per **solli carichi verticali**
- Progettato secondo le indicazioni della Normativa Greca utilizzata dal **1954 al 1995**
- Struttura regolare in elevazione ma **doppiamente non simmetrica in pianta**
- Telai a 2 campate con luci da 3 a 6 m











Confinamento delle colonne

8 Colonne quadrate:

2 strati GFRP uniassiale

1° Piano: Testa: h= 60 cm

Piede: h=77cm

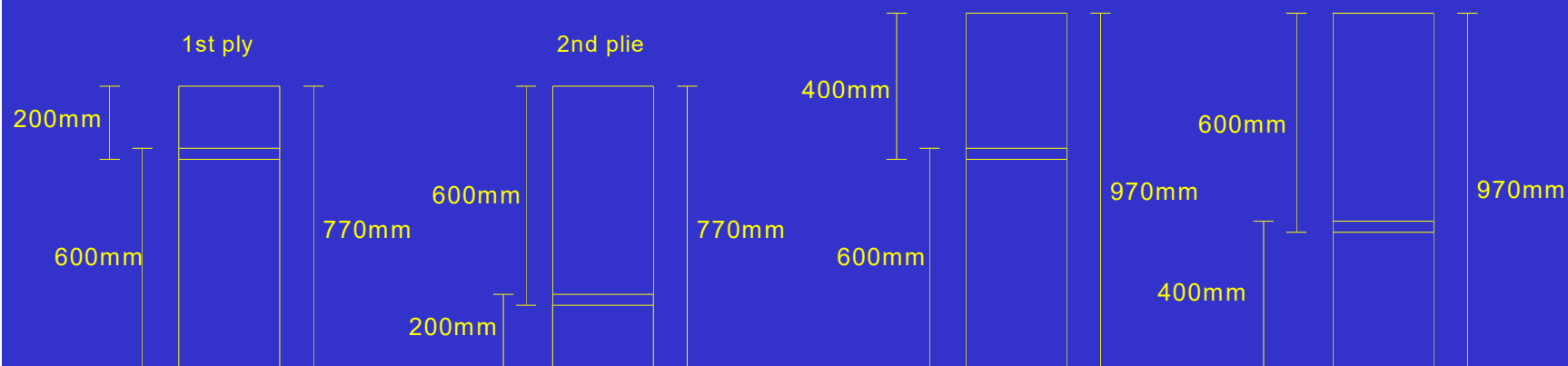
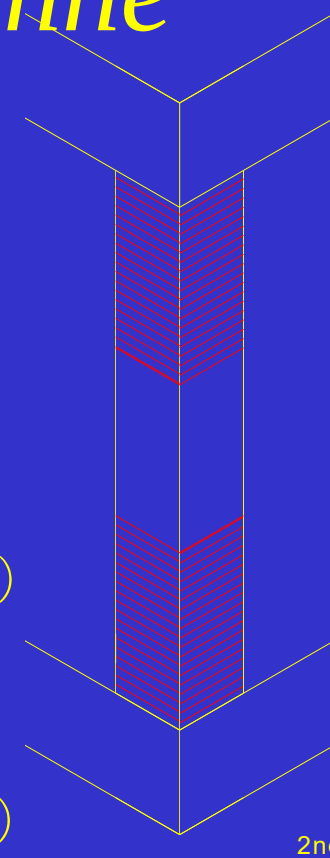
(60+20cm sovrapposizione: 3 cm)

C8 h=97cm (70+20cm sovrapposizione 3 cm)

2° e 3° Piano : Testa: h= 60 cm

Piede h=60cm

C8 h=77cm (60+20cm sovrapposizione: 3 cm)



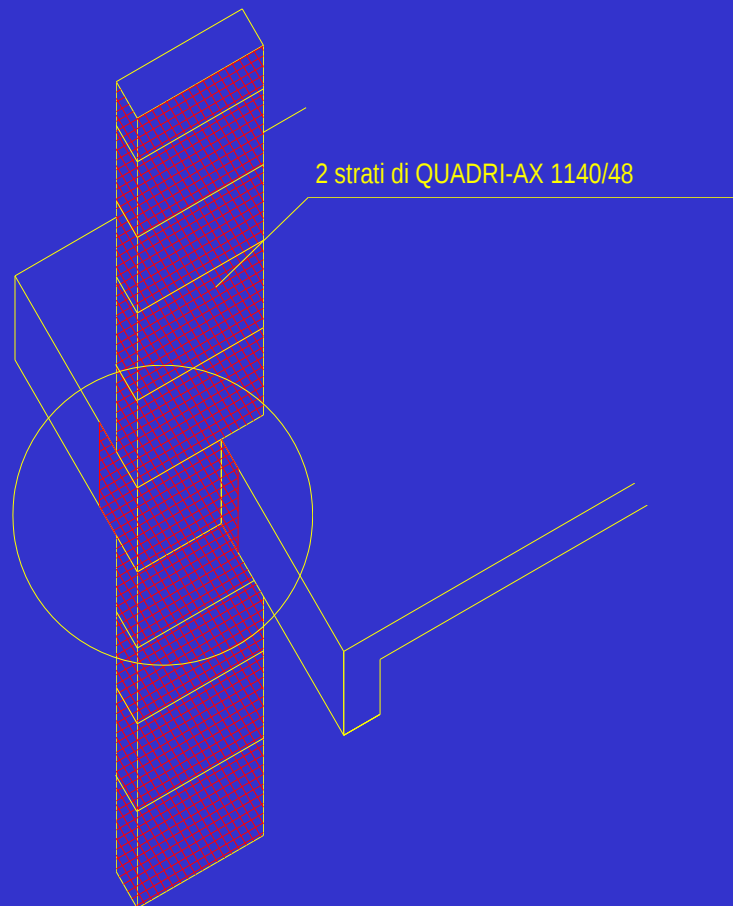
Strutture in cemento armato

Rinforzo a taglio colonna rettangolare

Rinforzo colonna C6:

Fasciatura a tutta altezza, 2 strati di tessuto quadriassiale con sovrapposizione tra le fasce di 3 cm

Alberto Balsamo - Università di Napoli "Federico II"



Strutture in cemento armato

Rinforzo a taglio nodi d'angolo

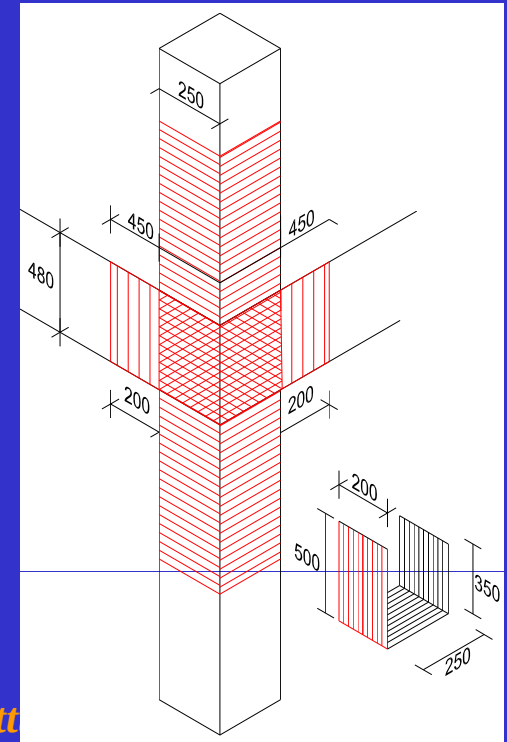
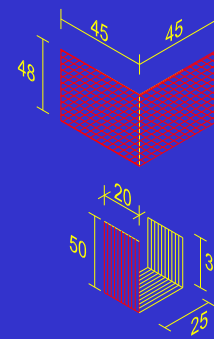
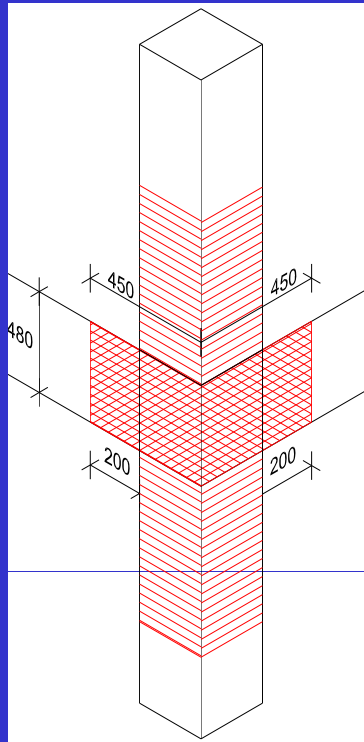
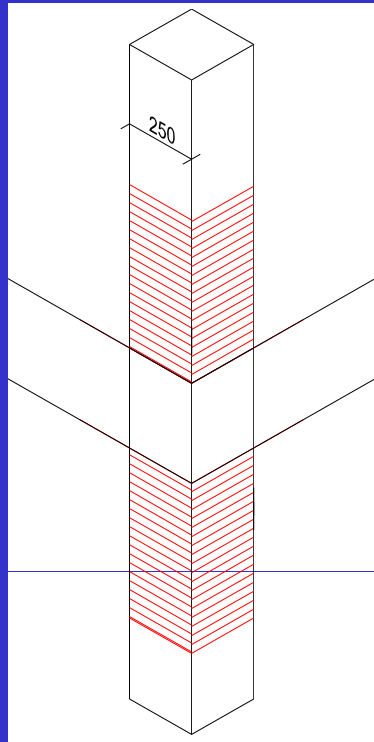
Rinforzo nodi di vertice C2 C5 C7 C8:

2 strati di tessuto

Quadriassiale + U-wrap unidirezionale (rinforzo a taglio trave)



a) Rinforzo del nodo b) Pannello di nodo c) U-wrap trave



Strutt

Struttura Rinforzata

Alberto Balsamo - Università di Napoli "Federico II"

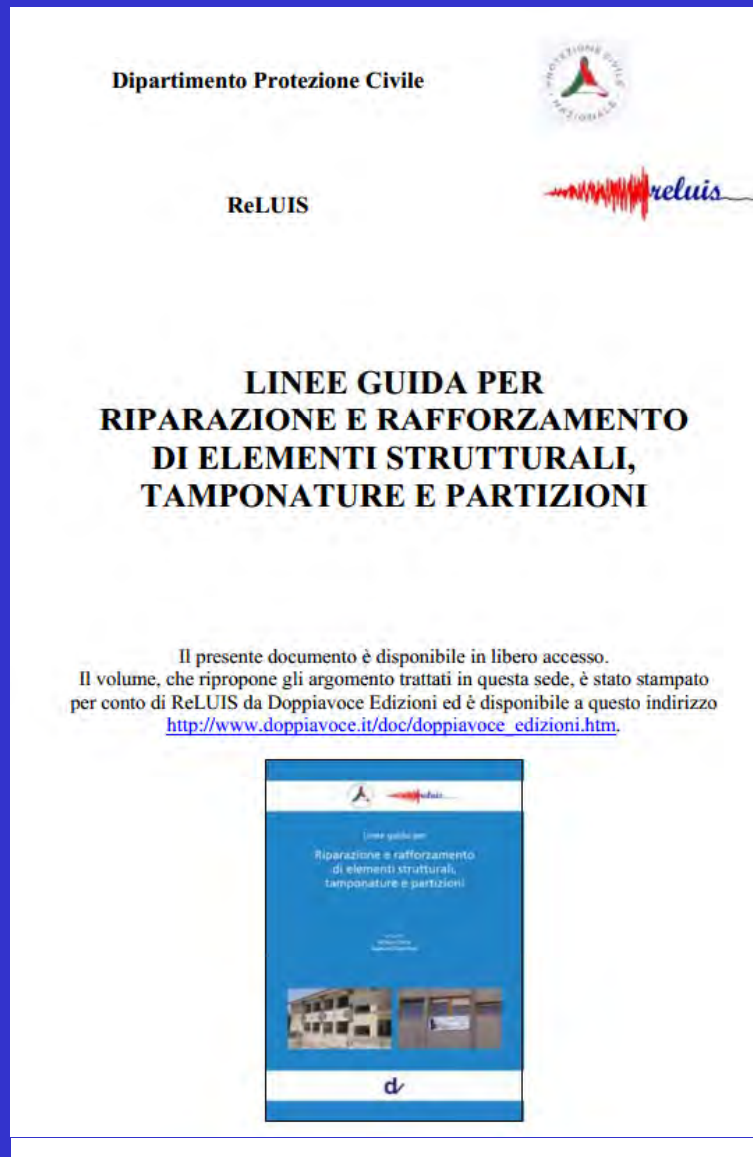


Strutture in cemento armato









Gruppo di lavoro

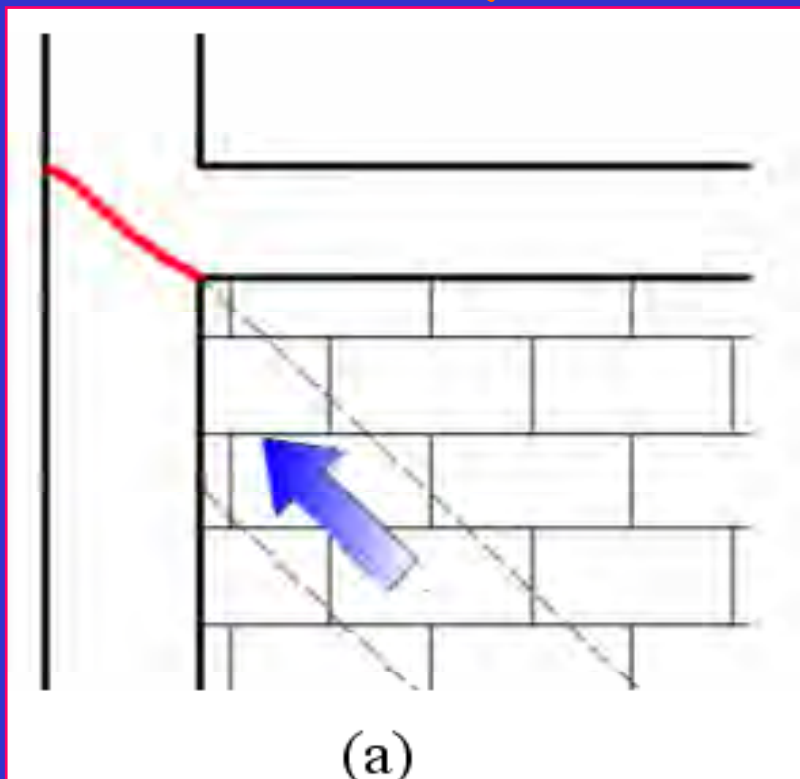
Mauro Dolce
Giacomo Di Pasquale
Claudio Moroni



Gaetano Manfredi
Andrea Prota
Alberto Balsamo
Ivano Iovinella

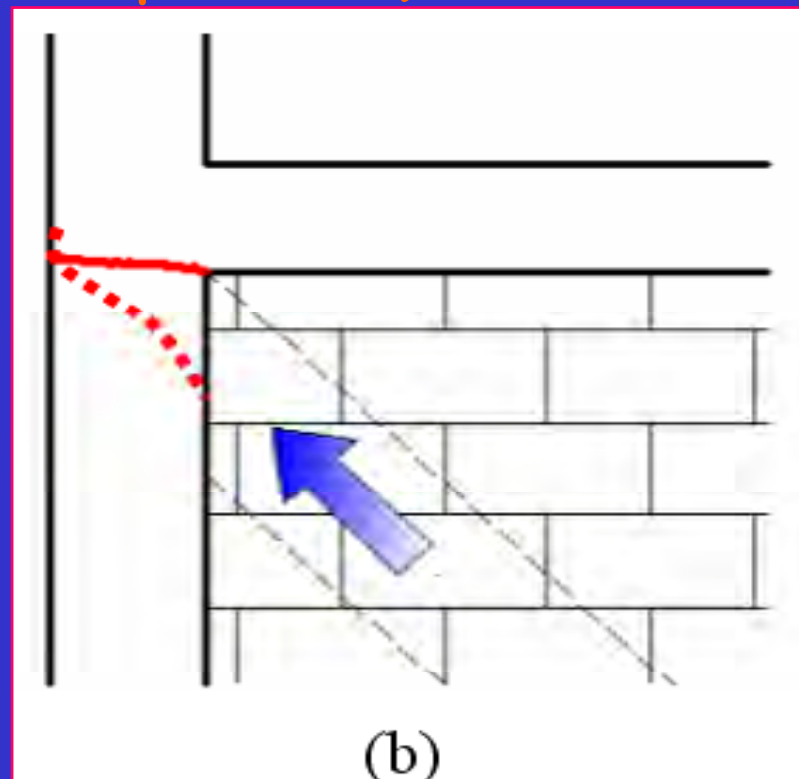


Rappresentazione schematica del meccanismo di crisi del nodo
trave-pilastro dovuto all'azione di taglio della tamponatura
(Modello di "Puntone Equivalente")



(a)

a) Lesione diagonale del pannello



(b)

b) Lesione pseudo-orizzontale
all'attacco pilastro-pannello
di nodo e/o diagonale nel
pilastro in prossimità
dell'attacco al nodo

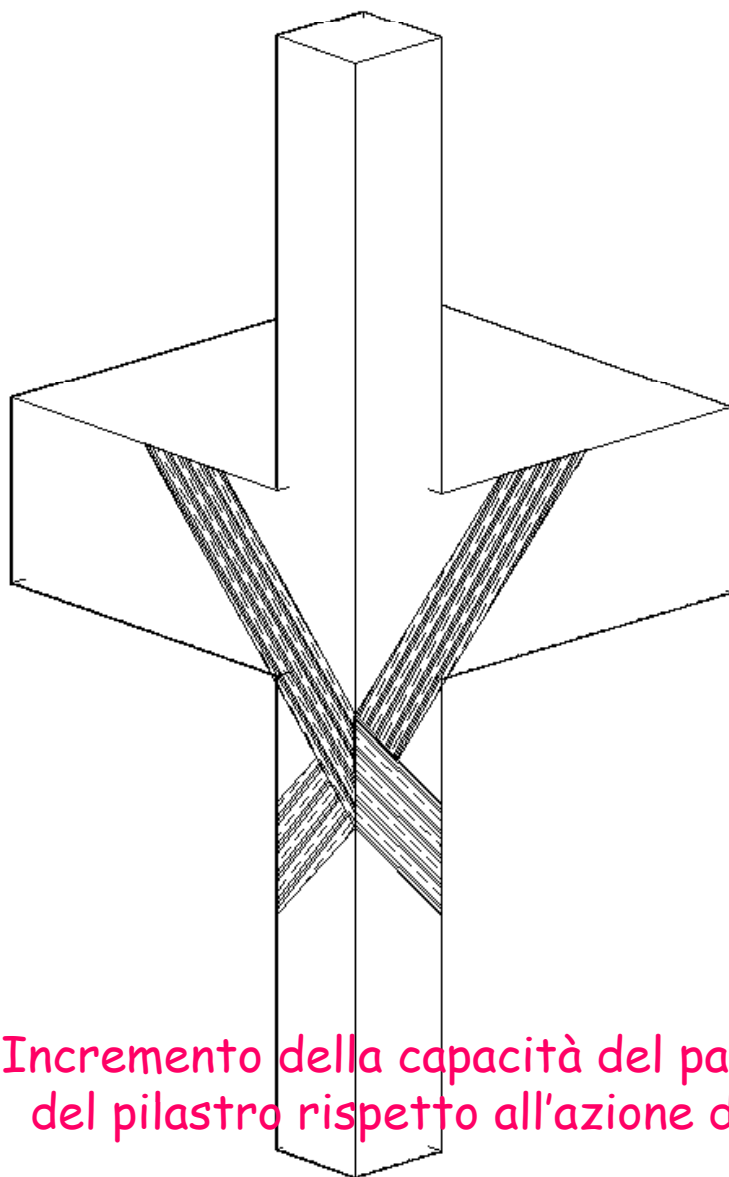


Intervento locale sui nodi trave-pilastro non confinati con utilizzo di materiali compositi (FRP)

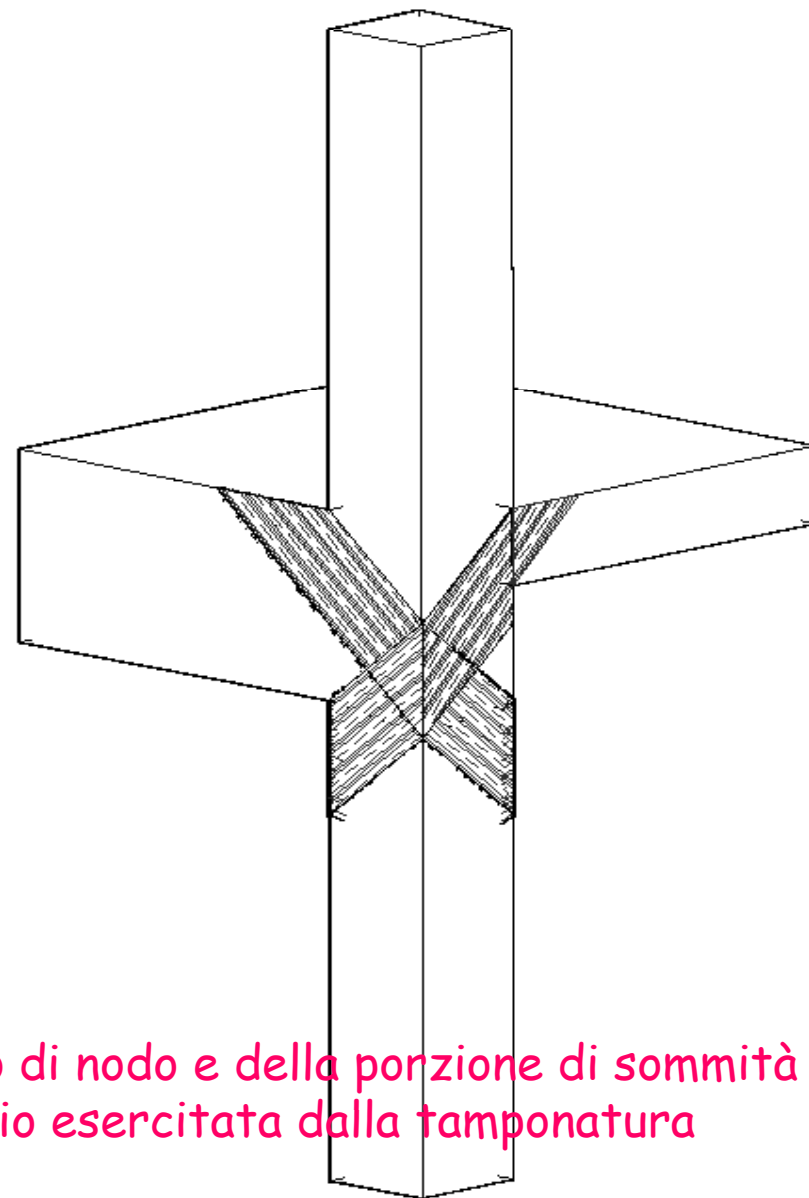
- A) Incremento della capacità del pannello di nodo e della porzione di sommità del pilastro rispetto all'azione di taglio esercitata dalla tamponatura
- B) Incremento della resistenza a taglio del pannello di nodo
- C) Confinamento delle estremità dei pilastri
- D) Incremento della resistenza a taglio delle estremità delle travi

Intervento locale sui nodi trave-pilastro non confinati con utilizzo di materiali compositi (FRP)

Alberto Balsamo - Università di Napoli "Federico II"

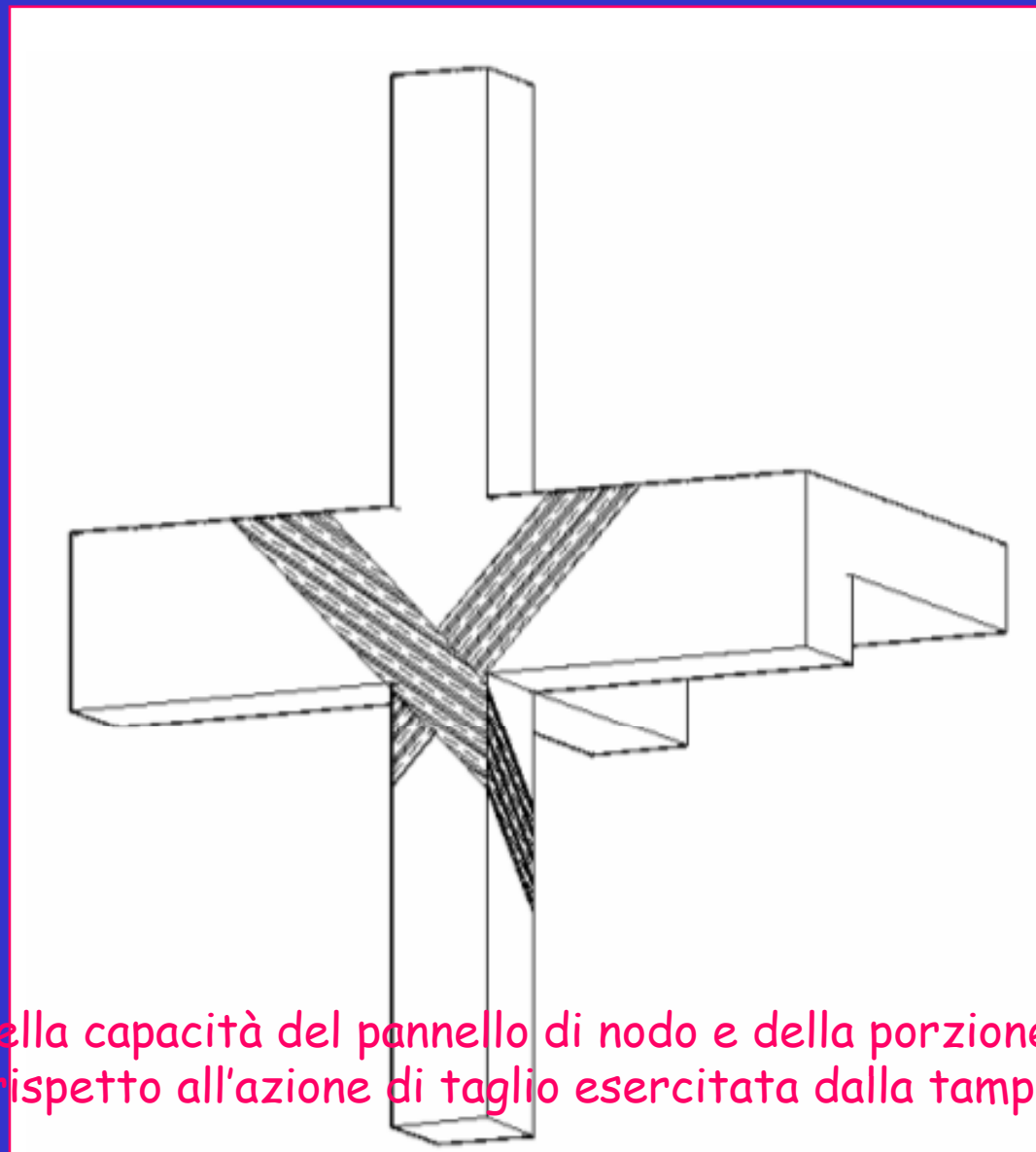


A) Incremento della capacità del pannello di nodo e della porzione di sommità del pilastro rispetto all'azione di taglio esercitata dalla tamponatura



- Fasce diagonali in tessuto metallico uniassiale su nodo d'angolo

Intervento locale sui nodi trave-pilastro non confinati con utilizzo di materiali compositi (FRP)



A) Incremento della capacità del pannello di nodo e della porzione di sommità del pilastro rispetto all'azione di taglio esercitata dalla tamponatura

- Fasce diagonali in tessuto metallico uniassiale su nodo intermedio

Intervento locale sui nodi trave-pilastro non confinati con utilizzo di materiali compositi (FRP)

A) Incremento della capacità del pannello di nodo e della porzione di sommità del pilastro rispetto all'azione di taglio esercitata dalla tamponatura

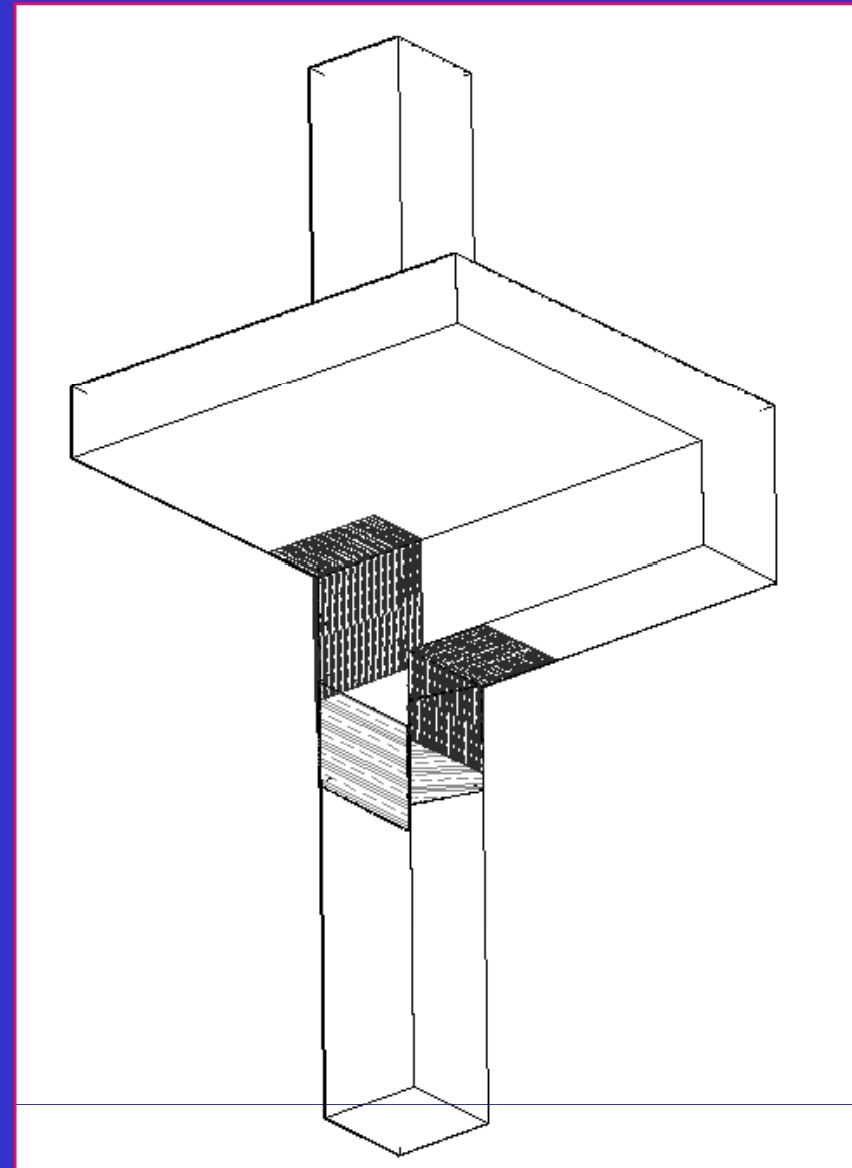
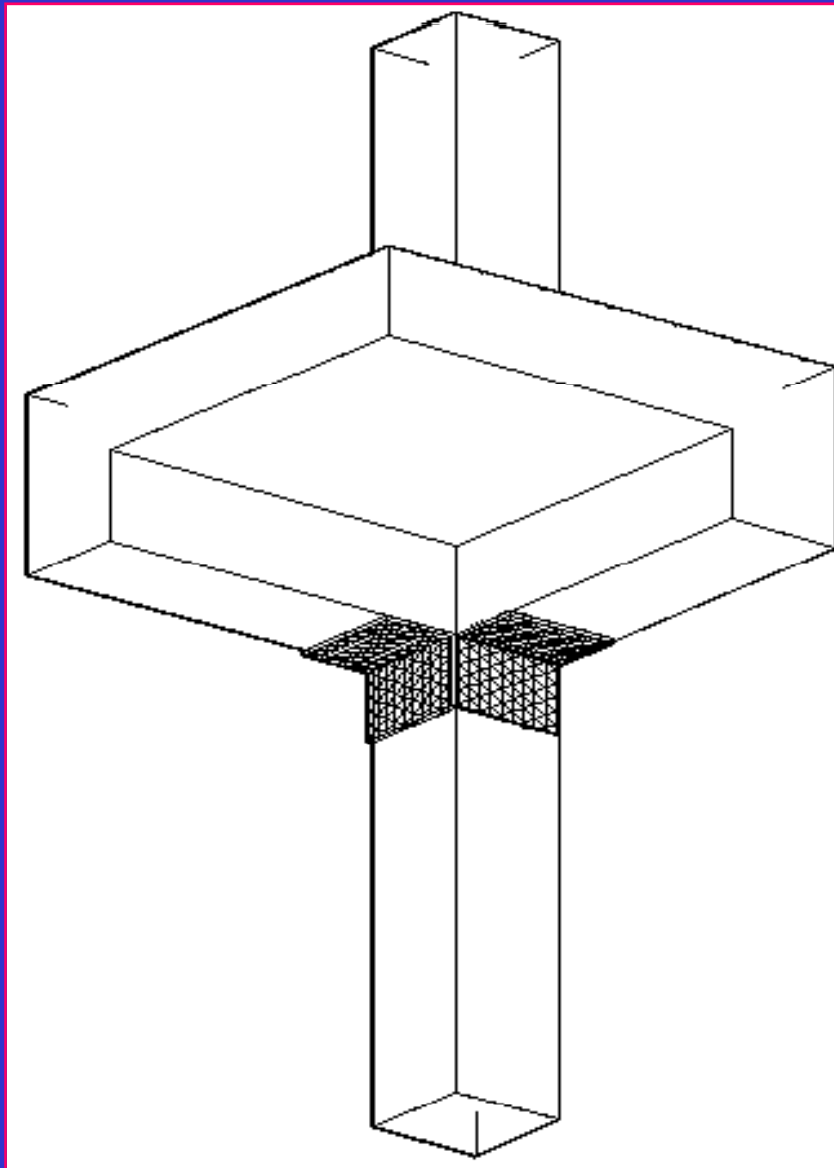
Alberto Balsamo - Università di Napoli "Federico II"



- Fasce diagonali in tessuto metallico uniassiale su nodo d'angolo:
Prove di applicazione presso il Laboratorio DIST - UNINA

Intervento locale sui nodi trave-pilastro non confinati con utilizzo di materiali compositi (FRP)

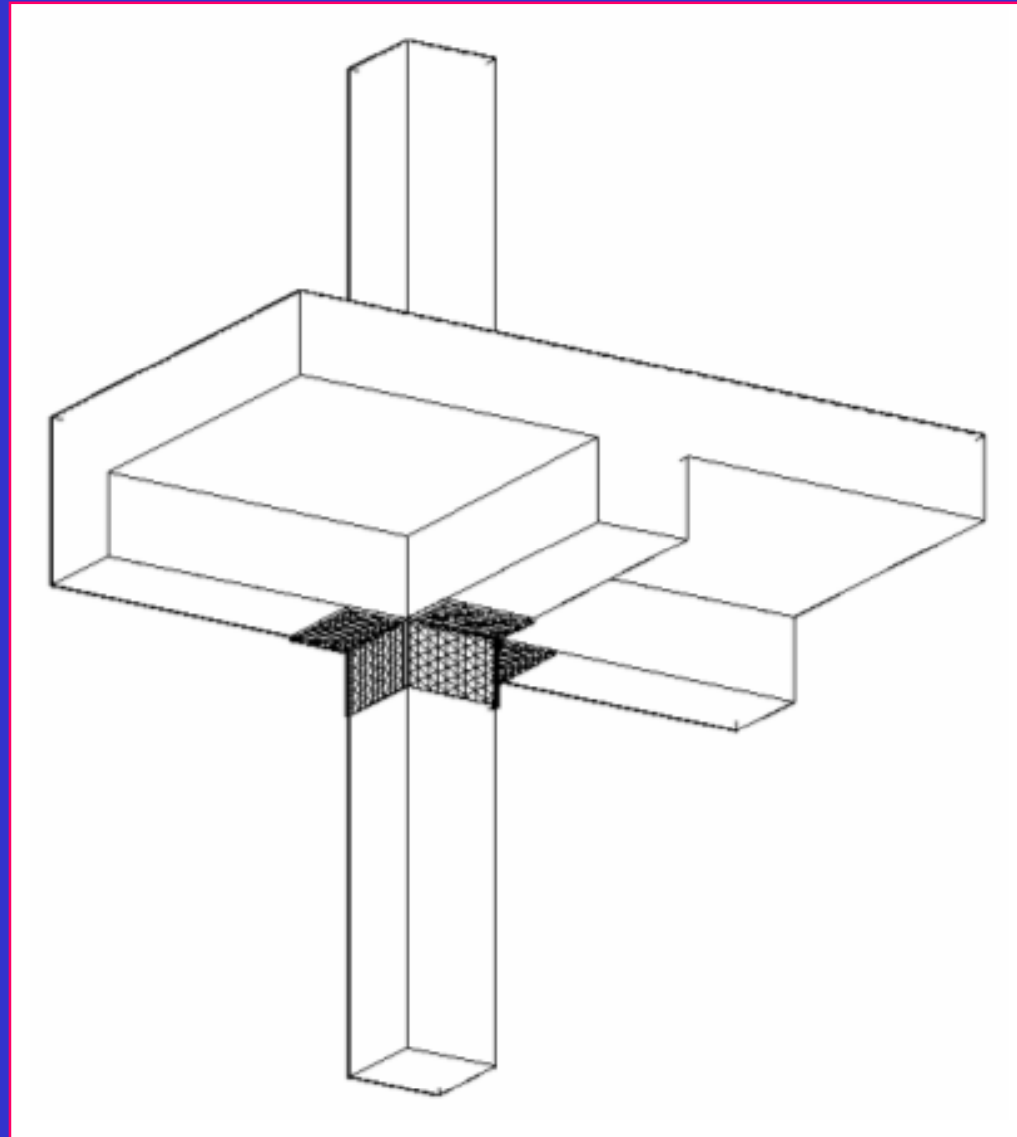
Alberto Balsamo - Università di Napoli "Federico II"



- Fasce ad "L" in tessuto quadriassiale bilanciato in fibra di carbonio su nodo d'angolo

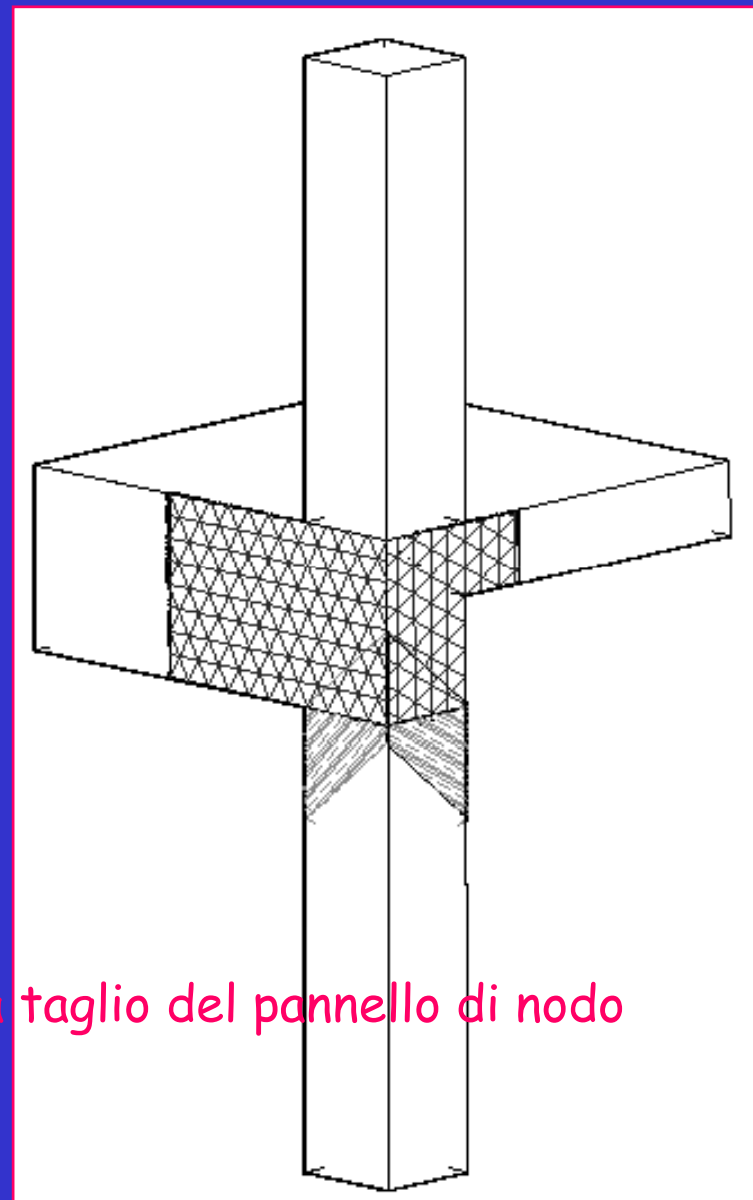
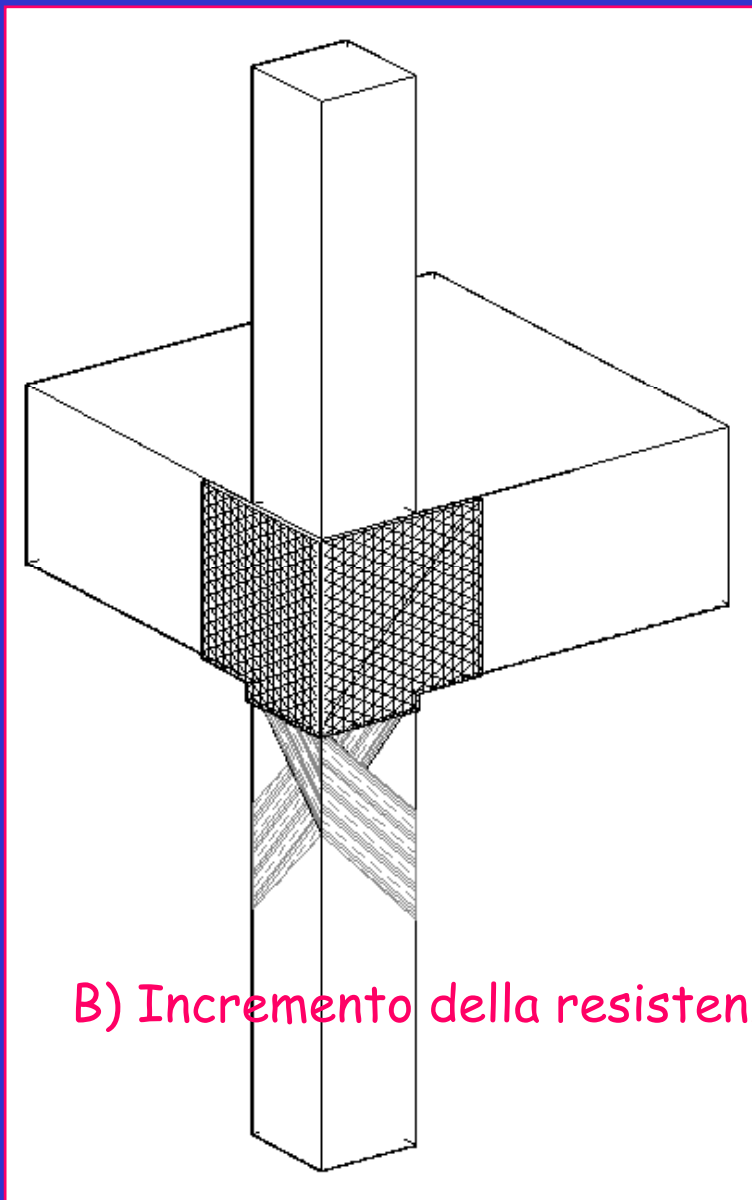
Intervento locale sui nodi trave-pilastro non confinati con utilizzo di materiali compositi (FRP)

Alberto Balsamo - Università di Napoli "Federico II"



- Fasce ad "L" in tessuto quadriassiale bilanciato in fibra di carbonio su nodo intermedio

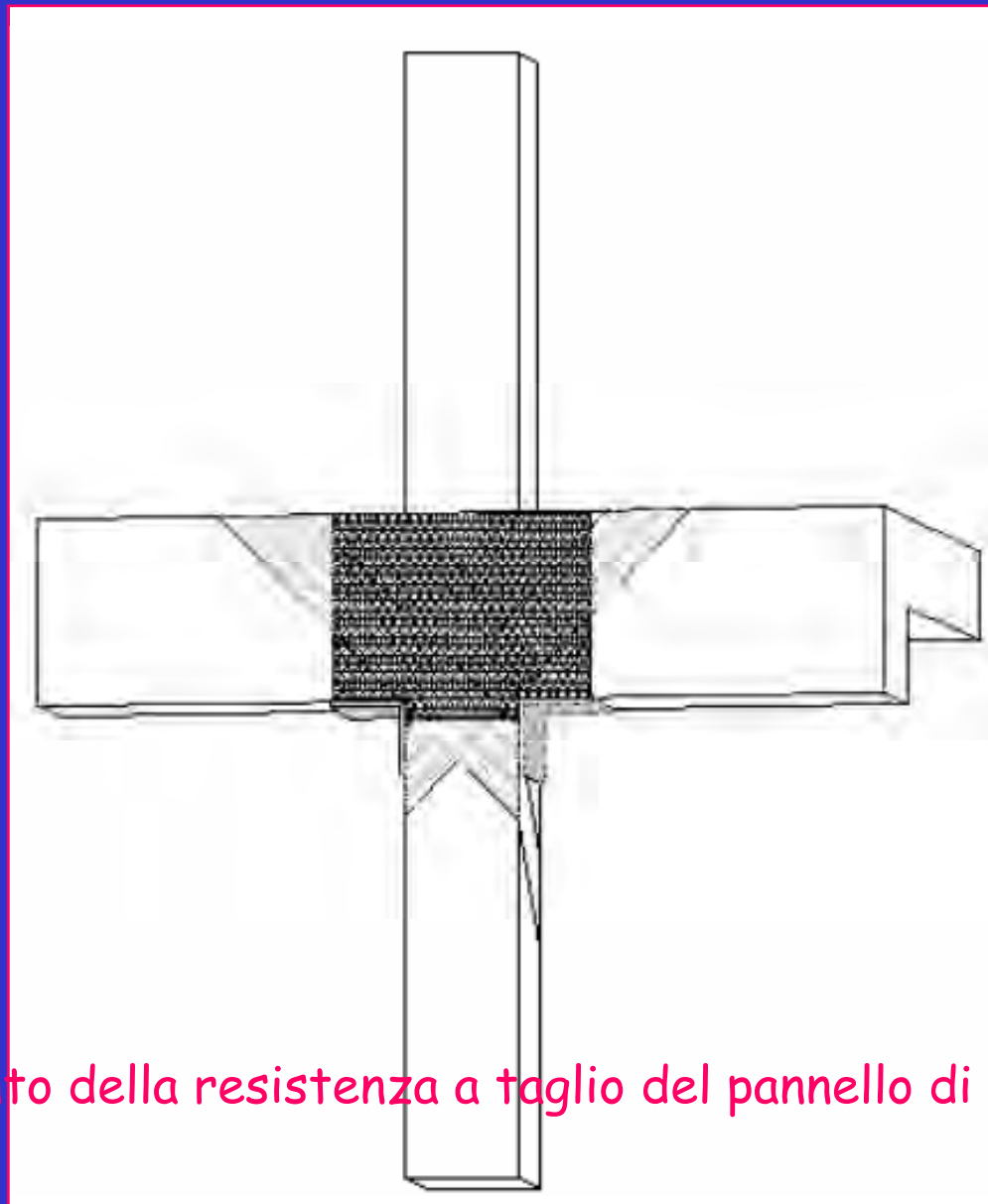
Intervento locale sui nodi trave-pilastro non confinati con utilizzo di materiali compositi (FRP)



B) Incremento della resistenza a taglio del pannello di nodo

- Tessuto quadriassiale bilanciato in fibra di carbonio sul pannello di nodo su nodo d'angolo

Intervento locale sui nodi trave-pilastro non confinati con utilizzo di materiali compositi (FRP)

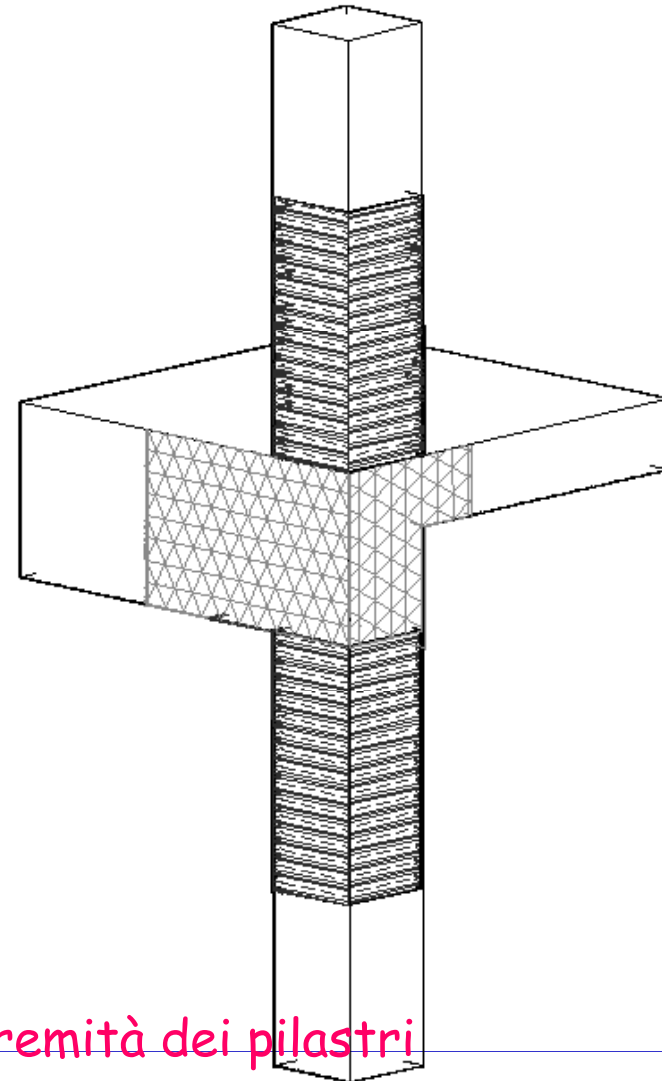
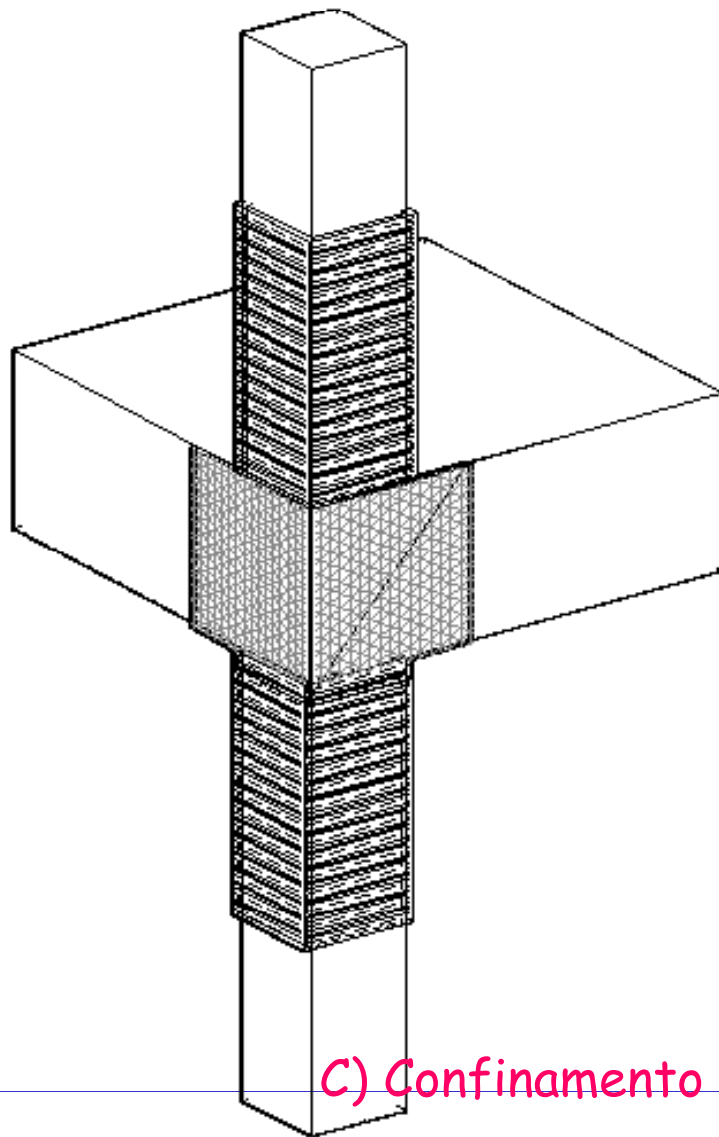


B) Incremento della resistenza a taglio del pannello di nodo

- Tessuto quadriassiale bilanciato in fibra di carbonio sul pannello di nodo su nodo intermedio

Intervento locale sui nodi trave-pilastro non confinati con utilizzo di materiali compositi (FRP)

Alberto Balsamo - Università di Napoli "Federico II"

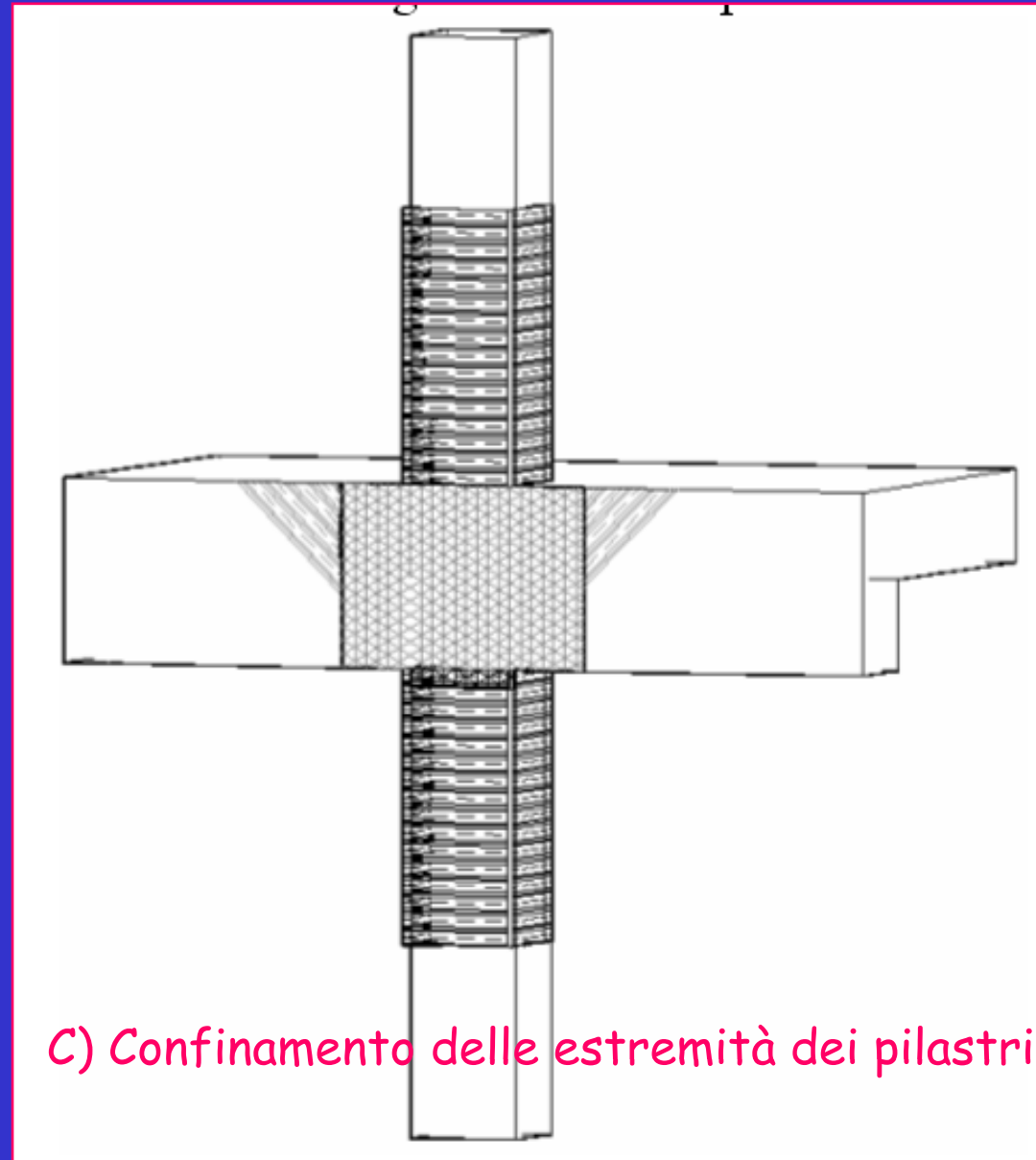


C) Confinamento delle estremità dei pilastri

- Fasce anulari di confinamento in tessuto uniassiale in fibra di carbonio su nodo d'angolo

Intervento locale sui nodi trave-pilastro non confinati con utilizzo di materiali compositi (FRP)

Alberto Balsamo - Università di Napoli "Federico II"

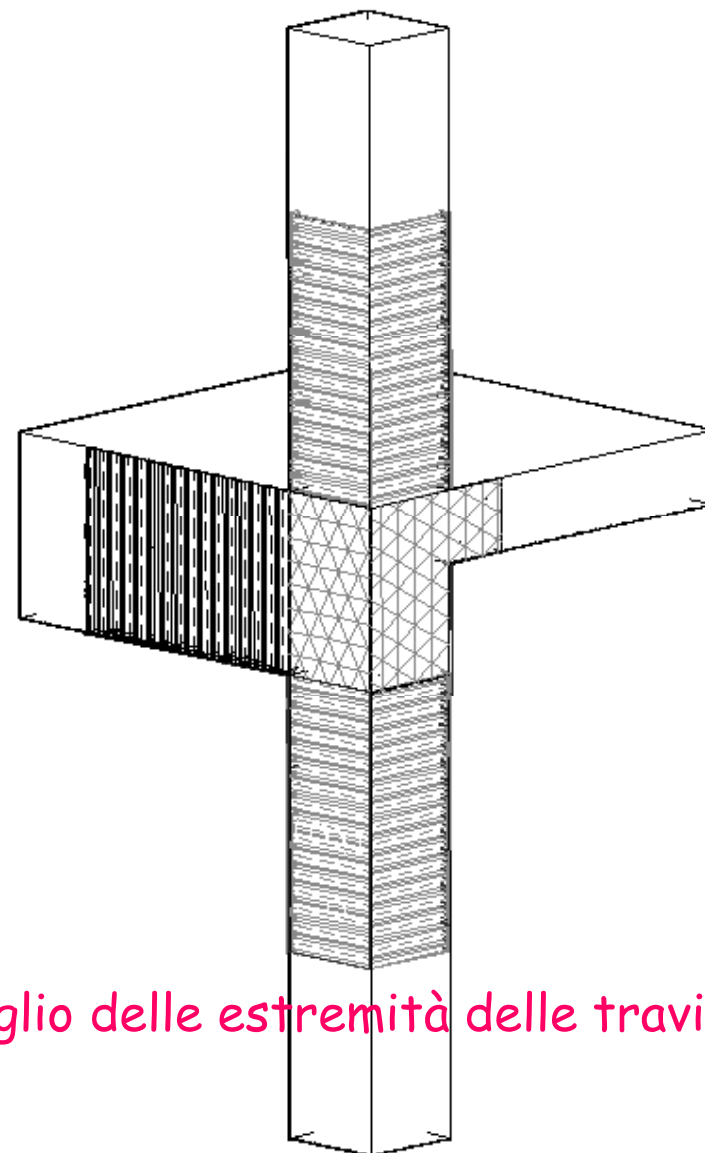
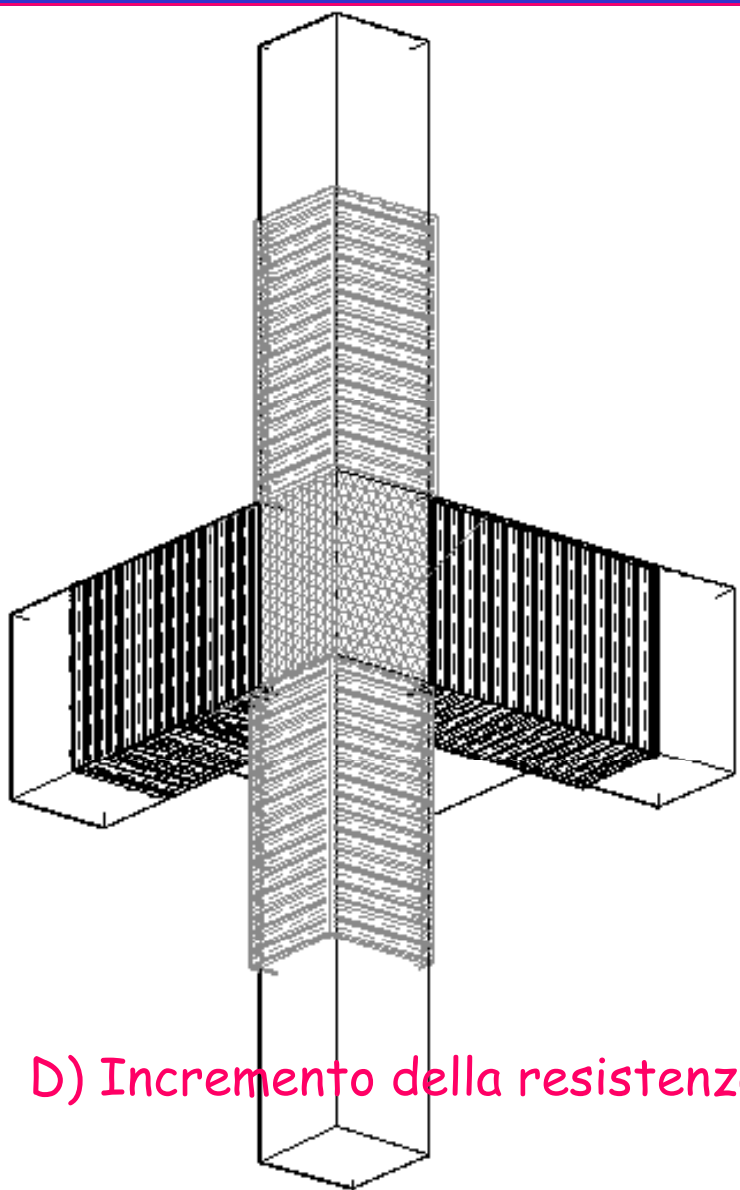


C) Confinamento delle estremità dei pilastri

- Fasce anulari di confinamento in tessuto uniaassiale in fibra di carbonio su nodo intermedio

Intervento locale sui nodi trave-pilastro non confinati con utilizzo di materiali compositi (FRP)

Alberto Balsamo - Università di Napoli "Federico II"

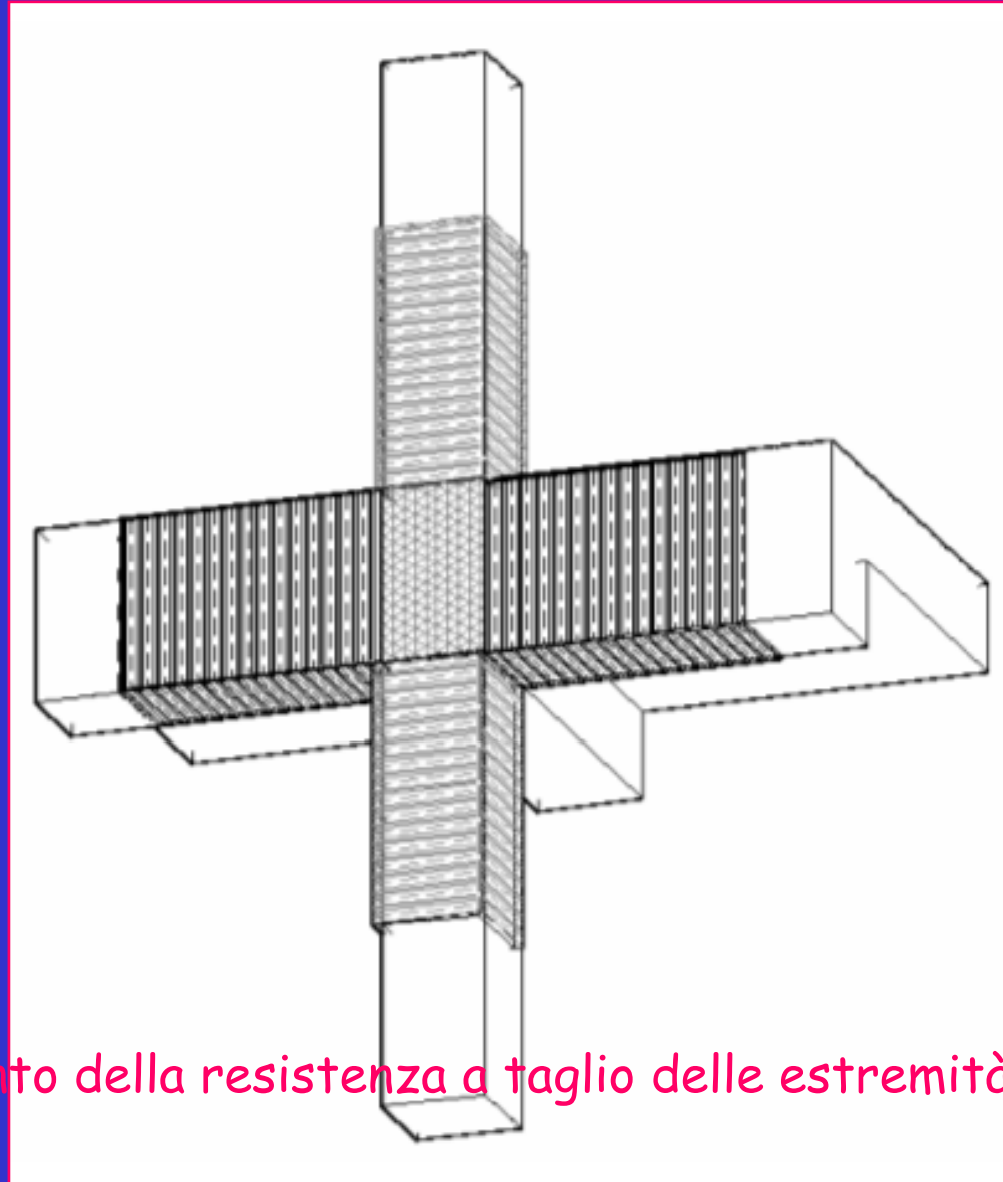


D) Incremento della resistenza a taglio delle estremità delle travi

- Fasce ad "U" in tessuto uniassiale in fibra di carbonio alle estremità di nodo d'angolo

Intervento locale sui nodi trave-pilastro non confinati con utilizzo di materiali compositi (FRP)

Alberto Balsamo - Università di Napoli "Federico II"



D) Incremento della resistenza a taglio delle estremità delle travi

- Fasce ad "U" in tessuto uniassiale in fibra di carbonio alle estremità di nodo intermedio