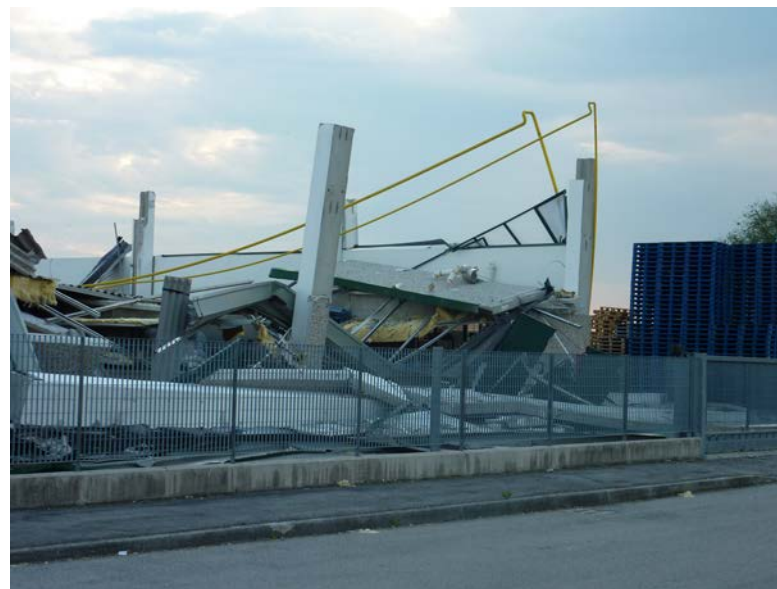


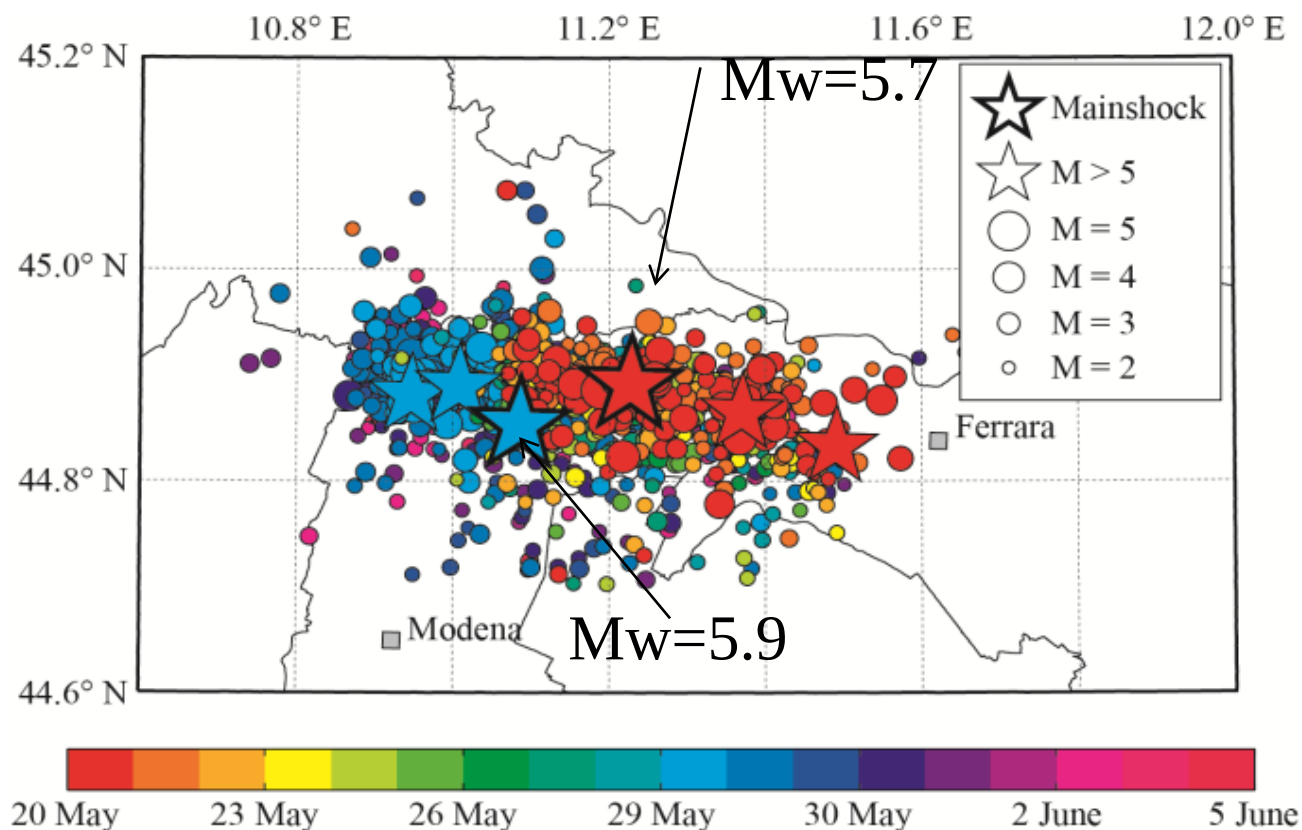
ANALISI E VERIFICA DEI CAPANNONI INDUSTRIALI

PARTE 1 - GLI EFFETTI DEL SISMA SULLE COSTRUZIONI A STRUTTURA PREFABBRICATA



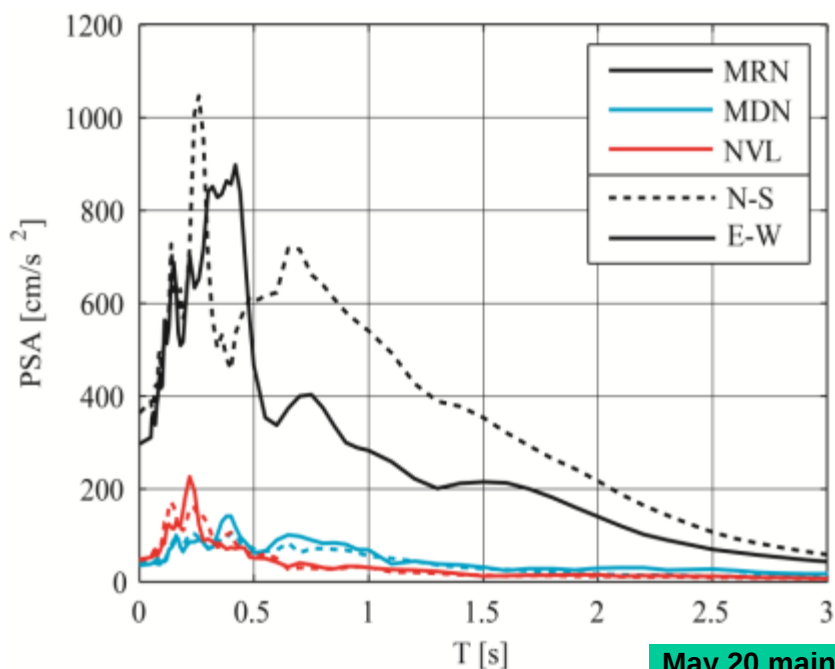
***Marco Savoia
DICAM – Università di Bologna***

Sisma dell'Emilia – 20 e 29 Maggio 2012

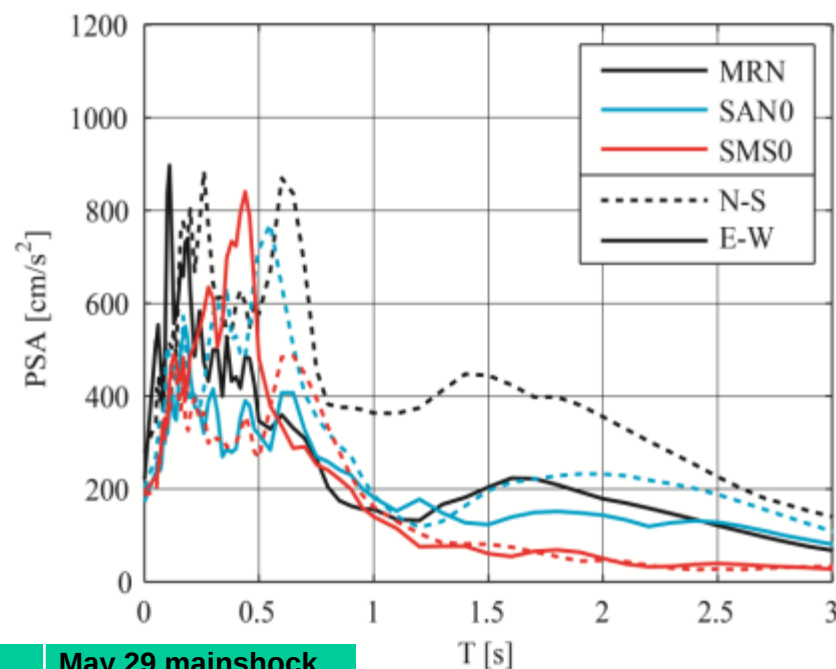


Sisma dell'Emilia – 20 e 29 Maggio 2012

20 May



29 May



May 20 mainshock

Station

R_{epi}
[km]

MRN

17

MDN

40

NVL

41

May 29 mainshock

Station

R_{epi}
[km]

MRN

2

SAN0

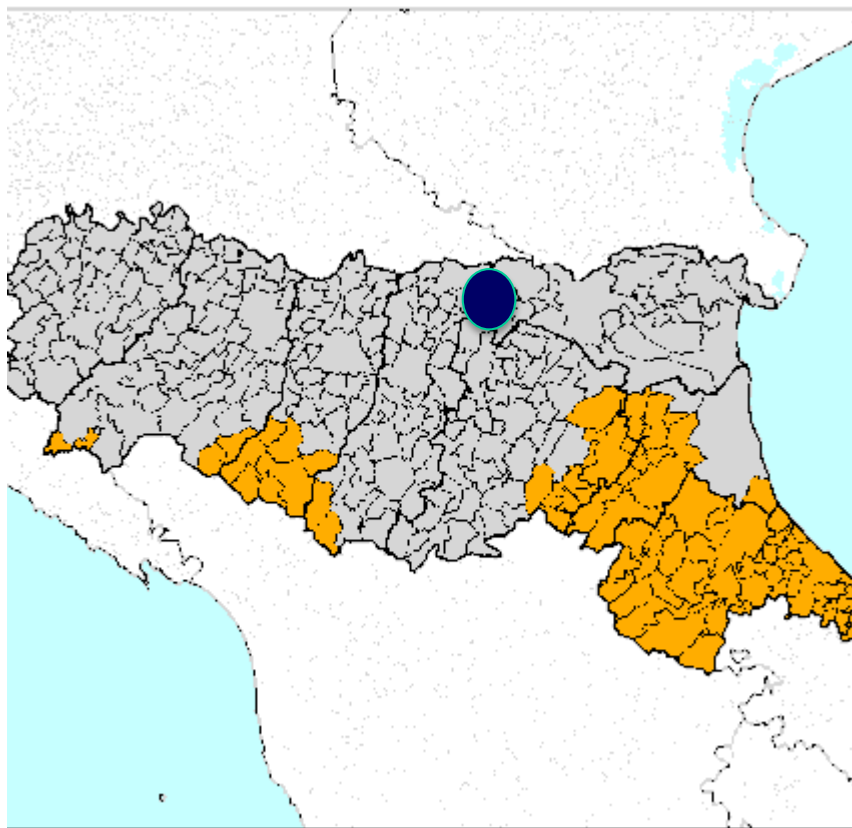
4

RAV0

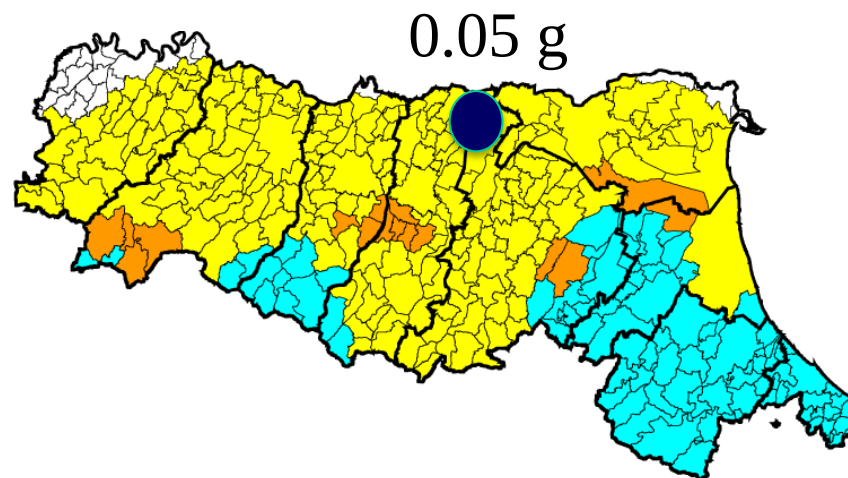
15

Classificazione sismica

Prima del 2003

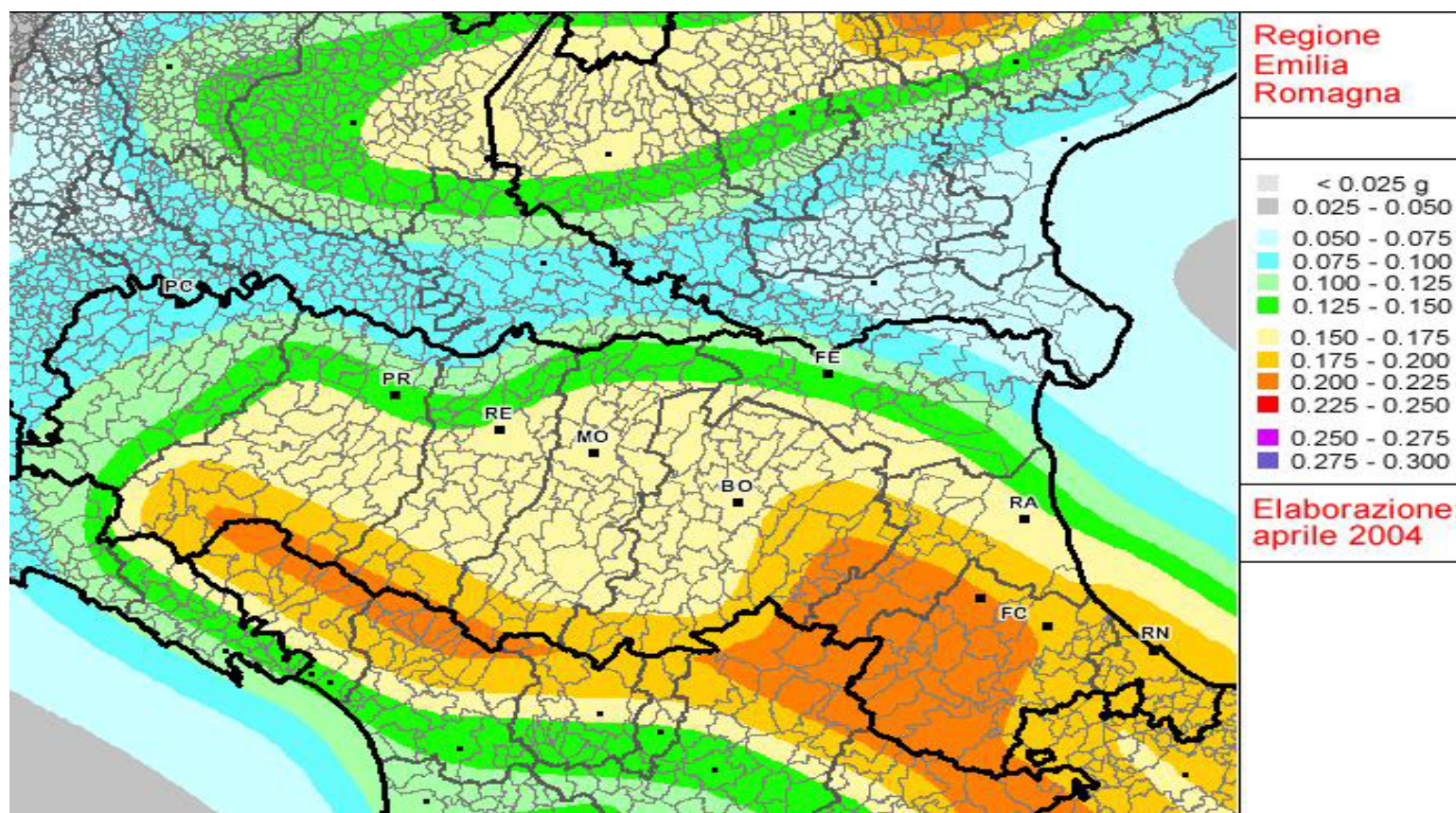


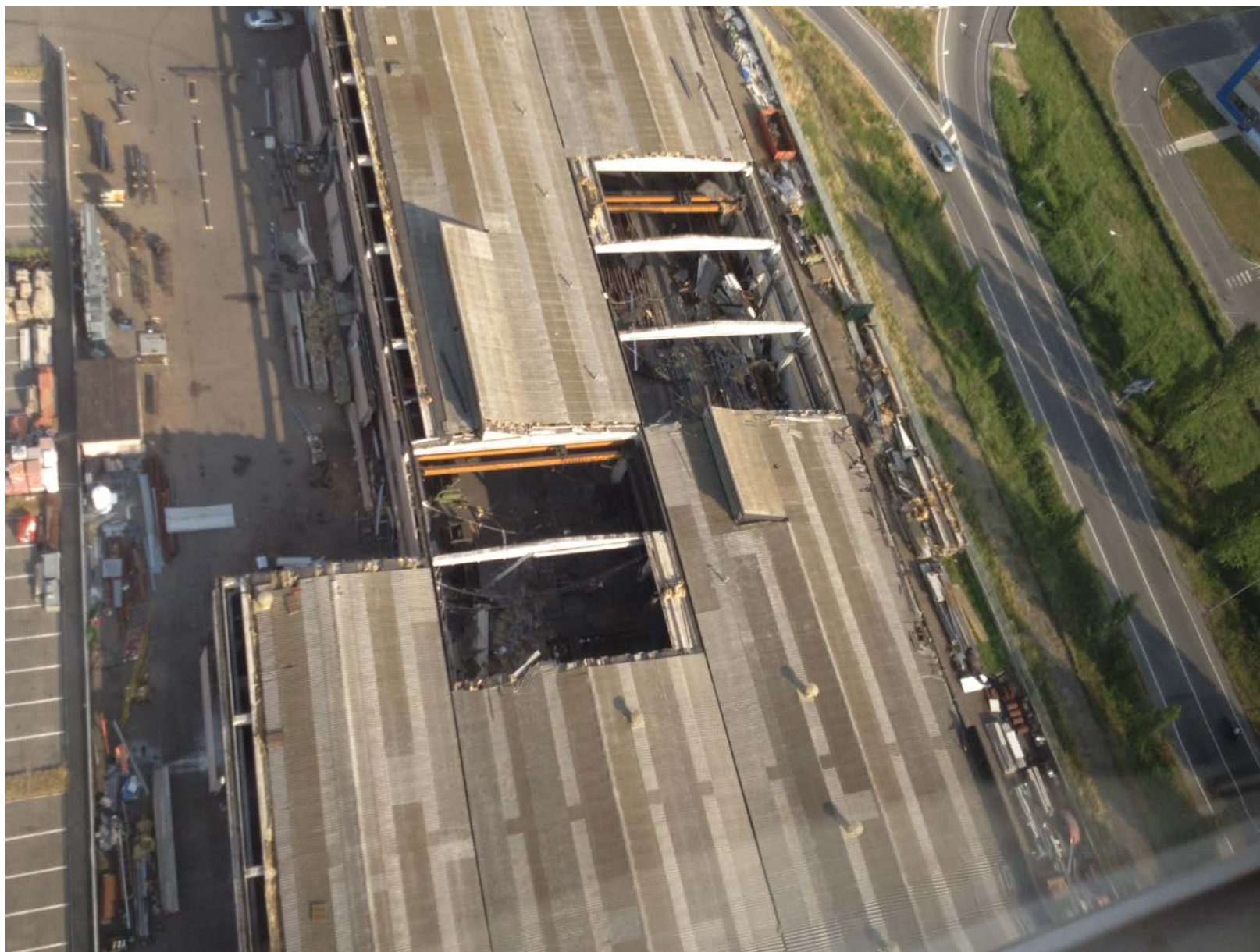
Dopo il 2003



Classificazione sismica

- Dopo il 2005







***Analisi e verifica dei capannoni industriali
Regione Emilia Romagna - 2018***





Medolla - Haemotronics

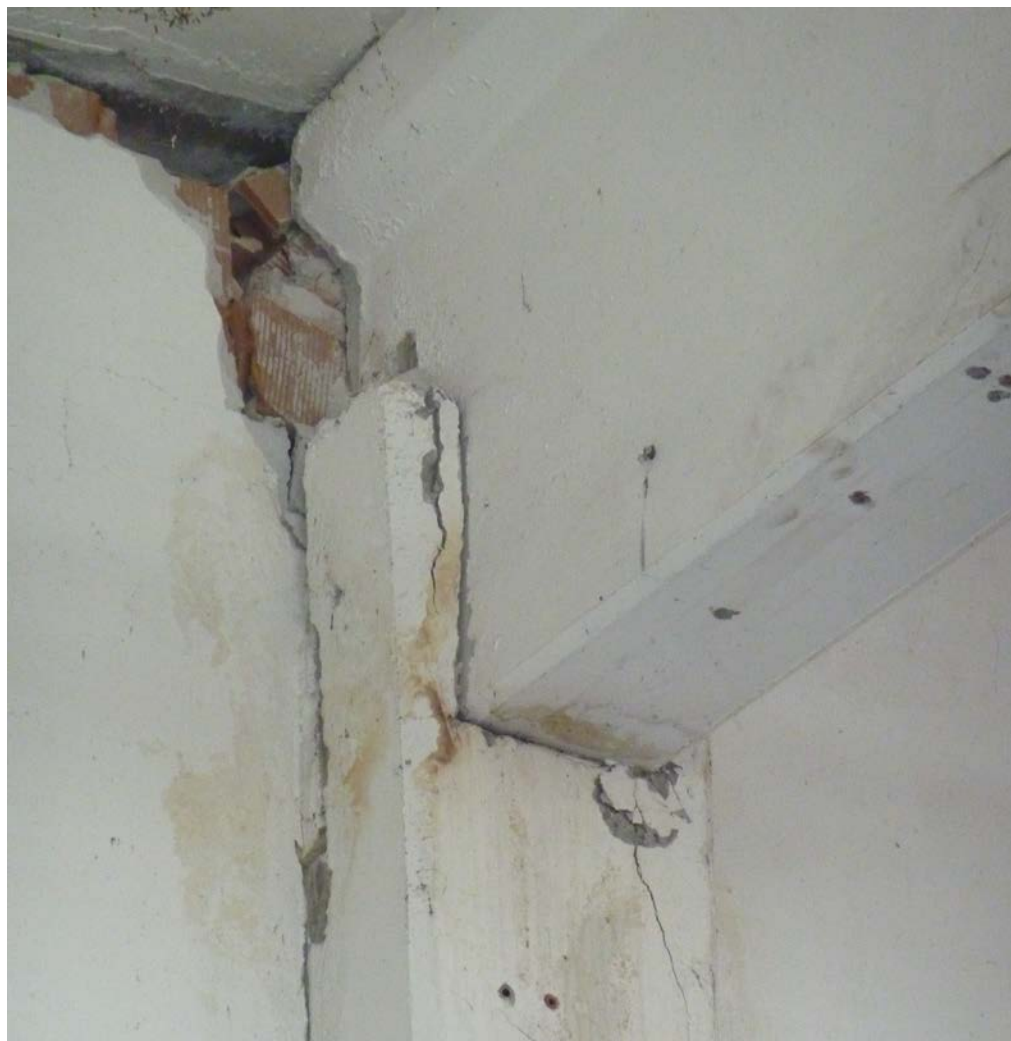
CARATTERISTICHE DELLE STRUTTURE PREFABBRICATE ISOSTATICHE REALIZZATE SENZA CRITERI ANTISISMICI

- **ISOSTATICITA'**
- **APPOGGI A SECCO (O CON UNO STRATO DI NEOPRENE)**
 - **GRANDE FLESSIBILITA' (STRUTTURE ANNI '70-'80)**
 - **GRANDI DIMENSIONI DI TRAVI E PILASTRI (STRUTTURE RECENTI CON GRANDI LUCI)**



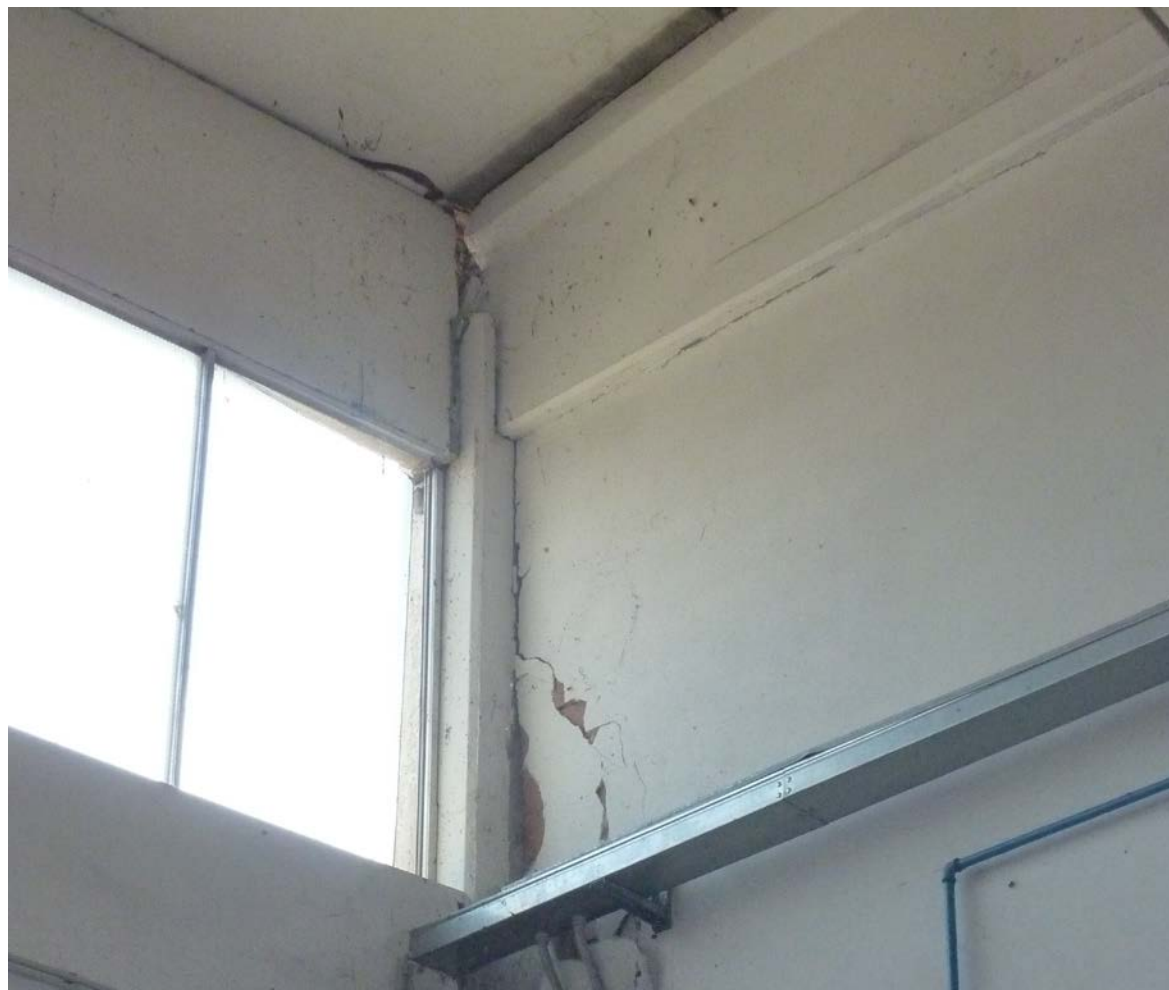
**Prefabbricati
anni '70:
Pilastri esili,
Grande
flessibilit ,
Pannellature
tipicamente in
laterizio e nella
luce
trave/pilastro.**

San Felice sul Panaro



**Forcelle poco
armate quale unico
ritegno alle azioni
trasversali**

San Felice sul Panaro



Forcelle ancora più ridotte quando appoggiano travi longitudinali e trasversali

San Felice sul Panaro

Presenza di elementi non strutturali pesanti potenzialmente pericolosi



San Felice sul Panaro

**Pannellature non
adeguatamente
vincolate alle
strutture portanti**



Mirandola



EFFETTI DELLE IRREGOLARITA' DI ELEMENTI NON STRUTTURALI E MASSE

L'EFFETTO DELLE TAMPONATURE DI FACCIATA

**Positivo se la tamponatura
è regolare (è una sorta di
parete di controvento)**

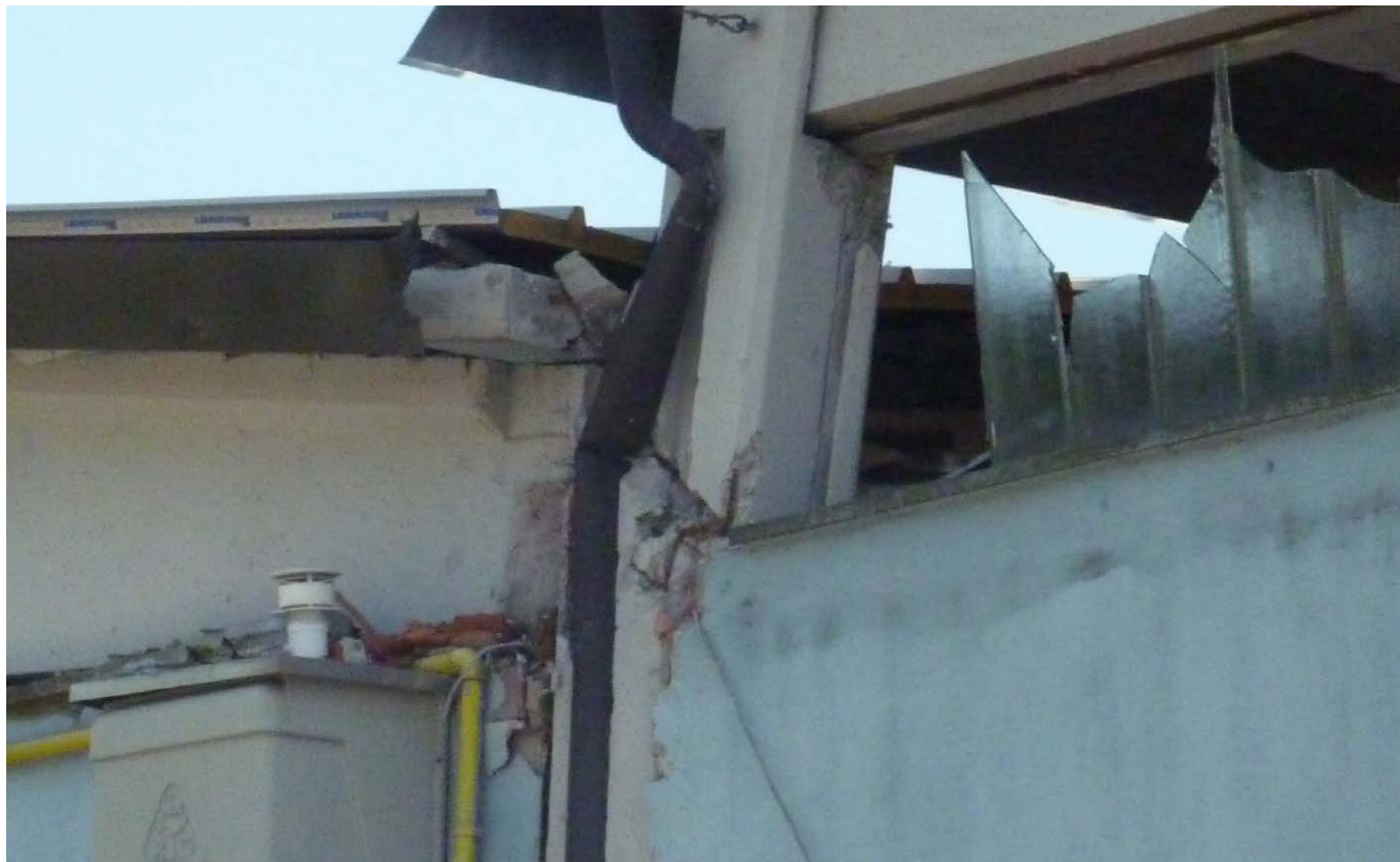


**Negativo se la tamponatura
è irregolare**



San Felice sul Panaro

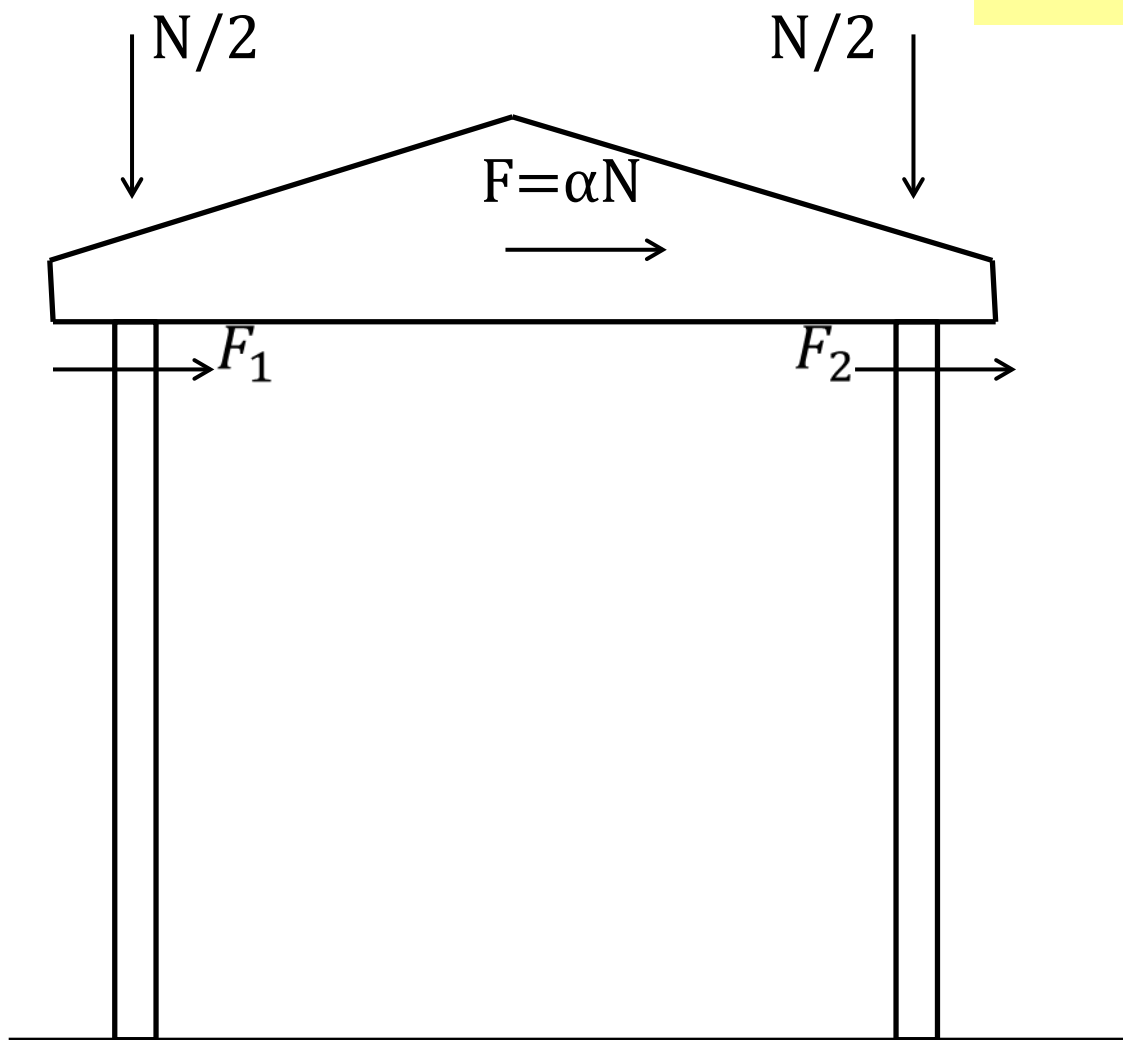






San Felice sul Panaro

Senza tamponatura



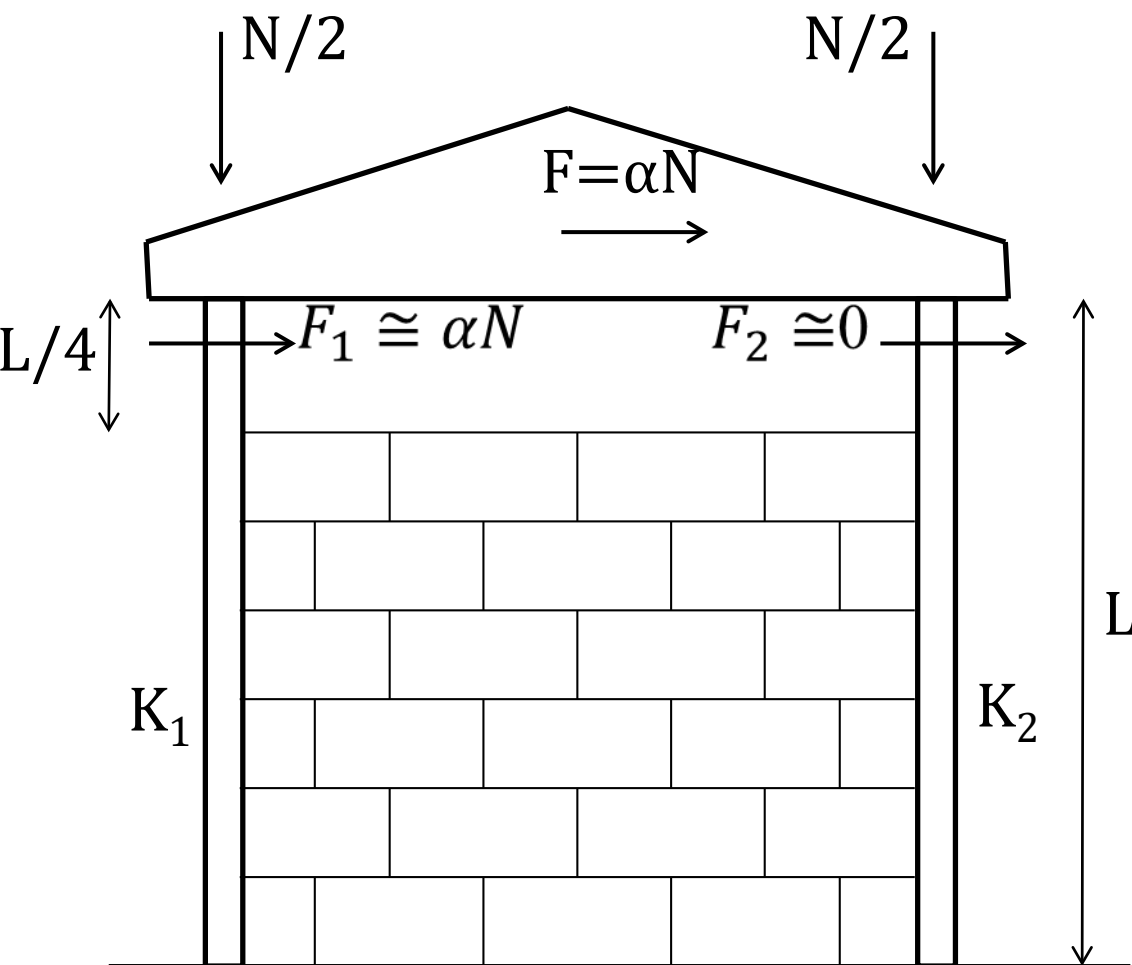
**Dal calcolo dell'azione
sismica $\alpha = 0.3 - 0.4$**

$$F_1 = F_2 = \alpha \frac{N}{2}$$

$$R_1 = \frac{F_1}{\frac{N}{2}} = \alpha$$

$$R_2 = \frac{F_2}{\frac{N}{2}} = \alpha = \mathbf{0.3}$$

Presenza di tamponatura irregolare

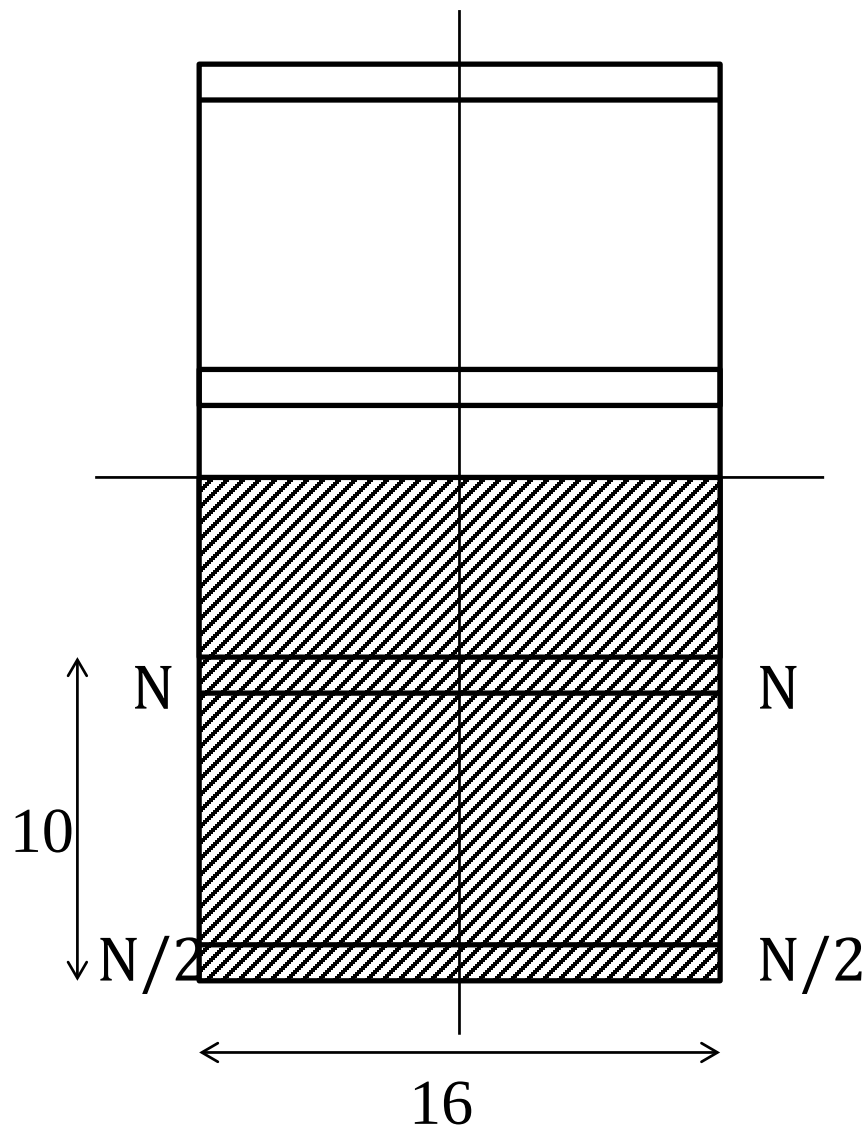


$$K = \frac{3EJ}{L^3}$$

$$K_1 = 4^3 K_2 = 64K_2$$

$$R_1 = \frac{F_1}{\frac{N}{2}} = 2\alpha = \mathbf{0.6}$$

Se il piano si comportasse come piano rigido



$$N_{tot} = 3N$$

$$F_{tot} = \alpha \cdot 3N$$

$$F_1 = F_{tot} = \alpha \cdot 3N$$

$$R_1 = \frac{F_1}{\frac{N}{2}} = \frac{\alpha \cdot 3N}{\frac{N}{2}} = 6\alpha = \mathbf{1.8!!}$$

$$A = 16 \cdot 15 = 240m^2$$

$$F = 240 \cdot 500 \cdot 0,3 = 120000 \cdot 0,3 = 40t$$











Capannone n. 3

Il 28 Maggio prima della seconda sequenza



Mirandola

Capannone n. 3 Il 29 Maggio dopo la seconda sequenza



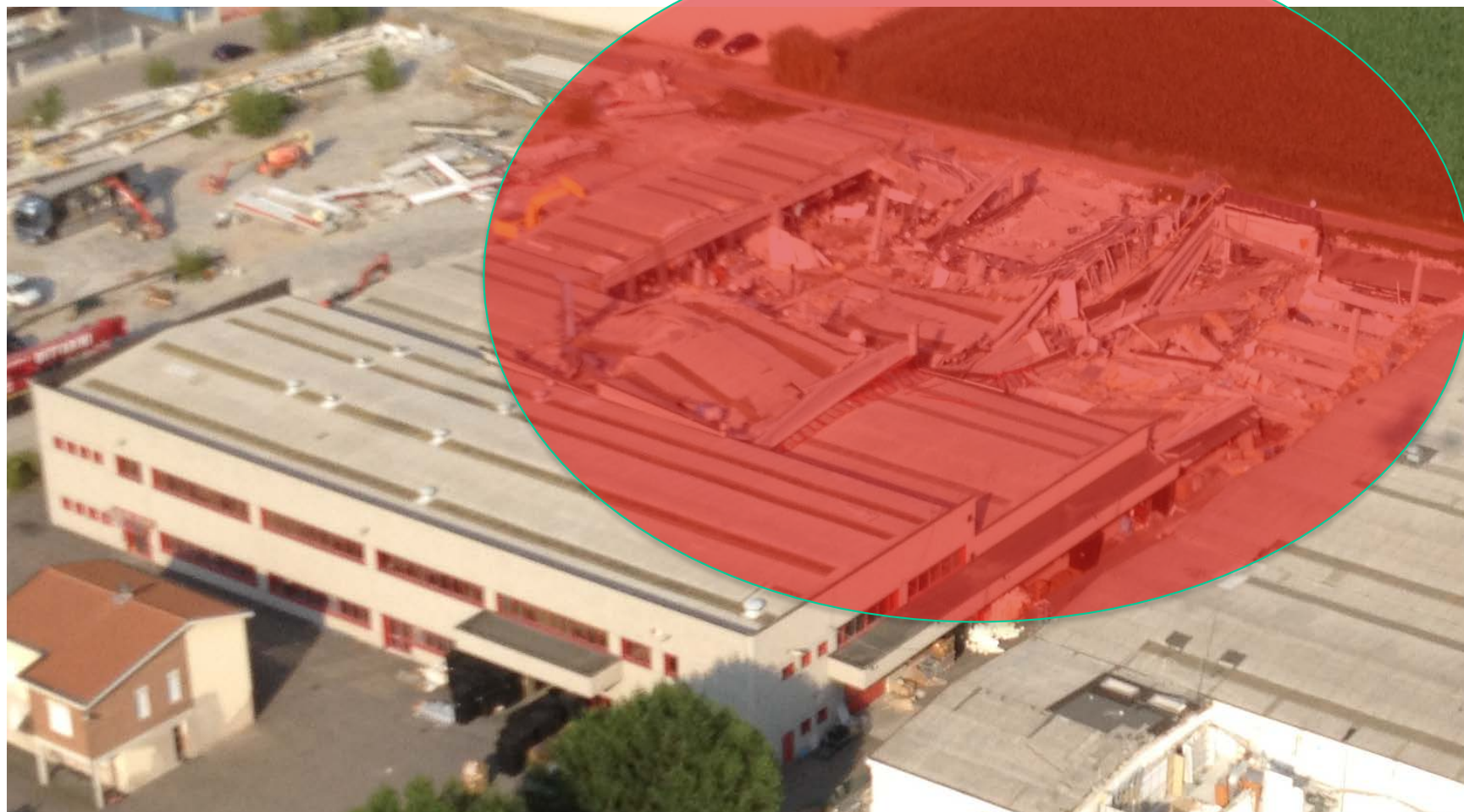
Capannone n. 3

Il 29 Maggio dopo la seconda sequenza

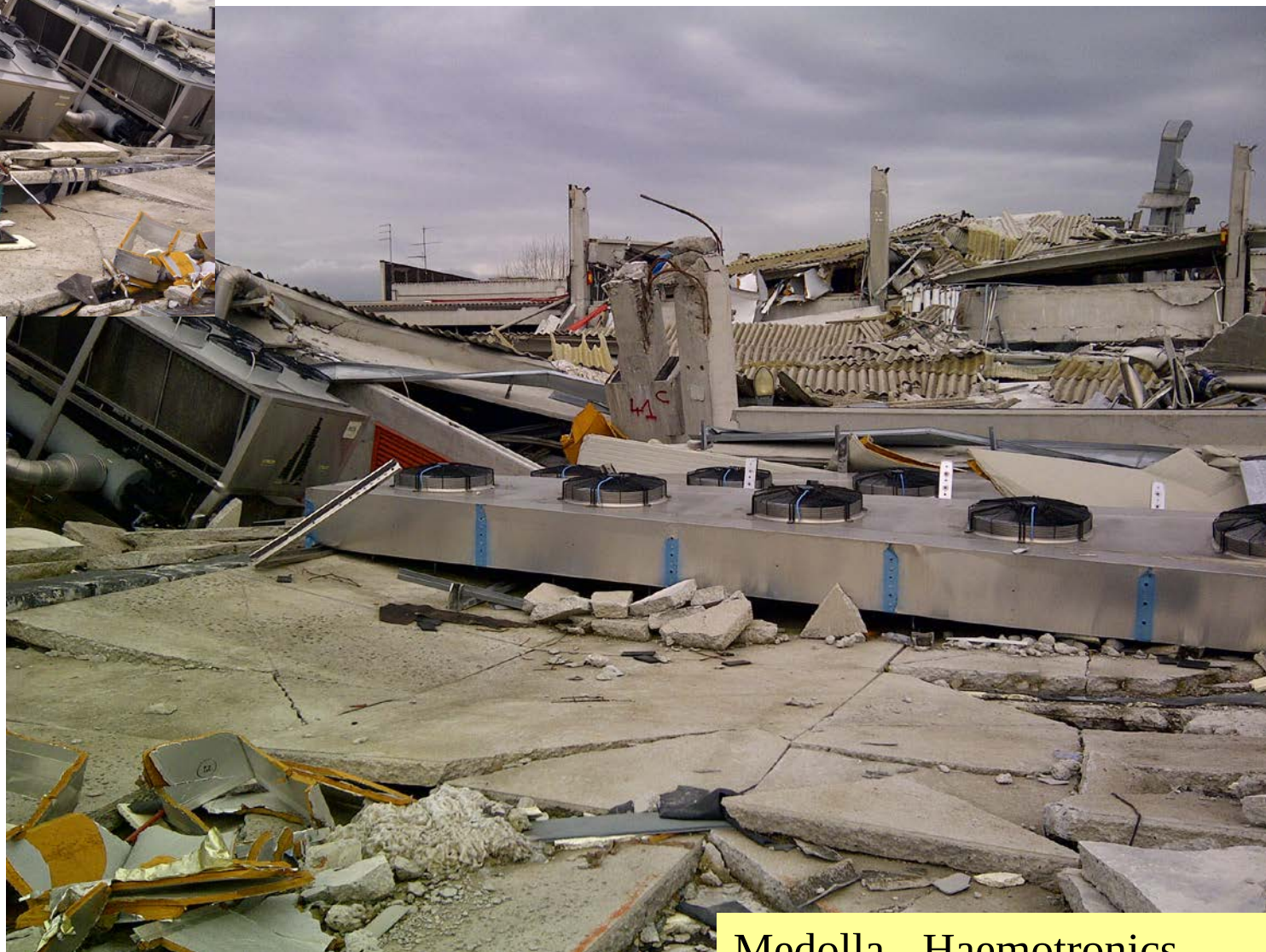








Medolla - Haemotronics

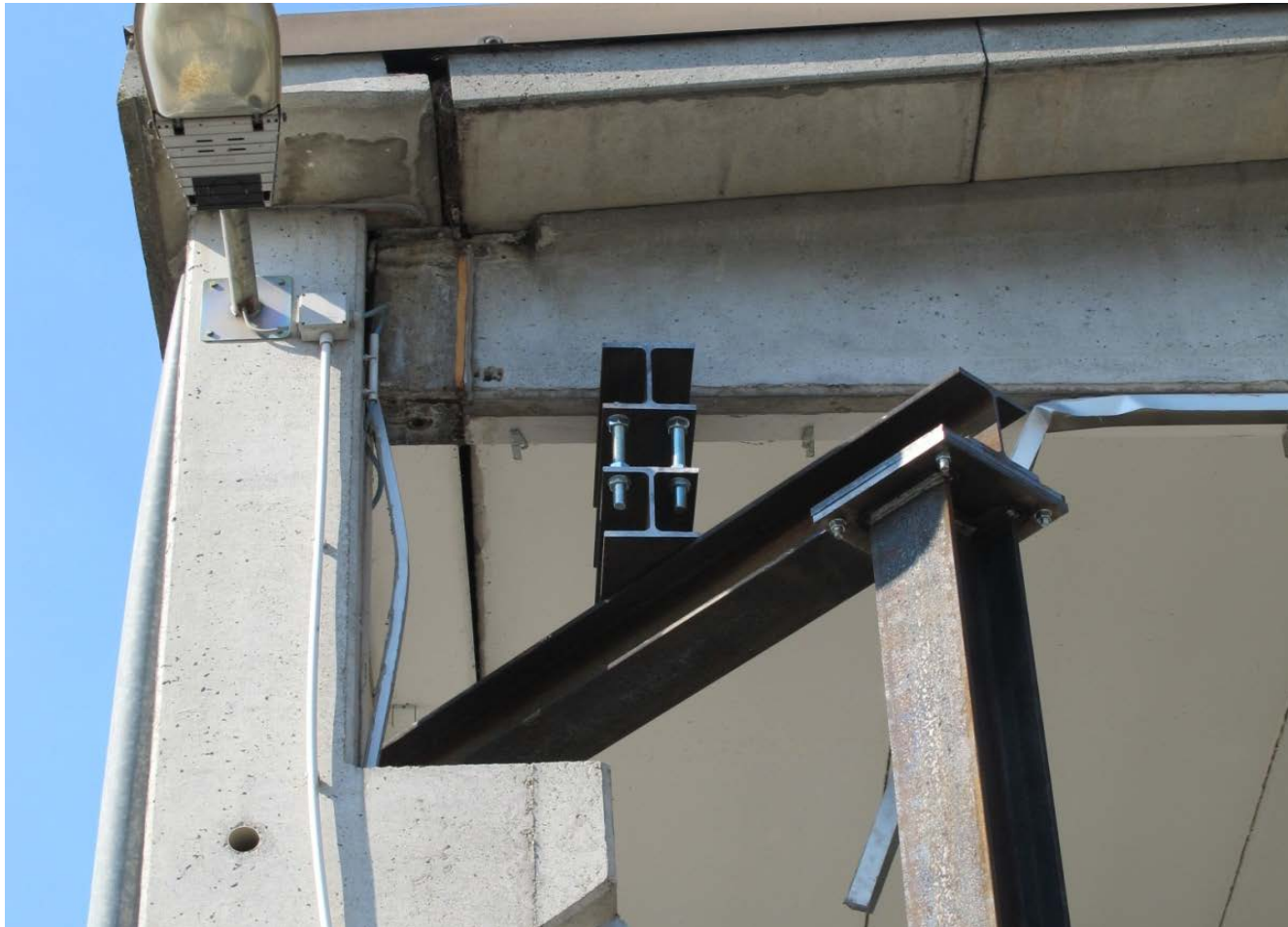


Medolla - Haemotronics

Probabile presenza di un collegamento senza adeguata armatura nella testa della trave



Intervento di prima urgenza per evitare il collasso di una trave slittata rispetto al pilastro



(segue) – accenno di rotazione alla base del pilastro

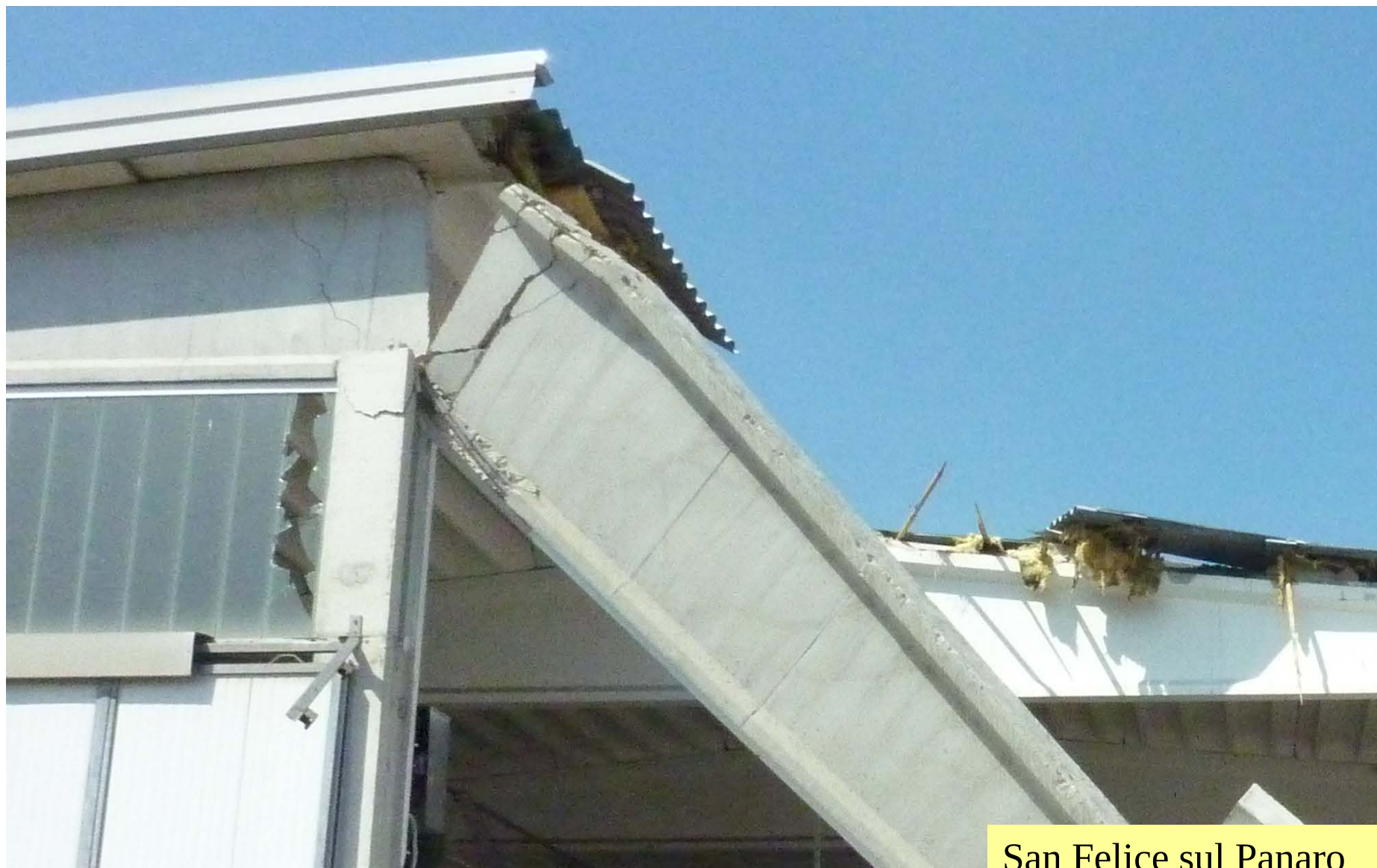


Collasso delle campate intermedie (mentre hanno resistito quelle di testata, per la presenza dei pannelli di tamponamento)





San Felice sul Panaro



San Felice sul Panaro



COLLASSI CON INTERESSAMENTO DELLE PILASTRATE

**Prefabbricati recenti:
Grandi luci (e travi di grande altezza)
Pilastri di grossa sezione,
Pannellature esterne collegate ai pilastri**









Prefabbricati recenti: Collasso verso l'interno di capannone



Prefabbricati recenti: Collasso verso l'interno di capannone per probabile cedimento di pilastro interno



Prefabbricati recenti: Collegamenti pilastro-trave comunque carente



Collasso di pilastro a flessione alla base



Medolla - Haemotronics

Mancanza di staffatura adeguata in zona critica



Collasso per strappo delle armature a trazione



Instabilità delle armature compresse



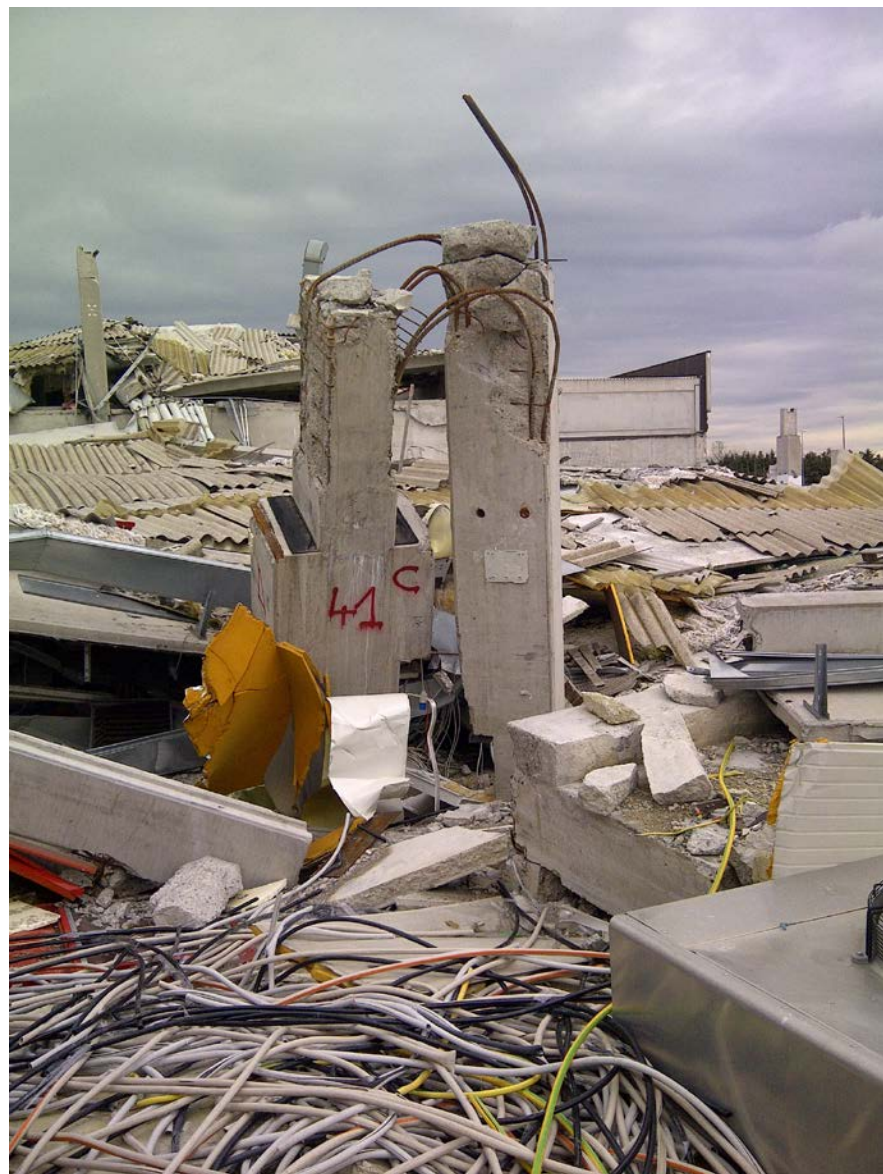
Crisi a taglio di pilastro



Crisi a taglio-torsione di trave a T rovescia



Collasso di pilastro a metà altezza causa presenza di piano intermedio a fianco





COLLASSI PER RIBALTAMENTO DELLE TRAVI DI COPERTURA

Ribaltamento laterale della trave



Ribaltamento laterale della trave



Ribaltamento laterale della trave



Ribaltamento laterale della trave



Ribaltamento laterale della trave



Ribaltamento laterale delle travi

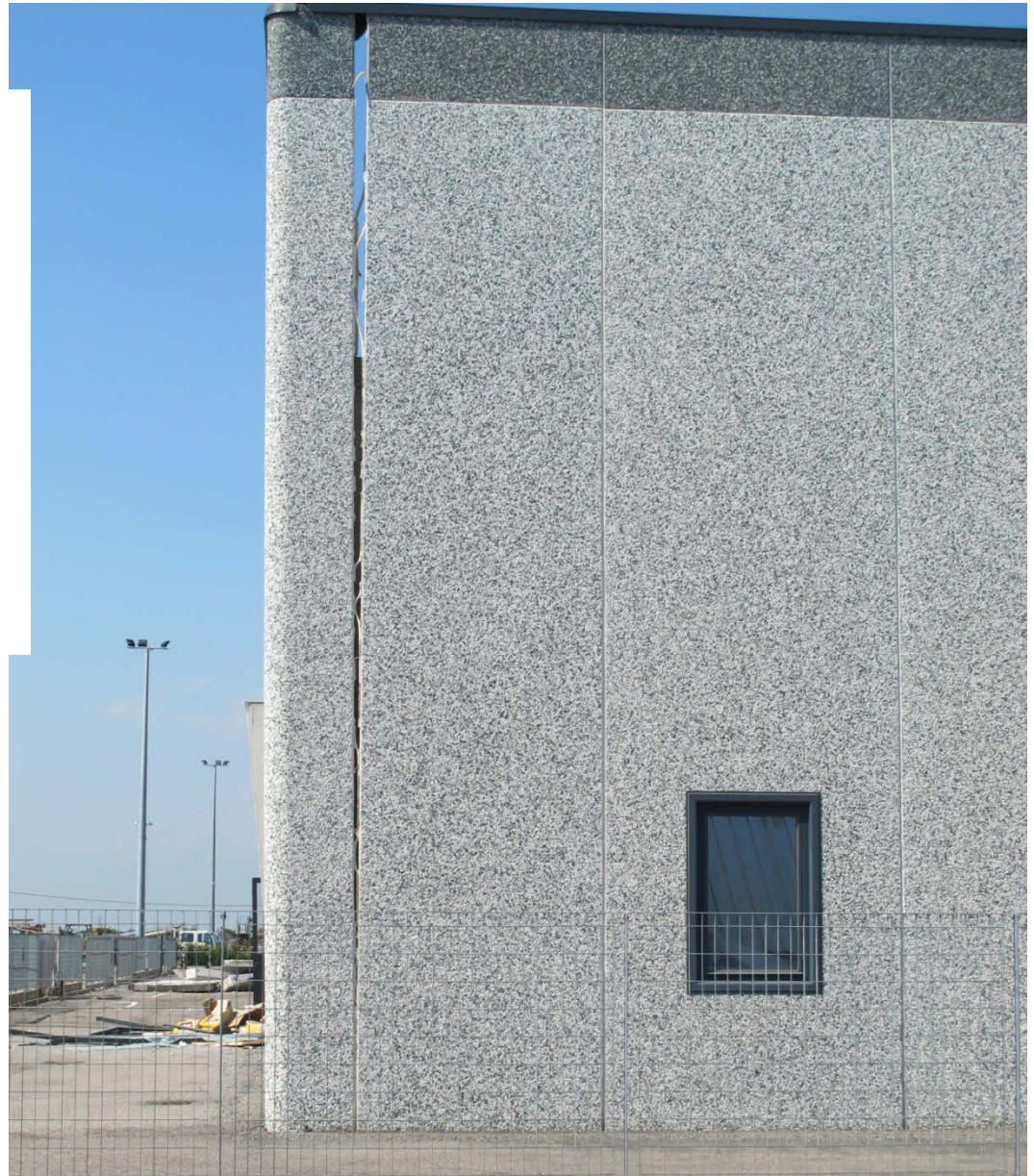




PANNELLI DI TAMPONAMENTO

Danno ai pilastri

**I pannelli verticali si
sono comportati
generalmente bene se
incastrati alla base**



Crollo completo per cedimento dei pilastri interni





Collasso di pannelli di tamponamento verticali non incastrati nel cordolo di fondazione



Distacco delle pannellature orizzontali a causa di carenti collegamenti ai pilastri











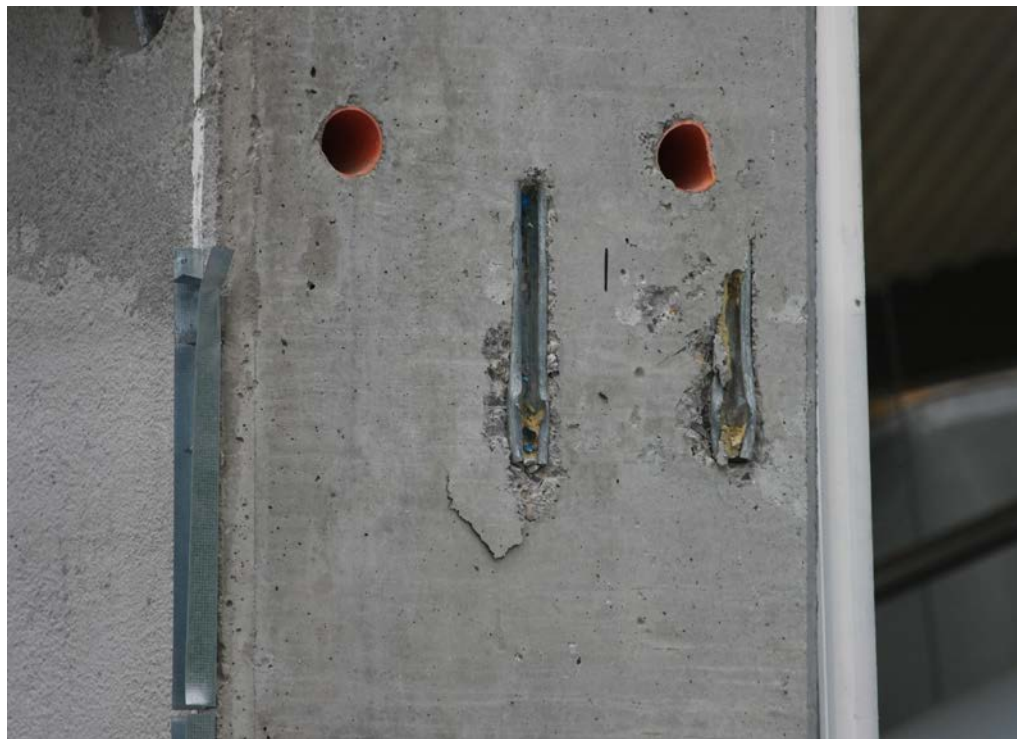
Distacco delle pannellature orizzontali a causa di carenti collegamenti ai pilastri



Particolare del collegamento al pilastro



Particolare del collegamento al pilastro



Particolare del collegamento al pilastro









Collasso di pannello di tamponamento di un centro commerciale



Collasso di pannello di tamponamento di un centro commerciale





COLLASSI PER MOVIMENTI DELLE FONDAZIONI



**Problematiche legate alla rotazione dei plinti di fondazione
Spesso la perdita di appoggio della trave è una conseguenza,
non la causa del crollo**

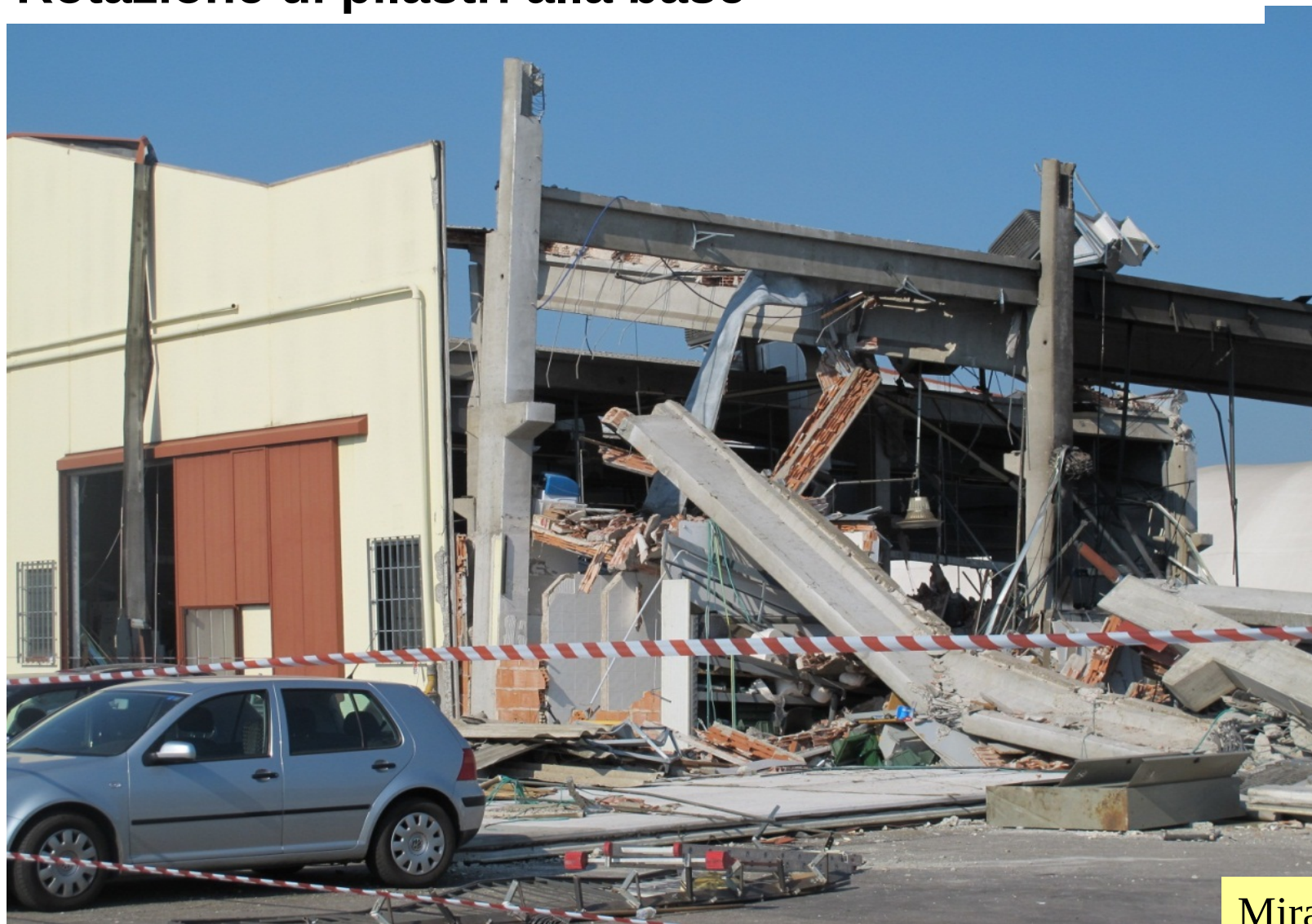


In questo caso non basta collegare trave e pilastro

Sant'Agostino



Rotazione di pilastri alla base



Mirandola

Attenzione!!!



Generalmente i pannelli verticali hanno retto



Generalmente i pannelli verticali hanno retto



Mirandola



MAGAZZINI E STOCCAGGIO MATERIALI

Magazzini automatici di stoccaggio



Sant'Agostino









