

Corsi di aggiornamento

Progettiamo insieme

Teoria e pratica della progettazione strutturale

1. Risposta sismica delle strutture

01a - Effetto dei terremoti

Spoletto

18-19 marzo 2016

Aurelio Ghersi

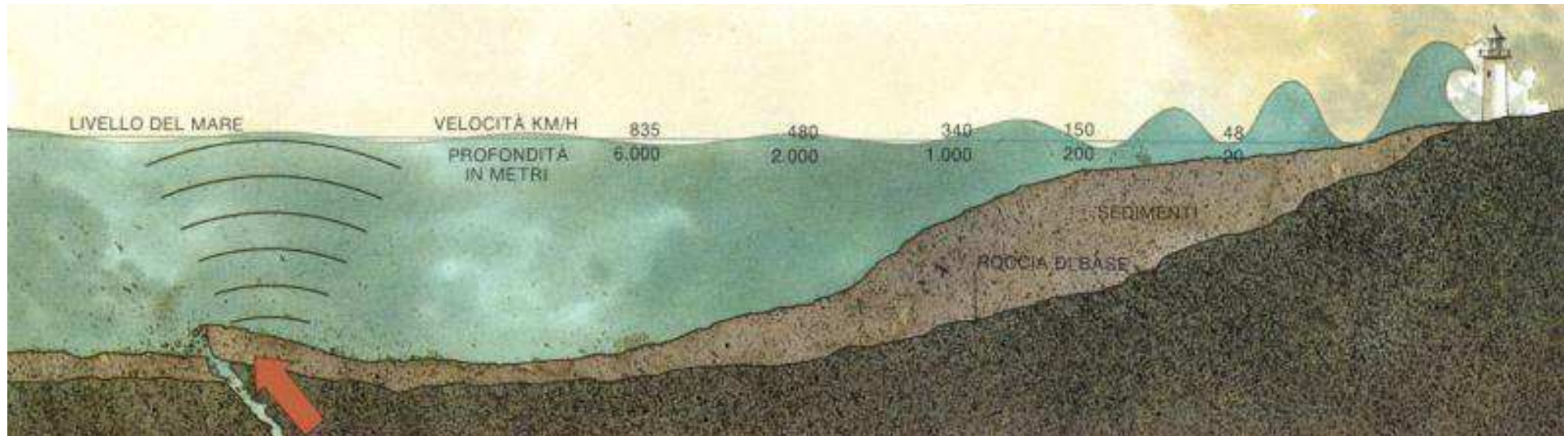
I terremoti

Quali effetti producono?



Particolare
attenzione a ...

Maremoti, tsunami



Dove l'acqua è profonda le onde viaggiano a velocità elevatissime (es. oltre 800 km/ora)

Al ridursi della profondità la velocità si riduce ma aumenta enormemente l'altezza dell'onda

Tsunami



Tsunami



Tsunami



Tsunami



Tsunami



Tsunami



Tsunami



Tsunami



Tsunami

Commenti:

- È impossibile garantire la sicurezza delle costruzioni e la salvaguardia della vita
- È indispensabile la prevenzione, ovvero:
 - Evitare costruzioni in zone litoranee a rischio di maremoto
 - Creare sistemi di allarme e piani di evacuazione che consentano di mettere in salvo le persone

Scorrimenti della faglia



1999 - Turchia

Scorrimenti della faglia

Commenti:

- Non si devono realizzare costruzioni in zone poste in prossimità di faglie
- Rimane comunque il problema per le opere di comunicazione (strade, ferrovie) che sono costrette ad attraversare zone di faglia

Movimenti della faglia, smottamenti del terreno, frane



1999 - Turchia

Movimenti della faglia, smottamenti del terreno, frane



1948 - Giappone



1999 - Turchia

Movimenti della faglia,
smottamenti del terreno,
frane



12/4/1998 – Slovenia



1999 – Turchia

Cedimenti del terreno



1997 - Umbria

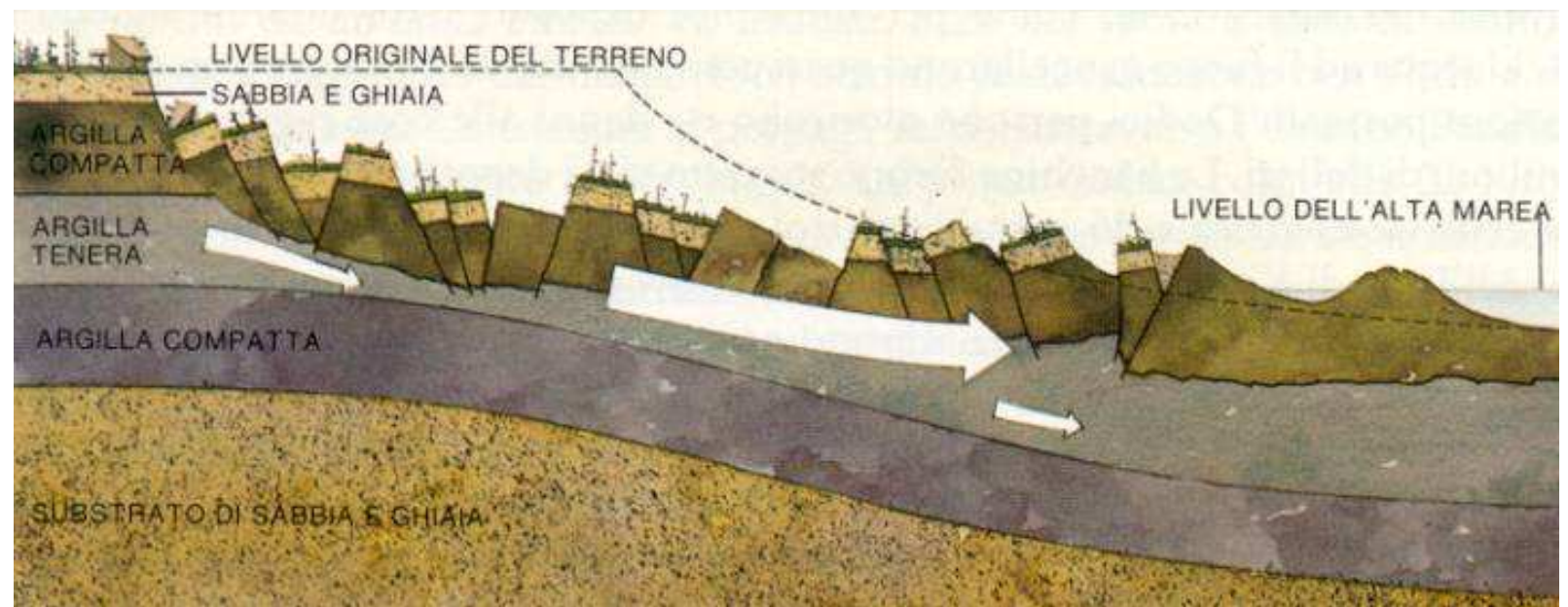
Smottamenti del terreno, frane

Commenti:

- Occorre conoscere bene il rischio di frane nel territorio in cui si costruisce
- Dovrebbero essere gli enti pubblici (comuni, ecc.) ad individuare nel piano regolatore le zone a rischio di frana e considerarle non edificabili
- In ogni caso, il progettista deve curare particolarmente le fondazioni, per evitare la possibilità di movimenti relativi tra i punti alla base dell'edificio



Liquefazione di strati sotterranei



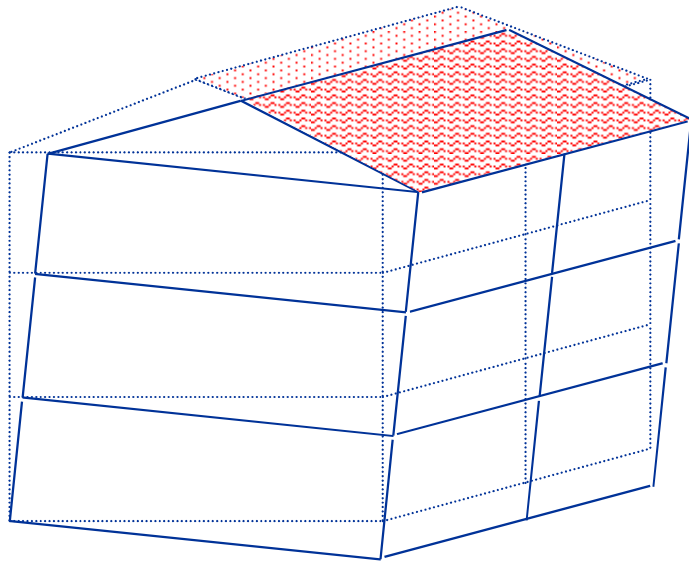
1964 - Alaska

Liquefazione del terreno



1999 – Turchia

Liquefazione del terreno



1999 – Turchia

Liquefazione del terreno



1999 – Turchia

Liquefazione del terreno



1999 – Turchia

Liquefazione del terreno



1999 – Turchia

Liquefazione del terreno

Commenti:

- Occorre evitare di costruire in zone in cui si può avere liquefazione di strati sotterranei, perché questo può provocare spostamenti nel terreno non sostenibili
- In presenza di strati superficiali suscettibili di liquefazione è necessario realizzare fondazioni profonde, che si ancorino in un suolo che non dà questi problemi

I terremoti

Quali effetti producono?



Accelerazione
sismica

medio-bassa

Basso periodo
di ritorno

Ribaltamento di mobili



Napoli,
Facoltà di Ingegneria

23/11/1980 - Irpinia e Basilicata

Danni ai tramezzi

Napoli,
Facoltà di
Ingegneria



23/11/1980 - Irpinia e Basilicata

Danni ai tramezzi



Napoli,
Facoltà di
Ingegneria

23/11/1980 - Irpinia e Basilicata



Danni ai tramezzi



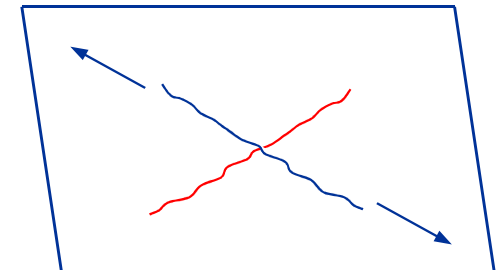
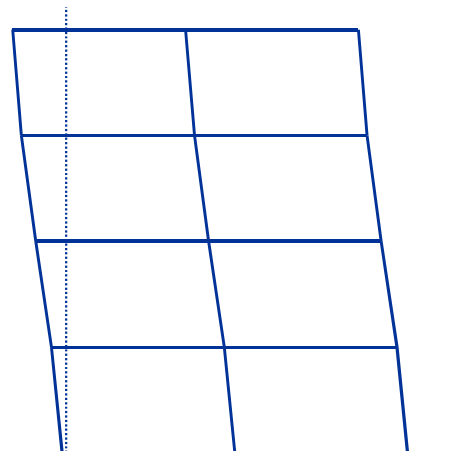
Napoli,
Facoltà di
Ingegneria

23/11/1980 - Irpinia e Basilicata

Danni ai tramezzi



Napoli,
Facoltà di
Ingegneria



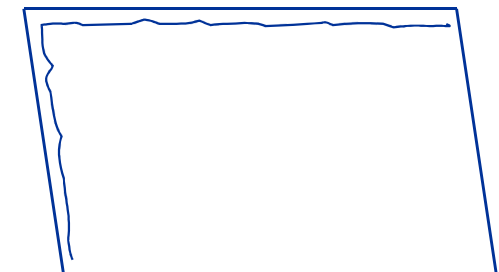
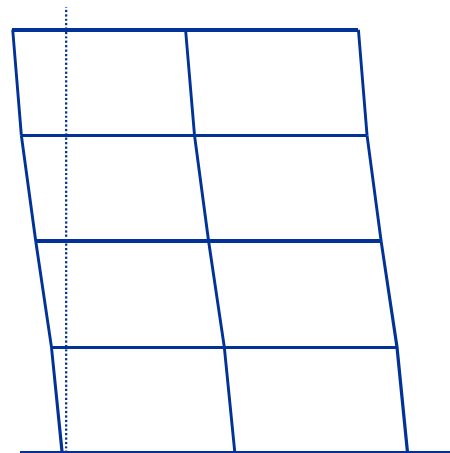
23/11/1980 - Irpinia e Basilicata

Danni ai tramezzi



Napoli,
Facoltà di
Ingegneria

23/11/1980 - Irpinia e Basilicata



oppure distacco
dei tramezzi dagli
elementi strutturali

Danni alle pareti di tamponamento per azioni nel loro piano



2002 - Santa Venerina

foto G. Gaeta

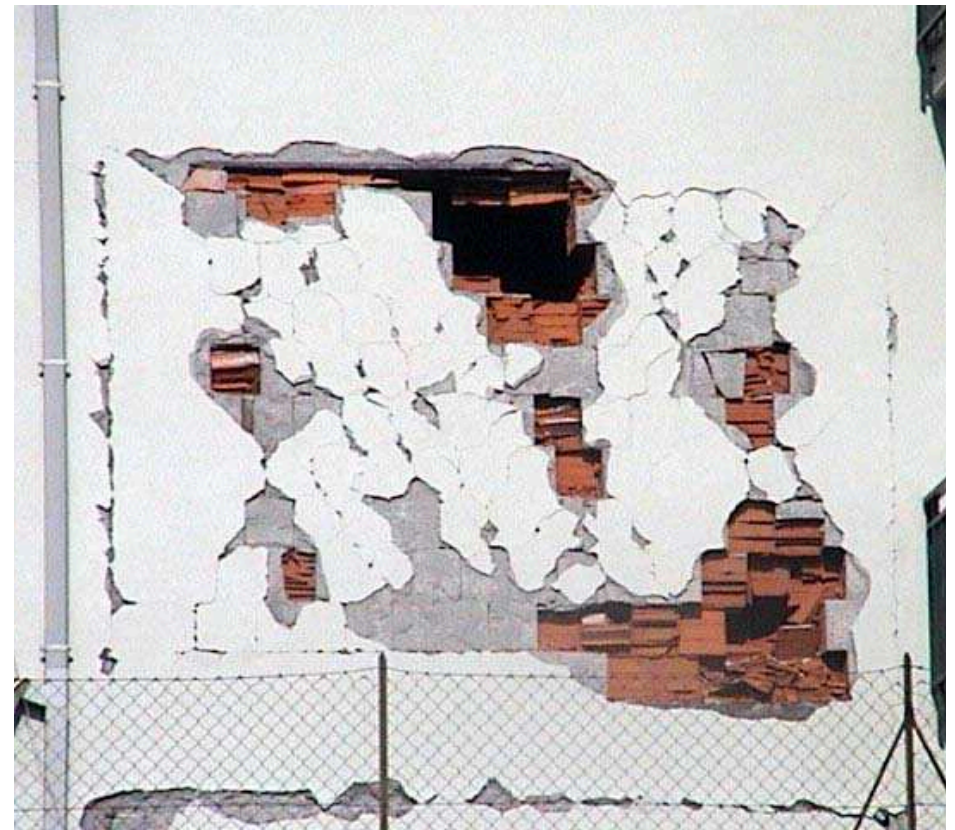
Danni alle pareti di tamponamento per azioni nel loro piano



2002 - Santa Venerina

foto G. Gaeta

Danni alle pareti di tamponamento per azioni nel loro piano



2002 - Santa Venerina

foto G. Gaeta

Espulsione delle pareti di tamponamento per azioni ortogonali al loro piano



1999 - Turchia

Espulsione delle pareti di tamponamento



1999 - Turchia

Espulsione delle pareti di tamponamento



2002 - Santa Venerina

foto G. Gaeta

Espulsione delle pareti di tamponamento



1994 - Northridge

Espulsione delle
pareti di
tamponamento

Rischio di
perdita di vite

1964 - Alaska



Altre conseguenze dei terremoti

Incendi

Rottura delle
condotte idriche



1906 - San Francisco

Terremoti di intensità medio-bassa con basso periodo di ritorno

Commenti:

- I danni a tramezzature e tamponature, anche se facilmente riparabili, hanno un costo notevole e possono causare lunghi periodi di inutilizzabilità di un edificio
- Il crollo di tramezzature e tamponature o di mobili può causare perdite di vite umane
- La rottura di impianti può causare grossi danni



Occorre tener conto di questo nella progettazione

I terremoti

Quali effetti producono?



Accelerazione
sismica
elevata

Alto periodo
di ritorno

Danno agli elementi strutturali



2002 – Santa Venerina

foto G. Gaeta

Danni e difetti costruttivi



Mancanza di
staffe in testa
al pilastro e
nel nodo

Danni e difetti costruttivi



2002 – Santa Venerina



foto G. Gaeta

Danni e difetti costruttivi



Mancanza di
staffe in testa
al pilastro



La barra
compressa si
instabilizza

Ma tra i difetti ...

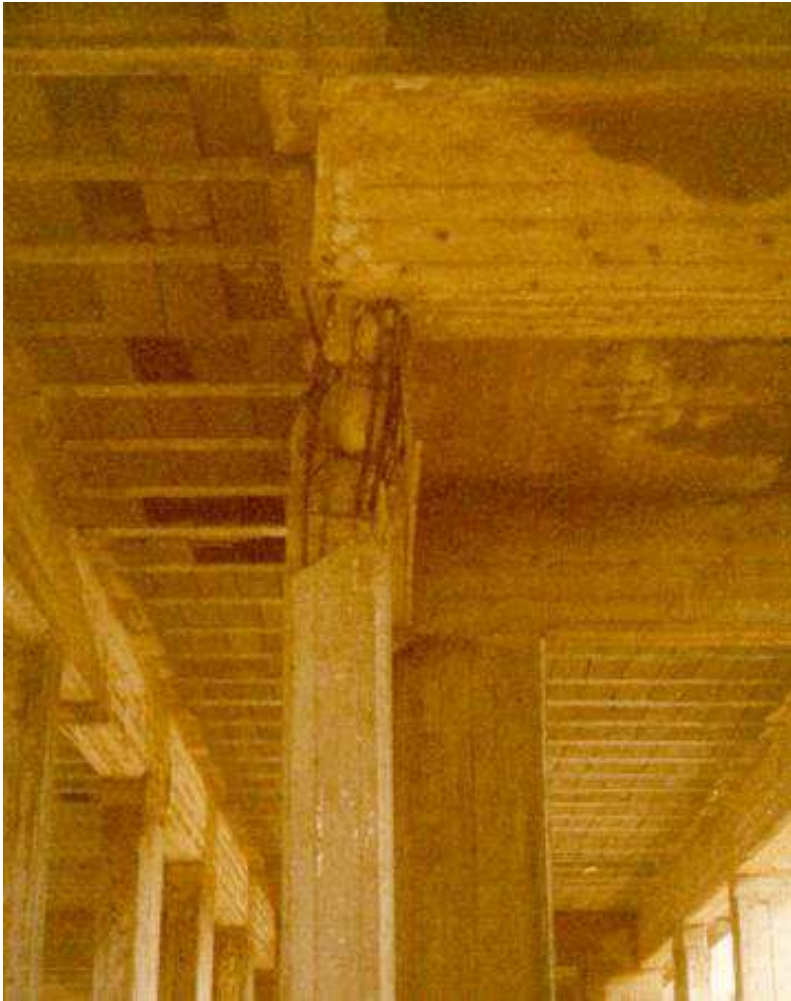
oltre alla differenza tra il
calcestruzzo sopra e
sotto la ripresa di getto...



... la trascuratezza
degli operai

Danni e difetti costruttivi ...

foto A. Gheresi



S. Angelo dei Lombardi,
edificio in costruzione



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

... possono portare a meccanismi di piano



1999 – Turchia

Meccanismi di piano - senza crollo



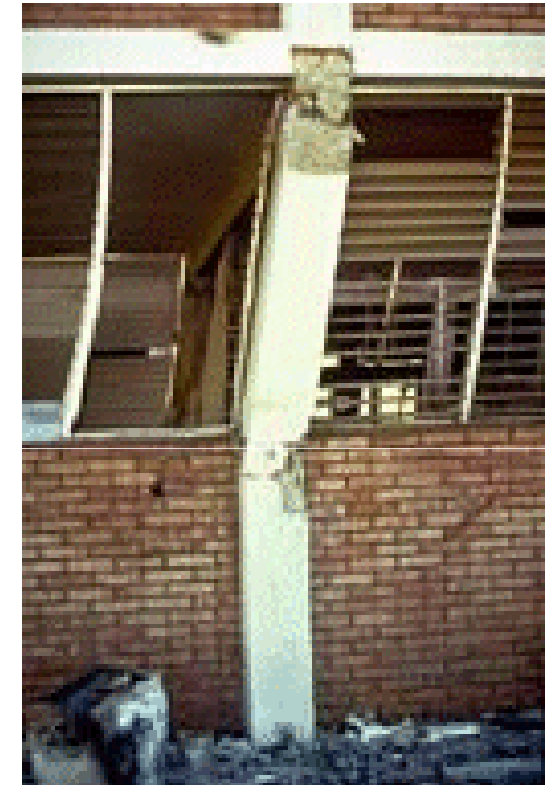
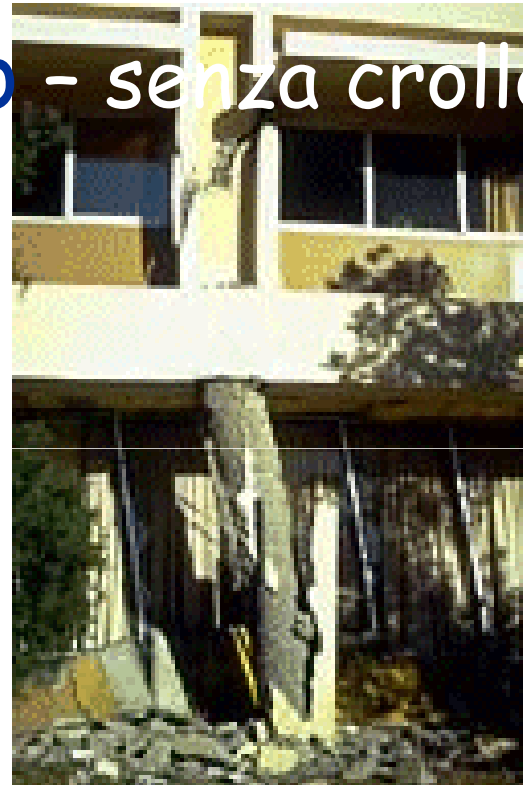
1999 – Turchia

Meccanismi di piano - senza crollo

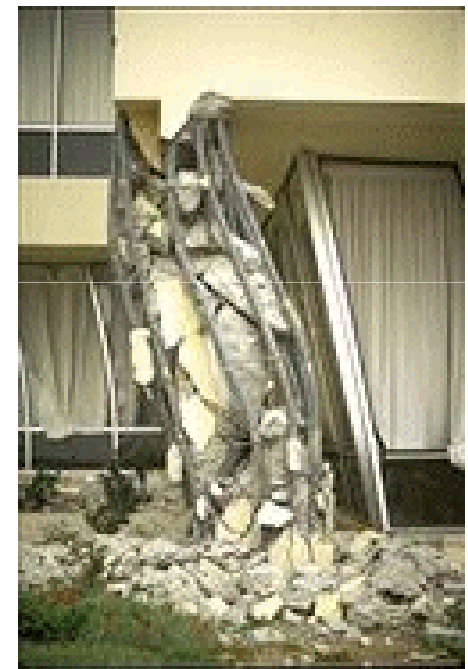
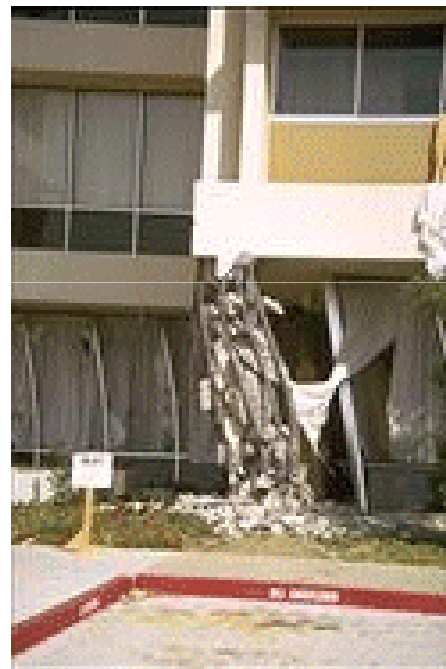
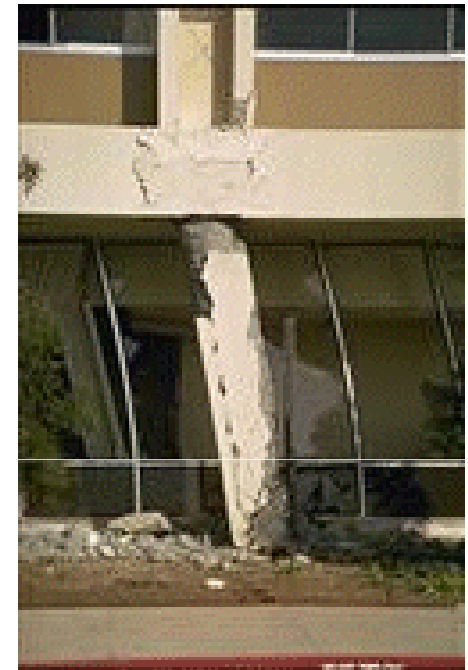
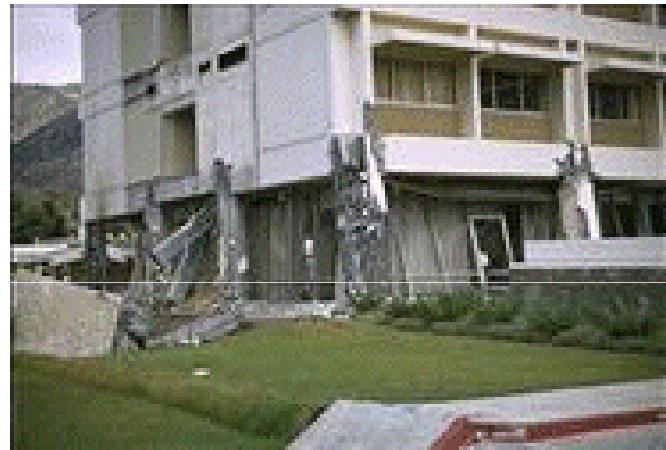


1999 – Turchia

Meccanismi di piano - senza crollo



Meccanismi di piano - senza crollo



1971 – San Fernando

Meccanismi di piano - crollo totale, con traslazione degli impalcati

S. Angelo dei Lombardi,
edificio 1

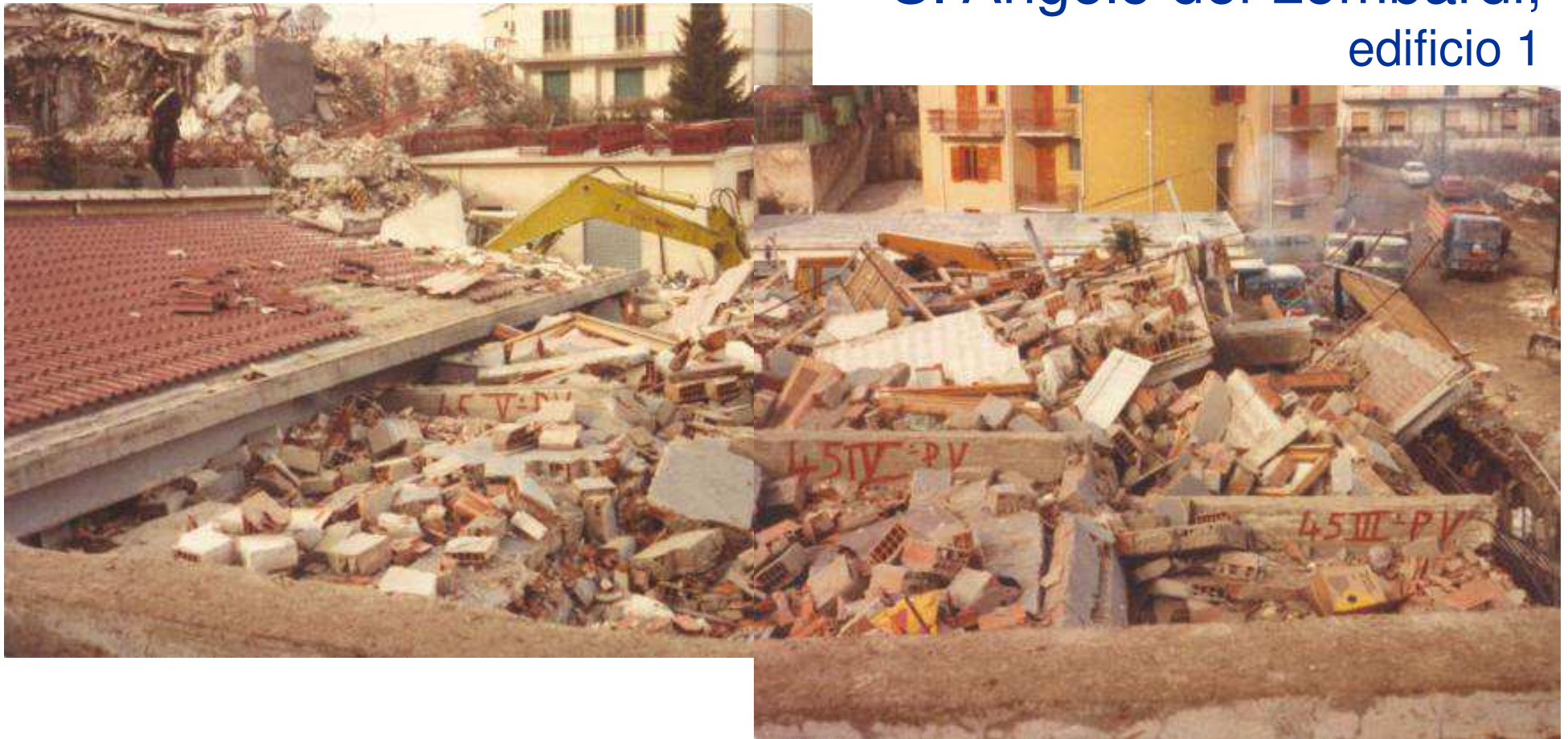
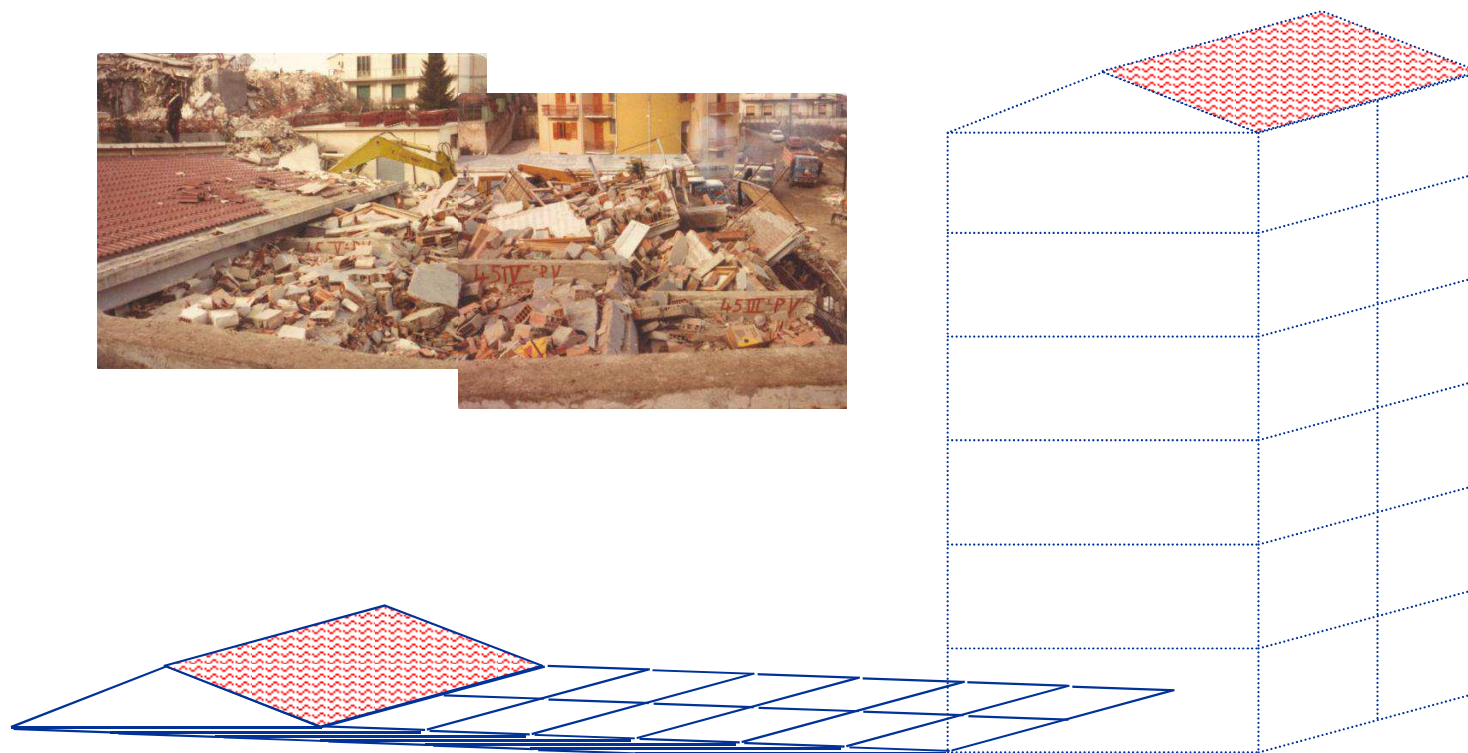


foto A. Gherzi

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

Crollo totale, con traslazione degli impalcati



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

Così, possono essere gli edifici
a investire le automobili ...



1994 – Northridge

Automobili schiacciate dagli edifici



1994 – Northridge

S. Angelo dei Lombardi

Edificio 2



foto A. Ghersi

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

S. Angelo dei Lombardi edificio 2



foto A. Gheresi

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



S. Angelo dei Lombardi edificio 2



foto A. Gheresi

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

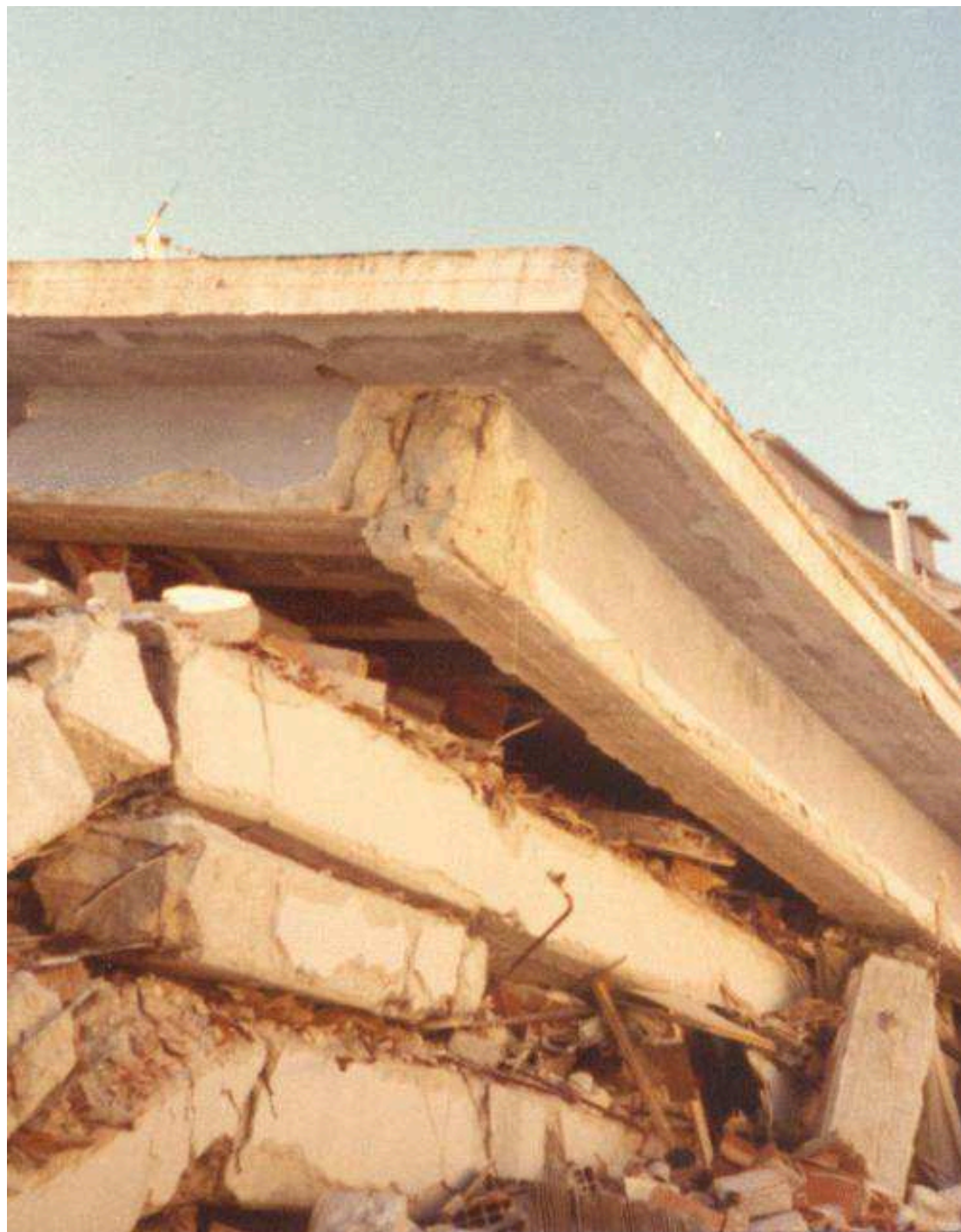


S. Angelo dei Lombardi edificio 2



foto A. Gheresi

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

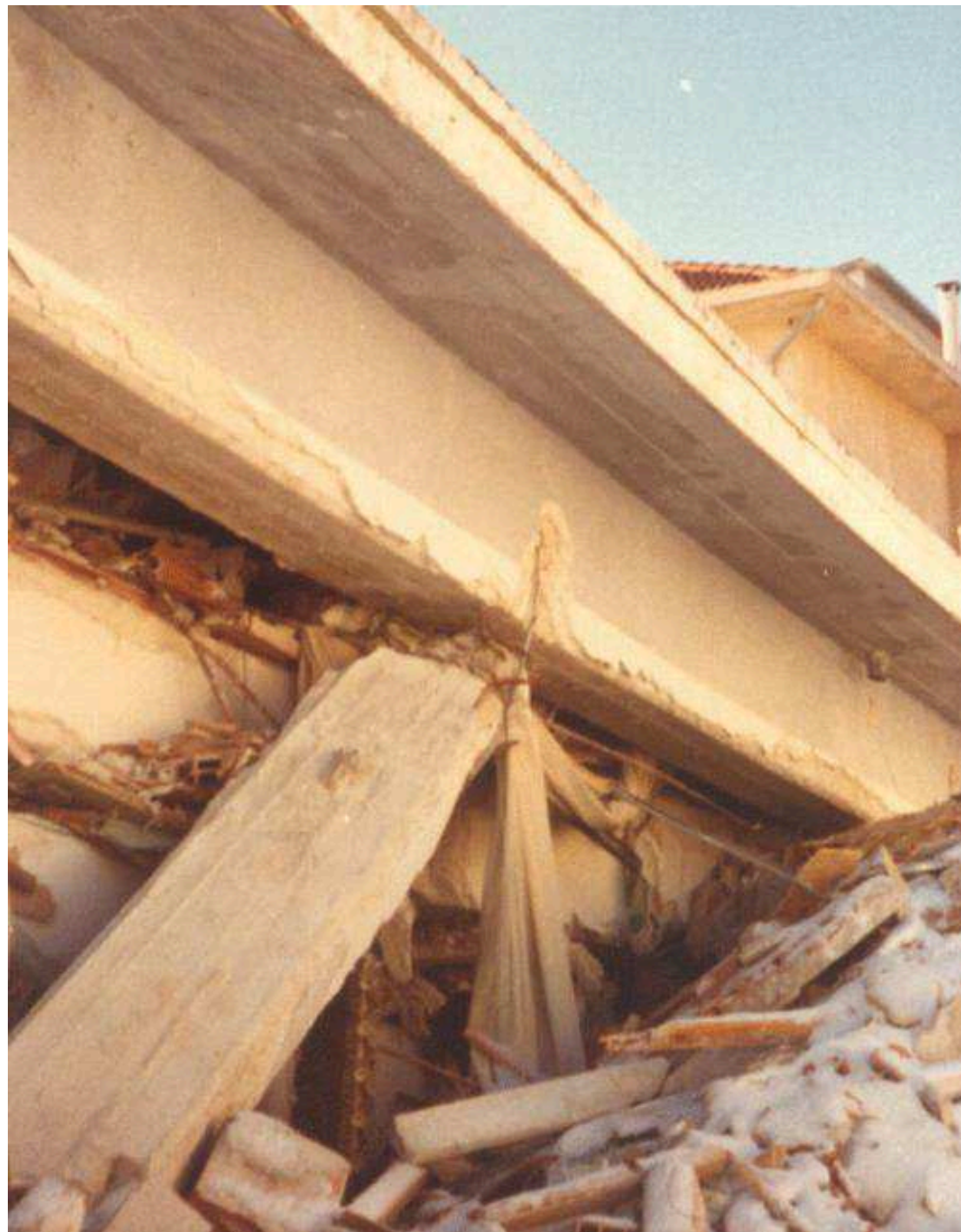


S. Angelo dei Lombardi edificio 2



foto A. Gherzi

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



Il meccanismo di piano è facilitato da difetti locali ...



foto A. Gherzi

S. Angelo dei Lombardi
edificio 2

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

S. Angelo dei Lombardi

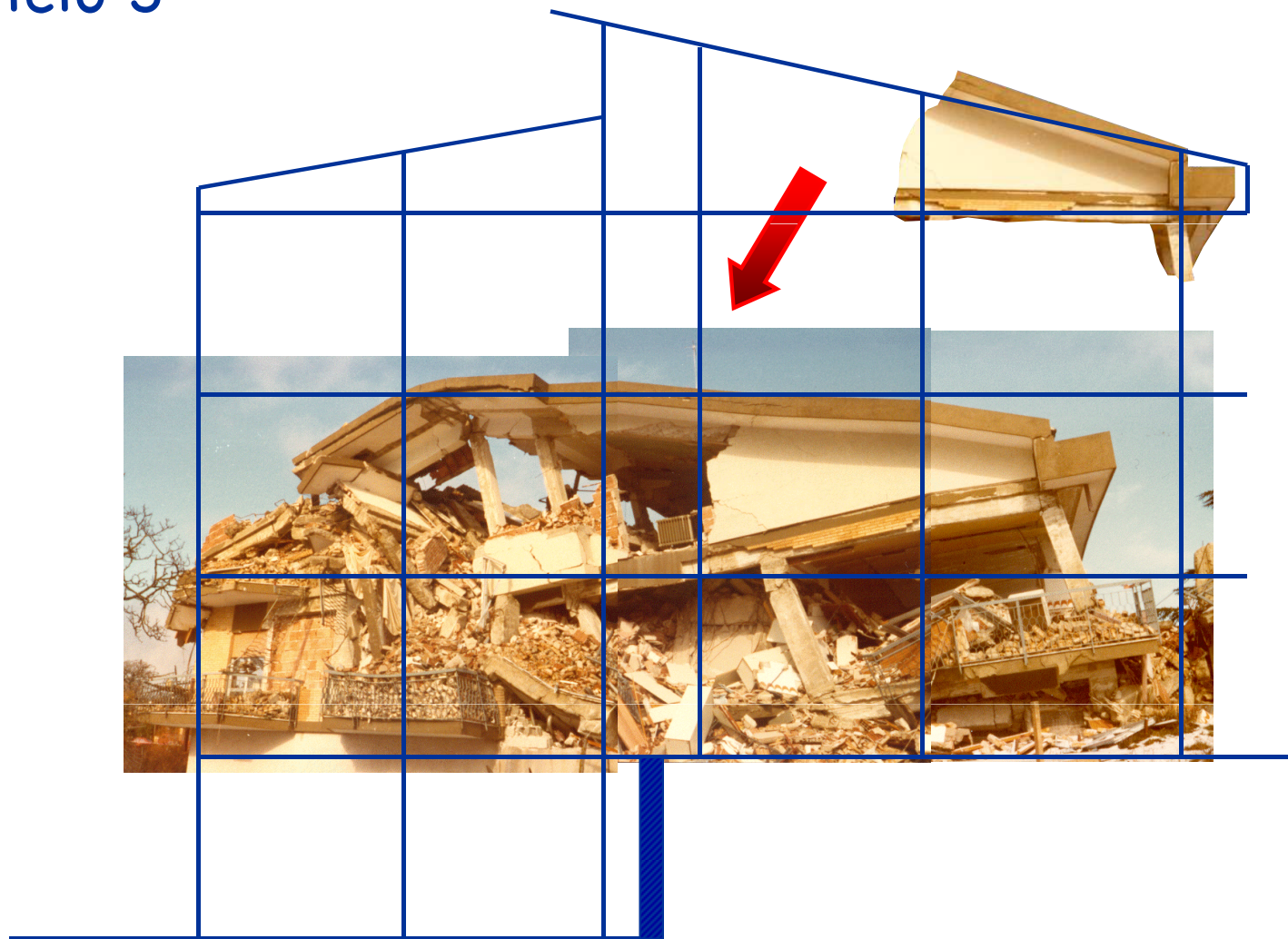
Edificio 3



foto A. Gheresi

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

S. Angelo dei Lombardi edificio 3



S. Angelo dei Lombardi edificio 3



foto A. Gheresi



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

S. Angelo dei Lombardi - edificio 3



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

foto A. Gherzi

Crollo totale - tipico (pilastri scadenti)



1999 – Turchia

Crollo totale



1999 – Turchia

Crollo totale - pilastri di ottima fattura



1994 – Northridge

Crollo totale



1994 – Northridge

Oppure ...



Espulsione di blocchi di
calcestruzzo

Scorrimento
lungo la lesione



... con risultati fatali



1999 – Turchia



foto A. Ghersi

Perdita del piano inferiore

Lioni,
edificio del Banco di Napoli



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



foto A. Ghersi

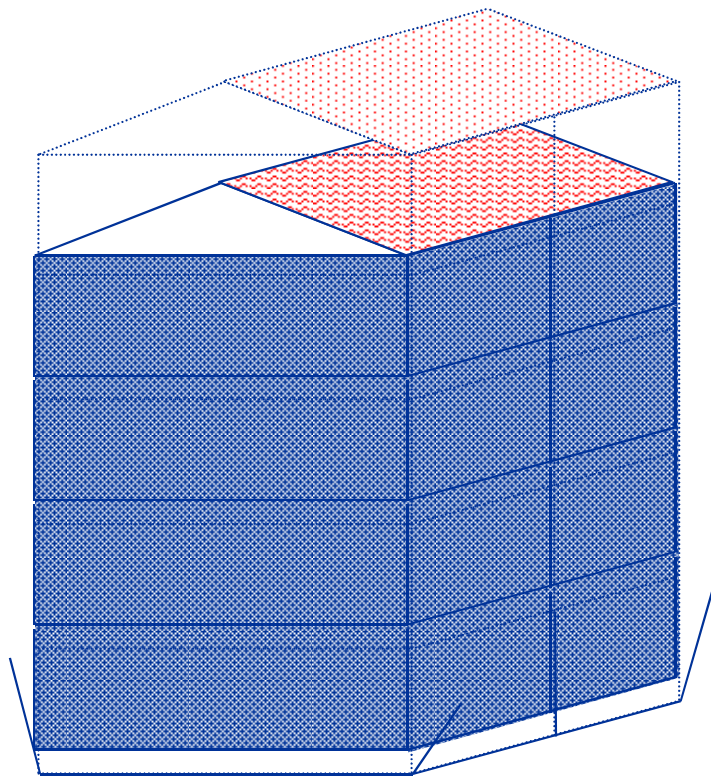
Lioni, edificio del Banco di Napoli



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

foto A. Ghersi

Lioni, edificio del Banco di Napoli



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



foto A. Gheresi

Lioni, edificio del Banco di Napoli



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



foto A. Ghersi

Lioni, edificio del Banco di Napoli



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

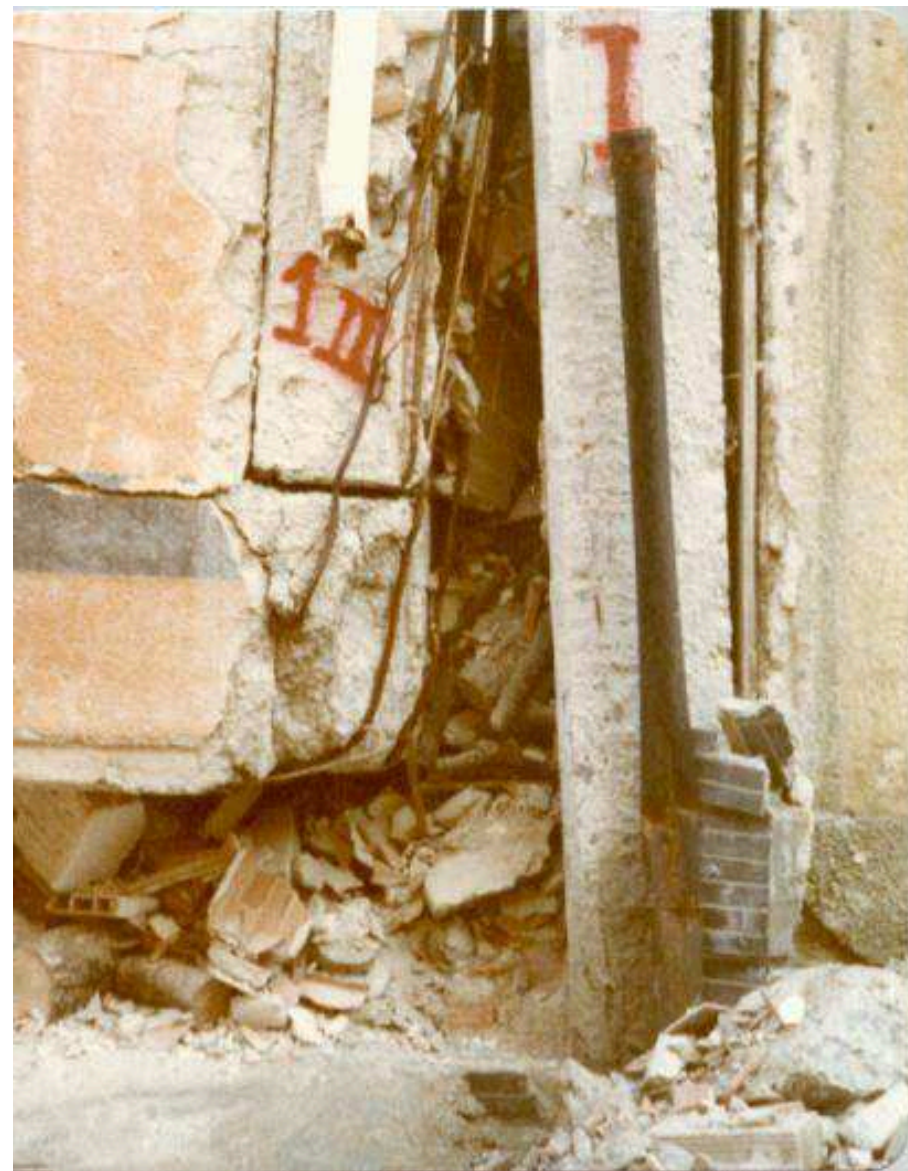


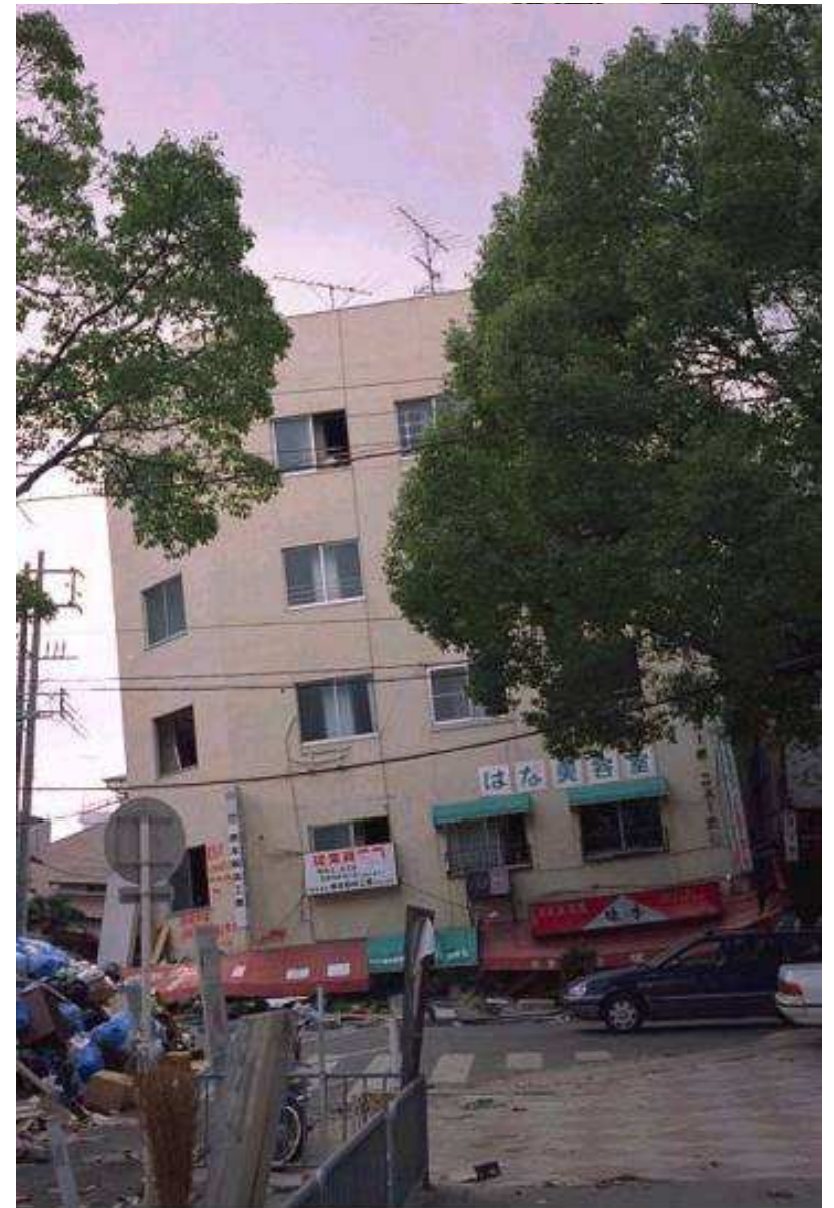
foto A. Ghersi

Perdita del piano inferiore - altri esempi



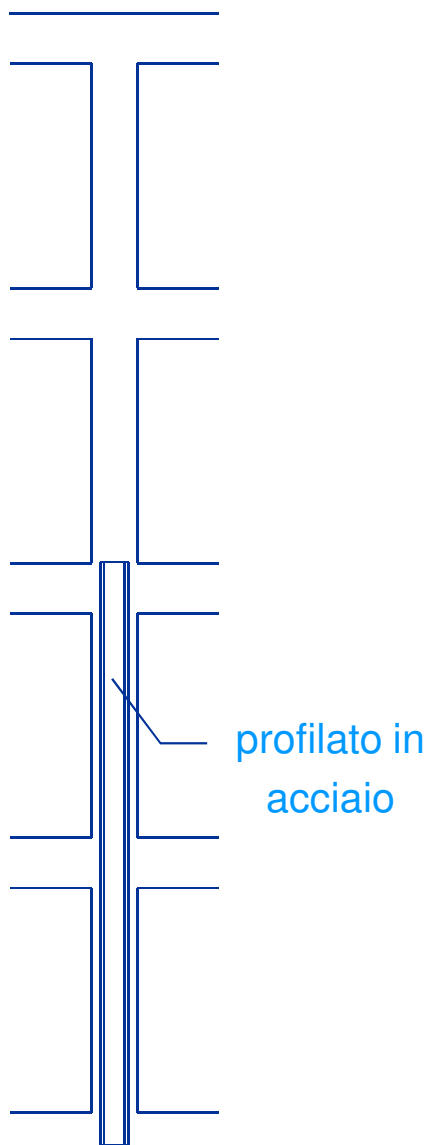
1999 – Turchia (?)

Perdita del piano inferiore



1995 – Kobe

Perdita di un piano intermedio



1995 – Kobe

Perdita di un piano intermedio



1995 – Kobe

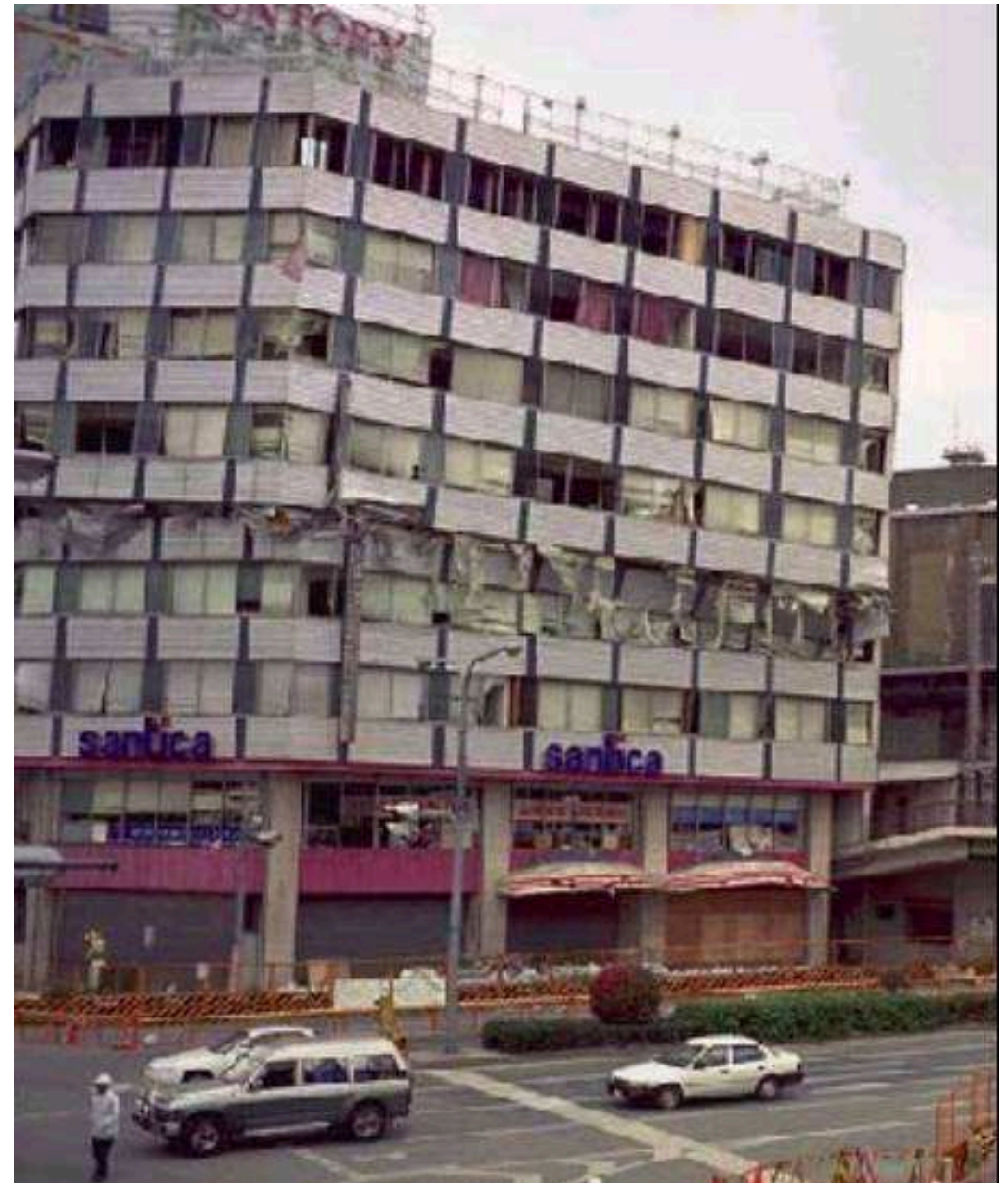
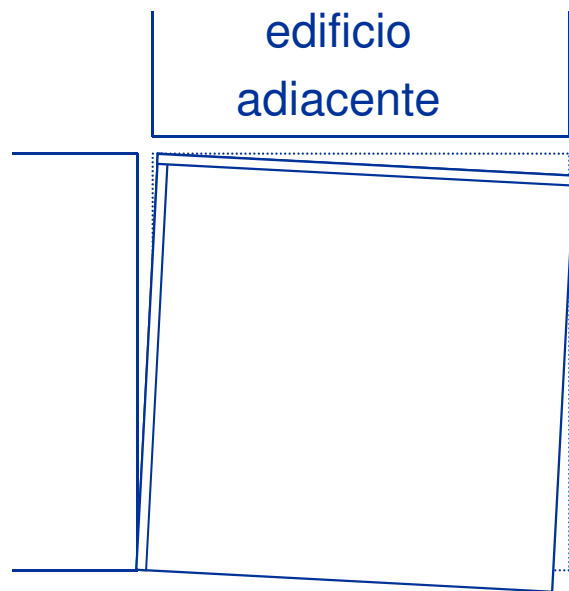
Perdita di un piano intermedio



1995 – Kobe

Perdita di un piano intermedio

possibili effetti torsionali
in pianta



1995 – Kobe

Terremoti di intensità elevata con alto periodo di ritorno

Commenti:

- Evitare danni alle strutture sarebbe troppo costoso e quindi non conviene economicamente
- Bisogna però evitare il crollo e la perdita di vite umane



Occorre tener conto di questo nella progettazione
e nella realizzazione dell'opera