

Corsi di aggiornamento
Progettazione strutturale
e Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

9. Vulnerabilità e rischio sismico di edifici esistenti in c.a.

05 – Danneggiamento e collasso di un edificio

Villa Redenta, Spoleto, 22-24 novembre 2018
Aurelio Gherzi

Danneggiamento progressivo e collasso di un edificio

Al crescere dell'azione sismica:

- Danneggiamento degli elementi non strutturali, che inizialmente danno un forte contributo alla risposta sismica della struttura
- Danneggiamento degli elementi strutturali, travi e pilastri
 - Lesioni a taglio
 - Lesioni a flessione

Il danneggiamento può aumentare fino al collasso dell'edificio

Collasso di un edificio

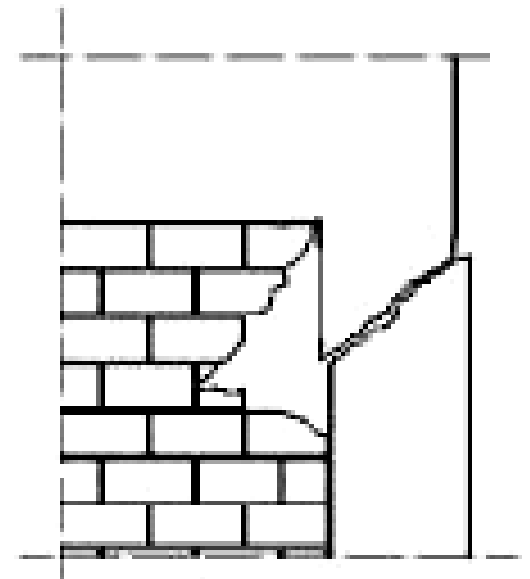
- Rottura fragile:
 - rottura a taglio delle sezioni di pilastri e travi
 - rotture a taglio dei nodi
 - scorrimento tra testa pilastro e trave in corrispondenza alle riprese di getto
- Rottura duttile (ovvero per esaurimento della duttilità):
 - estese plasticizzazioni agli estremi delle aste, fino al raggiungimento della rotazione ultima di una sezione

Rottura fragile

rottura a taglio di un pilastro

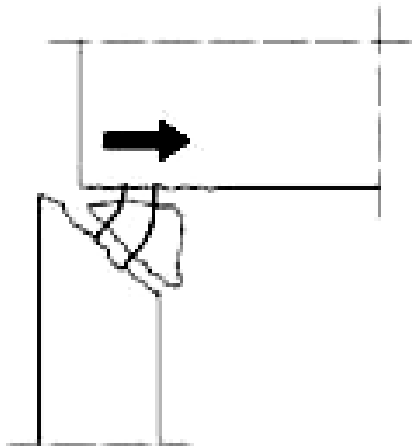


Rottura diagonale
della muratura e
propagazione come
lesione a taglio nel
pilastro



Rottura fragile

rottura a taglio di un pilastro



Rottura fragile

rottura a taglio di un pilastro

Ma attenzione:

- Il superamento della resistenza a taglio porta alla formazione della lesione inclinata
 - Questo comporta l'impossibilità di portare (ulteriore?) taglio e momento flettente, ma non automaticamente il collasso
- Se lo spostamento di interpiano cresce oltre un certo limite, il pilastro non riesce più a sostenere il carico verticale
 - In questo caso si ha il crollo

Rottura fragile

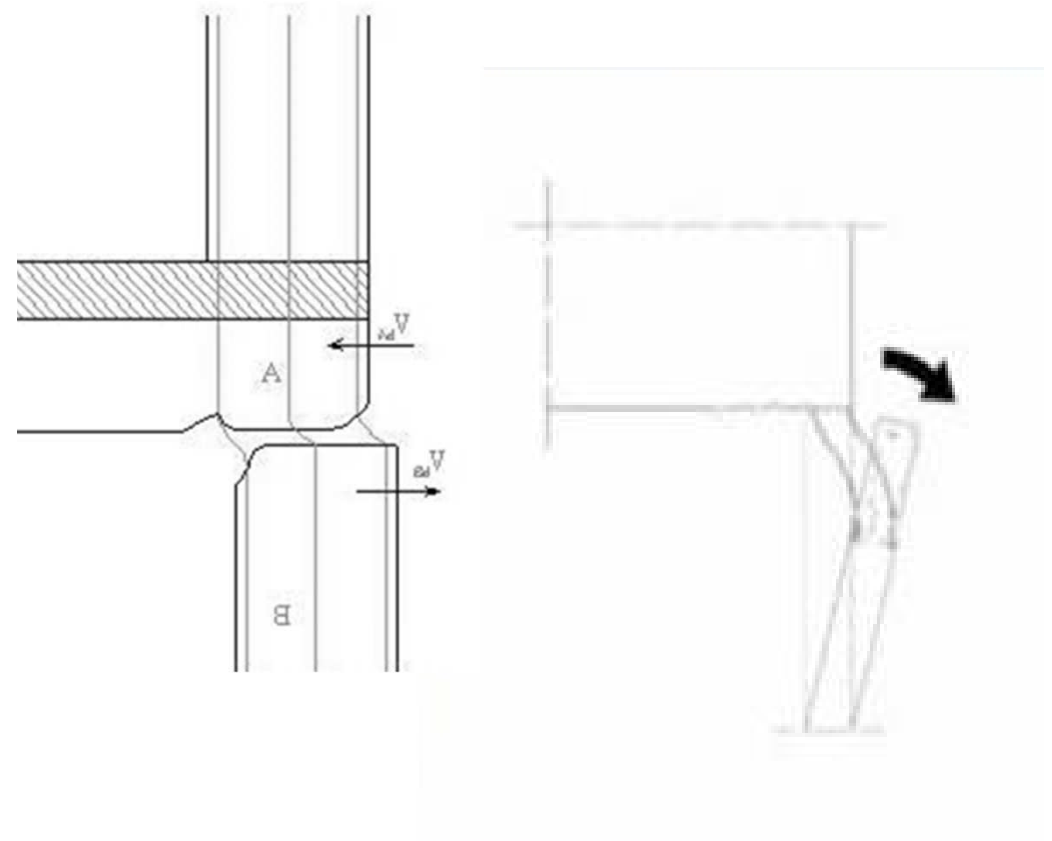
rottura a taglio dei pilastri (e dei nodi)



1999 – Turchia

Rottura fragile

scorrimento fra testa pilastro e trave



Scorrimento tra la sommità del pilastro
e la trave in corrispondenza
della ripresa di getto

Rottura fragile

sconnessione dei collegamenti nodali



Danneggiamento dei nodi in testa ed al piede del pilastro: non si ha formazione di cerniere plastiche sulla colonna né tantomeno sulle travi

Rottura fragile

sfilamento delle armature



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

S. Angelo dei Lombardi
edificio 2

Rottura fragile

scorrimento, sconnessione, sfilamento

Anche in questi casi:

- Il superamento del limite di resistenza dà innesco al fenomeno
- L'incapacità del pilastro a sostenere il carico verticale è anche in questi casi legata all'entità dello spostamento di interpiano
 - Se questo supera un certo limite si ha il crollo

Collasso di un edificio

- Rottura fragile:
 - rottura a taglio delle sezioni di pilastri e travi
 - rotture a taglio dei nodi
 - scorrimento tra testa pilastro e trave in corrispondenza alle riprese di getto
- Rottura duttile (ovvero per esaurimento della duttilità):
 - estese plasticizzazioni agli estremi delle aste, fino al raggiungimento della rotazione ultima di una sezione

Rottura duttile

plasticizzazione degli estremi dei pilastri



1999 – Turchia

Rottura duttile

plasticizzazione degli estremi dei pilastri



1999 – Turchia

Rottura duttile

plasticizzazione degli estremi dei pilastri

Risultato finale ...



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

Rottura duttile

plasticizzazione degli estremi dei pilastri

In questo caso:

- Il superamento della resistenza a flessione porta alla formazione di lesioni
 - Questo comporta l'impossibilità di portare ulteriore momento flettente, ma non il collasso
 - Finché rimane iperstatica e mantiene una certa rigidezza la struttura può continuare a portare carichi verticali ed anche azioni orizzontali
- Se lo spostamento di interpiano cresce oltre un certo limite, si raggiunge il limite di capacità deformativa della sezione
 - In questo caso si ha il crollo

Collasso di edifici esistenti:

fragile o duttile?

- **Fragile:**
rottura a taglio delle sezioni di pilastri e travi, rotture a taglio dei nodi, scorrimento tra testa pilastro e trave in corrispondenza a riprese di getto, accompagnati da rilevanti spostamenti
- **Poco duttile:**
plasticizzazioni agli estremi dei pilastri, con meccanismo di collasso di piano
- **Veramente duttile:**
estese plasticizzazioni agli estremi delle aste (in particolare delle travi), meccanismo di collasso globale e non di piano

Collasso di edifici esistenti: fragile o duttile?

Edifici antisismici ben progettati:

- Rottura fragile:
 - la rottura fragile viene evitata con il criterio di gerarchia delle resistenze (gerarchia taglio-flessione) e con l'attenzione ai dettagli costruttivi
- Rottura duttile:
 - la duttilità locale è garantita dai dettagli costruttivi
 - una richiesta eccessiva di duttilità viene evitata con il criterio di gerarchia delle resistenze (gerarchia pilastro-trave, per evitare meccanismi di piano)

Collasso di edifici esistenti: fragile o duttile?

Edifici antisismici ben progettati:

- Cosa mostra l'evidenza sperimentale ?
(danneggiamento e crollo di edifici in cemento armato in conseguenza ai terremoti)

Edifici progettati correttamente per sisma
(indipendentemente dalle normative di riferimento)



In questi casi il collasso è in genere duttile

Collasso di edifici esistenti: fragile o duttile?

Edifici antisismici mal progettati (rispetto formale delle norme):

- Cosa mostra l'evidenza sperimentale ?
(danneggiamento e crollo di edifici in cemento armato in conseguenza ai terremoti)

Edifici progettati mal progettati per sisma
(indipendentemente dalle normative di riferimento)



In questi casi il collasso può essere fragile

Collasso di edifici esistenti: fragile o duttile?

Edifici esistenti, non antisismici:

- Rottura fragile:
 - possono esserci forti carenze nelle staffe di pilastri e nodi, che portano ad un elevato rischio di rottura già per bassi valori di a_g
 - la bassa rigidezza e la scarsa resistenza del complesso degli elementi resistenti verticali possono consentire spostamenti tali da portare al collasso
- Rottura duttile:
 - la duttilità locale potrebbe essere modesta
 - potrebbero esserci meccanismi di piano che fanno esaurire presto la duttilità

Collasso di edifici esistenti: fragile o duttile?

Edifici esistenti, non antisismici:

- Cosa mostra l'evidenza sperimentale ?
(danneggiamento e crollo di edifici in cemento armato in conseguenza ai terremoti)

Edifici progettati solo per carichi verticali, ma con una particolare cura di progetto e dettagli costruttivi (buone sezioni dei pilastri, ben armate e ben staffate)



In questi casi il collasso può essere duttile

Collasso di edifici esistenti: fragile o duttile?

Edifici esistenti, non antisismici:

- Cosa mostra l'evidenza sperimentale ?
(danneggiamento e crollo di edifici in cemento armato in conseguenza ai terremoti)

Edifici progettati solo per carichi verticali, senza cura di progetto e dettagli costruttivi
(sezioni dei pilastri piccole, poco armate e carenti in staffe)



In questi casi il collasso è molto spesso fragile
specialmente se vi sono forti irregolarità e/o materiali scadenti

Verifica di edifici esistenti

Rottura fragile

- Edifici esistenti:
 - il rischio di rottura fragile è forte
 - la rottura spesso avviene già per bassi valori di a_g
 - gli spostamenti di interpiano sono elevati

Se è questo l'aspetto predominante:

- Si possono verificare in termini di resistenza, con analisi lineare, con spettro elastico o con fattore di struttura molto basso (1.5)
- La distribuzione delle rigidezze influisce molto sulle sollecitazioni delle singole sezioni
- La variabilità della resistenza dei materiali influisce molto, perché il collasso è dovuto alla rottura di una singola sezione

Verifica di edifici esistenti

Come procedere, se si teme rottura fragile

- Determinare, come prima cosa, il livello di azione sismica che porta a rottura fragile (resistenza a taglio dei pilastri, resistenza a taglio dei nodi, scorrimento travi-pilastro)
- Nel farlo, usare una modellazione che tenga conto in maniera corretta della rigidezza degli elementi strutturali (commisurata al livello di sollecitazione che porta alle rotture fragili)
- Se il livello di azione sismica trovato è basso, tenere conto anche degli elementi non strutturali, tramezzi e tamponature, che hanno un ruolo rilevante per basse azioni sismiche

Verifica di edifici esistenti

Rottura per esaurimento della duttilità

- Edifici esistenti:
 - la duttilità locale potrebbe essere modesta
 - potrebbero esserci meccanismi di piano che fanno esaurire presto la duttilità

Se è questo l'aspetto predominante:

- Si possono verificare in termini di resistenza, con analisi lineare, con basso fattore di struttura ...
... ma sarebbe meglio farlo in termini di deformazioni, con analisi lineare o non lineare
- La variabilità della resistenza dei materiali influisce poco, la maggior resistenza di una sezione può compensare la minor resistenza di un'altra