

Corso di aggiornamento

Edifici esistenti
in cemento armato

Teramo, 9-10 e 16-17 novembre 2007

Aurelio Ghersi

Normativa di riferimento: norme italiane

- Norme Tecniche per le Costruzioni
(versione 27 luglio 2007)
 - Azione sismica (cap. 3, par. 3.2)
 - Criteri generali di progettazione sismica (cap. 7)
 - Costruzioni esistenti (cap. 8)
- OPCM 3431 (3 maggio 2005)
ove non in contrasto con le Norme Tecniche per le Costruzioni
 - Indicazioni generali (cap. 2, 3, 4)
 - Indicazioni per edifici in c.a. (cap. 5)
 - Indicazioni per edifici esistenti (cap. 11)

Normativa di riferimento:

norme europee

- Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance
Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings (2004)
Regole generali, azione sismica e regole per edifici
 - Criteri generali
- Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance
Part 3: Assessment and retrofitting of buildings
Valutazione della vulnerabilità e consolidamento di edifici (agosto 2005)
 - Indicazioni specifiche per gli edifici esistenti

Altra documentazione rilevante

Linee guida regionali di particolare interesse:

- Regione Abruzzo: Linee guida per la valutazione della resistenza sismica degli edifici strategici e rilevanti (giugno 2007)
- Regione Basilicata: Linee guida per la valutazione della vulnerabilità sismica degli edifici strategici e rilevanti (ottobre 2005)

Altra documentazione:

- Documenti prodotti dal GNDT (Gruppo Nazionale Difesa Terremoti), in particolare Progetto SAVE
- si veda il sito <http://gndt.ingv.it/>

Norme Tecniche per le Costruzioni

Novità della versione 2007

Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere deve essere precisata nei documenti di progetto.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

¹. Le verifiche sismiche di strutture provvisorie o in fase costruttiva possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni

Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso :

Classe I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

Classe d'uso	I	II	III	IV
C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R=35$ anni

Periodo di ritorno e probabilità di superamento

Valutazione probabilistica dell'intensità dei terremoti

Periodo di ritorno T_r = tempo medio che intercorre tra due eventi sismici di assegnata intensità

Relazione tra probabilità p_1 di superamento nel tempo V_R e periodo di ritorno T_r :

$$T_r = -\frac{V_R}{\ln(1-p_1)} \approx \frac{V_R}{p_1}$$

Stati limite

Stati limite di esercizio:

- Stato Limite di Operatività (SLO):
si richiede che la costruzione nel suo complesso,
includendo impianti ed elementi non strutturali, non
subisca danni e interruzioni d'uso significative

probabilità superamento nel periodo di riferimento V_R : 81%
periodo di ritorno (per $V_R = 50$ anni): 30 anni

Stati limite

Stati limite di esercizio:

- Stato Limite di Operatività (SLO)
- Stato Limite di Danno (SLD):
si richiede che la costruzione subisca danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature
probabilità superamento nel periodo di riferimento V_R : 63%
periodo di ritorno (per $V_R = 50$ anni): 50 anni

Stati limite

Stati limite di esercizio:

- Stato Limite di Operatività (SLO)

non presente nella OPCM 3431

- Stato Limite di Danno (SLD)

denominato Stato Limite di Danno (SLD) nella parte generale della OPCM 3431 e Stato Limite di Danno Limitato (DL) nel capitolo 11 della OPCM 3431

Stati limite

Stati limite ultimi:

- Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV):
si accetta che la costruzione subisca rotture e crolli dei componenti non strutturali e significativi danni dei componenti strutturali, con perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali, ma si richiede che essa conservi una parte della rigidezza e resistenza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali

probabilità superamento nel periodo di riferimento V_R : 10%
periodo di ritorno (per $V_R = 50$ anni): 475 anni

Stati limite

Stati limite ultimi:

- Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):
si accetta che la costruzione subisca gravi rotture e crolli di componenti non strutturali e danni molto gravi ai componenti strutturali, ma si richiede che essa conservi ancora un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali

probabilità superamento nel periodo di riferimento V_R : 5%
periodo di ritorno (per $V_R = 50$ anni): 975 anni

Stati limite

Stati limite ultimi:

- Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)
denominato Stato Limite Ultimo (SLU) nella parte generale della OPCM 3431 e Stato Limite di Danno Severo (DS) nel capitolo 11 della OPCM 3431
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)
denominato Stato Limite di Collasso (CO) nel capitolo 11 della OPCM 3431

Categorie di sottosuolo

A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Categorie di sottosuolo

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie **S1** ed **S2**, è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Condizioni topografiche

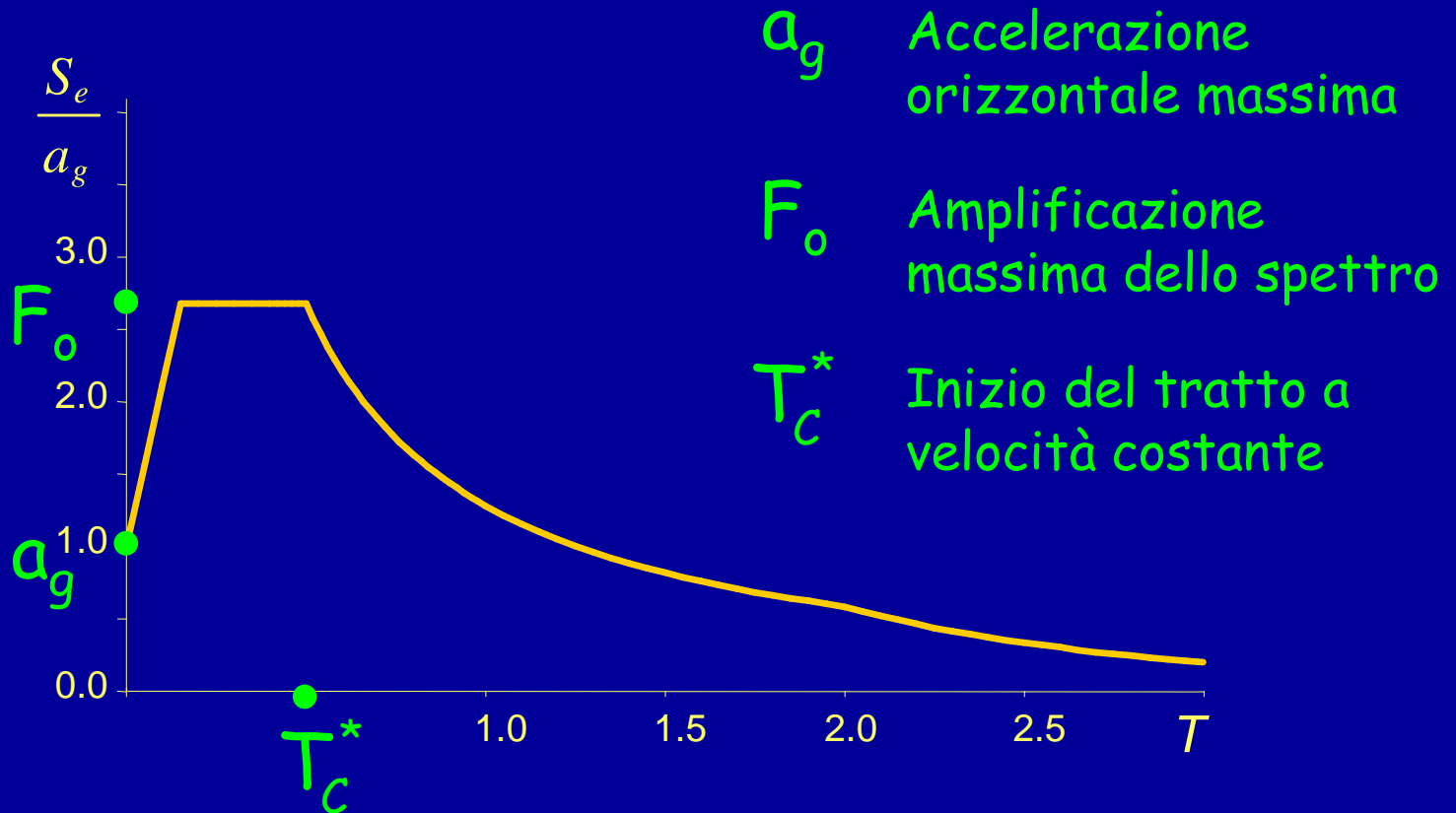
Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

T1	Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

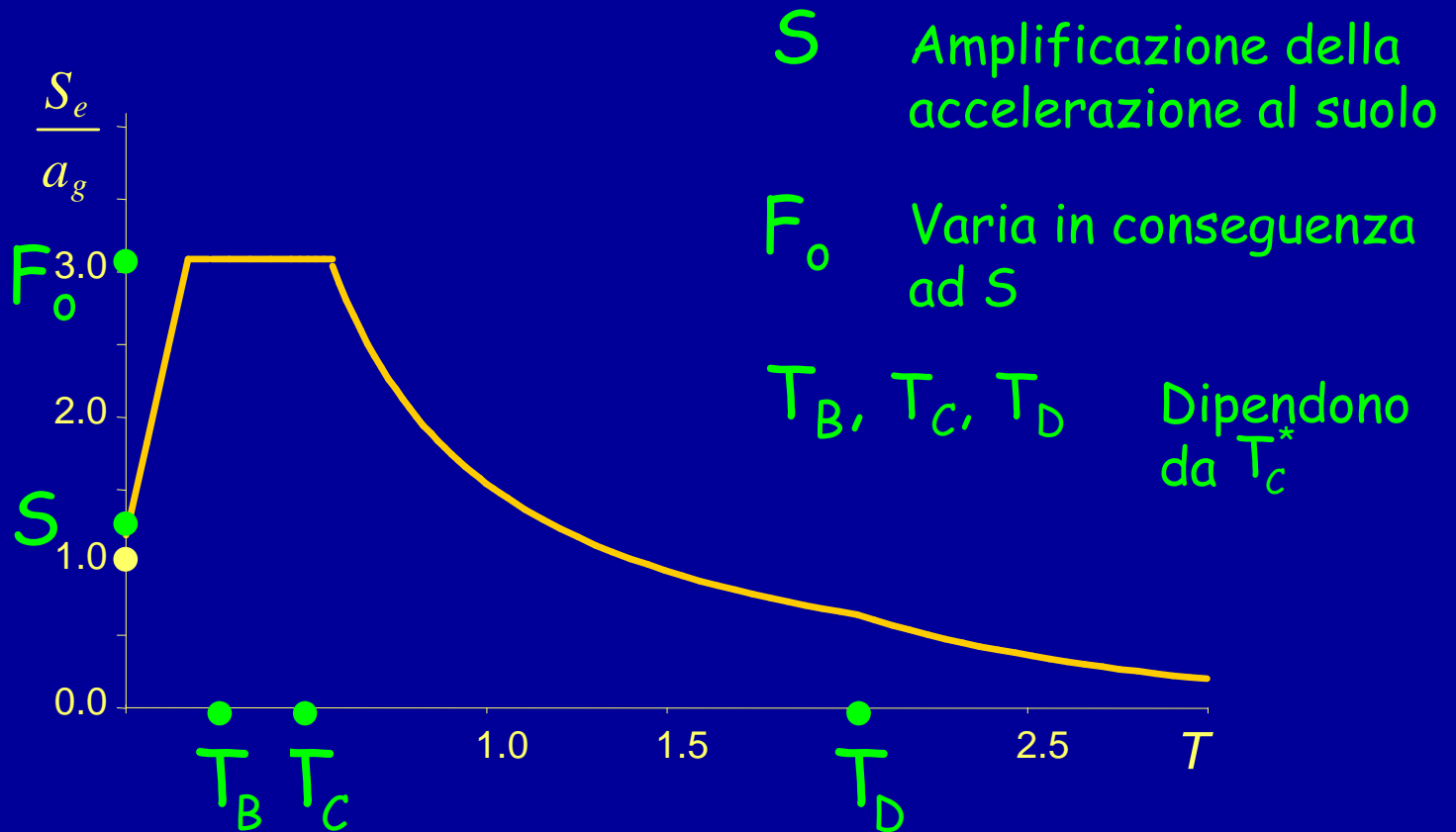
Spettri di risposta elastica

accelerazioni orizzontali - su roccia (suolo A)



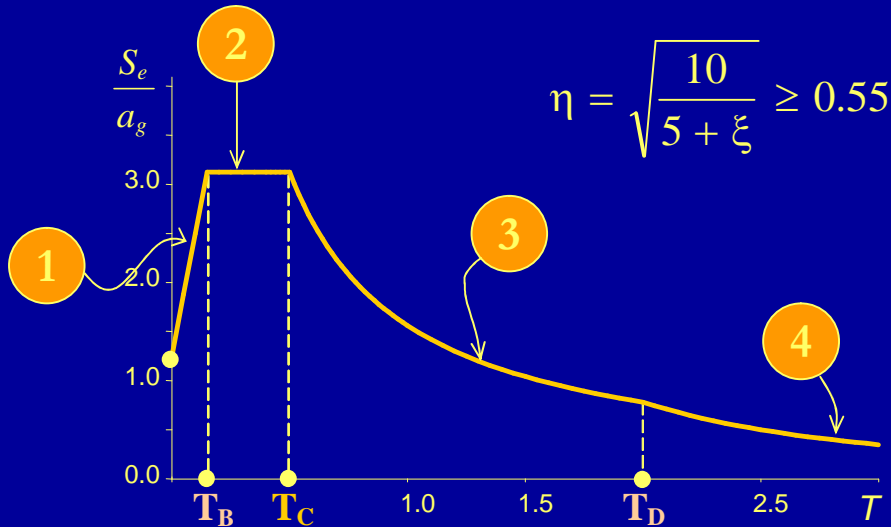
Spettri di risposta elastica

accelerazioni orizzontali - su altri suoli



Spettri di risposta elastica

accelerazioni orizzontali - su altri suoli



Primo tratto -
andamento lineare

$$S_e = a_g S \eta F_o \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

Secondo tratto -
costante

$$S_e = a_g S \eta F_o$$

Quarto tratto -
decrescente (con $1/T^2$)

$$S_e = a_g S \eta F_o \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Terzo tratto -
decrescente (con $1/T$)

$$S_e = a_g S \eta F_o \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

Spettri di risposta elastica

accelerazioni orizzontali - su altri suoli

S coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_S \times S_T$$

S_S coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_T coefficiente di amplificazione topografica

Spettri di risposta elastica

accelerazioni orizzontali - su altri suoli

T_C periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, determinato mediante la relazione:

$$T_C = C_C T_C^*$$

T_B periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, determinato mediante la relazione:

$$T_B = T_C / 3$$

T_D periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4.0 \frac{a_g}{g} + 1.6$$

Amplificazione stratigrafica

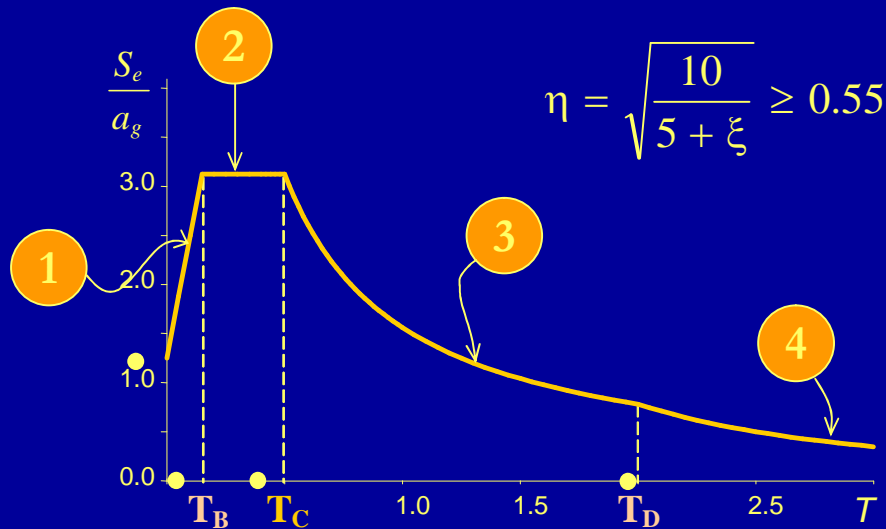
Categoria suolo	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 (T_C^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.25 (T_C^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.05 (T_C^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 (T_C^*)^{-0.40}$

Amplificazione topografica

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove S_T assume valore unitario.

Spettri di risposta elastica accelerazioni verticali



Primo tratto -
andamento lineare

$$S_{ve} = a_g S \eta F_v \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

Secondo tratto -
costante

$$S_{ve} = a_g S \eta F_v$$

Quarto tratto -
decrescente (con $1/T^2$)

$$S_{ve} = a_g S \eta F_v \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Terzo tratto -
decrescente (con $1/T$)

$$S_{ve} = a_g S \eta F_v \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

Spettri di risposta elastica

accelerazioni verticali

$$F_v = 1.35 F_o \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$$

Categoria di sottosuolo	S_S	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1.0	0.05 s	0.15 s	1.0 s

Vulnerabilità e rischio sismico

Rischio sismico

- ✓ 1. Un sistema ubicato in una zona sismica è soggetto alla possibilità di subire danni per effetto di un terremoto e che questi inducano perdite alla collettività in termini economici, culturali e di vite umane.

La relazione esistente tra il verificarsi di un evento sismico e le perdite socio-economiche del sistema funzionale in esame definisce il rischio sismico.

Rischio sismico

- ✓ 2. Il rischio sismico può essere definito come la **probabilità** che, in un dato arco di tempo t^* , venga raggiunto un assegnato livello di perdita, indicato con L_i .

La probabilità che nel tempo t^* si raggiunga il livello di perdita L_i viene indicata con $p(L_i)$; l'insieme di tutte le probabilità, relative a tutti gli L_i , è una rappresentazione probabilistica del rischio sismico

$$R = p(t^*, L_i).$$

Rischio sismico

✓ 3. Il rischio sismico è determinato dalla contemporanea presenza di tre contributi:

- Pericolosità sismica

È una misura della potenzialità distruttive del terremoto atteso in una data area.

In termini probabilistici è la probabilità che in un lasso temporale t^* si registri un livello di intensità sismica H_k :

$$P = p(t^*, H_k)$$

Rischio sismico

✓ 3. Il rischio sismico è determinato dalla contemporanea presenza di tre contributi:

- Vulnerabilità sismica

È una misura della propensione al danneggiamento strutturale, a prescindere dalla sismicità dell'area.

In termini probabilistici è la probabilità che per un livello di intensità sismica H_k si verifichi un livello di danneggiamento D_j :

$$V = p(H_k, D_j)$$

Rischio sismico

✓ 3. Il rischio sismico è determinato dalla contemporanea presenza di tre contributi:

- Esposizione

È una misura della perdita (economica, di vite umane, etc.) associata ad un livello di danno.

In termini probabilistici è la probabilità che per un livello di danneggiamento D_j si verifichi un livello di perdita L_i :

$$E = p(D_j, L_i)$$

Rischio sismico

✓ 3. Il rischio sismico è determinato dalla contemporanea presenza di tre contributi:

- Pericolosità sismica
- Vulnerabilità sismica
- Esposizione

Se anche uno solo dei tre contributi è nullo o trascurabile il rischio è nullo o trascurabile.

$$R = p(t^*, L_i) = P \times V \times E$$

$$R = p(t^*, H_k) \times p(H_k, D_j) \times p(D_j, L_i)$$

Rischio sismico

- ✓ 4. L'approccio probabilistico alla valutazione della vulnerabilità, del danno e del rischio sismico presuppongono, in genere, l'applicazione di **tecniche di valutazione** su campioni significativi di organismi strutturali.
 - Indagini di vulnerabilità a grande scala (interi comuni o vaste aree territoriali)
 - Indagini su piccola-media scala (gruppo limitato di immobili, quartieri, analisi tipologiche, etc.)
 - Indagini su piccolissima scala (esame del singolo o di pochi edifici) → valutazione delle prestazioni sismiche

Indagini a grande o media scala

Le schede di rilievo

La valutazione della vulnerabilità è basata sulla conoscenza dell'organismo strutturale esaminato.

L'acquisizione guidata dei dati necessari alla valutazione viene effettuata mediante apposite schede.

Le schede di rilievo

Le schede di vulnerabilità ed esposizione sono classificate in relazione alla loro finalità e al livello di dettaglio delle informazioni:

- **prescheda** per la raccolta di informazioni preliminari al censimento di vulnerabilità;
- **censimento speditivo** di vulnerabilità per edifici in muratura o in cemento armato;
- **scheda di 1° / 2° livello** per il rilevamento dell'esposizione e della vulnerabilità di edifici (muratura, c. a.) capannoni industriali, chiese, etc.
- **scheda per il rilievo post-terremoto** (valutazioni a posteriori della vulnerabilità)

Scheda di 1° livello

Sezione 1 - DATI RELATIVI ALLA SCHEDA

Cod. ISTAT Provincia
Cod. ISTAT Comune
Comune

Scheda N°
Data
Squadra

Sezione 2 - LOCALIZZAZIONE EDIFICIO

Cod. ISTAT Sez. Cens.

RIFERIMENTO CATASTALE

Foglio Mappale Particella

CARTOGRAFIA DI RILEVAZIONE

Foglio Aggregato Edificio

URBANISTICA

Zona di piano Piano attuato Vincoli

Aggregato strutturale Edificio

0 via, viale - 1 corso
2 vicolo - 3 piazza, largo
4 località

Nome

N° civico

N° accessi N° fronti a comune

Sezione 3 - DATI METRICI

Superficie media N° piani a superficie coperta (mq) media coperta uguale

N° piani ad altezza media interpiano uguale
Altezza media interpiano (m)

Altezza massima fuori terra valutata in gronda (m)

Altezza minima fuori terra valutata in gronda (m)

Larghezza strada fronte principale (m)

Sezione 4 - USO

Totale unità d'uso

Stato dell'edificio F finito
N non finito
C in costruzione

Condizioni d'uso 1 totalmente utilizzato
2 parzialmente utilizzato
3 non utilizzato
4 abbandonato

Proprietà

Condizione prev. 1 diretta
2 in locazione

Residenza 1 sì 2 no Abitazioni occupate N° Sup. % Abitazioni libere N° Sup. % Abitazioni occup. salt. N° Sup. %

Att. produttive 1 sì 2 no Servizi pubbl. 1 sì 2 no Denom. dell'edificio

Unità d'uso N° Codice Tipo Sup. %
Periodo di utilizzo mesi giorni
Ut. Potenz. media max h/gg
Bacino di utenza

Sezione 5 - ETA DELLA COSTRUZIONE - INTERVENTI

Classi di età Interventi

A prima del 19 0 Nessuno
B 19 - 45 1 Ampliamento
C 46 - 60 2 Sopraelevazione
D 61 - 71 3 Ristrutturazione
E 72 - 75 4 Restauro
F 76 - 8 5 Manutenzione
G dopo 8 6 Rip. antisismica
H 7 Adeq. antisismico
I

Sez. 6 - STATO DELLE FINITURE E IMPIANTI

E Efficiente Intonaci/paramenti esterni
N Non efficiente Infissi esterni
Z Non esistente Impianto elettrico
Impianto idrico
Finiture interne (intonaci, pav.)
Riscaldamento
Servizi igienici

Sezione 7 - TIPOLOGIA STRUTTURALE

Mur a sacco
Mur a sacco con spigoli, mazzette e ricorsi
Mur pietra sbazzata
Mur pietra sbazzata con rinforzi c.s.
Mur pietre arrotondate
Mur pietre arrotondate con rinforzi c.s.
Mur blocchetti tufo o pietra ben squadrate
Mur blocchetti calc. inerti pesanti
Mur blocchetti calc. inerti leggeri
Mur mattoni pieni o multifori
Mur mattoni forati
Pareti calc. non armato
Pareti calc. armato
Telai di c.a. non tamponati
Telai di c.a. con tamponature deboli
Telai di c.a. con tamponature consist.
Ossatura metallica
Miste

Struttura appoggiata in legno
Struttura a sbalzo in legno
Struttura appoggiata in acciaio
Struttura a sbalzo in acciaio
Struttura appoggiata in pietra o laterizio
Struttura a sbalzo in pietra o laterizio
Volta appoggiata in muratura
Volta a sbalzo in muratura
Struttura appoggiata in c.a.
Struttura a sbalzo in c.a.

A
B
C
D
E
F
G
H
I
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
U
V

Strutture orizzontali
Coperture
Strutture verticali

Legno
Legno con catene
Putrelle e voltine o tavelloni
Putrelle e voltine o tavelloni con catene
Laterocemento o solette in c.a.
Volte senza catene
Miste volte solai
Miste volte solai con catene

Legno spingenti
Legno "poco spingenti" (vedi manuale)
Legno a spinta eliminata o travi orizz.
Laterocemento o solette in c.a.
Acciaio spingenti
Acciaio non spingenti
Miste spingenti
Miste non spingenti

Tipologia edilizia prevalente
1 tipologia specialistica (capannoni, chiese, etc.)
2 muratura o mista
3 c.a.
4 acciaio
5 altro

Tipologia N° piani a tipologia strutturale uguale

281
285
289
293
297
Scale
Orizz. e cop.
Verticali

Sezione 8 - ESTENSIONE E LIVELLO DEL DANNO

Evento in data

1 siama
2 altro

Estensione del danno

10% 0
20% 1
30% 2
40% 3
50% 4
60% 5
70% 6
80% 7
90% 8
100% 9

Livello del danno

Nessun danno A
Danno lieve B
Danno medio C
Danno grave D
Danno gravissimo E
Danno totale F

Danni impianti 1 sì 2 no

Strutture verticali
Strutture orizzontali
Scale
Tamponature

Scheda di 2° livello

N	PARAMETRO	VALORI	CODIFICHE
1	TIPO ED ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE	<input type="checkbox"/>	<p>La valutazione va riferita alla direzione più debole.</p> <p>1 Pareti in c.a. in entrambi le direzione 2 Pilastri e travi alte 3 Pilastri e travi in spessore di solaio 4 Altro _____ 5 Non so</p>
2	DISTRIBUZIONE DELLE TAMPONATURE	<input type="checkbox"/>	<p>Considerare solo le tamponature esterne e i campi di tamponatura pieni per più del 70% a contatto con la maglia strutturale (travi e pilastri).</p> <p>A Su 4 lati esterni B Su 3 lati esterni C Su 2 lati esterni D Su 1 lato esterno</p>
3	CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	Forma <input type="checkbox"/>	<p>IL nucleo scale e ascensore sono da considerarsi resistenti quando sono realizzati o in pareti di c.a. o a struttura intelaiata con tamponatura consistente (Blocchi cls o tufo, mattoni pieni o forati doppio UNI)</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p>1 Forma compatta con nucleo scala ascensore resistente centrale</p> <p>2 Forma compatta con nucleo scala ascensore resistente eccentrico</p> <p>3 Forma non compatta con nucleo scala ascensore resistente centrale</p> <p>4 Forma non compatta con nucleo scala ascensore resistente eccentrico</p> </div> <div style="flex: 2;"> <p>Forme compatte</p> <p>Forme non compatte</p> </div> </div>
4	IRREGOLARITÀ IN ELEVAZIONE	Piano debole <input type="checkbox"/> Pilastri tozzi <input type="checkbox"/>	<p>Per piano debole si intende un piano che ha una rigidezza ridotta rispetto agli altri come il caso di piano pilotis o piani con grandi aperture o privi di tamponature o poste in aggetto o arretrate rispetto alla maglia strutturale</p> <p>A Assente B Diverso dal piano terra con nucleo scala-ascensore resistente C Al piano terra con nucleo scala-ascensore resistente D Diverso dal piano terra senza nucleo scala-ascensore resistente E Al piano terra senza nucleo scala-ascensore resistente</p> <p>1 Assenti 2 Per travi a ginocchio o piani sfalsati 3 Per finestre a nastro 4 Altro _____</p>

Codice ISTAT Provincia <input type="text"/>		Codice ISTAT Comune <input type="text"/>		Scheda No. <input type="text"/>
PARAMETRI		Class.	Qual. inf.	
1	TIPO ED ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE (S.R.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	QUALITÀ DEL S.R.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	RESISTENZA CONVENZIONALE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	POSIZIONE EDIFICIO E FONDAZIONI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	ORIZZONTAMENTI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	CONFIGURAZIONE IN ELEVAZIONE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
M8	D _{max} MURATURE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
M9	COPERTURA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	EL. NON STRUTT.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	STATO DI FATTO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

ELEMENTI DI VALUTAZIONE

Norm. nuove costruz. (cl. A) ☐

Norm. riparazioni (cl. A) ☐

Cord. e cat. tutti livelli (cl. B) ☐

Buoni amm. fra mur. (cl. C) ☐

Senza cord. cattivi amm. (cl. D) ☐

(vedi manuale)

Numero di piani N ☐

Area tot. cop. A_t (mq) ☐

Area A_x (mq) ☐

Area A_y (mq) ☐

r_x (t/mq) ☐

Alt. media interp. h (m) ☐

Peso spec. par. p_m (t/mc) ☐

Carico perm. sol. p_s (t/mq) ☐

Pend. perc. terr. ☐

Roccia fond. si ☐

Terr. sc. non sp. fond. si ☐

Terr. sc. sp. fond. si ☐

Diff. max di quota Δh (m) ☐

Piani sfalsati si ☐

Orizz. rig. e ben coll. ☐

Orizz. def. e ben coll. ☐

Orizz. rig. e mal coll. ☐

Orizz. def. e mal coll. ☐

% or. rig. ben coll. ☐

Rapp. perc. β₁ = a/l ☐

Rapp. perc. β₂ = b/l ☐

% aumento (+) / riduz. (-) di massa ☐

Rapp. perc. T/H ☐

Perc. in sup. port. ☐

Piano terra port. si ☐

Rapp. massimo I/s ☐

Cop. non sp. ☐

Cord. in copert. si ☐

Cat. in copert. si ☐

Car. perm. cop. p_c (t/mq) ☐

Lungh. app. cop. l_c (m) ☐

Perim. cop. l (m) ☐

(vedi manuale)

SCHEMI - RICHIAMI (MURATURA)

Parametro 3. Resistenza convenzionale.

Tipologia struttura verticale r_x (t/mq)

Minimo fra A_x e A_y A (mq)

Massimo fra A_x e A_y B (mq)

Coeff. a_s = A/At Coeff. γ = B/A

q = (A_x + A_y) h. p_m/At + p_s

C = $\frac{a_s \cdot r_x}{a \cdot N} \cdot \sqrt{1 + \frac{q}{1.5 \cdot a_s \cdot r_x \cdot (1 + \gamma)}}$

q = C/0.4

Parametro 6. Configurazione planimetrica.

β₁ = a/l β₂ = b/l

Parametro 7. Configurazione in elevazione.

Parametro M9. Copertura.

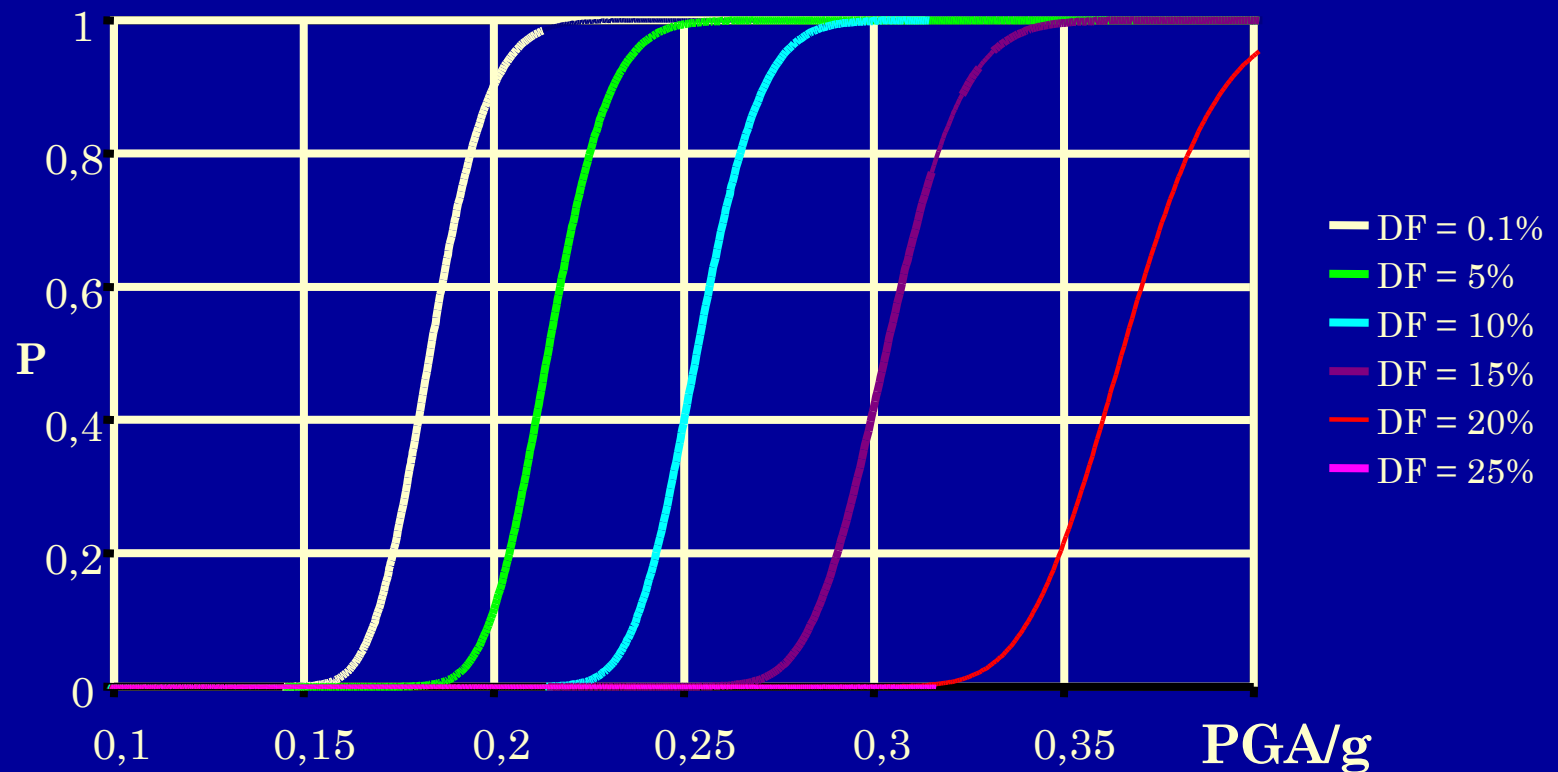
Matrice di probabilità di danno

La relazione tra danno e intensità sismica può essere espressa in termini matriciali

Grado di danno	Grado di intensità sismica				
	VI	VII	VIII	IX	X
1	50				
2	5				
3		50			
4		5	50		
5			5	50	75

Curve di fragilità

La relazione tra danno e intensità sismica in termini probabilistici è definita curva di fragilità:



Indagini a piccolissima scala
(singolo edificio)

Occorre un approccio diverso
e schede di rilievo diverse

Nuove costruzioni
e costruzioni esistenti

Quando siamo chiamati ad occuparci di edifici esistenti?

- Esprimere un giudizio sull'agibilità per dissesti (reali o presunti) indipendenti da eventi sismici
- Esprimere un giudizio sull'agibilità dopo un evento sismico
- Valutare il grado di sicurezza dell'edificio nei confronti delle azioni sismiche
- Progettare interventi per il miglioramento o adeguamento sismico dell'edificio

Miglioramento/adeguamento

Miglioramento:

- Intervento sulla struttura per aumentarne globalmente la sicurezza, pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle norme vigenti

Adeguamento:

- Intervento sulla struttura che le conferiscono i livelli di sicurezza richiesti dalle norme vigenti

Miglioramento/adeguamento

L'adeguamento è obbligatorio quando ricorre anche una sola delle tre condizioni seguenti:

- La costruzione viene ampliata o sopraelevata
- I carichi globali in fondazione aumentano più del 10% (per variazione di destinazione d'uso o altro)
- Gli interventi strutturali modificano in maniera sostanziale il comportamento complessivo della costruzione

NTC 07

*Che differenza c'è
tra nuove costruzioni ed edifici esistenti?*

Nuove costruzioni

Il progettista ha piena libertà per definire:

- Geometria della struttura
- Dettagli costruttivi
- Materiali

Modalità di analisi tipica:

- Analisi modale (o statica) con fattore di struttura q
(valori tipici di q : tra 4 e 6)

Altre alternative:

- Analisi statica non lineare non comporta grandi vantaggi
- Analisi dinamica non lineare troppo complicata

Costruzioni esistenti

È tutto già definito:

- Geometria della struttura
- Dettagli costruttivi
- Materiali

E il comportamento sarà in genere diverso:

- Rotture fragili
- Collasso non globale

Nascono problemi specifici:

- Conoscenza della struttura
- Modellazione della struttura
- Analisi globale del comportamento della struttura

Valutazione della sicurezza di una struttura esistente

Problematiche:

- Conoscenza della struttura
- Modellazione della struttura
- Analisi del comportamento della struttura

Da tenere in considerazione:

NTC 07

- La costruzione riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione
- Possono essere insiti e non palesi difetti di impostazione e realizzazione
- La costruzione può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano completamente manifesti
- Le strutture possono presentare degrado e/o modificazioni significative rispetto alla situazione originaria

Valutazione della sicurezza di una struttura esistente

Problematiche:

- Conoscenza della struttura
- Modellazione della struttura
- Analisi del comportamento della struttura

Nella modellazione, tenere in considerazione che:

NTC 07

- La geometria e i dettagli costruttivi sono definiti e la loro conoscenza dipende solo dalla documentazione disponibile e dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive
- La conoscenza delle proprietà meccaniche dei materiali non risente delle incertezze legate alla produzione e posa in opera ma solo dell'omogeneità dei materiali all'interno della costruzione, del livello di approfondimento delle indagini conoscitive e della loro affidabilità
- I carichi permanenti sono definiti e la loro conoscenza dipende dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive

Valutazione della sicurezza di una struttura esistente

Problematiche:

- Conoscenza della struttura
- Modellazione della struttura
- Analisi globale del comportamento della struttura

Nell'analisi strutturale:

NTC 07

- Usare metodi di analisi e verifica dipendenti dalla completezza ed affidabilità della informazione disponibile
- Usare nelle verifiche adeguati coefficienti di sicurezza ("fattori di confidenza"), che modificano i parametri di capacità in funzione del livello di conoscenza relativo a geometria, dettagli costruttivi e materiali

Valutazione della sicurezza della struttura nella sua globalità

Notare:

- La geometria e i dettagli costruttivi sono definiti ...
- La conoscenza delle proprietà meccaniche dei materiali non risente delle incertezze legate alla produzione ...

Per questo motivo le norme (OPCM 3431) consentono di far riferimento ai valori medi (e non caratteristici) delle proprietà dei materiali in situ

- La conoscenza di geometria, proprietà meccaniche, carichi ... dipende dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive

Per questo motivo occorre dividere i valori medi delle proprietà dei materiali per il "fattore di confidenza"

La conoscenza di un singolo edificio

Dati necessari e fonti

Dati necessari:

- Geometria delle strutture in elevazione e in fondazione
- Categoria di suolo
- Particolari costruttivi
- Caratteristiche dei materiali
- Danni e degradi della struttura

Fonti per l'acquisizione dei dati:

- Informazioni storiche (norme utilizzate, modifiche, ecc.)
- Documenti di progetto
- Rilievo
- Indagini in situ e in laboratorio

Livelli di conoscenza

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ
LC2		Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure <i>estese</i> verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure <i>estese</i> prove in-situ
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure <i>esaustive</i> verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con <i>estese</i> prove in situ oppure <i>esaustive</i> prove in-situ

Conoscenza limitata (LC1)

Geometria:

- Nota in base ad un rilievo o dai disegni originali (convalidati da rilievo visivo a campione).
Dati orientati alla messa a punto di un modello di analisi lineare.

Dettagli Costruttivi:

- Non disponibili dai dati progettuali; devono essere desunti da una progettazione simulata. Sono necessarie limitate verifiche in situ. I dati raccolti servono come base per verifiche locali di resistenza.

Proprietà dei materiali:

- Non disponibili informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, né da disegni costruttivi né da certificati di prova. Si adotteranno valori usuali della pratica costruttiva dell'epoca convalidati da limitate prove in-situ sugli elementi più importanti.

Conoscenza adeguata (LC2)

Geometria:

- Nota in base ad un rilievo o dai disegni originali (convalidati da rilievo visivo a campione).

Dettagli Costruttivi:

- Noti da un'estesa verifica in-situ oppure parzialmente noti dai disegni costruttivi originali incompleti (integrati da una limitata verifica in-situ di armature e collegamenti tra gli elementi più importanti).

Proprietà dei materiali:

- Disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali di prova (integrati da limitate prove in-situ, che forniscano valori non minori di quelli previsti), o da estese verifiche in-situ.

I dati raccolti saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare ed effettuate verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi non lineare.

Conoscenza accurata (LC3)

Geometria:

- Nota in base ad un rilievo o dai disegni originali (convalidati da rilievo visivo a campione).

Dettagli Costruttivi:

- Noti o da un'esaustiva verifica in-situ oppure dai disegni costruttivi originali (integrati da una limitata verifica in-situ di armature e collegamenti tra gli elementi più importanti).

Proprietà dei materiali:

- Disponibili in base ai disegni costruttivi o ai certificati originali di prova (integrati da estese prove in-situ, che forniscano valori non minori di quelli previsti), o da esaustive verifiche in-situ.

I dati raccolti saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare ed effettuate verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi non lineare.

Geometria (carpenterie)

- **Disegni originali di carpenteria:** descrivono la geometria della struttura, gli elementi strutturali e le loro dimensioni, e permettono di individuare l'organismo strutturale resistente alle azioni orizzontali e verticali.
- **Disegni costruttivi o esecutivi:** descrivono la geometria della struttura, gli elementi strutturali e le loro dimensioni, e permettono di individuare l'organismo strutturale resistente alle azioni orizzontali e verticali. Contengono la descrizione della quantità, disposizione e dettagli costruttivi di tutte le armature, nonché le caratteristiche nominali dei materiali usati.
- **Rilievo visivo:** serve a controllare la corrispondenza tra l'effettiva geometria della struttura e i disegni originali di carpenteria disponibili. Comprende il rilievo a campione della geometria di alcuni elementi. Nel caso di mancato riscontro, sarà eseguito un rilievo completo.
- **Rilievo completo:** serve a produrre disegni completi di carpenteria (se quelli originali sono mancanti o se non vi è corrispondenza tra questi e l'effettiva geometria). I disegni prodotti dovranno descrivere la geometria della struttura, gli elementi strutturali e le loro dimensioni, e permettere di individuare l'organismo strutturale resistente alle azioni orizzontali e verticali con lo stesso grado di dettaglio proprio di disegni originali.

Dettagli costruttivi

- **Progetto simulato:** serve, in mancanza dei disegni costruttivi originali, a definire la quantità e la disposizione dell'armatura in tutti gli elementi con funzione strutturale o le caratteristiche dei collegamenti. Deve essere eseguito sulla base delle norme tecniche in vigore e della pratica costruttiva caratteristica all'epoca della costruzione.
- **Verifiche in-situ limitate:** servono per verificare la corrispondenza tra le armature o le caratteristiche dei collegamenti effettivamente presenti e quelle riportate nei disegni costruttivi, oppure ottenute mediante il progetto simulato.
- **Verifiche in-situ estese:** servono quando non sono disponibili i disegni costruttivi originali come alternativa al progetto simulato seguito da verifiche limitate, oppure quando i disegni costruttivi originali sono incompleti.
- **Verifiche in-situ esaustive:** servono quando non sono disponibili i disegni costruttivi originali e si desidera un livello di conoscenza accurata (LC3).

Proprietà dei materiali

- **Calcestruzzo:** la misura delle caratteristiche meccaniche si ottiene mediante estrazione di campioni ed esecuzione di prove di compressione fino a rottura.
- **Acciaio:** la misura delle caratteristiche meccaniche si ottiene mediante estrazione di campioni ed esecuzione di prove a trazione fino a rottura con determinazione della resistenza a snervamento e della resistenza e deformazione ultima, salvo nel caso in cui siano disponibili certificati di prova di entità conforme a quanto richiesto per le nuove costruzioni, nella normativa dell'epoca.
- **Metodi di prova non distruttivi:** Sono ammessi metodi di indagine non distruttiva di documentata affidabilità, che non possono essere impiegati in completa sostituzione di quelli sopra descritti, ma sono consigliati a loro integrazione, purché i risultati siano tarati su quelli ottenuti con prove distruttive. Nel caso del calcestruzzo, si adotteranno metodi di prova che limitino l'influenza della carbonatazione degli strati superficiali sui valori di resistenza.
- Prove in-situ limitate
- Prove in-situ estese
- Prove in-situ esaustive

Verifiche

limitate, estese, esaustive

	Rilievo (dei dettagli costruttivi) ^(a)	Prove (sui materiali) ^{(b)(c)}
	Per ogni tipo di elemento "primario" (trave, pilastro...)	
Verifiche limitate	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
Verifiche estese	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
Verifiche esaustive	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi si terrà conto delle eventuali situazioni ripetitive, che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per uguale geometria e ruolo nello schema strutturale.

Ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con un più ampio numero, almeno il triplo, di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive

Scheda di rilievo

Tentativo di esplicitare e codificare il procedimento logico che guida i progettisti verso la conoscenza di un edificio e che porta alla formulazione di un parere sui livelli di sicurezza nei confronti di azioni statiche o dinamiche

La scheda è costituita da **6 sezioni**

- I: IDENTIFICAZIONE**
- II: DOCUMENTI A DISPOSIZIONE**
- III: ASPETTO GENERALE**
- IV: STORIA DELL'EDIFICIO**
- V: ESAME DELLA STRUTTURA**
- VI: DEGRADI E DISSESTI**

I: IDENTIFICAZIONE

dove si trova, che destinazione d'uso ha, quando è stato edificato, se si trova in zona sismica

II: DOCUMENTI A DISPOSIZIONE

che materiale si ha a disposizione, disegni originali o rilievi successivi, architettonici, strutturali, materiali utilizzati

III: ASPETTO GENERALE

come si presenta a prima vista, allo stato del sopralluogo: è isolato o aggregato ad altri corpi, qual è la sua planimetria ed altimetria

IV: STORIA DELL'EDIFICIO

da chi è stato edificato, se è stato realizzato in un'unica fase o in diverse ed in tal caso perché, se ha subito degli interventi successivi alla costruzione (ampliamenti, sopraelevazioni), se è stato soggetto ad eventi sismici, dissesti, cedimenti, se ha subito danni, se sono state effettuate delle riparazioni, se ci sono stati dei cambiamenti di destinazione d'uso

V: ESAME DELLA STRUTTURA

quali sono la tipologia strutturale, i materiali, gli elementi strutturali e non, la loro geometria, dimensioni, rispetto dei criteri di regolarità, riscontro visivo con il materiale a disposizione

VI: DEGRADI E DISSESTI

quali sono gli eventuali degradi materici presenti, il quadro fessurativo e deformativo, fuori asse

I - IDENTIFICAZIONE

dove si trova, che destinazione d'uso ha, quando è stato edificato, se si trova in zona sismica

SEZIONE I :IDENTIFICAZIONE

<input type="checkbox"/>	1) Localizzazione edificio Via Comune Provincia		
<input type="checkbox"/>	2) Destinazione d'uso attuale <input type="checkbox"/> Edificio la cui funzionalità durante il terremoto ha importanza fondamentale per la protezione civile (es: ospedale, caserma vigili del fuoco, municipi) <input type="checkbox"/> Edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (es: scuola, cinema, teatro) <input type="checkbox"/> Edifici ordinari non compresi nelle categorie precedenti (es: civile abitazione)		
<input type="checkbox"/>	3) Anno di costruzione 	Livello di attendibilità: <input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto	
<input type="checkbox"/>	4) Zona sismica <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4		

II: DOCUMENTI A DISPOSIZIONE

che materiale si ha a disposizione, disegni originali o rilievi successivi, architettonici, strutturali, materiali utilizzati

SEZIONE II: DOCUMENTI A DISPOSIZIONE

<input type="checkbox"/>	1) Tipo di documentazione
	O: Progetto originale (commento)
	V₁: Progetto di varianti (commento)
	V₂: Progetto di varianti (commento)
	R₁: Rilievo successivo (commento) Ad opera di..... Data.....
	R₂: Rilievo successivo (commento) Ad opera di..... Data.....
	A₁: Altro tipo di materiale a disposizione (commento)
	A₂: Altro tipo di materiale a disposizione (commento)
<input type="checkbox"/>	2) Fonte della documentazione
	P: Prefettura (commento)
	C: Comune (commento)
	G: Genio civile (commento)
	A₁: Altra fonte (commento)
	A₂: Altra fonte (commento)

che materiale si ha a disposizione, disegni originali o rilievi successivi, architettonici, strutturali, materiali utilizzati

<input type="checkbox"/> 1) Elaborati architettonici	Origine (indicare sigla tipo-fonte):
<input type="checkbox"/> Piante <div style="float: right;">I II III IV V</div> <p>Quante e quali:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p style="text-align: center;">(commento)</p>	
<input type="checkbox"/> Prospetti <div style="float: right;">I II III IV V</div> <p>Quanti e quali:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p style="text-align: center;">(commento)</p>	
<input type="checkbox"/> Sezioni <div style="float: right;">I II III IV V</div> <p>Quante e quali:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p style="text-align: center;">(commento)</p>	
<input type="checkbox"/> Atti contabili <div style="float: right;">I II III IV V</div> <p>.....</p> <p>.....</p> <p style="text-align: center;">(commento)</p>	
<input type="checkbox"/> Computo metrico <div style="float: right;">I II III IV V</div> <p>.....</p> <p>.....</p> <p style="text-align: center;">(commento)</p>	
<input type="checkbox"/> Altro <div style="float: right;">I II III IV V</div> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p style="text-align: center;">(commento)</p>	

II: DOCUMENTI A DISPOSIZIONE

che materiale si ha a
disposizione, disegni originali
o rilievi successivi,
architettonici, strutturali,
materiali utilizzati

<input type="checkbox"/> 1) Elaborati strutturali	Origine (indicare sigla tipo-fonte):					
<input type="checkbox"/> Carpenterie e piante <table border="1" data-bbox="1388 125 1635 158"> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>V</td></tr> </table> <p>Quante e quali:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>(commento)</p>	I	II	III	IV	V	
I	II	III	IV	V		
<input type="checkbox"/> Pareti <table border="1" data-bbox="1388 334 1635 366"> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>V</td></tr> </table> <p>Quanti e quali:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>(commento) (commento)</p>	I	II	III	IV	V	
I	II	III	IV	V		
<input type="checkbox"/> Pilastri <table border="1" data-bbox="1388 542 1635 575"> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>V</td></tr> </table> <p>Quante e quali:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>(commento)</p>	I	II	III	IV	V	
I	II	III	IV	V		
<input type="checkbox"/> Travi <table border="1" data-bbox="1388 751 1635 783"> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>V</td></tr> </table> <p>Quante e quali:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>(commento)</p>	I	II	III	IV	V	
I	II	III	IV	V		
<input type="checkbox"/> Solai <table border="1" data-bbox="1388 959 1635 992"> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>V</td></tr> </table> <p>Quanti e quali:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>(commento)</p>	I	II	III	IV	V	
I	II	III	IV	V		
<input type="checkbox"/> Scale <table border="1" data-bbox="1388 1168 1635 1200"> <tr> <td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td><td>V</td></tr> </table> <p>Quante e quali:</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>(commento)</p>	I	II	III	IV	V	
I	II	III	IV	V		

II: DOCUMENTI A DISPOSIZIONE

che materiale si ha a
disposizione, disegni originali
o rilievi successivi,
architettonici, strutturali,
materiali utilizzati

<input type="checkbox"/> 6) Materiali					
6A) Calcestruzzo					
<input type="checkbox"/> Non noto					I II III IV V
..... (commento)					
<input type="checkbox"/> Noto					
<input type="checkbox"/> Da certificati di prova originali					I II III IV V
..... (commento)					
<input type="checkbox"/> Da specifiche originali di progetto					I II III IV V
..... (commento)					
<input type="checkbox"/> Da indagini					I II III IV V
..... (commento)					
<input type="checkbox"/> Altro					I II III IV V
..... (commento)					
6B) Acciaio					
<input type="checkbox"/> Non noto					I II III IV V
..... (commento)					
<input type="checkbox"/> Noto					
<input type="checkbox"/> Da certificati di prova originali					I II III IV V
..... (commento)					
<input type="checkbox"/> Da specifiche originali di progetto					I II III IV V
..... (commento)					
<input type="checkbox"/> Da indagini					I II III IV V
..... (commento)					
<input type="checkbox"/> Altro					I II III IV V
..... (commento)					

SEZIONE III: ASPETTO GENERALE

<input type="checkbox"/> 1) Corpo strutturale						
<input type="checkbox"/> Un corpo isolato		I	II	III	IV	V
<input type="checkbox"/> Unico proprietario <input type="checkbox"/> Diversi proprietari <input type="checkbox"/> Altro (commento)						
<input type="checkbox"/> Più corpi		I	II	III	IV	V
<input type="checkbox"/> Presenza giunto <input type="checkbox"/> Assenza giunto <input type="checkbox"/> Altro (commento)						
<input type="checkbox"/> Uno o più corpi in adiacenza ad altri fabbricati estranei		I	II	III	IV	V
..... (commento)						
<input type="checkbox"/> Altro		I	II	III	IV	V
..... (commento)						
<input type="checkbox"/> 2) Numero piani fuori terra						
		I	II	III	IV	V
.....						
<input type="checkbox"/> 3) Numero piani interrati						
		I	II	III	IV	V
.....						
<input type="checkbox"/> 4) Superficie coperta _____ mq		I	II	III	IV	V
..... (commento)		Livello di attendibilità: <input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto				
<input type="checkbox"/> 5) Estensione massima corpo strutturale _____ m		I	II	III	IV	V
..... (commento)		Livello di attendibilità: <input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto				

III: ASPETTO GENERALE

come si presenta a prima vista, allo stato del sopralluogo: è isolato o aggregato ad altri corpi, qual è la sua planimetria ed altimetria

<input type="checkbox"/> 1) Terreno										
Andamento					<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">I</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">II</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">III</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">IV</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">V</td> </tr> </table>	I	II	III	IV	V
I	II	III	IV	V						
<input type="checkbox"/> Piano										
<input type="checkbox"/> In pendenza _____ %										
..... <div style="text-align: right; font-size: small;">(commento)</div>										
Tipo					<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">I</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">II</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">III</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">IV</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">V</td> </tr> </table>	I	II	III	IV	V
I	II	III	IV	V						
<input type="checkbox"/> Non individuabile a prima vista										
<input type="checkbox"/> Molto rigido (es. pietra lavica)										
<input type="checkbox"/> Poco consistente										
<input type="checkbox"/> Altro										
..... <div style="text-align: right; font-size: small;">(commento)</div>										
Particolarità					<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">I</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">II</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">III</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">IV</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">V</td> </tr> </table>	I	II	III	IV	V
I	II	III	IV	V						
<input type="checkbox"/> Terreno di riporto										
<input type="checkbox"/> Rotture asfalto										
<input type="checkbox"/> Carente smaltimento acque piovane										
<input type="checkbox"/> Altro										
..... <div style="text-align: right; font-size: small;">(commento)</div>										
<input type="checkbox"/> Altro					<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; text-align: center;">I</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">II</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">III</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">IV</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">V</td> </tr> </table>	I	II	III	IV	V
I	II	III	IV	V						
..... <div style="text-align: right; font-size: small;">(commento)</div>										

1) Terreno

Andamento

□ Piano

Tipo

- ❑ Non individuabile a prima vista

Particolarità

□ Terreno di riporto

☐ Altro

III: ASPETTO GENERALE

IV: STORIA DELL'EDIFICIO

da chi è stato edificato, se è stato realizzato in un'unica fase o in diverse ed in tal caso perché, se ha subito degli interventi successivi alla costruzione (ampliamenti, sopraelevazioni), se è stato soggetto ad eventi sismici, dissesti, cedimenti, se ha subito danni, se sono state effettuate delle riparazioni, se ci sono stati dei cambiamenti di destinazione d'uso

SEZIONE IV: STORIA DELL'EDIFICIO

<input type="checkbox"/>	1) Progettista È reperibile? <div style="text-align: right;">(commento)</div>	Livello di attendibilità: <input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/>	2) Direttore dei lavori È reperibile? <div style="text-align: right;">(commento)</div>	Livello di attendibilità: <input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/>	3) Impresa esecutrice È reperibile? <div style="text-align: right;">(commento)</div>	Livello di attendibilità: <input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/>	4) Normativa vigente all'epoca della costruzione <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <input type="checkbox"/> Norma tecnica <div style="text-align: right;">(commento)</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <input type="checkbox"/> Classificazione sismica <div style="text-align: right;">(commento)</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <input type="checkbox"/> Norma sismica <div style="text-align: right;">(commento)</div> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <input type="checkbox"/> Altro <div style="text-align: right;">(commento)</div> </div>	Livello di attendibilità: <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto </div>

IV: STORIA DELL'EDIFICIO

da chi è stato edificato, se è stato realizzato in un'unica fase o in diverse ed in tal caso perché, se ha subito degli interventi successivi alla costruzione (ampliamenti, sopraelevazioni), se è stato soggetto ad eventi sismici, dissesti, cedimenti, se ha subito danni, se sono state effettuate delle riparazioni, se ci sono stati dei cambiamenti di destinazione d'uso

<input type="checkbox"/> 1) Fasi di realizzazione dell'edificio		Livello di attendibilità:
<input type="checkbox"/> Unica (commento)		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/> Più fasi		
<input type="checkbox"/> Per interruzione lavori (indicare le parti e la causa) (commento)		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/> Per realizzazione temporale differente di alcune parti (commento) Data		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/> Se ci sono blocchi realizzati successivamente, sono giuntati? (commento)		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/> Altro (commento)		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/> 2) Interventi successivi alla costruzione		Livello di attendibilità:
<input type="checkbox"/> No (commento)		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/> Si		
<input type="checkbox"/> Ampliamento (commento) Ad opera di Data		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/> Sopraelevazione (commento) Ad opera di Data		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/> Altro (commento) Ad opera di Data		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto

IV: STORIA DELL'EDIFICIO

da chi è stato edificato, se è stato realizzato in un'unica fase o in diverse ed in tal caso perché, se ha subito degli interventi successivi alla costruzione (ampliamenti, sopraelevazioni), se è stato soggetto ad eventi sismici, dissesti, cedimenti, se ha subito danni, se sono state effettuate delle riparazioni, se ci sono stati dei cambiamenti di destinazione d'uso

<input type="checkbox"/> 1) Eventi sismici cui è stato soggetto l'edificio:		Livello di attendibilità:
<input type="checkbox"/> No (commento)		Basso Medio Alto
<input type="checkbox"/> Si		
Terremoto del		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/> Nessun danno (commento)		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/> Danni non strutturali Localizzazione Entità..... (commento)		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/> Danni strutturali Localizzazione Entità..... (commento)		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/> Altro (commento)		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/> Eventuali riparazioni (commento)		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto

IV: STORIA DELL'EDIFICIO

da chi è stato edificato, se è stato realizzato in un'unica fase o in diverse ed in tal caso perché, se ha subito degli interventi successivi alla costruzione (ampliamenti, sopraelevazioni), se è stato soggetto ad eventi sismici, dissesti, cedimenti, se ha subito danni, se sono state effettuate delle riparazioni, se ci sono stati dei cambiamenti di destinazione d'uso

<input type="checkbox"/> 1) Danni provocati da altre cause		Livello di attendibilità:
<input type="checkbox"/> No (commento)		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/> Si		
<input type="checkbox"/> Danni non strutturali (commento)		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/> Danni strutturali (commento)		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/> Altro (commento)		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
<input type="checkbox"/> Cause note? (commento)		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
Tipo..... Data.....		
<input type="checkbox"/> Eventuali riparazioni (commento)		<input type="checkbox"/> Basso <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto
Tipo..... Elementi..... Data.....		

<input type="checkbox"/> 1) Tipologia strutturale	I	II	III	IV	V			
<input type="checkbox"/> Struttura a telaio <input type="checkbox"/> Struttura mista telaio-parete <input type="checkbox"/> Struttura a parete <input type="checkbox"/> Altro <div style="text-align: right;">(commento)</div>								
<input type="checkbox"/> 2) Travi								
Disposizione				I	II	III	IV	V
<input type="checkbox"/> Travi emergenti in una direzione <input type="checkbox"/> Travi emergenti in entrambe le direzioni <input type="checkbox"/> In molti pilastri convergono travi in un'unica direzione <input type="checkbox"/> In molti pilastri convergono travi nelle due direzioni <input type="checkbox"/> Altro <div style="text-align: right;">(commento)</div>								
Lunghezza				I	II	III	IV	V
<input type="checkbox"/> Luci molto grandi <input type="checkbox"/> Luci molto piccole <input type="checkbox"/> Altro <div style="text-align: right;">(commento)</div>								
Particolarità				I	II	III	IV	V
<input type="checkbox"/> Eccentricità trave-pilastro <input type="checkbox"/> Altro <div style="text-align: right;">(commento)</div>								
<input type="checkbox"/> Disposizione e diametro armatura (se visibile)				I	II	III	IV	V
..... <div style="text-align: right;">(commento)</div>								
<input type="checkbox"/> Altro				I	II	III	IV	V
..... <div style="text-align: right;">(commento)</div>								
<input type="checkbox"/> Riscontro visivo con il materiale a disposizione				I	II	III	IV	V
..... <div style="text-align: right;">(commento)</div>								

V: ESAME DELLA STRUTTURA

quali sono la tipologia strutturale, i materiali, gli elementi strutturali e non, la loro geometria, dimensioni, rispetto dei criteri di regolarità, riscontro visivo con il materiale a disposizione

1) Pilastri

Dimensioni	I	II	III	IV	V
<div><div><input type="checkbox"/> Troppo piccoli in funzione del carico portato</div><div><input type="checkbox"/> Molto grandi in funzione del carico portato</div><div><input type="checkbox"/> Altro</div><div></div><div></div><div>(commento)</div></div>					
Distribuzione	I	II	III	IV	V
<div><div><input type="checkbox"/> Pilastri distribuiti in maniera uniforme</div><div><input type="checkbox"/> Pilastri non uniformemente distribuiti</div><div><input type="checkbox"/> Altro</div><div></div><div></div><div>(commento)</div></div>					
Forma	I	II	III	IV	V
<div><div><input type="checkbox"/> Tenzionalmente quadrati</div><div><input type="checkbox"/> Tenzionalmente rettangolari<div><div><input type="checkbox"/> Tenzionalmente rettangolari in una direzione</div><div><input type="checkbox"/> Tenzionalmente rettangolari in entrambe le direzioni</div></div></div><div><input type="checkbox"/> Altro</div><div></div><div></div><div>(commento)</div></div>					
Particolarità	I	II	III	IV	V
<div><div><input type="checkbox"/> Interruzione di alcuni pilastri lungo l'altezza dell'edificio</div><div><input type="checkbox"/> Pilastri in falso</div><div><input type="checkbox"/> Pilotis</div><div><input type="checkbox"/> Altro</div><div></div><div></div><div>(commento)</div></div>					
<div><input type="checkbox"/> Disposizione e diametro armatura (se visibile)</div>	I	II	III	IV	V
<div><div></div><div></div><div>(commento)</div></div>					
<div><input type="checkbox"/> Altro</div>	I	II	III	IV	V
<div><div></div><div></div><div>(commento)</div></div>					
<div><input type="checkbox"/> Riscontro visivo con il materiale a disposizione</div>	I	II	III	IV	V
<div><div></div><div></div><div>(commento)</div></div>					

V: ESAME DELLA STRUTTURA

quali sono la tipologia strutturale, i materiali, gli elementi strutturali e non, la loro geometria, dimensioni, rispetto dei criteri di regolarità, riscontro visivo con il materiale a disposizione

1) Solaio

Interasse travetti (se visibili)

I

II

III

IV

V

(commento)

Altro

I

II

III

IV

V

(commento)

Riscontro visivo con il materiale a disposizione

I

II

III

IV

V

(commento)

2) Scale

Soletta rampante

I

II

III

IV

V

(commento)

Trave a ginocchio

(commento)

Eccentricità in pianta

I

II

III

IV

V

(commento)

Disposizione e diametro armatura (se visibile)

I

II

III

IV

V

(commento)

Altro

I

II

III

IV

V

(commento)

Riscontro visivo con il materiale a disposizione

I

II

III

IV

V

(commento)

V: ESAME DELLA STRUTTURA

quali sono la tipologia strutturale, i materiali, gli elementi strutturali e non, la loro geometria, dimensioni, rispetto dei criteri di regolarità, riscontro visivo con il materiale a disposizione

80

1) Fondazione

Tipo	I	II	III	IV	V
<div><div>Su pali</div><div>Diretta<div><div>Plinti<div><div>isolati</div><div>collegati</div></div><div>Travi rovesce</div><div>Platea<div><div>con nervature</div><div>senza nervature</div></div></div></div></div></div></div>					
<div>.....</div> <div>.....</div> <div>.....</div> <div>.....</div> <div>.....</div> <div>.....</div> <div>(commento)</div>					
<div>Disposizione e diametro armatura (se visibile)</div>	I	II	III	IV	V
<div>.....</div> <div>.....</div> <div>.....</div> <div>(commento)</div>					
<div>Altro</div>	I	II	III	IV	V
<div>.....</div> <div>.....</div> <div>.....</div> <div>(commento)</div>					
<div>Riscontro visivo con il materiale a disposizione</div>	I	II	III	IV	V
<div>.....</div> <div>.....</div> <div>.....</div> <div>.....</div> <div>.....</div> <div>(commento)</div>					

V: ESAME DELLA STRUTTURA

quali sono la tipologia strutturale, i materiali, gli elementi strutturali e non, la loro geometria, dimensioni, rispetto dei criteri di regolarità, riscontro visivo con il materiale a disposizione

VI: DEGRADI E DISSESTI

quali sono gli eventuali
degradi materici presenti, il
quadro fessurativo e
deformativo, fuori asse

☐ 1) Degradi materiali

1a) Calcestruzzo

☐ Nessun degrado

I	II	III	IV	V
---	----	-----	----	---

☐ Presenza degrado

☐ Fessurazione

I	II	III	IV	V
---	----	-----	----	---

.....
.....
(commento)

Entità

Localizzazione.....
.....

☐ Ammaloramento

I	II	III	IV	V
---	----	-----	----	---

.....
.....
(commento)

Entità

Localizzazione.....
.....

☐ Altro

I	II	III	IV	V
---	----	-----	----	---

.....
.....
.....
.....
.....
(commento)

Entità

Localizzazione.....
.....

quali sono gli eventuali
degradi materici presenti, il
quadro fessurativo e
deformativo, fuori asse

1b) Acciaio					
<input type="checkbox"/> Nessun degrado	I	II	III	IV	V
<div style="text-align: right; font-size: small;">(commento)</div>					
<input type="checkbox"/> Presenza degrado					
<input type="checkbox"/> Corrosione	I	II	III	IV	V
<div style="text-align: right; font-size: small;">(commento)</div>					
Entità					
Localizzazione					
<input type="checkbox"/> Altro	I	II	III	IV	V
<div style="text-align: right; font-size: small;">(commento)</div>					
Entità					
Localizzazione					

Comportamento di edifici esistenti

Una breve riflessione

Collasso di edifici esistenti: duttile o fragile?

- Duttile: estese plasticizzazioni agli estremi delle aste (in particolare delle travi), meccanismo di collasso globale e non di piano
- 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

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

Collasso di edifici esistenti: duttile o fragile?



Terremoto: Irpinia, 1980
Località: Sant'Angelo dei Lombardi

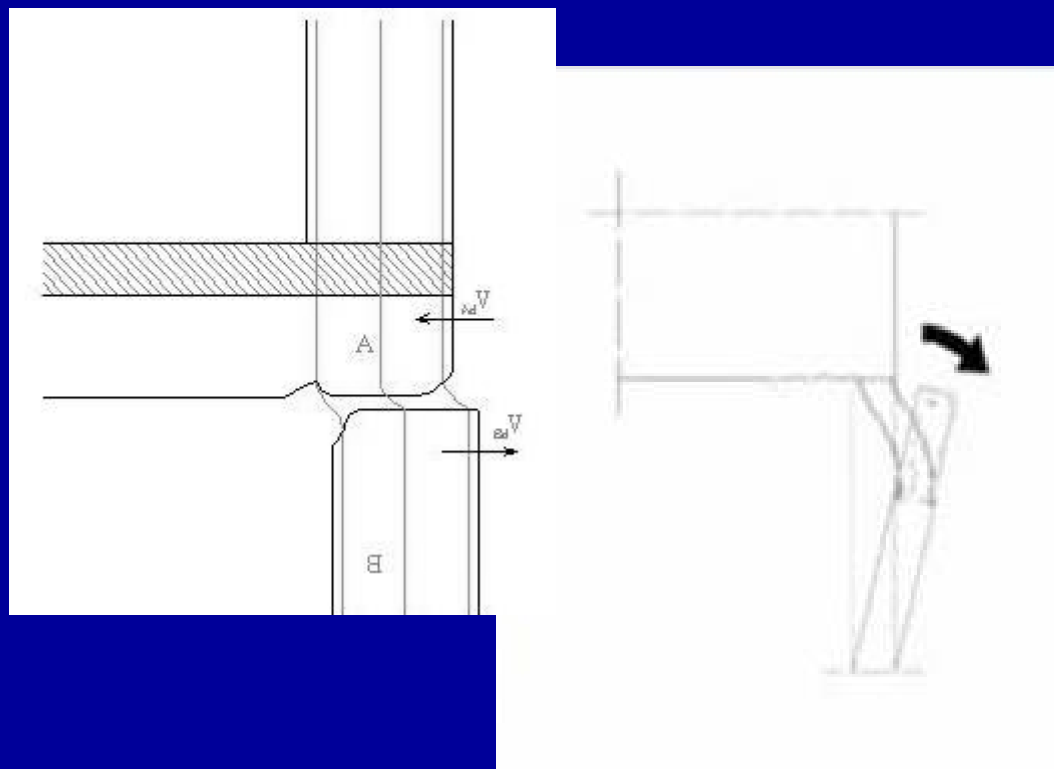
Danneggiamento dei nodi in testa ed al piede del pilastro:
non si ha formazione di cerniere plastiche sulla colonna
né tantomeno sulle travi

Collasso di edifici esistenti: duttile o fragile?



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

Collasso di edifici esistenti: duttile o fragile?



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

Collasso di edifici esistenti: fragile!

Quindi:

- Determinare innanzitutto il livello di azione sismica che porta a rottura fragile (resistenza a taglio dei pilastri, resistenza a taglio dei nodi, scorrimento travi-pilastro)
- Usare una modellazione che tenga conto in maniera corretta della rigidezza degli elementi strutturali (commisurata al livello di sollecitazione che porta alle rotture fragili)
- Tenere conto anche degli elementi non strutturali, tramezzi e tamponature, che hanno un ruolo rilevante per basse azioni sismiche

Primi interventi, essenziali (o comunque prime verifiche)

Ridurre il rischio di rottura fragile, con:

- Cerchiatura dei nodi
- Staffatura efficace degli estremi dei pilastri
- Cucitura tra pilastri e travi

Miglioramento, **essenziale**

Solo dopo aver fatto questo:

- Valutazione del comportamento non lineare
- Controllo della duttilità delle sezioni

Adeguamento, quando occorre

Il calcolo

Obiettivi

(possibile approccio generale)

	Per il sito	Determinare per la struttura	Rischio
SLD (o DL)	$a_{g,63\%}$	$a_{g, SLD}$	$\alpha_{SLD} = \frac{a_{g,SLD}}{a_{g,63\%}}$
SLV (o DS)	$a_{g,10\%}$	$a_{g, SLV}$	$\alpha_{SLV} = \frac{a_{g,SLV}}{a_{g,10\%}}$
SLC (o CO)	$a_{g,5\%}$	$a_{g, SLC}$	$\alpha_{SLC} = \frac{a_{g,SLC}}{a_{g,5\%}}$

Obiettivi

(possibile approccio generale)

		Rischio
SLD (o DL)	Se sono ≥ 1 la struttura soddisfa la verifica (non occorre intervenire)	$\alpha_{SLD} = \frac{a_{g,SLD}}{a_{g,63\%}}$
SLV (o DS)		$\alpha_{SLV} = \frac{a_{g,SLV}}{a_{g,10\%}}$
SLC (o CO)	Se sono < 1 , il rischio è tanto maggiore quanto più sono piccoli	$\alpha_{SLC} = \frac{a_{g,SLC}}{a_{g,5\%}}$

Tipi di analisi

- Analisi elastica lineare con q
 - Analisi tradizionale, ma con q basso (1.5-3.0)
 - Consente solo verifica per SLV
- Analisi elastica lineare con forze non ridotte
 - Calcolo dei ρ per verificarne l'applicabilità
 - Verifica in termini di deformazioni
- Analisi statica non lineare (pushover)
- Analisi dinamica non lineare

Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <i>limitate</i> prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2		Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure <i>estese</i> verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure <i>estese</i> prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure <i>esaustive</i> verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con <i>estese</i> prove in situ oppure <i>esaustive</i> prove in-situ	Tutti	1.00

I fattori di confidenza sono ulteriori coefficienti di sicurezza

Analisi lineare (modale o statica) con fattore di struttura q

- Il calcolo è effettuato usando uno spettro di progetto per $a_{g,10\%}$ ridotto col fattore di struttura q
- Verifica = confronto sollecitazione-resistenza
- Per calcolare le sollecitazioni su elementi duttili si può usare q tra 1.5 e 3.0 (in base a regolarità, ecc.)
- Per calcolare le sollecitazioni su elementi fragili si usa $q = 1.5$
- Per calcolare la resistenza di elementi duttili e fragili si usa f_m diviso FC e diviso γ_m

Analisi lineare (modale o statica) con fattore di struttura q

- È possibile limitarsi alla verifica, ma anche valutare α_{SLV} come moltiplicatore dello spettro che porta al limite la sezione più sollecitata

Considerazioni:

- Le forze sono molto elevate; è difficile che la verifica sia soddisfatta
- Il modello strutturale potrebbe includere anche tramezzi e tamponatore (ma come?)

Analisi lineare con forze non ridotte e analisi statica non lineare

- La prima è un'approssimazione della seconda (ed ha limiti di applicabilità)
- L'una e l'altra consentono di valutare il comportamento della struttura al crescere dell'azione sismica ed a valutare quando si raggiungono i limiti corrispondenti allo SL di interesse
- Se la struttura ha collasso fragile per accelerazioni non elevate, il suo comportamento può (deve?) essere valutato con analisi lineare

		Modello Lineare		Modello Non Lineare	
		Domanda	Capacità	Domanda	Capacità
Tipo di elemento o meccanismo (e/m)	Duttile / Fragile	Accettazione del Modello Lineare (ML) (per il controllo dei valori di $\rho_i = D_i/C_i$)		Dall'analisi. Usare i valori medi nel modello.	In termini di deformazione. Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC.
		Dall'analisi. Usare i valori medi dei moduli nel modello.	In termini di resistenza. Usare i valori medi.		
		Verifiche (se il ML è accettato)			
	Duttile	Dall'analisi.	In termini di deformazione. Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC.		
	Fragile	Verifiche (se il ML è accettato)			In termini di resistenza. Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC e per il coefficiente parziale.
Se $\rho_i \leq 1$, dall'analisi.		In termini di resistenza. Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC e per il coefficiente parziale.			
Se $\rho_i > 1$, dall'equilibrio con la resistenza degli e/m duttili. Usare i valori medi <u>moltiplicati</u> per FC.					

Rotture fragili

- Rottura a taglio del pilastro
- Rottura a taglio della trave (?)
- Rottura del nodo
- Scorrimento tra testa pilastro e trave

Tutte queste rotture portano al collasso, cioè al superamento di SLV o SLC (a seconda di come è valutata la resistenza alla rottura fragile)

Valutazione delle sollecitazioni per verifica di elementi fragili

Si noti che c'è un legame tra taglio V e resistenza a flessione M_R

ad esempio, per il pilastro, $V \leq (M_{R,\text{sup}} + M_{R,\text{inf}})/h$

- Finché non si hanno plasticizzazioni si usa il taglio fornito dal calcolo
- Se si hanno plasticizzazioni (nelle sezioni adiacenti) il taglio si ricava per l'equilibrio, dai M_R
I M_R devono essere valutati usando f_m diviso γ_m e moltiplicato (non diviso) per FC

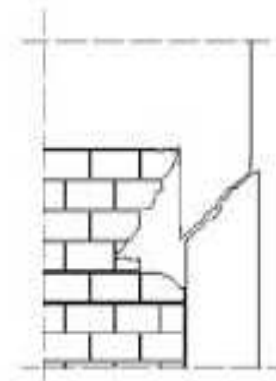
Rottura fragile per taglio

Rottura del pilastro per taglio



Terremoto: Molise, 2002
Località: San Giuliano di Puglia

Collasso della muratura a compressione per martellamento contro il telaio in c.a. e propagazione di una lesione a taglio nel pilastro.



Rottura del pilastro per taglio



Danneggiamento di un nodo trave-colonna esterno in c.a.:
lesioni con espulsione del
corpriferro causate dagli
elevati momenti flettenti.



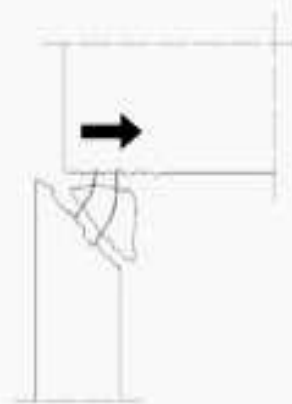
Terremoto: Santa Lucia, 1990
Località: Augusta

Rottura del pilastro per taglio



Terremoto: Santa Venerina, 2002

Collasso di un pilastro in c.a.:
lesione causata
dall'interazione tra le elevate
sollecitazioni di taglio e sforzo
normale.



Tipologia 10

Verifica a taglio

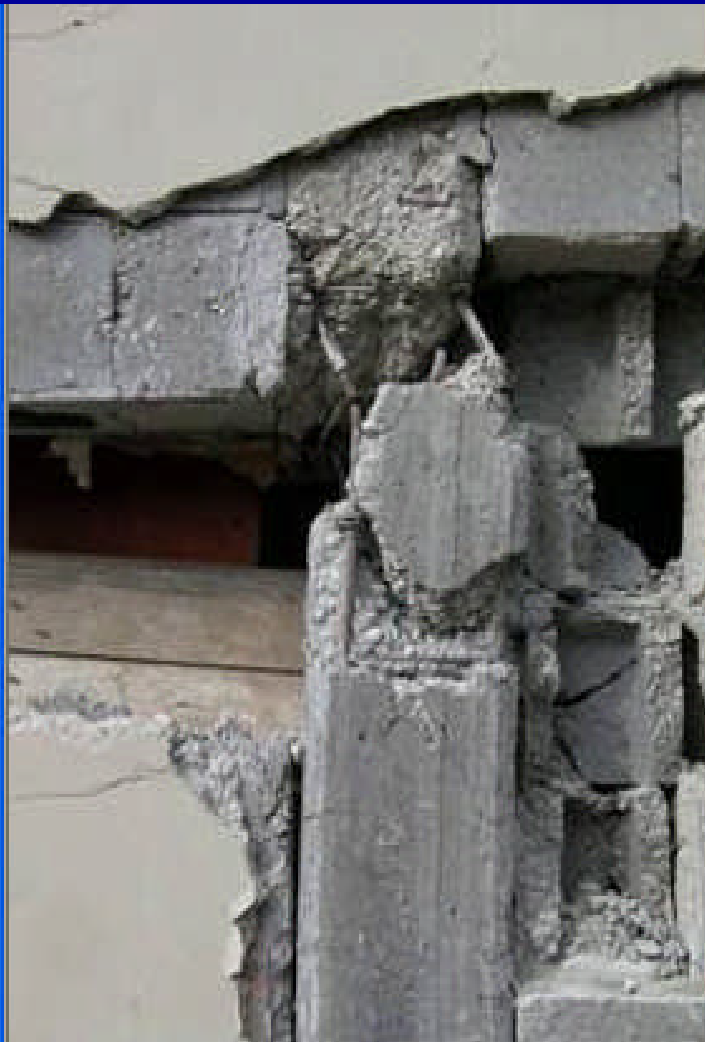
- Nell'OPCM 3431 non vi sono indicazioni specifiche (deduco che si deve fare riferimento a VRd2 e VRd3)
- Le linee guida della Basilicata rinviano espressamente alle formule dell'Eurocodice 2
- L'Eurocodice 8, parte 3, propone formule specifiche (punto A.3.3.1)

$$V_R = \frac{1}{\gamma_{el}} \left[\frac{h-x}{2L_V} \min(N; 0,55A_c f_c) + \left(1 - 0,05 \min\left(5; \mu_{\Delta}^{pl}\right)\right) \cdot \left[0,16 \max(0,5; 100\rho_{tot}) \left(1 - 0,16 \min\left(5; \frac{L_V}{h}\right)\right) \sqrt{f_c} A_c + V_w \right] \right]$$

$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw}$$

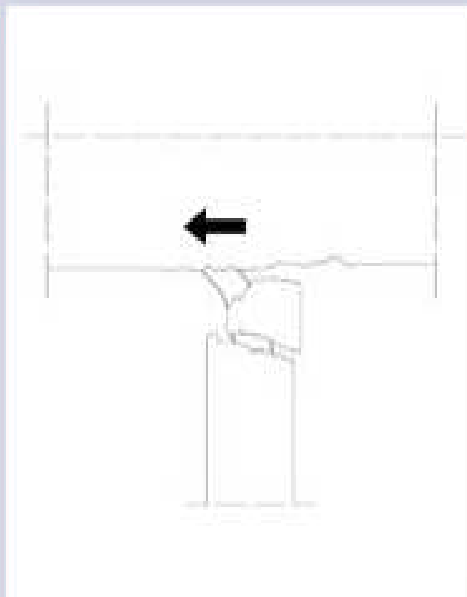
Rottura dei nodi

Rottura dei nodi



Terremoto: Molise, 2002
Località: San Giuliano di Puglia

Collasso di un nodo trave-colonna esterno in c.a.: rottura causata dalle elevate sollecitazioni di taglio.



Rottura dei nodi



Danneggiamento del nodo
trave-colonna a causa degli
elevati sforzi assiali e di taglio.



Terremoto: Santa Lucia, 1990
Località: Augusta

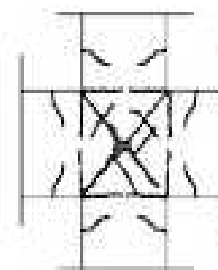
Rottura dei nodi



Rottura dei nodi



Danneggiamento di un nodo trave-colonna interno in c.a.: espulsione del copriferro a causa delle sollecitazioni flessionali.



Terremoto: Irpinia, 1980

Località: Lioni

Rottura dei nodi



Danneggiamento del nodo
trave-colonna esterno:
espulsione del copriferro a
causa delle sollecitazioni
flettenti.

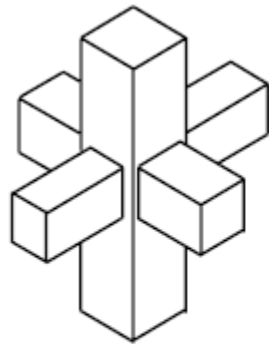


Dimensionamento e Verifica: NODI TRAVE-PILASTRO

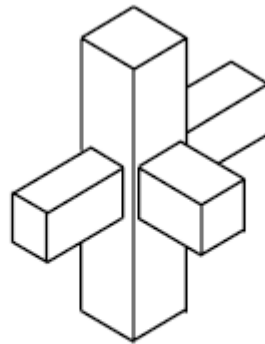
DEFINIZIONI

Interamente confinati: in ognuna delle facce verticali si innesta una trave sovrapposta al pilastro per almeno $\frac{3}{4}$ della larghezza e su entrambe le facce opposte, le sezioni delle travi si sovrappongono per almeno $\frac{3}{4}$ dell'altezza;

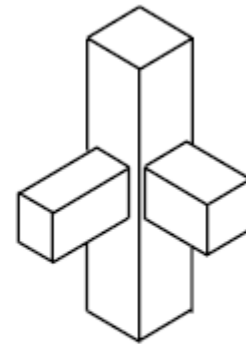
Non interamente confinati: tutti i nodi non appartenenti alla categoria precedente.



(a) Interior

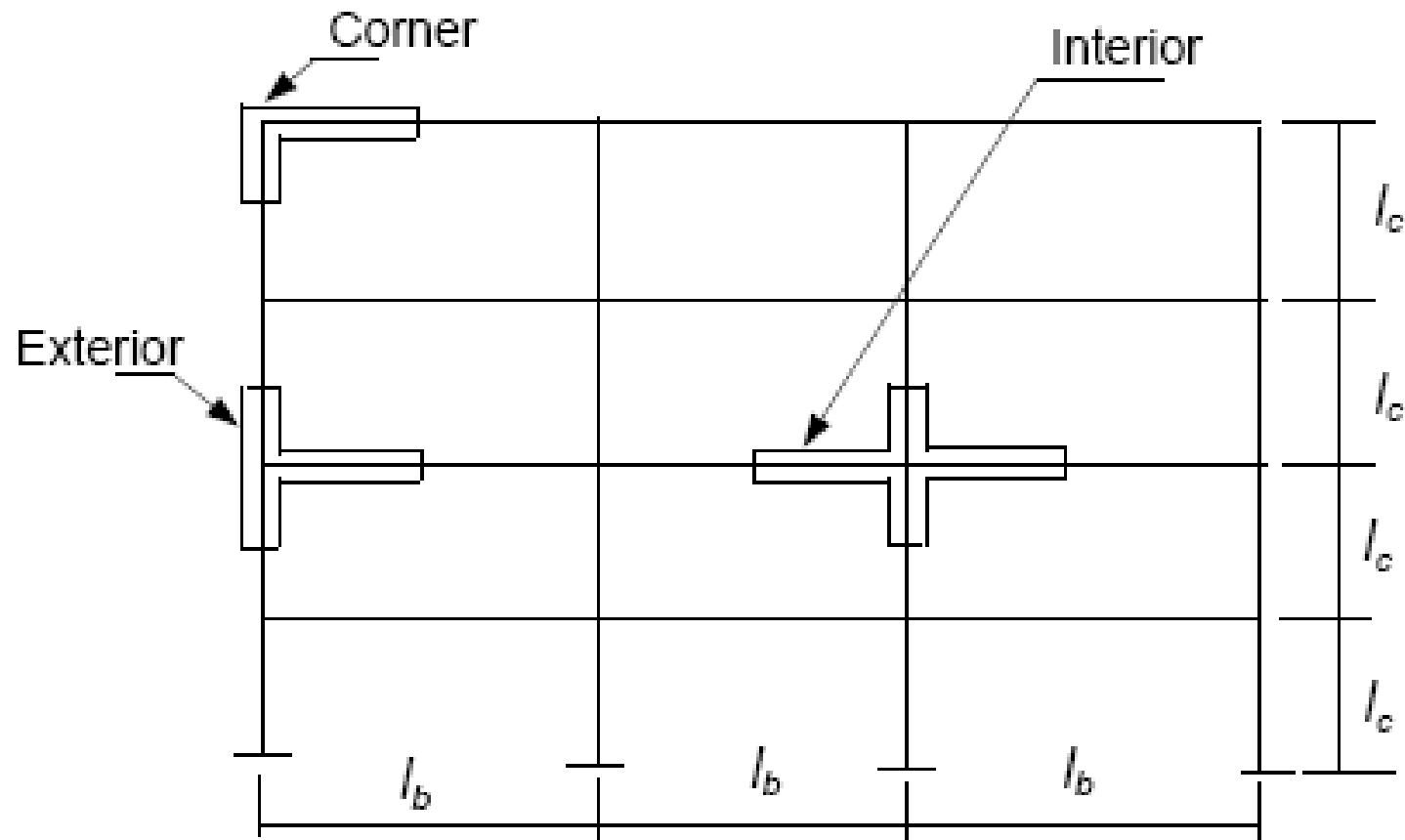


(b) Exterior

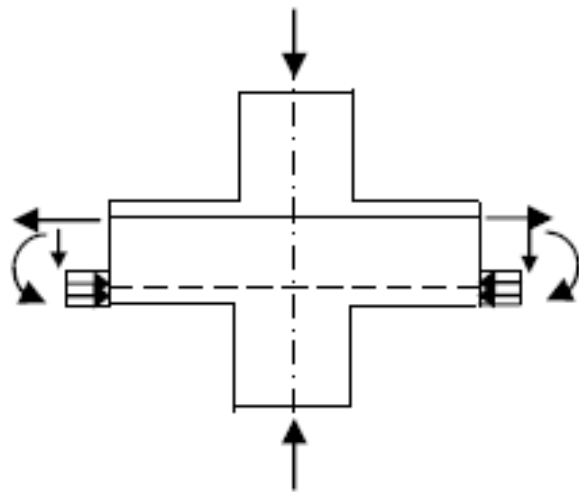


(c) Corner

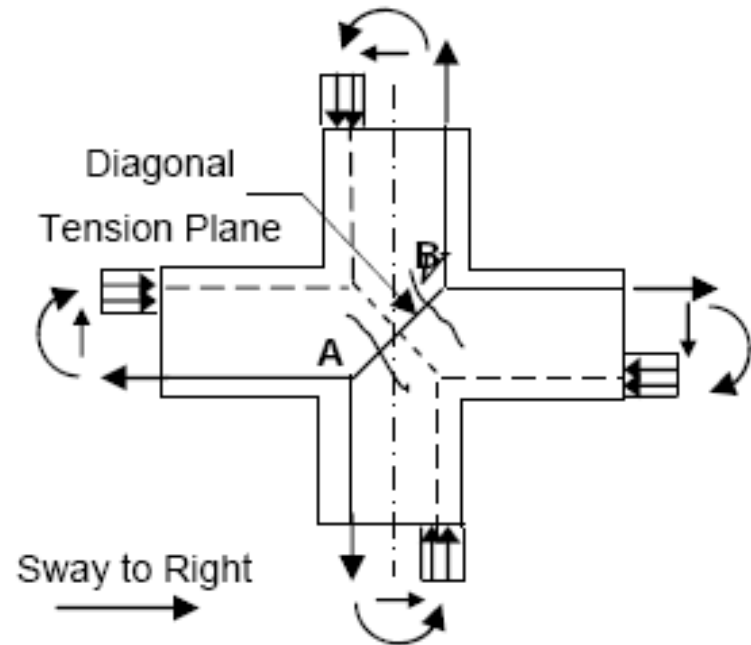
Resistenza nodale in edifici esistenti



Resistenza nodale in edifici esistenti per azioni verticali ed orizzontali

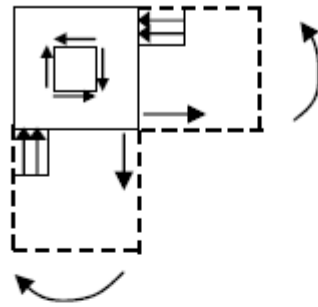


a. Gravity loading

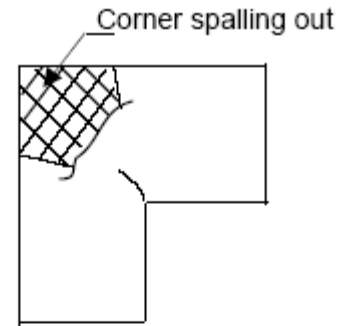


b. Seismic loading

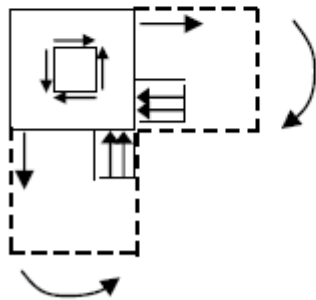
Resistenza nodale in edifici esistenti nodi di estremità



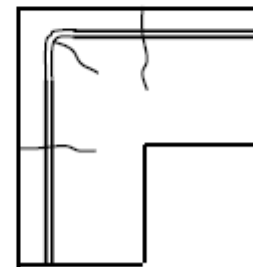
(a) Opening Joint (Top View)



(b) Cracks in an Opening Joint

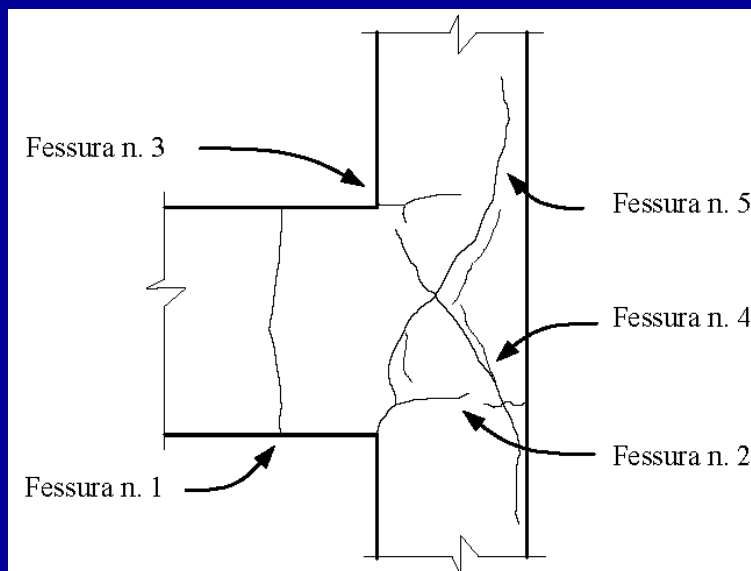


(c) Closing Joint (Top View)



(d) Cracks in a Closing Joint

Danneggiamento del nodo per azioni cicliche



Evoluzione del quadro
fessurativo di un nodo
trave-pilastro realizzato
in laboratorio

Fessura n.1 → Cerniera plastica sulla trave

Fessure n.2 e n.3 → Cerniera plastica sul pilastro

Fessure n.4 e n.5 → Collasso fragile del nodo e
conseguente chiusura delle fessure
da momento flettente

Verifica del nodo per OPCM 3431

Punto 11.3.2.3

per la resistenza a trazione:

$$\sigma_{nt} = \left| \frac{N}{2A_g} - \sqrt{\left(\frac{N}{2A_g}\right)^2 + \left(\frac{V_n}{A_g}\right)^2} \right| \leq 0.3\sqrt{f_c} \quad (f_c \text{ in MPa})$$

per la resistenza a compressione:

$$\sigma_{nc} = \frac{N}{2A_g} + \sqrt{\left(\frac{N}{2A_g}\right)^2 + \left(\frac{V_n}{A_g}\right)^2} \leq 0.5f_c$$

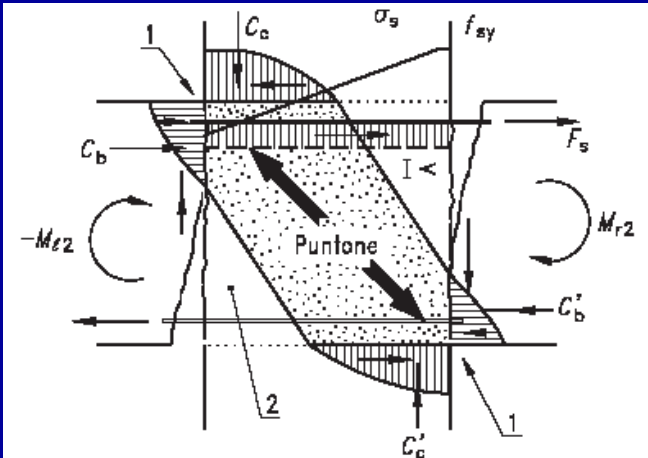
A_g è la sezione orizzontale del nodo

N è lo sforzo assiale agente sul pilastro superiore

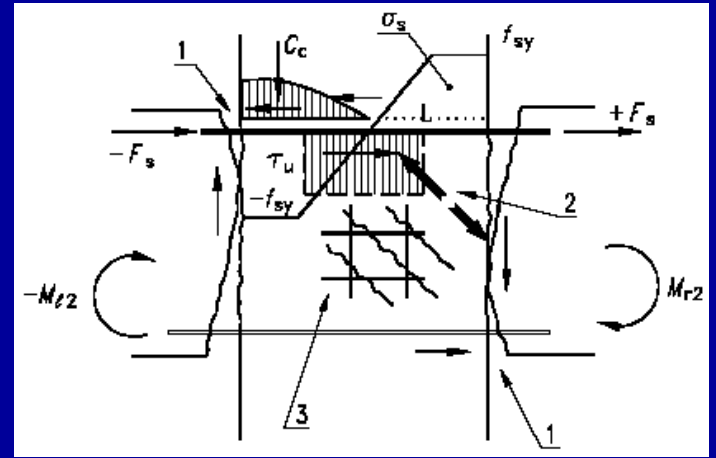
V_n è il taglio totale agente sul nodo

Verifica del nodo per Eurocodice 8

Le forze taglienti si trasmettono attraverso il nucleo del nodo con due tipologie di meccanismi, a seconda del grado di apertura delle fessure flessionali delle travi convergenti nel nodo



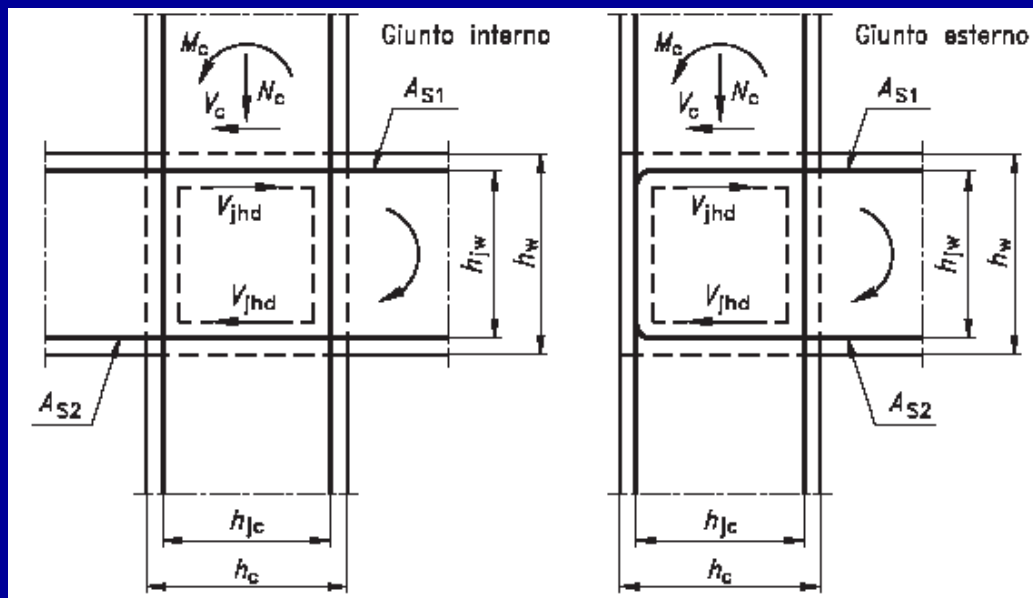
Meccanismo a puntone diagonale



Meccanismo di confinamento: traliccio e puntoni

Verifica del nodo per Eurocodice 8

Taglio
agente



Le espressioni utilizzate sono le seguenti:

Nodi interni

$$V_{jhd} = \frac{2}{3} \gamma_{Rd} \left(A_{S1} + \frac{q}{5} A_{S2} \right) f_{yd} - V_c$$

Nodi esterni

$$V_{jhd} = \frac{2}{3} \gamma_{Rd} A_{S1} f_{yd} - V_c$$

Verifica del nodo per Eurocodice 8

Taglio
resistente

Meccanismo a puntone diagonale:

Nodi interni

$$V_{ihd} = 20 \tau_{Rd} b_j h_c$$

Nodi esterni

$$V_{ihd} = 15 \tau_{Rd} b_j h_c$$

Meccanismo di confinamento:

Per le staffe orizzontali nel nodo

Per le staffe verticali nel nodo

$$A_{sh} \geq \frac{b_j h_{jw}}{f_{yd}} \left[\frac{V_{jhd}}{b_j h_{jc}} - \lambda \sqrt{\tau_{Rd} (12 \tau_{Rd} + \nu_d f_{cd})} \right]$$

$$A_{sv} \geq \frac{2}{3} \cdot A_{sh} \cdot \frac{h_{jc}}{h_{jw}}$$

λ tiene conto della resistenza a taglio residua degli elementi piani di calcestruzzo dopo un processo ciclico di carico.

$$\lambda=1.2$$

→

Strutture in media duttilità

$$\lambda=1.0$$

→

Strutture in alta duttilità

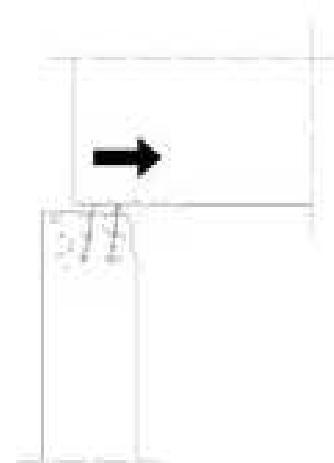
Scorrimento
tra testa pilastro e nodo

Scorrimento pilastro-nodo



Terremoto: Santa Lucia, 1990
Località: Augusta

Collasso del collegamento tra la colonna ed il nodo trave-colonna causato da elevate sollecitazioni di taglio.



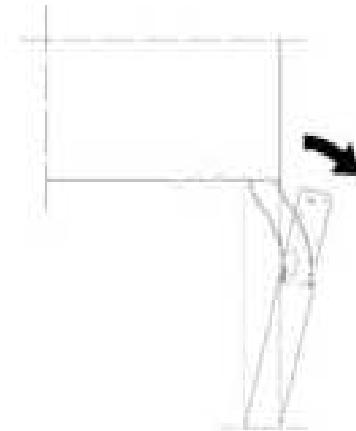
Scorrimento pilastro-nodo



Terremoto: Irpinia, 1980

Località: Lioni

Collasso del collegamento tra la colonna e la trave in c.a.: scorrimento tra la sommità della colonna e la trave in corrispondenza del piano di ripresa del getto.



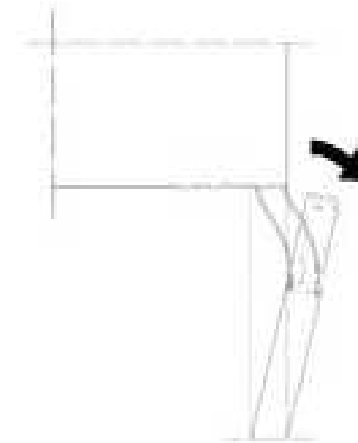
Scorrimento pilastro-nodo



Terremoto: Irpinia, 1980

Località: Lioni

Collasso del collegamento tra la colonna e la trave in c.a.: scorrimento tra la sommità della colonna e la trave in corrispondenza del piano di ripresa del getto.



Verifica di scorrimento pilastro-nodo

- Non esistono molte indicazioni a riguardo
- Solo l'Eurocodice 8 parla di verifica di scorrimento tra parete e impalcato; le formule proposte possono estendersi, con opportune modifiche, anche al caso in esame

FINE

Per questa presentazione:

coordinamento

A. Gherzi

realizzazione

A. Gherzi

ultimo aggiornamento

9/11/2007