

Corso di aggiornamento

Edifici esistenti in cemento armato

Teramo, 9-10 e 16-17 novembre 2007

Aurelio Ghersi

1

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)

2

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

3

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/>

4

Norme Tecniche per le Costruzioni Novità della versione 2007

5

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

6

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.

7

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

8

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_i di superamento nel tempo V_R e periodo di ritorno T_r :

$$T_r = - \frac{V_R}{\ln(1 - p_i)} \cong \frac{V_R}{p_i}$$

9

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

10

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 rigidità 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

11

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

12

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 rigidità nei confronti delle azioni orizzontali, ma si richiede che essa conservi una parte della rigidità 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

13

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

14

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

15

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).

Come prima

16

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 sensitività 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.

Come prima

17

Condizioni topografiche

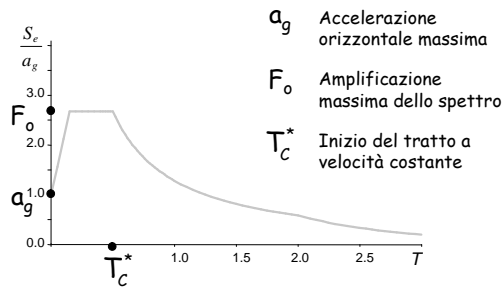
Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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

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.

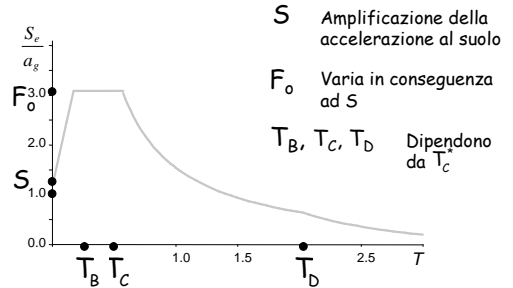
18

Spettri di risposta elastica accelerazioni orizzontali - su roccia (suolo A)



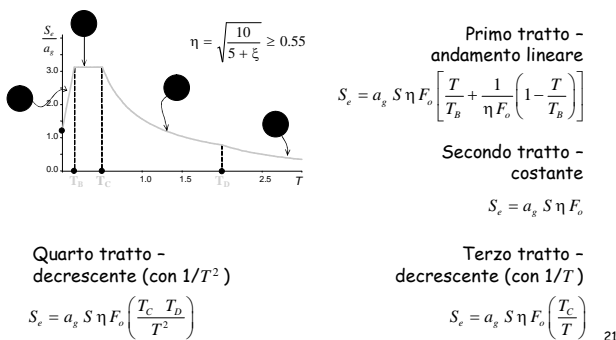
19

Spettri di risposta elastica accelerazioni orizzontali - su altri suoli



20

Spettri di risposta elastica accelerazioni orizzontali - su altri suoli



21

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:

$$S = S_S \cdot S_T$$

S_S coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_T coefficiente di amplificazione topografica

22

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:

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

23

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	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 (T_C^*)^{-0.40}$

24

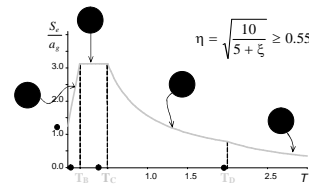
Amplificazione topografica

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.

25

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

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

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

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

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

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

26

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

27

Vulnerabilità e rischio sismico

28

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.

29

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

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

30

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 :

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

31

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 :

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

32

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 :

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

33

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.

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

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

34

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

35

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.

36

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)

37

Scheda di 1° livello

Sezione 1 - DATI RELATIVI ALLA SCHEDA

Codice STAT Provincia _____ Scheda No. _____
 Cod. STAT Comune _____ Data _____
 Comune _____ Spazio _____

Sezione 2 - LOCALIZZAZIONE ESPEDIZIONE

Codice STAT Provincia _____ Scheda No. _____
 Cod. STAT Comune _____ Data _____
 Comune _____ Spazio _____

Sezione 3 - DATI METRICI

Sezione 4 - USO

Sezione 5 - ETA DELLA COSTRUZIONE - INTERVALLI

Sezione 6 - STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

Sezione 7 - TOPOLOGIA STRUTTURALE

Sezione 8 - ESTENSIONE E LIVELLO DEL DANNO

Scheda di 2° livello

PARAMETRO **VALORI** **CONDIZIONE**

1. TIPO DI ORGANIZZAZIONE DELL'EDIFICIO

2. TIPO DI STRUTTURA

3. TIPO DI FONDAZIONE

4. TIPO DI COPERTURA

5. TIPO DI FINESTRE

6. TIPO DI INFILTRI

7. TIPO DI TOPOLOGIA STRUTTURALE

8. TIPO DI ESTENSIONE E LIVELLO DEL DANNO

9. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

10. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

11. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

12. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

13. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

14. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

15. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

16. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

17. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

18. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

19. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

20. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

21. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

22. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

23. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

24. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

25. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

26. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

27. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

28. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

29. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

30. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

31. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

32. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

33. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

34. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

35. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

36. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

37. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

38. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

39. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

40. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

41. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

42. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

43. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

44. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

45. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

46. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

47. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

48. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

49. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

50. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

51. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

52. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

53. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

54. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

55. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

56. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

57. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

58. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

59. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

60. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

61. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

62. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

63. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

64. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

65. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

66. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

67. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

68. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

69. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

70. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

71. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

72. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

73. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

74. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

75. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

76. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

77. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

78. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

79. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

80. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

81. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

82. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

83. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

84. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

85. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

86. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

87. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

88. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

89. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

90. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

91. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

92. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

93. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

94. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

95. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

96. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

97. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

98. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

99. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

100. TIPO DI STATO DELLE FINESTRE E INFILTRI

Matrice di probabilità di danno

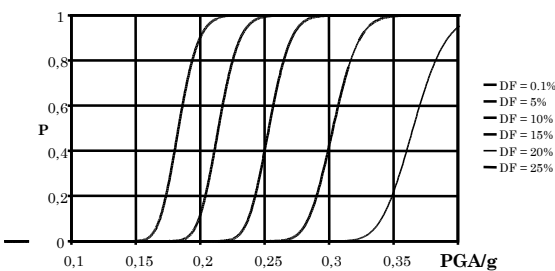
La relazione tra danno e intensità sismica può essere espressa in termini matriciali

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

40

Curve di fragilità

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



41

Indagini a piccolissima scala (singolo edificio)

Occorre un approccio diverso e schede di rilievo diverse

42

Nuove costruzioni e costruzioni esistenti

43

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

44

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

45

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

46

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

47

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

48

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

49

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

50

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

51

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

52

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"

53

La conoscenza di un singolo edificio

54

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

55

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 <i>e</i> <i>limitate</i> verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca <i>e</i> <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>esautive</i> verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con <i>estese</i> prove in situ oppure <i>esautive</i> prove in-situ

56

Conoscenza limitata (LC1)

Geometria:

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

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.

57

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.

58

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'esautiva 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 esautive 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.

59

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.

60

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).

61

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 adatteranno 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

62

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

63

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**

64

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

65

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

66

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

67

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	<input type="checkbox"/> O: Progetto originale <input type="checkbox"/> V ₁ : Progetto di varianti <input type="checkbox"/> V ₂ : Progetto di varianti <input type="checkbox"/> R ₁ : Rilievo successivo Ad opera di: Data: <input type="checkbox"/> R ₂ : Rilievo successivo Ad opera di: Data: <input type="checkbox"/> A ₁ : Altro tipo di materiale a disposizione <input type="checkbox"/> A ₂ : Altro tipo di materiale a disposizione
<input type="checkbox"/> 2) Fonte della documentazione	<input type="checkbox"/> P: Prefettura <input type="checkbox"/> C: Comune <input type="checkbox"/> G: Genio civile <input type="checkbox"/> A ₁ : Altra fonte <input type="checkbox"/> A ₂ : Altra fonte

II: DOCUMENTI A DISPOSIZIONE

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

1) Elaborati architettonici		Origine (indicare sigla tipo-fonte):
<input type="checkbox"/> Pianta	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V	
Quante e quali:	
<input type="checkbox"/> Prospetti	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V	
Quante e quali:	
<input type="checkbox"/> Sezioni	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V	
Quante e quali:	
<input type="checkbox"/> Atti contabili	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V	
<input type="checkbox"/> Computo metrico	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V	
<input type="checkbox"/> Altro	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V	

II: DOCUMENTI A DISPOSIZIONE

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

1) Elaborati strutturali		Origine (indicare sigla tipo-fonte):
<input type="checkbox"/> Carpenterie e piante	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V	
Quante e quali:	
<input type="checkbox"/> Pareti	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V	
Quante e quali:	
<input type="checkbox"/> Pilastri	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V	
Quante e quali:	
<input type="checkbox"/> Travi	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V	
Quante e quali:	
<input type="checkbox"/> Solai	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V	
Quante e quali:	
<input type="checkbox"/> Scale	<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> V	
Quante e quali:	

II: DOCUMENTI A DISPOSIZIONE

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

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

SEZIONE III: ASPETTO GENERALE

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

72

1) Pilastri

Dimensioni

☐ Troppo piccoli in funzione del carico portato
☐ Molto grandi in funzione del carico portato

☐ Altro

Distribuzione

☐ Pilastri distribuiti in maniera uniforme
☐ Pilastri non uniformemente distribuiti

☐ Altro

Forma

☐ Tendenzialmente quadrati
☐ Tendenzialmente rettangolari

☐ Tendenzialmente rettangolari in una direzione
☐ Tendenzialmente rettangolari in entrambe le direzioni

☐ Altro

Particolarità

☐ Interruzione di alcuni pilastri lungo l'altezza dell'edificio
☐ Pilastri in falso
☐ Pilastri
☐ Altro

Disposizione e diametro armatura (se visibile)

☐ Altro

Riscontro visivo con il materiale a disposizione

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

79

1) Solai

Interasse travetti (se visibile)

☐ Altro

Riscontro visivo con il materiale a disposizione

2) Scale

Soletta rampante

☐ Trave a ginocchio

Eccentricità in pianta

☐ Disposizione e diametro armatura (se visibile)
☐ Altro

Riscontro visivo con il materiale a disposizione

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

☐ Su pali
☐ Diretta

☐ Piloni

☐ isolati
☐ collegati

☐ Travi rovesce
☐ Platea

☐ con nervature
☐ senza nervature

Disposizione e diametro armatura (se visibile)

☐ Altro

Riscontro visivo con il materiale a disposizione

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

81

SEZIONE VI: DEGRADI E DISSESTI - CORPO N°

1) Degradì materiali

1a) Calcestruzzo

Nessun degrado

Presenza degrado

Fessurazione

Entità

Localizzazione

Ammolloamento

Entità

Localizzazione

Altro

Entità

Localizzazione

VI: DEGRADI E DISSESTI

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

VI: DEGRADI E DISSESTI

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

1b) Acciaio

Nessun degrado

Presenza degrado

Corrosione

Entità

Localizzazione

Altro

Entità

Localizzazione

Comportamento di edifici esistenti

Una breve riflessione

84

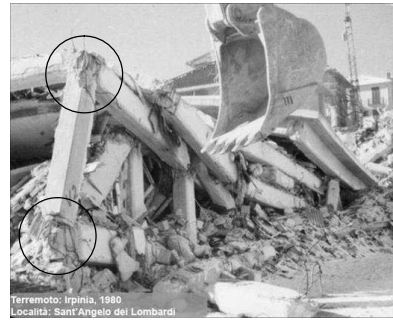
Collasso di edifici esistenti: duffile o fragile?

- Duffile: 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) ?

85

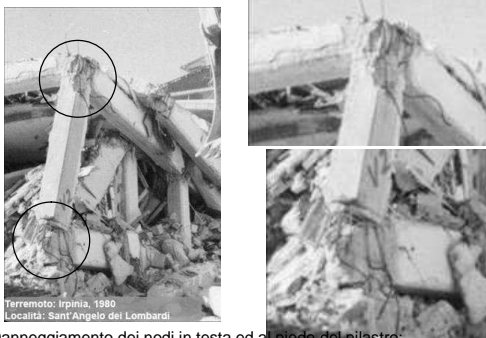
Collasso di edifici esistenti: duffile o fragile?



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

86

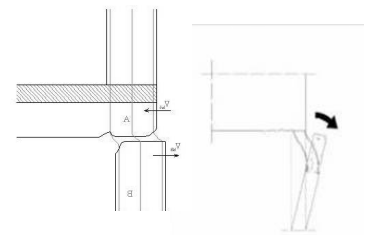
Collasso di edifici esistenti: duffile o fragile?



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

87

Collasso di edifici esistenti: duffile o fragile?



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

88

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 rigidità 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

89

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

90

Il calcolo

91

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)	$a_{g,5\%}$	$a_{g,SLC}$	$\alpha_{SLC} = \frac{a_{g,SLC}}{a_{g,5\%}}$

92

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	$\alpha_{SLC} = \frac{a_{g,SLC}}{a_{g,5\%}}$

93

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

94

Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenteria)	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>esautive</i> verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con <i>estese</i> prove in situ oppure <i>esautive</i> prove in-situ	Tutti	1.00

I fattori di confidenza sono ulteriori coefficienti di sicurezza

95

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

96

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?)

97

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

98

Tipo di elemento o meccanismo (e/m)		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 $p_i = D_i/C_i$)		Dall'analisi. Usare i valori medi nel modello.	
		Dall'analisi. Usare i valori medi dei moduli nel modello.	In termini di resistenza. Usare i valori medi.		In termini di deformazione. Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC.
		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)			
		Se $p_i \leq 1$, dall'analisi.			
		Se $p_i > 1$, dall'equilibrio con la resistenza degli e/m duttili. Usare i valori medi <u>moltiplicati</u> per FC.	In termini di resistenza. Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC e per il coefficiente parziale.		In termini di resistenza. Usare i valori medi <u>divisi</u> per il FC e per il coefficiente parziale.

99

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)

100

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, $V \leq (M_{R,sup} + M_{R,inf})/h$

- 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

101

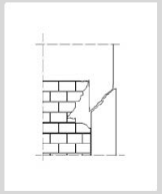
Rottura fragile per taglio

102

Rottura del pilastro per taglio



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

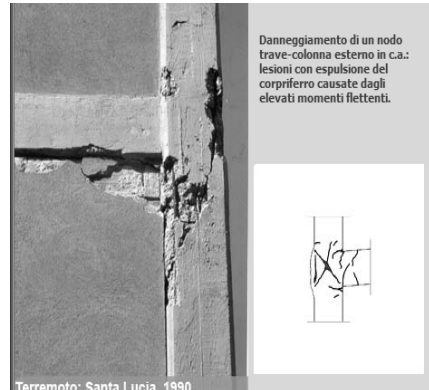


Terremoto: Molise, 2002
Località: San Giuliano di Puglia

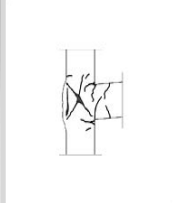
Tipok

103

Rottura del pilastro per taglio



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



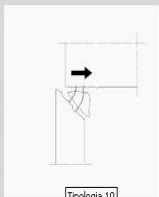
Terremoto: Santa Lucia, 1990
Località: Augusta

104

Rottura del pilastro per taglio



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



Tipologia 10

Terremoto: Santa Venerina, 2002

105

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)

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

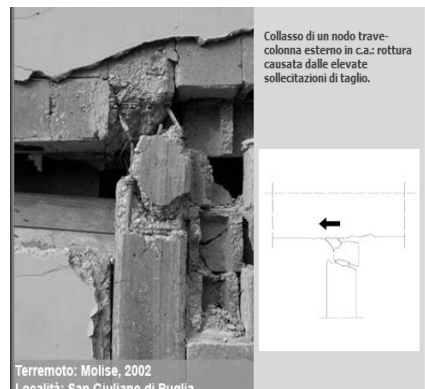
$$V_w = \rho_w b_w z f_{yw}$$

106

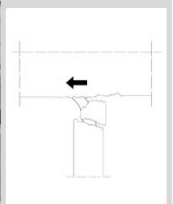
Rottura dei nodi

107

Rottura dei nodi



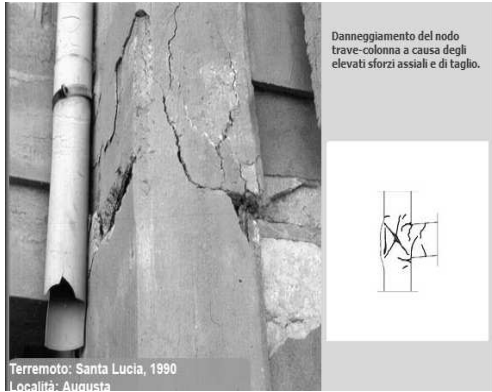
Collasso di un nodo trave-colonna esterno in c.a.: rottura causata dalle elevate sollecitazioni di taglio.



Terremoto: Molise, 2002
Località: San Giuliano di Puglia

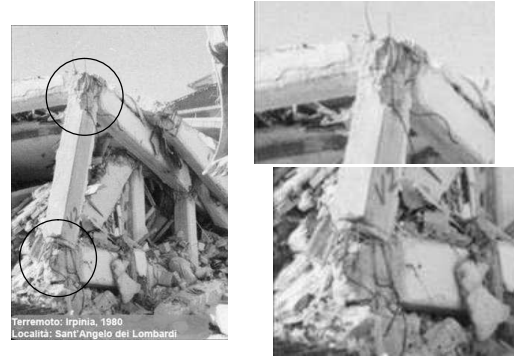
108

Rottura dei nodi



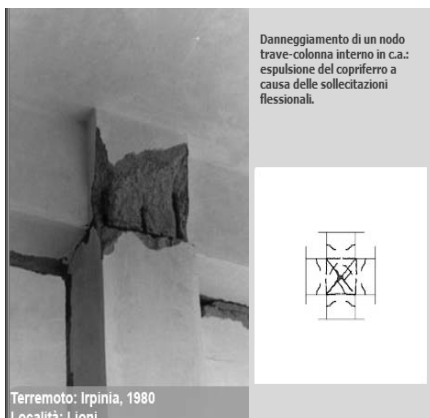
109

Rottura dei nodi



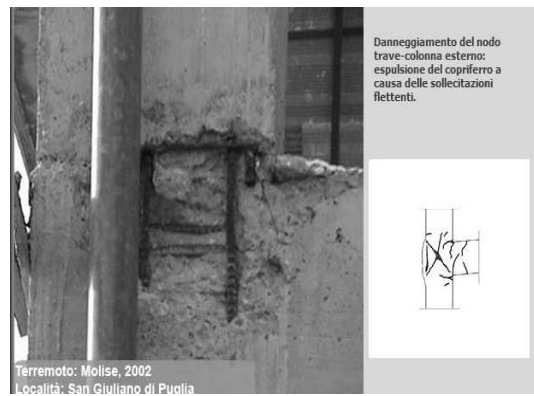
110

Rottura dei nodi



111

Rottura dei nodi



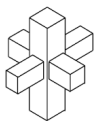
112

Dimensionamento e Verifica: NODI TRAVE-PILASTRO

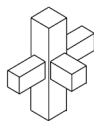
DEFINIZIONI

Interamente confinati: in ognuna delle facce verticali si innesta una trave sovrapposta al pilastro per almeno $\frac{2}{3}$ della larghezza e su entrambe le facce opposte, le sezioni delle travi si sovrappongono per almeno $\frac{2}{3}$ dell'altezza;

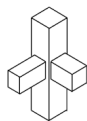
Non interamente confinati: tutti i nodi non appartenenti alla categoria precedente.



(a) Interior



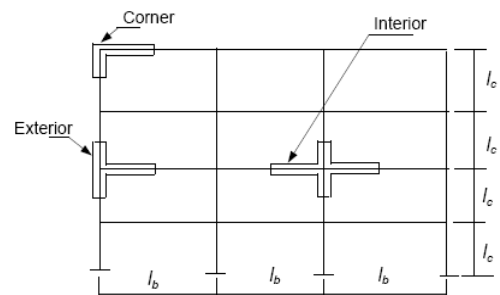
(b) Exterior



(c) Corner

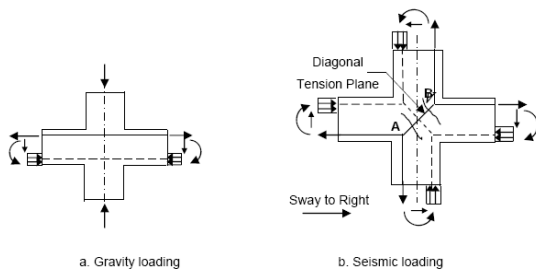
113

Resistenza nodale in edifici esistenti



114

Resistenza nodale in edifici esistenti per azioni verticali ed orizzontali

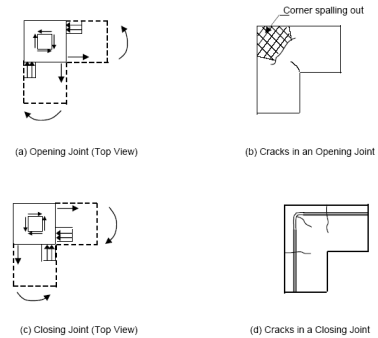


a. Gravity loading

b. Seismic loading

115

Resistenza nodale in edifici esistenti nodi di estremità



(a) Opening Joint (Top View)

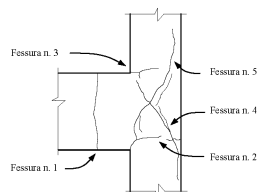
(b) Cracks in an Opening Joint

(c) Closing Joint (Top View)

(d) Cracks in a Closing Joint

116

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

117

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

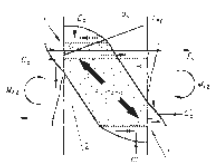
N è lo sforzo assiale agente sul pilastro superiore

V_n è il taglio totale agente sul nodo

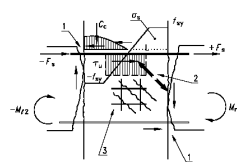
118

Verifica del nodo per Eurocode 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

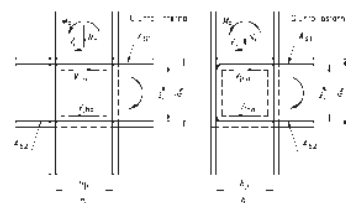


Meccanismo di confinamento:
traliccio e puntone

119

Verifica del nodo per Eurocode 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

$$V_{jhd} = \frac{2}{3}\gamma_{Rd} A_{s1} f_{yd} - V_c \quad 120$$

Verifica del nodo per Eurocodice 8

Taglio
resistente

Meccanismo a puntone diagonale:

Nodi interni $V_{rd} = 20 \tau_{Rd} b_j h_c$

Nodi esterni $V_{rd} = 15 \tau_{Rd} b_j h_c$

Meccanismo di confinamento:

Per le staffe orizzontali nel nodo

Per le staffe verticali nel nodo

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

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

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

121

Scorrimento tra testa pilastro e nodo

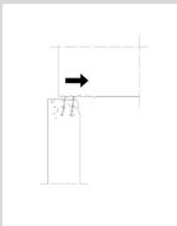
122

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.



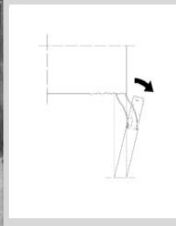
123

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.



124

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.



125

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

126

FINE

Per questa presentazione:

coordinamento

realizzazione

ultimo aggiornamento

A. Gherzi

A. Gherzi

9/11/2007