

Corso di aggiornamento
Progettazione strutturale e
Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

Progetto di edifici antisismici in c.a.

2 - Terremoti e norma sismica

Spoletto
11-13 novembre 2010
Aurelio Ghersi

I terremoti

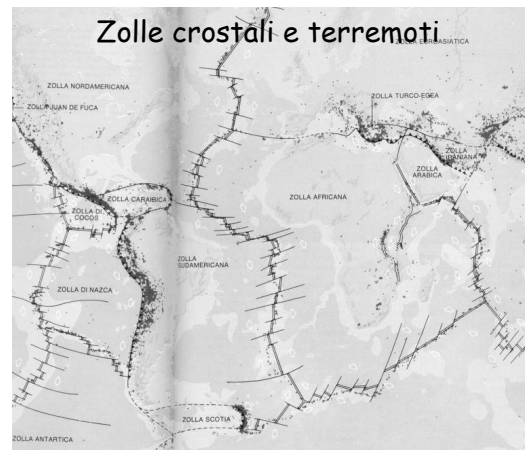
Cosa sono?

Quali effetti producono?

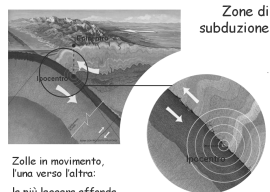
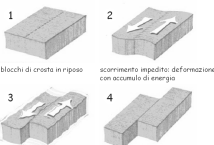
Qual è l'obiettivo della
progettazione antisismica?

I terremoti:
cosa sono?

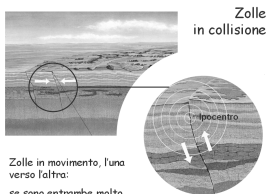
Zolle crostali e terremoti



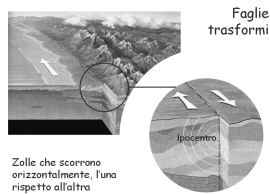
Il meccanismo che scatena un terremoto:
scorrimento lungo una faglia



Zolle in movimento,
luna verso l'altra:
la più leggera affonda
scorrendo sotto l'altra



Zolle in movimento, l'una
verso l'altra:
se sono entrambe molto
spesse, nessuna affonda



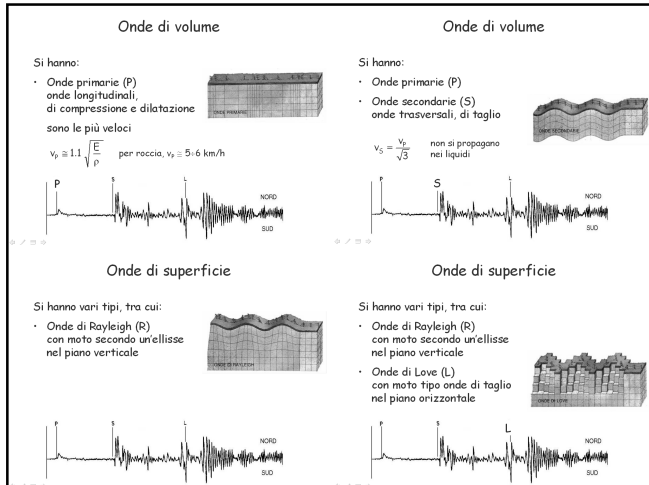
Zolle che scorrono
orizzontalmente, l'una
rispetto all'altra

Onde sismiche

L'energia liberata dal sisma si propaga in onde

Esistono più tipi di onda,
che si propagano con differente velocità
ed hanno un diverso contenuto energetico:

- onde di volume, che si propagano per tutto il volume t terrestre (più veloci)
- onde di superficie, che si propagano solo nello strato superficiale (maggior contenuto energetico)



Scala Mercalli dell'intensità sismica (1902, modificata nel 1931 e 1956)					
I	Non percepito dalle persone.	VII	Difficile stare in piedi. Rientro dai guidatori di automezzi. Tremolio di oggetti sospesi. Rottura di mobili. Danni alle murature tipo D(*), incluse fenditure. Rotture di cornicioni deboli situati sul colmo dei tetti. Caduta di intonaci, mattoni, pietre, tegole, comicioni (anche di parapetti isolati e ornamenti architettonici). Qualche lesione a murature tipo C(*). Formazione di onde sugli specchi d'acqua. Intorbidimento di acque. Piccoli smottamenti e scavernamenti in depositi di sabbia e ghiaia. Forte suono di campane. Danni a canali d'irrigazione rivestiti.	X	Distruzione di gran parte delle murature e delle strutture in legname, con le loro fondazioni. Distruzione di alcune robuste strutture in legname e di ponti. Grandi danni a dighe, briglie, argini. Grandi frane. Dislivellamento delle acque di canali, fiumi, laghi ecc. Traslazione orizzontale di sabbie e argille sulle spiagge e su regioni pianeggianti. Rotazione debolmente deviate.
II	Percepito da persone in riposo, nei piani superiori delle case o in posizione favorevole.	VIII	Panico generale. Distruzione di murature tipo D(*), gravi danni a murature tipo C(*), crolli parziali. Alcuni danni a murature tipo B(*), non tipo A(*). Caduta di stucchi e di alcune pareti in muratura. Rotazione e caduta di camini, monumenti, tori, serbatoi elevati. Costruzioni con strutture in legname smosse dalle fondazioni se non imbutunate; pannelli delle pareti lanciati fuori. Rottura di rami di alberi. Variazioni di portata o temperatura di sorgenti e pozzi. Crepacci nel terreno e sui pendii ripidi.	XI	Rotazione fortemente deviate. Tubazioni sotterranee completamente fuori servizio.
III	Percepito nelle case. Oscillazione di oggetti appesi. Vibrazioni come al passaggio di autocarri leggeri. Sime della durata. Talora non riconosciuto come terremoto.			XII	Distruzione pressoché totale. Linee di riferimento deformate. Oggetti lanciati in aria.
IV	Oscillazione di oggetti appesi. Vibrazioni come al passaggio di autocarri pesanti, o scossa come di una pesante palla che colpisce le pareti. Oscillazione di automezzi fermi. Movimento di porte e finestre. Tintinnio di vetri. Vibrazione di vassellami. Nello stadio superiore del IV, scricchiolio di pareti e di strutture in legname.				
V	Rientro all'esterno; stima della direzione. Sveglia di persone dormienti. Movimento della superficie dei liquidi, versamento di liquori dai recipienti. Spostamento o rovesciamento di piccoli oggetti instabili. Oscillazione di porte che si aprono o si chiudono. Movimento di imposte e quadri. Arresto, messa in moto, cambiamento del passe di orologi a pendolo.			(*)	A = Buono manufatto, legnaio insieme con fienile, calcitratozzo ecc., progettato per resistere a forze laterali. B = Buono manufatto con motta; rinforzato, ma non destinato in particolare a resistere a forze laterali. C = Manufatto ordinario con motta, senza tiranti agli angoli né rinforzi. D = Materiali deboli, come mattoni cotti al sole; malle povere; manufatto di buona qualità, deboli, ma non orizzontalmente.
VI	Sentito da tutti. Spavento e fuga all'esterno. Bancarelle di persone in moto. Rottura di vetrine, piani, vetriere. Caduta dagli scaffali di rinoli, libri ecc. e di quadri dalle pareti. Spostamento o rotazione di mobili. Scrosciate di intonaci deboli e di murature tipo D(*). Suono di campanelli (di chiese, di scuole). Stormire di alberi e di cespugli.				

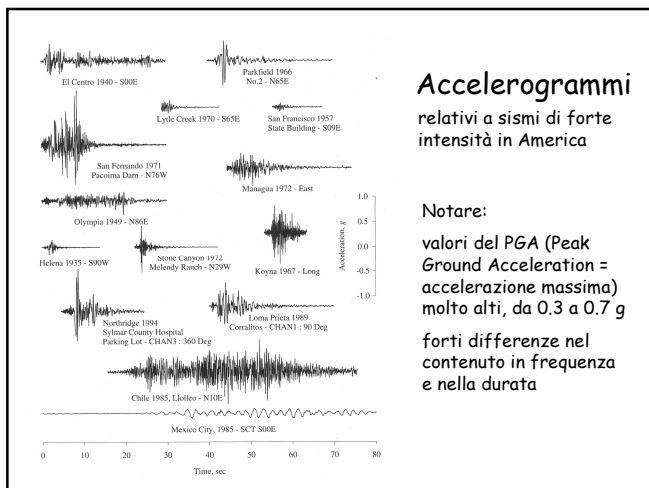
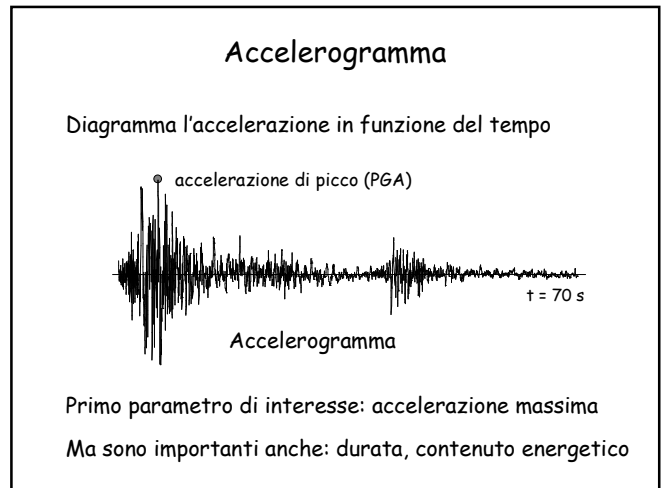
Magnitudo (Richter, 1935)

È il logaritmo dell'ampiezza massima di oscillazione (in micron), misurata a 100 km dall'epicentro

Energia rilasciata da un sisma:
è legata alla magnitudo dalla relazione

$$\log E = 4.4 + 1.5 M \quad (E \text{ in joule})$$

Frequenza annua N di terremoti con intensità $\geq M$:

$$\log N = a - b M \quad (a \approx 5.5, b \approx 1.1 \text{ nel Mediterraneo})$$


Classificazione sismica, oggi

Valutazione probabilistica dell'intensità dei terremoti

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

Esempio: periodo di ritorno di 475 anni

oppure

Probabilità di superamento P_{VR} = probabilità che si verifichi un evento sismico di intensità maggiore di quella assegnata in un periodo di riferimento

Esempio: probabilità di superamento del 10% in 50 anni

Relazione tra periodo di ritorno T_r e probabilità di superamento P_{VR}

È fornita dalla relazione:

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

Esempio:

probabilità di superamento del 10% in 50 anni

Il periodo di ritorno è:

$$T_r = -\frac{50}{\ln(1 - 0.10)} = 474.6 \cong 475 \text{ anni}$$

I terremoti: quali effetti producono?

Particolare attenzione a ...

Scorrimenti della faglia



1999 - Turchia

Movimenti della faglia, smottamenti del terreno, frane



1999 - Turchia



Movimenti della faglia, smottamenti del terreno, frane



1948 - Giappone



1999 - Turchia

Movimenti della faglia, smottamenti del terreno, frane



12/4/1998 - Slovenia



1999 - Turchia



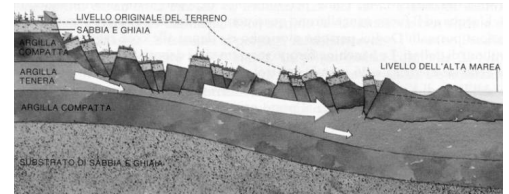
Cedimenti del terreno



1997 - Umbria



Liquefazione di strati sotterranei



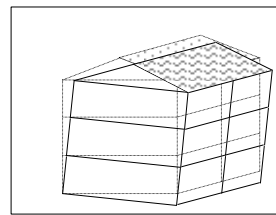
1964 - Alaska



Liquefazione del terreno

1999 - Turchia

Liquefazione del terreno



1999 - Turchia



Liquefazione del terreno

1999 - Turchia



Liquefazione del terreno

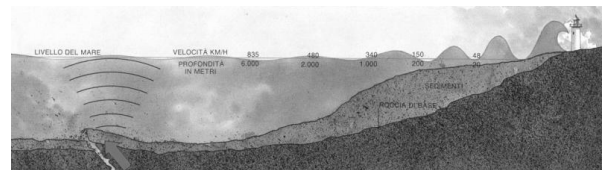
1999 - Turchia

Liquefazione del terreno



1999 – Turchia

Maremoti, tsunami



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

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

I terremoti: quali effetti producono?

Accelerazione sismica medio-bassa
Basso periodo di ritorno

Ribaltamento di mobili



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

Danni ai tramezzi



Napoli,
Facoltà di
Ingegneria

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

Danni ai tramezzi



Napoli,
Facoltà di
Ingegneria

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



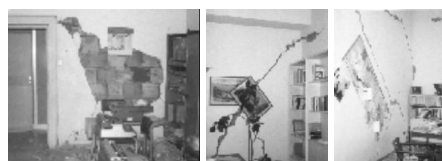
Danni ai tramezzi



Napoli,
Facoltà di
Ingegneria

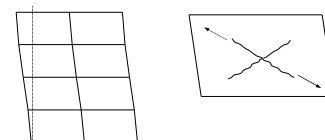
23/11/1980 - Irpinia e Basilicata

Danni ai tramezzi



Napoli,
Facoltà di
Ingegneria

23/11/1980 - Irpinia e Basilicata

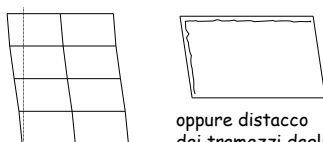


Danni ai tramezzi



Napoli,
Facoltà di
Ingegneria

23/11/1980 - Irpinia e Basilicata



oppure distacco
dei tramezzi dagli
elementi strutturali

Danni alle pareti di tamponamento per azioni nel loro piano



2002 - Santa Venerina

foto G. Gaeta

Danni alle pareti di tamponamento per azioni nel loro piano



2002 - Santa Venerina

foto G. Gaeta

Danni alle pareti di tamponamento per azioni nel loro piano



2002 - Santa Venerina

foto G. Gaeta

Espulsione delle pareti di tamponamento
per azioni ortogonali al loro piano



1999 - Turchia

Espulsione delle pareti di tamponamento



1999 - Turchia

Espulsione delle pareti di tamponamento



2002 - Santa Venerina

foto G. Gaeta

Espulsione delle pareti di tamponamento



1994 - Northridge

Espulsione delle
pareti di
tamponamento

Rischio di
perdita di vite



1964 - Alaska

I terremoti:
quali effetti producono?

Accelerazione sismica elevata
Alto periodo di ritorno

Danno agli elementi strutturali



2002 – Santa Venerina

foto G. Gaeta

Danni e difetti costruttivi



2002 – Santa Venerina

foto G. Gaeta

Mancanza di
staffe in testa
al pilastro e
nel nodo

Danni e difetti costruttivi



2002 – Santa Venerina

foto G. Gaeta

Danni e difetti costruttivi



2002 – Santa Venerina

foto G. Gaeta

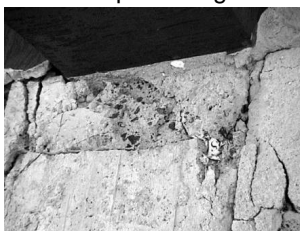
Mancanza di
staffe in testa
al pilastro



La barra
compressa si
instabilizza

Ma tra i difetti ...

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



2002 – Santa Venerina

foto G. Gaeta



... la trascuratezza
degli operai

Danni e difetti costruttivi ...



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

S. Angelo dei Lombardi,
edificio in costruzione



... possono portare a meccanismi di piano



1999 – Turchia

Meccanismi di piano - senza crollo



1999 – Turchia

Meccanismi di piano - senza crollo



1999 – Turchia

Meccanismi di piano - senza crollo



Meccanismi di piano - senza crollo



1971 – San Fernando

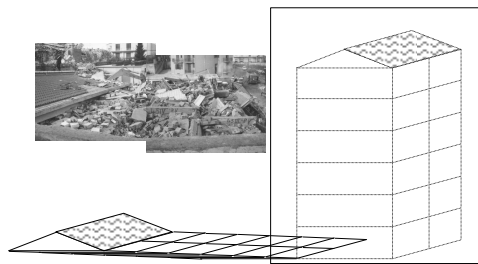
Meccanismi di piano - crollo totale,
con traslazione degli impalcati

S. Angelo dei Lombardi,
edificio 1



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

Crollo totale,
con traslazione degli impalcati



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

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



1994 – Northridge

Automobili schiacciate dagli edifici



1994 – Northridge

S. Angelo dei Lombardi
Edificio 2



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

S. Angelo dei Lombardi
edificio 2



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



S. Angelo dei Lombardi
edificio 2



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



S. Angelo dei Lombardi
edificio 2



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



S. Angelo dei Lombardi
edificio 2



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



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



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

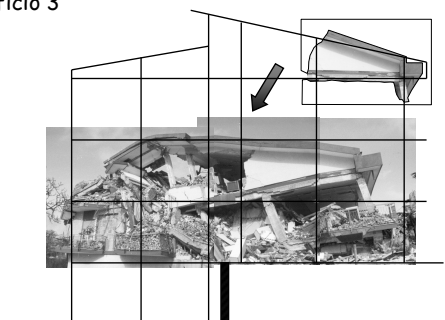
S. Angelo dei Lombardi
edificio 2

S. Angelo dei Lombardi
Edificio 3



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

S. Angelo dei Lombardi
edificio 3



S. Angelo dei Lombardi
edificio 3



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



S. Angelo dei Lombardi - edificio 3



23/11/1980 - Irpinia e Basilicata

Crollo totale - tipico (pilastri scadenti)



1999 - Turchia

Crollo totale



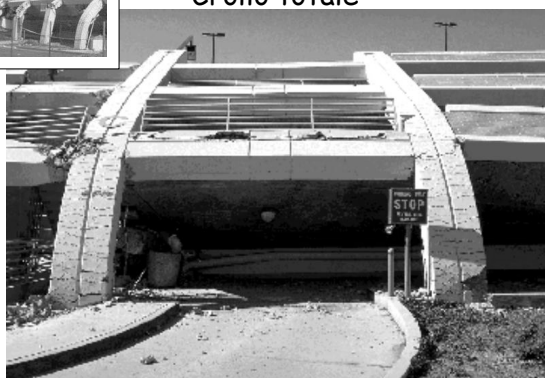
1999 - Turchia

Crollo totale - pilastri di ottima fattura



1994 - Northridge

Crollo totale



1994 - Northridge

Oppure ...



Espulsione di blocchi di calcestruzzo
Scorrimento lungo la lesione



2002 - Santa Venerina

foto G. Gaeta



1999 – Turchia

... con risultati fatali



foto A. Gherzi



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

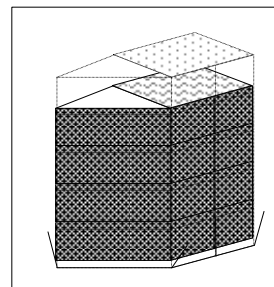
Perdita del
piano inferiore

Lioni,
edificio del Banco di Napoli



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

Lioni,
edificio del Banco di Napoli



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



Lioni, edificio del Banco di Napoli



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



Lioni, edificio del Banco di Napoli



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



Perdita del piano inferiore - altri esempi



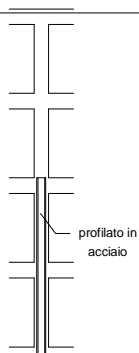
1999 – Turchia (?)

Perdita del piano inferiore



1995 – Kobe

Perdita di un piano intermedio



1995 – Kobe

Perdita di un piano intermedio



1995 – Kobe

Perdita di un piano intermedio

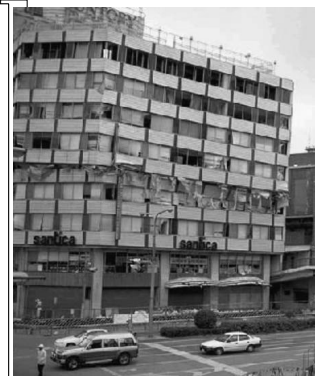
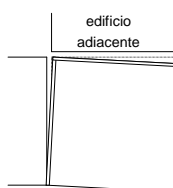


1995 – Kobe



Perdita di un piano intermedio

possibili effetti torsionali
in pianta



1995 – Kobe

I terremoti:
qual è l'obiettivo della
progettazione antisismica?

Indicazioni della
normativa

Problematiche:
per terremoti con basso periodo di ritorno

Poiché questi avvengono con frequenza,
è importante evitare danni eccessivi
ed interruzioni troppo lunghe dell'uso

D

Problematiche:
per terremoti con alto periodo di ritorno

Non è economico progettare la struttura in modo
da evitare danni - l'importante è che non crolli

C1

Bisogna tener conto del differente comportamento
delle strutture oltre il limite elastico (con
"coefficienti di struttura")

C2

Bisogna garantire maggior sicurezza a strutture
"importanti" (per la protezione civile, ecc.)

C3

Problematiche:
per terremoti con basso periodo di ritorno

D

Problematiche:
per terremoti con alto periodo di ritorno

C

Più in generale

Bisogna imporre alla struttura prestazioni diverse
in funzione del periodo di ritorno del terremoto
e dell'importanza dell'edificio

P

Prime norme sismiche in Italia

Fine '700 ed '800:

Norme che fornivano prescrizioni costruttive e
limitazioni all'altezza degli edifici

C1

Subito dopo il terremoto di Messina (1908):

R.D. 18 aprile 1909, n.193

impone di tener conto, nei calcoli di resistenza delle
costruzioni, di "azioni dinamiche dovute al moto
sismico ondulatorio, rappresentandole con
accelerazioni applicate alle masse del fabbricato"

Principali norme del '900

R.D. 25 marzo 1935, n. 640

Impone azioni di entità analoga a quelle utilizzate
fino a fine XX secolo (ma con accelerazione uguale a
tutti i piani)

Impone l'uso di cordoli in c.a. per edifici in muratura

Legge 25 novembre 1962, n. 1684

D.M. 3 marzo 1975

Le forze corrispondono ad una accelerazione
crescente col piano

Introduce un "coefficiente di struttura"

Consente l'analisi dinamica (modale)

C2

Principali norme del '900

D.M. 2 luglio 1981, n. 593

Fornisce indicazioni per riparazione e rafforzamento di edifici danneggiati dal sisma del 1980
Introduce il calcolo anche per gli edifici in muratura

D.M. 24 gennaio 1986

Introduce un "coefficiente di importanza" → **C3**

D.M. 16 gennaio 1996

Consente la verifica col metodo degli stati limite
Introduce limiti agli spostamenti di interpiano → **D**

XXI secolo, in Italia

Ordinanza 3274 del 20 marzo 2003

Ordinanza 3431 del 3 maggio 2005

Impone la verifica col metodo degli stati limite
Consente altre modalità di analisi (statica non lineare, dinamica non lineare)

Chiarisce meglio tutte le problematiche di base (SLU-SLD, fattore di struttura, ecc.)

Introduce il concetto di "regolarità strutturale"

D.M. 14 settembre 2005 (annullato dal D.M. 14/1/08)

Recepisce le Ordinanze

D.M. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni

Sostanzialmente in linea con gli Eurocodici

Prime basi di "Performance based design" → **P**

Oggi, all'estero

Eurocodice 8

È la base da cui è stata tratta l'Ordinanza 3274-3431

Ad esso si allineano quasi perfettamente le NTC 08

Norme americane FEMA

Introducono il concetto di "Performance based design" → **P**

cioè

prestazione richiesta per un assegnato terremoto

Evoluzione del concetto di protezione sismica

Prime normative:

Unico obiettivo

- Evitare perdite di vite umane
- nel caso di terremoto con periodo di ritorno molto alto

Evoluzione del concetto di protezione sismica

Normative attuali:

Doppio livello di protezione

- Evitare perdite di vite umane
 - Limitare i danni
- nel caso di terremoto con periodo di ritorno molto alto
- nel caso di terremoto con periodo di ritorno più basso

Normativa italiana, a partire dal 1996
Normativa europea (Eurocodice 8)

Evoluzione del concetto di protezione sismica

Performance based design

Tendenza della normativa:

Più livelli di prestazione

- Evitare il crollo
- Evitare perdite di vite umane
- Consentire un rapido ripristino dell'operatività
- Mantenere l'operatività

associati a diversi livelli di intensità sismica

Normativa americana FEMA
Norme Tecniche per le Costruzioni 2008

Livelli di prestazione

Ovvero Stati Limite da rispettare

Stati Limite di Esercizio

Stato Limite di Operatività - SLO

Danni estremamente modesti agli elementi non strutturali, tali da non compromettere in alcun modo la funzionalità dell'edificio

Stato Limite di Danno - SLD

Danni modesti agli elementi non strutturali e quasi nulli a quelli strutturali. L'utilizzo dell'opera dopo il sisma dovrebbe essere consentito, anche se alcune funzionalità potrebbero risultare compromesse

NTC08, punto 3.2.1

Livelli di prestazione

Ovvero Stati Limite da rispettare

Stati Limite Ultimi

Stato Limite di salvaguardia della Vita - SLV

Significativi danni agli elementi strutturali e non strutturali. Esiste ancora un consistente margine nei confronti del collasso. La funzionalità dell'edificio è compromessa

Stato Limite di prevenzione del Collasso - SLC

La capacità dell'edificio di portare azioni orizzontali e verticali è compromessa. L'uso dell'edificio dopo l'evento sismico comporterebbe un sensibile livello di rischio

NTC08, punto 3.2.1

Livelli di intensità sismica

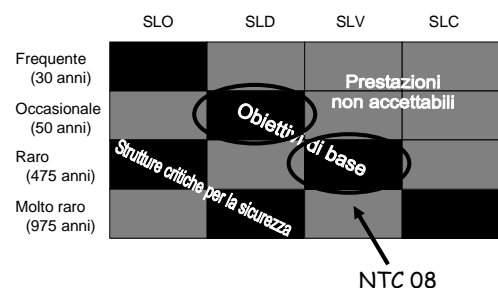
Sono legati alla "vita di riferimento" V_R della struttura

Livello	Probabilità di superamento	Periodo di ritorno *
Frequente	81% in V_R anni	30 anni
Occasionale	63% in V_R anni	50 anni
Raro	10% in V_R anni	475 anni
Estremamente raro	5% in V_R anni	975 anni

NTC08, punto 3.2.1

* Per $V_R = 50$ anni

Obiettivi prestazionali



Accelerazione di picco

L'intensità sismica è espressa come accelerazione di picco (PGA, peak ground acceleration)

L'accelerazione di picco dipende da:

- Sito (collocazione geografica, tipo di terreno, ecc.)
- Periodo di ritorno dell'evento che interessa

Vita di riferimento V_R

L'intensità sismica è definita in funzione del periodo di ritorno T_r del sisma, che è legato alla vita di riferimento.

La vita di riferimento dipende da:

- Vita nominale V_N
- Classe d'uso

Vita nominale V_N

- **Vita nominale:**
numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata

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

NTC08, punto 2.4.1

Classe d'uso

- **Classe d'uso:**
è legata alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche

TIPI DI COSTRUZIONE	Classe d'uso
Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli	I
Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali	II
Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi	III
Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità	IV

NTC08, punto 2.4.2

Vita di riferimento V_R

Dipende da:

- Vita nominale V_N
- Classe d'uso

$$V_R = V_N \times C_U \geq 35 \text{ anni}$$

Il coefficiente d'uso C_U dipende dalla classe d'uso

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

Periodo di riferimento V_R per l'azione sismica

Classe d'uso \ Vita nominale	I	II	III	IV
10	35	35	35	35
50	35	50	75	100
100	70	100	150	200

Esempio: edificio per abitazione

Opera ordinaria

Normale affollamento

Periodo di ritorno T_r

Periodo di ritorno T_r (in anni)
in funzione di V_R e P_{VR}

Stato limite	P_{VR}	$V_R=35$ anni	$V_R=50$ anni	$V_R=75$ anni	$V_R=100$ anni
SLO	81%	21	30	45	60
SLD	63%	35	50	75	100
SLV	10%	332	475	712	950
SLC	5%	682	975	1462	1950

Relazione tra accelerazione di picco e periodo di ritorno

- Non esiste una relazione rigorosa
- Approssimativamente si può ritenere che l'accelerazione di picco vari con la radice quadrata del periodo di ritorno

Esempio:

per un periodo di ritorno $T_r=475$ anni si ha $a_g=0.25 g$

per un periodo di ritorno $T_r=950$ anni si ha

$$a_g \cong 0.25 \times \sqrt{\frac{950}{475}} = 1.41 \times 0.25 = 0.35 g$$

Considerazioni

- A cosa servono le "classi d'uso" degli edifici?
 - Forniscono il coefficiente d'uso C_U che, moltiplicato per la vita nominale V_N , dà la vita di riferimento V_R
 - Per classe d'uso II si ha $C_U = 1$ quindi per verifica di resistenza di costruzioni usuali $V_R = 50$ anni, periodo di ritorno $T_r = 475$ anni si ha, ad esempio, $a_g = 0.25 g$
 - Per classe d'uso III (edifici con affollamento) $C_U = 1.5$ quindi per verifica di resistenza di costruzioni usuali $V_R = 50 \times 1.5$ anni, periodo di ritorno $T_r = 475 \times 1.5$ anni si ha $a_g \cong 0.25 \times \sqrt{1.5} = 1.22 \times 0.25 g$
 - Per classe d'uso IV (edifici strategici) $C_U = 2$ quindi $a_g \cong 0.25 \times \sqrt{2} = 1.41 \times 0.25 g$

Considerazioni

- Nel passato: coefficiente di importanza I
 - Moltiplicatore delle forze di progetto
 - Per costruzioni usuali $I = 1$
 - Per edifici con affollamento $I = 1.2$
 - Per edifici strategici $I = 1.4$

Considerazioni

- A cosa servono le "classi d'uso" degli edifici?
 - Forniscono il coefficiente d'uso C_U che, moltiplicato per la vita nominale V_N , dà la vita di riferimento V_R
 - Per classe d'uso II si ha $C_U = 1$ quindi per verifica di resistenza di costruzioni usuali $V_R = 50$ anni, periodo di ritorno $T_r = 475$ anni si ha, ad esempio, $a_g = 0.25 g$
 - Per classe d'uso III (edifici con affollamento) $C_U = 1.5$ quindi per verifica di resistenza di costruzioni usuali $V_R = 50 \times 1.5$ anni, periodo di ritorno $T_r = 475 \times 1.5$ anni si ha $a_g \cong 0.25 \times \sqrt{1.5} = 1.22 \times 0.25 g$ nel passato 1.2
 - Per classe d'uso IV (edifici strategici) $C_U = 2$ quindi $a_g \cong 0.25 \times \sqrt{2} = 1.41 \times 0.25 g$ nel passato 1.4

Ma attenzione alle interpretazioni...

- Se gli edifici strategici vengono considerati come tipo 3 (vita di riferimento 100 anni, anziché 50) si ha un ulteriore incremento delle accelerazioni di circa il 40%
In questo caso vi sono forti differenze rispetto al passato