

Corso di aggiornamento
Progettazione strutturale e
Norme Tecniche per le Costruzioni

Progetto di edifici antisismici in c.a.

2 - Terremoti e norma sismica

Spoletto
17-19 gennaio 2013
Aurelio Ghersi

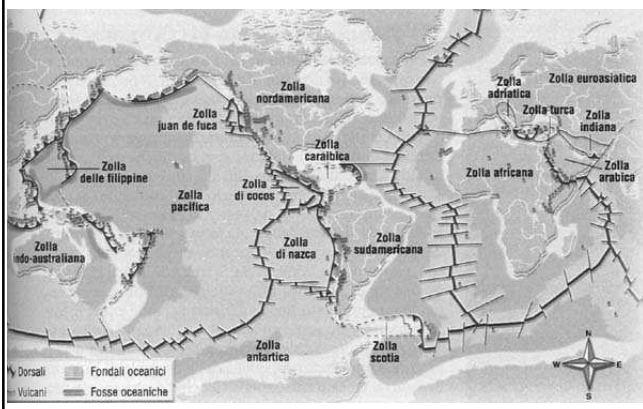
I terremoti

Cosa sono?

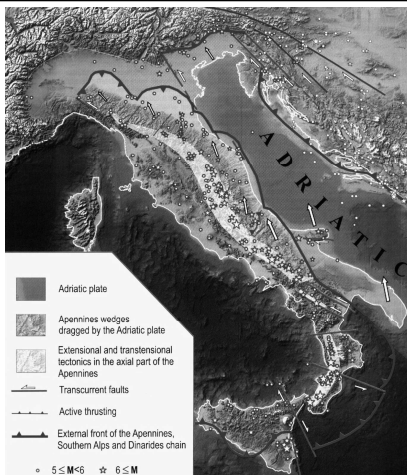
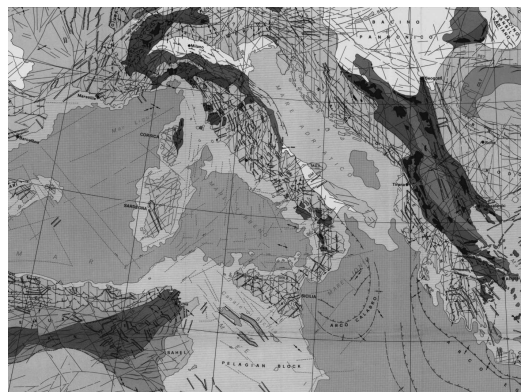
Quali effetti producono?

Qual è l'obiettivo della
progettazione antisismica?

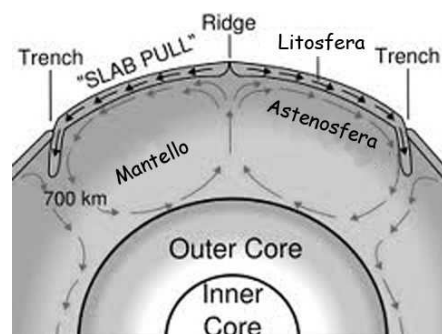
Zolle crostali e vulcani

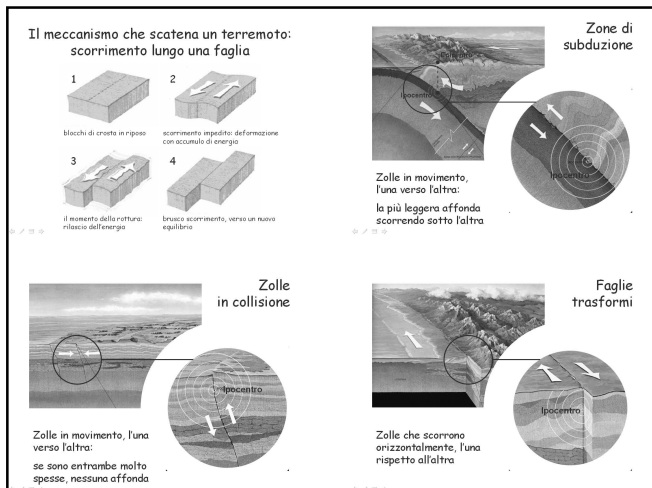


Carta geologica - Italia



Moti convettivi nel mantello e movimento delle zolle



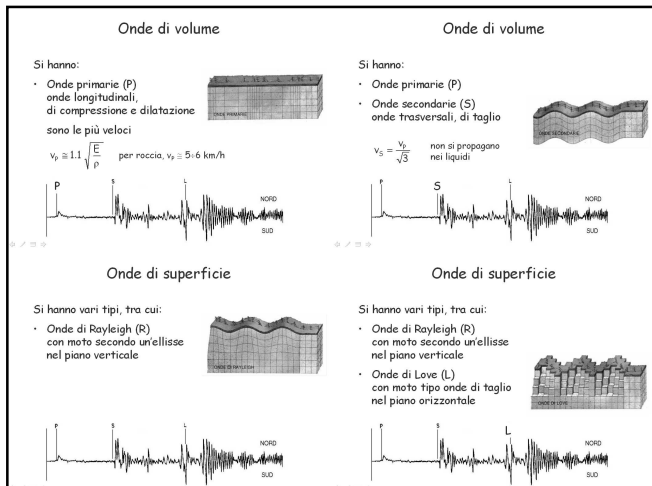


Onde sismiche

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:

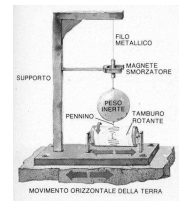
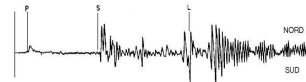
- onde di volume, che si propagano per tutto il volume t terrestre (più veloci)
- onde di superficie, che si propagano solo nello strato superficiale (maggior contenuto energetico)



Registrazione di un evento sismico

- In tempi remoti si faceva riferimento al sismogramma (spostamento nel tempo) ...

Sismografo:
misura gli spostamenti del terreno



- ... e l'intensità di un terremoto veniva misurata con scale empiriche, basate sull'esame dei danni prodotti

Misura dell'intensità sismica Scala Mercalli (1902, modificata nel 1931 e 1956)

- | | | |
|---|--|---|
| I Non percepito dalle persone. | VII Difficile stare in piedi. Rientro dei guidatori di automobili. Tremolio di oggetti sospesi. Rottura di mobili. Danni alle muraure tipo D(*), incluse fenditure. Rotture di comignoli deboli situati sul cornio dei tetti. Caduta di intonaci, mattoni, pietre, tegole, cornicioni (anche di parapetti isolati e ornamenti architettonici). Qualche lesione a muraure tipo C(*). | X Distribuzione di gran parte delle muraure 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. Distacco di alcune acque di canali, fiumi, laghi ecc. Traslazione orizzontale di sabbie e argille sulle spiagge e su regioni piane. Rotee debolmente deviate. |
| II Percepito da persone in riposo, nei piani superiori delle case o in posizione favorevole | VIII Rientro nella guida di automobili. Danni a muraure tipo C(*), crolli parziali. Alcuni danni a muraure tipo B(*), non tipo A(*). Caduta di stucchi e di alcune pareti in muratura. Rotazione e caduta di camini, monumenti, torii, serbatoi elevati. Costruzioni con strutture in legname smosse dalle fondazioni se non imbutolate: pannelli delle pareti lanciati fuori. Rottura di palizzate deteriorate. Rottura di rami di alberi. Variazioni di portata o temperatura di sorgenti e pozzi. Crepacci nel terreno e sui pendii ripidi. | XI Rotee fortemente deviate. Tubazioni sotterranee completamente fuori servizio. |
| III Percepito nelle case. Oscillazione di oggetti appesi. Vibrazioni come al passaggio di autocarri leggeri. Sismi della durata. Talora non riconosciuto come terremoto. | IX Perico generale. Distruzione di muraure tipo D(*), gravi danni a muraure tipo C(*), talvolta con crollo completo; seri danni a muraure tipo B(*) (danni generali alle fondazioni). Gravi danni al serbatoio. Rottura di tubazioni sotterranee. Rilevanti crepacci nel terreno. Nelle aree alluvionali espansione di sabbie e fango. Formazione di crateri di sabbie. | XII Distruzione pressoché totale. Spostamento di grandi masse rocciose. Linee di riferimento deformate. Oggetti lanciati in aria. |
| IV Oscillazione di oggetti appesi. Vibrazioni come al passaggio di autocarri pesanti, scossa come di una pesante palla che colpisce le pareti. Oscillazione di automobili ferme. Movimento di porte e finestre. Tinnito 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 liquidi dai recipienti. Spostamento o rovesciamento di piccoli oggetti instabili. Oscillazione di ponti che si aprono o si chiudono. Movimento di imposte e quadri. Amaro, messa in moto, cambiamento del passe di orologi a pendolo. | | |
| VI Sentito da tutti. Spavento e fuga all'esterno. Barcollare di persone in moto. Rottura di vetrine, piatti, vetrate. Caduta dagli scaffali di ninoli, libri ecc. e di quadri dalle pareti. Spostamento o rotazione di mobili. Scoppellature di intonaci deboli e di muraure tipo D(*). Suono di campanelli (di chiese, di scuole). Stornire di alberi e di cespugli. | | |

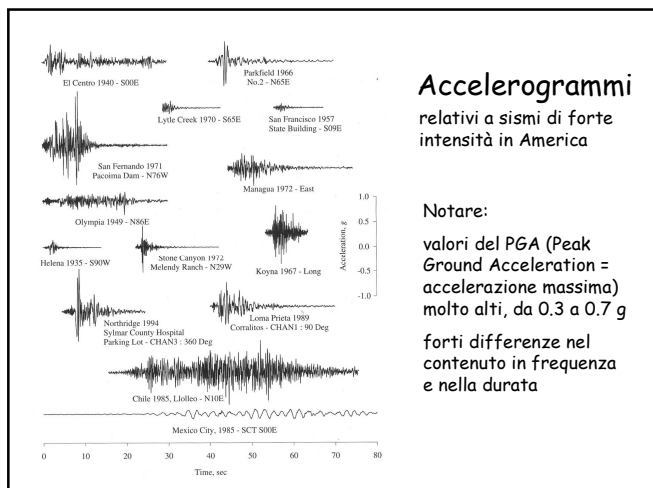
Registrazione di un evento sismico

Oggi si fa riferimento all'accelerogramma, che diagramma l'accelerazione in funzione del tempo



Primo parametro di interesse: accelerazione massima

Ma sono importanti anche: durata, contenuto energetico



Misura dell'intensità sismica
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 $\geq M$:

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

I terremoti

Cosa sono?

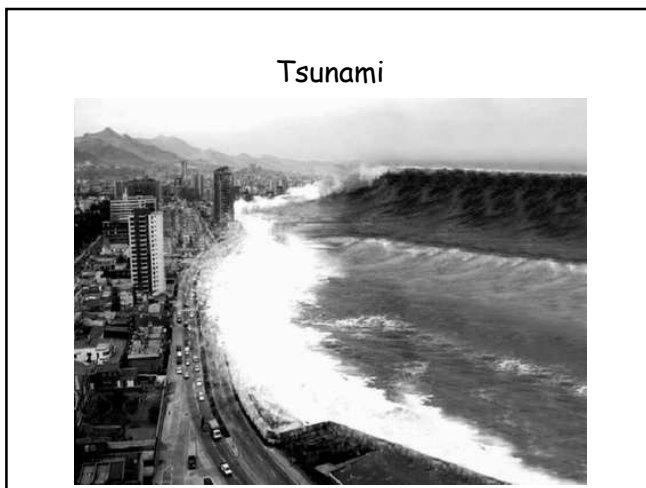
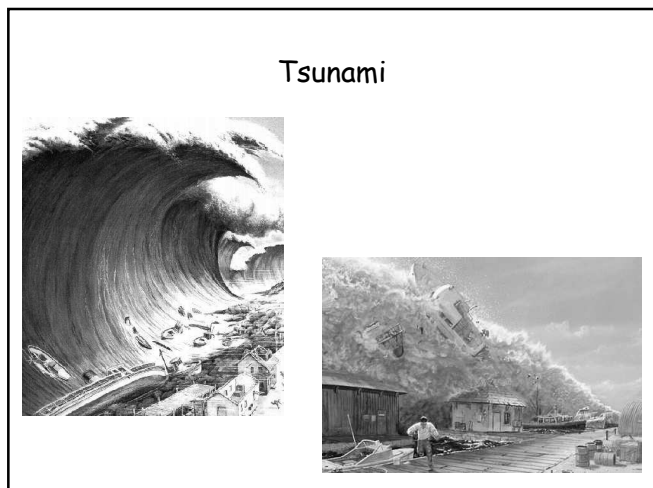
Quali effetti producono? ➡ Particolare attenzione a ...

Qual è l'obiettivo della progettazione antisismica?

Maremoti, tsunami

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

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



Tsunami



Tsunami



Tsunami



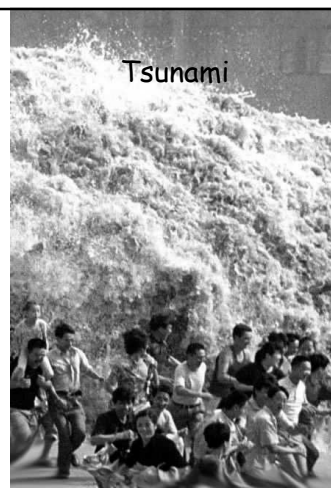
Tsunami



Tsunami



Tsunami

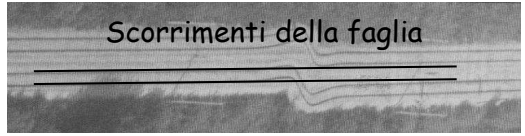


Tsunami

Commenti:

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

Scorrimenti della faglia



1999 Turchia

Scorrimenti della faglia

Commenti:

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

Movimenti della faglia, smottamenti del terreno, frane



1999 - Turchia



Movimenti della faglia, smottamenti del terreno, frane



1948 - Giappone



1999 - Turchia

Movimenti della faglia, smottamenti del terreno, frane



12/4/1998 - Slovenia



1999 - Turchia



Cedimenti del terreno



1997 - Umbria

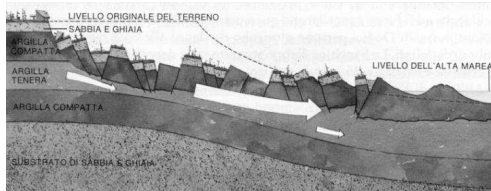
Smottamenti del terreno, frane

Commenti:

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



Liquefazione di strati sotterranei



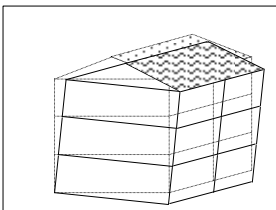
1964 - Alaska



Liquefazione del terreno

1999 - Turchia

Liquefazione del terreno



1999 - Turchia



Liquefazione del terreno



1999 - Turchia

Liquefazione del terreno



1999 – Turchia

Liquefazione del terreno



1999 – Turchia

I terremoti

Cosa sono?

Quali effetti producono?



Accelerazione
sismica
medio-bassa
Basso periodo
di ritorno

Qual è l'obiettivo della
progettazione antisismica?

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

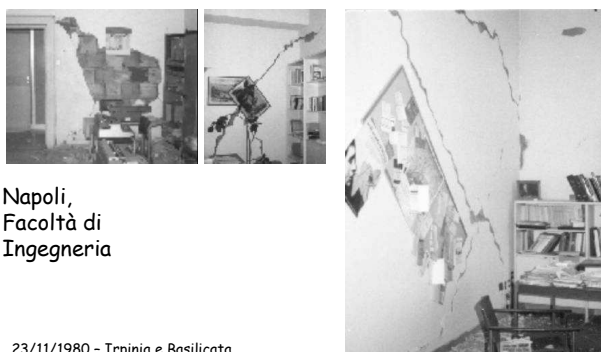


Napoli,
Facoltà di
Ingegneria

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



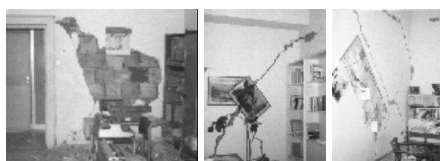
Danni ai tramezzi



Napoli,
Facoltà di
Ingegneria

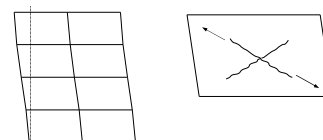
23/11/1980 - Irpinia e Basilicata

Danni ai tramezzi

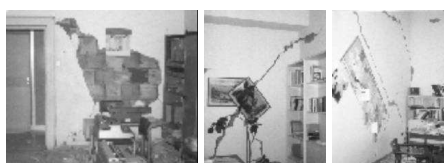


Napoli,
Facoltà di
Ingegneria

23/11/1980 - Irpinia e Basilicata

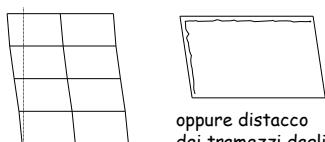


Danni ai tramezzi



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

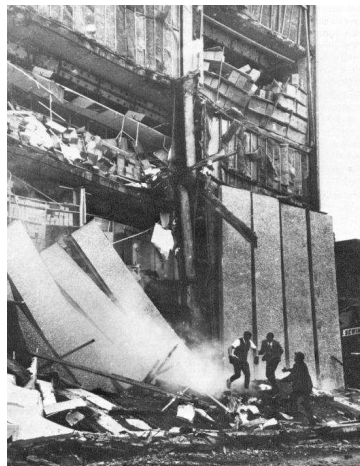
Espulsione delle pareti di tamponamento



1994 - Northridge

Espulsione delle
pareti di
tamponamento

Rischio di
perdita di vite



1964 - Alaska

Altre conseguenze dei terremoti



Incendi

Rottura delle
condotte idriche



1906 - San Francisco

Terremoti di intensità medio-bassa con basso periodo di ritorno

Commenti:

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



Occorre tener conto di questo nella progettazione

I terremoti

Cosa sono?

Quali effetti producono?

Accelerazione
sismica
elevata
Alto periodo
di ritorno

Qual è l'obiettivo della
progettazione antisismica?

Danno agli elementi strutturali



2002 – Santa Venerina

foto G. Gaeta

Danni e difetti costruttivi

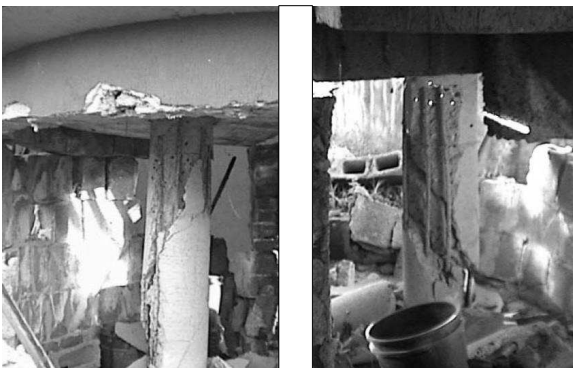


2002 – Santa Venerina

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 ...

foto A. Ghersi



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



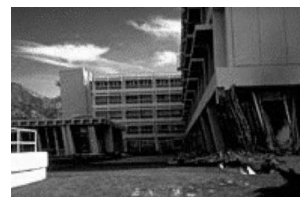
1999 – Turchia

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

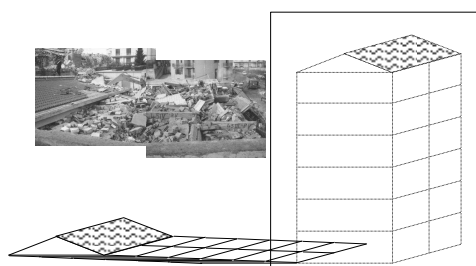
S. Angelo dei Lombardi,
edificio 1



foto A. Ghersi

23/11/1980 - Irpinia e Basilicata

Crollo totale, con traslazione degli impalcati



23/11/1980 - Irpinia e Basilicata

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



1994 - Northridge

Automobili schiacciate dagli edifici



1994 - Northridge

S. Angelo dei Lombardi Edificio 2



foto A. Ghersi

23/11/1980 - Irpinia e Basilicata

S. Angelo dei Lombardi
edificio 2



foto A. Gherzi

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



S. Angelo dei Lombardi
edificio 2



foto A. Gherzi

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



S. Angelo dei Lombardi
edificio 2



foto A. Gherzi

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



S. Angelo dei Lombardi
edificio 2



foto A. Gherzi

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



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



foto A. Gherzi

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

S. Angelo dei Lombardi
edificio 2

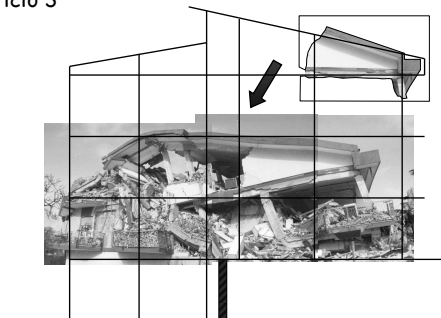
S. Angelo dei Lombardi
Edificio 3



foto A. Gherzi

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

S. Angelo dei Lombardi
edificio 3



S. Angelo dei Lombardi
edificio 3



foto A. Gherzi



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

S. Angelo dei Lombardi - edificio 3



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

foto A. Gherzi

Crollo totale - tipico (pilastri scadenti)



1999 – Turchia

Crollo totale

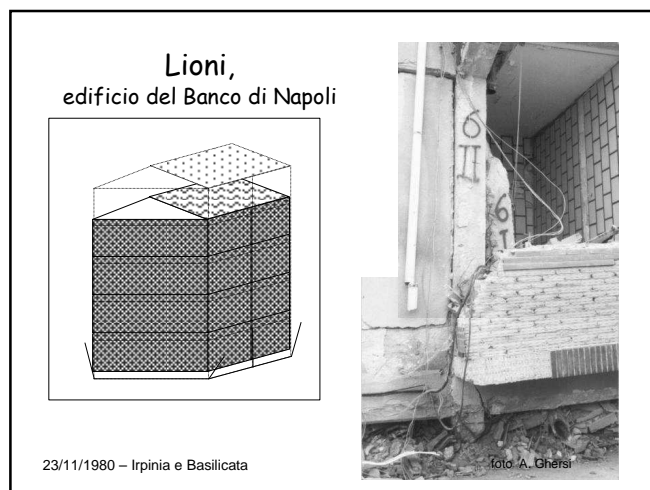
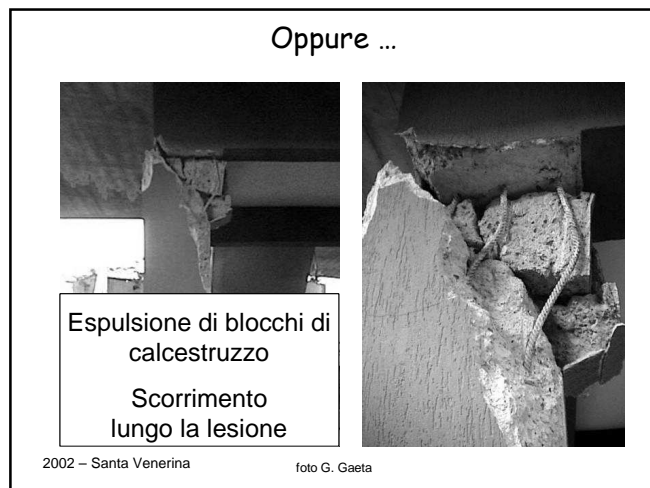
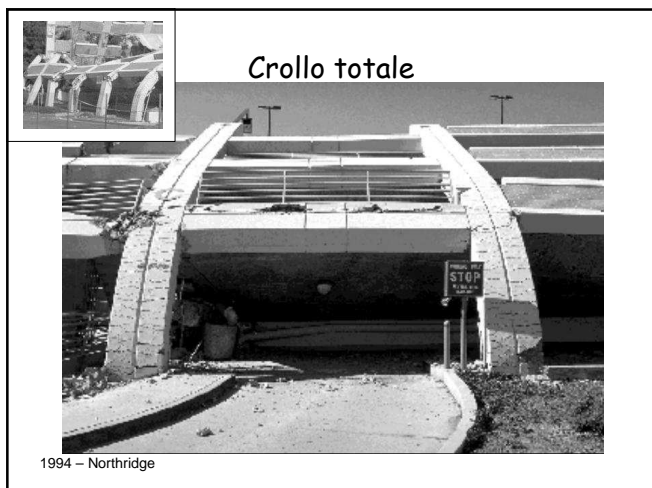


1999 – Turchia

Crollo totale - pilastri di ottima fattura



1994 – Northridge



Lioni, edificio del Banco di Napoli



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata



foto A. Ghersi

Lioni, edificio del Banco di Napoli



23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

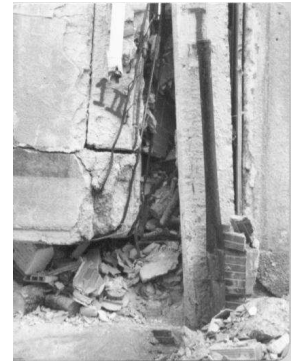


foto A. Ghersi

Perdita del piano inferiore - altri esempi



1999 – Turchia (?)

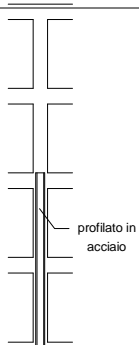
Perdita del piano inferiore



1995 – Kobe



Perdita di un piano intermedio



1995 – Kobe



Perdita di un piano intermedio



1995 – Kobe

Perdita di un piano intermedio



1995 – Kobe



Perdita di un piano intermedio

possibili effetti torsionali
in pianta



1995 – Kobe

Terremoti di intensità elevata con alto periodo di ritorno

Commenti:

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



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

I terremoti

Cosa sono?

Quali effetti producono?

Qual è l'obiettivo della
progettazione antisismica?

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

Eventi sismici, classificazione sismica e indicazioni della normativa

La normativa sismica si è evoluta nel tempo, quasi
sempre con nuove norme emesse subito dopo un
forte evento sismico

Evento sismico



Nuova classificazione delle zone sismiche



Nuova norme sismiche

Prime norme sismiche in Italia

Fine '700 ed '800:

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

C1

Problematica

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

Classificazione sismica e normativa 1909

Terremoto: Messina (1908)
80000 morti e 600 miliardi di lire (di allora) di danni



Regio Decreto n. 193/1909
Regio Decreto n. 542/1909



Classificazione sismica e normativa 1909

Terremoto: Messina (1908)
80000 morti e 600 miliardi di lire (di allora) di danni



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"

C1

Classificazione sismica e normativa 1909-1915

Terremoti: Area etnea (1911), Avezzano (1915)
oltre 30000 morti

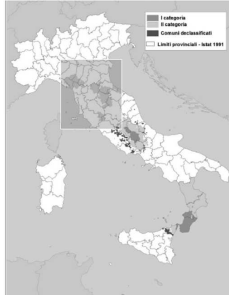


Regio Decreto n. 573/1915



Classificazione sismica e normativa 1916-1927

Terremoti: Alto Adriatico, Riminese (1916), Val Tiberina (1917), Appennino Romagnolo (1918), Mugello, Toscana meridionale (1919), Garfagnana (1920)



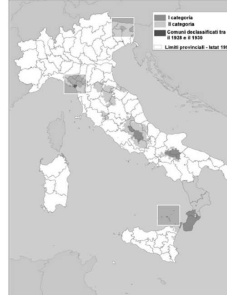
Decreto Legge n. 1526/1916
Regio Decreto n. 2089/1924
Regio Decreto n. 431/1927



Viene introdotta la zona
sismica di seconda categoria

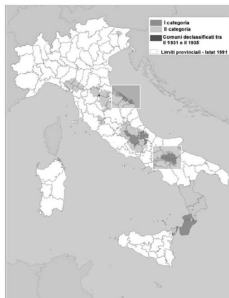
Classificazione sismica e normativa 1927-1930

Terremoti: Colli Albani (1927), Friuli (1928), Bolognese (1929)



Classificazione sismica e normativa 1930-1935

Terremoti: Irpinia, Marche settentrionali (1930), Monte Baldo (1932), Maiella (1933)

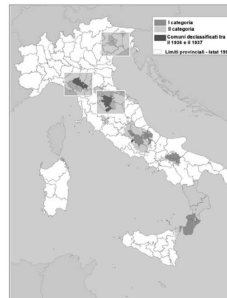


R.D. 25 marzo 1935, n. 640
Impone azioni di entità analoga a
quelle utilizzate fino a fine XX
secolo (ma con accelerazione
uguale a tutti i piani)
Impone l'uso di cordoli in c.a. per
edifici in muratura

C1

Classificazione sismica e normativa 1935-1937

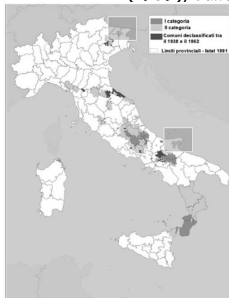
Terremoto: Alpago-Cansiglio (1936)



Regio Decreto Legge
n. 2125/1937

Classificazione sismica e normativa 1937-1962

Terremoti: Golfo di Palermo (1940), Marche meridionali e Abruzzo (1943), Calabria centrale (1947), Carnia (1959), Valle della Velina (1961), Irpinia (1962)



1937-42:
Inclusione di comuni delle
province di Ascoli Piceno e
Teramo, declassificazione di
altri comuni

Legge 25 novembre 1962,
n. 1684

Classificazione sismica e normativa 1962-1975

Terremoti: Monti Nebrodi (1967), Valle del Belice (1968), Toscana (1971)



Legge n. 64/1974

D.M. 3 marzo 1975
Le forze corrispondono ad una
accelerazione crescente col piano
Introduce un "coefficiente
di struttura"
Consente l'analisi dinamica
(modale)

Classificazione sismica e normativa 1962-1975

Terremoti: Monti Nebrodi (1967), Valle del Belice (1968),
Toscana (1971)



Legge n. 64/1974

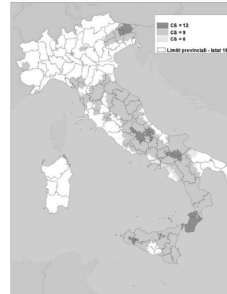
D.M. 3 marzo 1975

Le forze corrispondono ad una
accelerazione crescente col piano
Introduce un "coefficiente
di struttura" → **C2**
Consente l'analisi dinamica
(modale)

Bisogna tener conto del differente
comportamento delle strutture
oltre il limite elastico **C2**

Classificazione sismica e normativa 1976-1996

Terremoti: Friuli (1976), Calabria meridionale, golfo di Patti
(1978), Valnerina (1979), Irpinia-Basilicata (1980)



D.M. 3 giugno 1981 n. 515

Viene introdotta la zona sismica
di terza categoria

D.M. 2 luglio 1981, n. 593

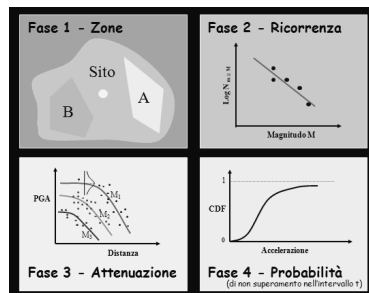
Fornisce indicazioni per
riparazione e rafforzamento
di edifici danneggiati dal sisma
del 1980

Introduce il calcolo anche per
gli edifici in muratura

Evoluzione della classificazione sismica anni finali del '900

Dopo il terremoto
del Friuli (1976)
parte il Progetto
Finalizzato
Geodinamica (CNR)

Partendo dallo studio
geologico, dall'individuazione
delle faglie, dalla ricorrenza
degli eventi sismici e dalla
attenuazione delle onde
sismiche con la distanza si
valuta la probabilità di avere
assegnate accelerazioni in
ciascun sito



Evoluzione della classificazione sismica anni finali del '900

Valutazione probabilistica dell'intensità dei terremoti

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

oppure

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

Esempio: periodo di ritorno di 475 anni

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

È fornita dalla relazione:

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

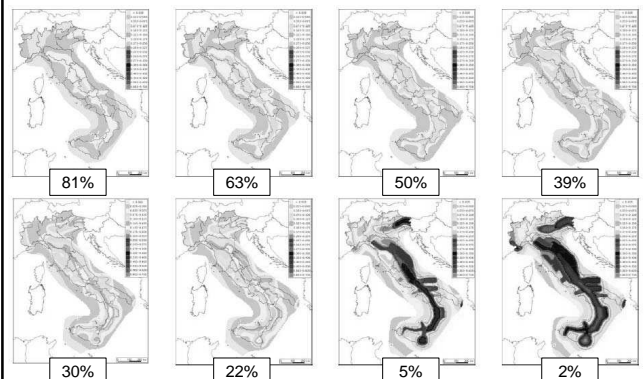
Esempio:

probabilità di superamento del 10% in 50 anni

Il periodo di ritorno è:

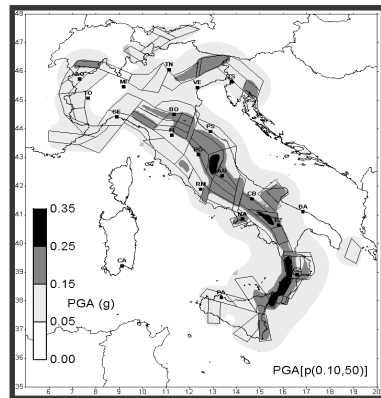
$$T_r = -\frac{50}{\ln(1 - 0.10)} = 474.6 \approx 475 \text{ anni}$$

Carte di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni

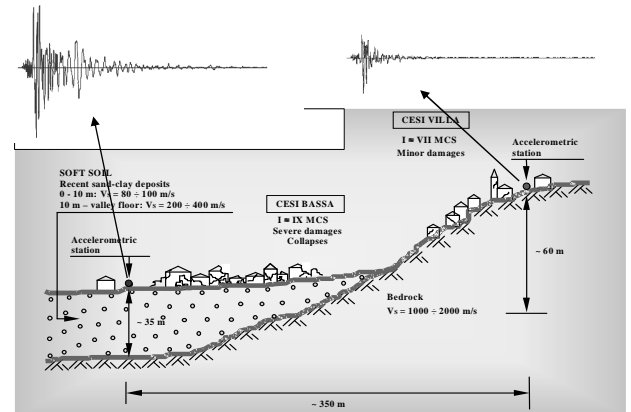


Analisi di pericolosità

Classificazione del territorio in base alla probabilità di superamento di PGA del 10% in 50 anni ($T_r = 475$ anni)



Influenza del terreno e microzonazione



Anni finali del '900, Italia

D.M. 24 gennaio 1986

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

Problematica

Bisogna garantire maggior sicurezza a strutture "importanti" (per la protezione civile, ecc.) **C3**

D.M. 16 gennaio 1996

Consente la verifica col metodo degli stati limite

Introduce limiti agli spostamenti di interpiano → **D**

Problematica

Per terremoti con basso periodo di ritorno: poiché questi avvengono con frequenza, è importante evitare danni eccessivi ed interruzioni troppo lunghe dell'uso **D**

Anni finali del '900, Stati Uniti

Norme americane FEMA

Introducono il concetto di "Performance based design" "

cioè

prestazione richiesta per un assegnato terremoto **P**

Problematica

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

Classificazione sismica e normativa 1997-2003

Terremoti: Umbro-Marchigiano 1997, zona etnea (Santa Venerina) 2001, Molise (San Giuliano di Puglia) 2002

Dal 2003 partono una serie di norme, che modificano radicalmente il panorama normativo

Inizio del 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

Oggi

Eurocodice 8

È la base da cui è stata tratta l'Ordinanza 3274-3431
Ad esso si allineano quasi perfettamente le NTC 08

D.M. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni
Sostanzialmente in linea con gli Eurocodici
Prime basi di "Performance based design"

P

Bozza Norme Tecniche per le Costruzioni 2013
Piccoli aggiustamenti, senza variazioni rilevanti
Cambiano alcuni termini molto usati

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 nel caso di terremoto con periodo di ritorno molto alto
- Limitare i danni 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 ad elementi strutturali, non strutturali e impianti talmente modesti da non creare interruzioni d'uso significative

Stato Limite di Danno - SLD

Danni ad elementi strutturali, non strutturali e impianti modesti, tali da non compromettere significativamente resistenza e rigidità. L'opera dopo il sisma deve rimanere utilizzabile, pur se con limitazione d'uso di attrezzature

NTC08, punto 3.2.1

NTC13, punto 3.2.1

Livelli di prestazione Ovvero Stati Limite da rispettare

Stati Limite Ultimi

Stato Limite di salvaguardia della Vita - SLV

Rottura di elementi non strutturali e impianti, danni significativi agli elementi strutturali con perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali. Esiste ancora un margine di sicurezza nei confronti del collasso.

Stato Limite di prevenzione del Collasso - SLC

Rottura di elementi non strutturali e impianti, danni molto gravi agli elementi strutturali. Esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso.

NTC08, punto 3.2.1

NTC13, punto 3.2.1

Livelli di intensità sismica

Sono legati alla "vita di riferimento" V_R della struttura

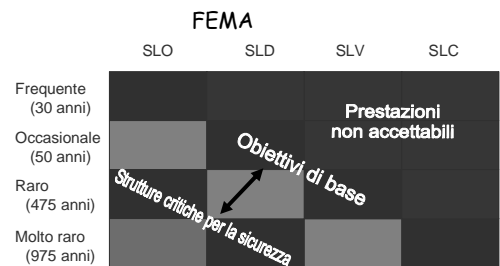
Livello	Probabilità di superamento	Periodo di ritorno *
Frequente	81% in V_R anni	30 anni
Occasionale	63% in V_R anni	50 anni
Raro	10% in V_R anni	475 anni
Estremamente raro	5% in V_R anni	975 anni

NTC08, punto 3.2.1

NTC13, punto 3.2.1

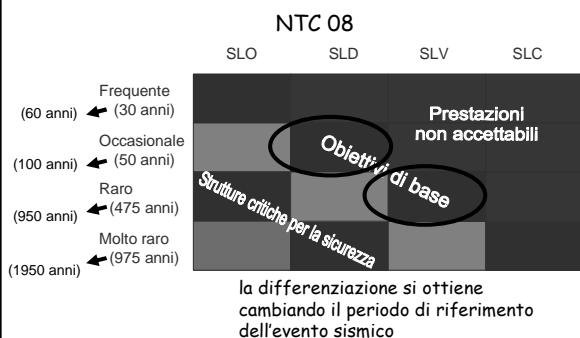
* Per $V_R = 50$ anni

Obiettivi prestazionali e livelli di intensità sismica



schema unico, la differenziazione si ottiene cambiando la relazione tra stato limite e intensità sismica

Obiettivi prestazionali e livelli di intensità sismica



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

Vita nominale V_N

- Vita nominale:**
numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve mantenere i livelli prestazionali per i quali è stata progettata

	TIPI DI COSTRUZIONE di nuova realizzazione	Vita nominale V_N
1	Costruzioni provvisorie, provvisionali e di presidio	≥ 5 anni
2	Costruzioni ordinarie	≥ 50 anni
3	Costruzioni di durabilità straordinaria	≥ 100 anni

NTC13, punto 2.4.1

Vita nominale V_N

- Vita nominale:**
numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve mantenere i livelli prestazionali per i quali è stata progettata

	TIPI DI COSTRUZIONE esistenti	Vita nominale V_N
1	Costruzioni provvisorie, provvisionali e di presidio	≥ 2 anni
2	Costruzioni ordinarie	≥ 30 anni
3	Costruzioni di durabilità straordinaria	≥ 60 anni

NTC13, 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

NTC13, 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 di nuova realizzazione

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

NTC08, punto 3.2.1

NTC13, punto 3.2.1

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

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

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

Normativa europea considerazioni

L'Eurocodice 8 prevede solo due requisiti:

- Requisito di non-collasso
 - Equivale a SLV
 - È riferito ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ovvero a un periodo di ritorno di 475 anni
- Requisito di limitazione del danno
 - Equivale a SLD
 - È riferito ad una probabilità di superamento del 10% in 10 anni, ovvero a un periodo di ritorno di 95 anni

La differenziazione in base all'uso viene fatta mediante il coefficiente di importanza γ_I