



Domande e risposte parziale sismica

Costruzioni In Zona Sismica

Politecnico di Milano

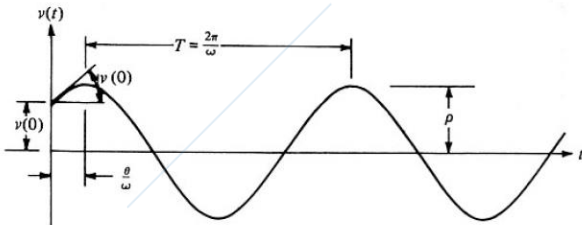
23 pag.

1. Cos'è il periodo?
2. Come si misura il terremoto?
3. Cos'è un terremoto?
4. Come varia la massa partecipante
5. COME SI PROPAGANO I TERREMOTI DALLA SORGENTE AI PUNTI DELLA SUPERFICIE TERRESTRE?
6. ZONAZIONE DEL TERRITORIO
7. COS'È UNO SPETTRO DI RISPOSTA
8. COME SI DETERMINA IN BASE ALLA NORMA LO SPETTRO DI RISPOSTA PER UN SITO?
9. Differenza tra scala mercalli e Richter
10. Forze statiche equivalenti
11. Spiegare il concetto di fattore di struttura, di duttilità e indicare i valori principali per le tipologie di edifici in ca, commentandoli.
12. Spettro di risposta per un sito in base alla norma.
13. Come si sviluppa lo spettro di risposta relativo ad un accelerogramma??
14. Perché si fa riduzione nello spettro?

1. Cos'è il periodo?

È il tempo di un ciclo.

È la distanza (tempo) tra due picchi o due gole



$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Dove $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ pulsazione o velocità angolare

Il periodo dipende dalla massa e dalla resistenza. È quello che caratterizza la dinamicità della struttura.

Il periodo di oscillazione libera T (detto anche periodo proprio del sistema), ovvero la frequenza f che è il suo inverso, contenendo le informazioni relative sia alla massa che alla rigidità, esprime una sorta di "rigidità dinamica" del sistema. Un sistema è dinamicamente rigido se il rapporto tra la rigidità e massa è alto, esso sarà caratterizzato da un basso valore del periodo. Viceversa, un sistema con basso rapporto tra rigidità e massa è dinamicamente poco rigido ed avrà un periodo di oscillazione più elevato. Sistemi diversi ma aventi lo stesso rapporto tra rigidità e massa avranno un comportamento dinamico identico, oscillando con lo stesso periodo T .

È l'inverso della frequenza (quante volte nell'unità di tempo)

2. Come si misura il terremoto?

All'arrivo del moto sismico in superficie, viene fatta la registrazione di due componenti orizzontali e una verticale di accelerazione mediante gli accelerogrammi. L'accelerogramma si riferisce a una direzione in particolare, tradizionalmente si registrano direzioni nord, sud, est, ovest per standardizzare.

I terremoti si misurano dagli effetti locali. L'effetto del terremoto è di indurre lo spostamento.

La misura dei terremoti può essere fatta attraverso:

- L'intensità: Da Robert Mallet (1857) : isosisme.

Misure di intensità:

- Rossi- Forell
- Mercalli → MMI (Mercalli modificata) 1956 : valutazione degli effetti del terremoto in gradi. Modificata per rappresentare meglio le situazioni.
→ MSK (Mercalli Cancani Sleberg)
- MSK (Medvedev, Sponhever, Karnik)

Intensità usata per misurare gli effetti del terremoto

➤ **Magnitudo**: Da Ritter (1935) : Assegnare ad ogni terremoto un numero.

Misura il terremoto dalla massima ampiezza registrata dallo strumento = a poi si traccia il

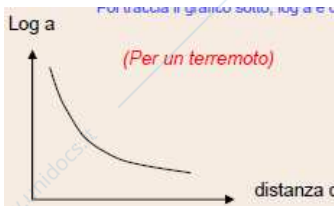
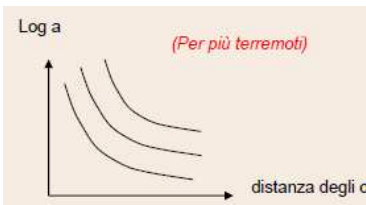


grafico loga/dist degli osservatori

a= massima ampiezza della registrazione

(sismografo Wood-Andeson)

N.B. Non è una misura dell'energia!!



Misura = distanza tra le curve

Scala: M=1 per a= 1 μm a 100km di distanza

I terremoti che danno fastidio sono dal 4 in poi, il massimo è 9.

Questa è una scala compatta, quindi passando da un grado ad un altro si ha uno sbalzo di 30 volte. Sono valori molto indicativi.

Sono state espresse diverse relazioni:

magnitudo ↔ intensità

magnitudo ↔ energia $\log E = 11,8 + 1,5 M_s$

magnitudo ↔ numero di terremoti all'anno $\log N = a - b M_L$ dove N=numero di terremoti

a, b = paramentri da tarare con studi di regressione

Oggi esistono varie definizioni di magnitudo:

M_L = locale

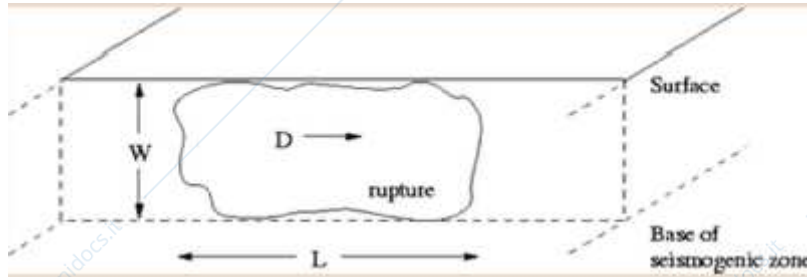
m_b = dell'onda di volume

M_s = dell'onda di superficie con T=20 sec

M_w = di momento sismico: il momento sismico è la misura delle dimensioni di un terremoto basata sull'area della faglia, l'ammontare medio dello scorrimento e la forza richiesta per superare l'attrito che tiene unite le rocce. Il momento sismico può anche essere calcolato dall'ampiezza dello spettro dell'onda sismica.

$$M = G \cdot A \cdot D$$

G (modulo di taglio delle rocce), A (area interessata della rottura) e D (spostamento)



Relazione tra numero terremoti magnitudo è lineare. linea di regressione tra i dati e capire qual è il numero di terremoti di una data magnitudo.

- Accelerazione massima (di picco) → PGA (peak ground acceleration)
Parametro significativo è la max accelerazione perché corrispondono forze di inerzia rilevanti.

Informazioni dell'accelerogramma:

- Accelerazione massima
- Contenuto in frequenze
- Durata (fase strong-motion,..) se la fase violenta è molto breve o molto lunga è importante per gli edifici. Un terremoto dura mediamente 15 secondi.
- Ampiezza spostamenti al suolo (NB: al suolo, che in genere la struttura amplifica)

Componenti: 2 orizzontali, 1 verticale (più accelerazioni angolari..)

Unità di misura: GAL (cm/s^2)-> galileo, g.

Misure molto locali, influenzate dal sito (attenuazione, amplificazione locali..)

- Scala macrosismica europea (1998)

Scala più recente.

È una scala di intensità. Forma abbreviata: 12 gradi.

Descrive il fenomeno, è molto più tarata sull'attuale, parla molto degli edifici.

Quello che oggi si può fare è associare una foto del danno ad un certo grado, prima erano semplici descrizioni generali.

3. Cos'è un terremoto?

I terremoti sono vibrazioni o oscillazioni improvvise, rapide e più o meno potenti, della crosta terrestre, provocate dallo spostamento improvviso di una massa rocciosa nel sottosuolo.

Il terremoto ha origine da un punto che si trova sotto la superficie terrestre detto ipocentro. In base alla profondità di questo punto ho i vari tipi di terremoto, che possono essere:

- Superficiali $h < 70 \text{ km}$
- Medi $70 < h < 200 \text{ km}$
- Profondi $h > 200 \text{ km}$

Poi il moto si propaga fino ad un punto in superficie chiamato epicentro.

Ci sono tre tipi di meccanismi principali : moto verticale diretto e inverso e moto orizzontale.

4. Come varia la massa partecipante

Fattore di partecipazione:

- Indica la partecipazione del modo al moto del terreno
- È una caratteristica del modo soltato
- Diminuisce al crescere del numero di modo (i primi modi prevalgono)
- Dipende dalla costante di normalizzazione dei modi, ma la dipendenza scompare nel prodotto $\alpha_i Z_i$

"Participating masses":

Masse partecipanti:

Se gli autovettori sono normalizzati in modo che

if eigenvalues are normalized so that $\underline{Z}_i^T \underline{M} \underline{Z}_i = 1$,

$$\alpha_i = \underline{Z}_i^T \underline{M} \underline{I} = \underline{Z}_i^T \underline{M} \begin{matrix} \text{(elements of)} \\ \uparrow \text{(diagonal)} \end{matrix}$$

Inertia forces at each mass are

Forze d'inerzia ad ogni massa:

$$F_1 = \alpha_1 Z_1^{(1)} \ddot{x}_1 m_1 + \alpha_2 Z_2^{(1)} \ddot{x}_2 m_1 + \dots$$

$$\vdots$$

$$F_j = \alpha_1 Z_1^{(j)} \ddot{x}_1 m_j + \dots$$

- ...

$$T = \underline{Z} F = \alpha_1 \ddot{x}_1 \underline{Z}_1^T \underline{M} + \dots$$

↑ base shear Taglio alla base

but $\alpha_1 = \underline{z}_1^T \underline{M}$

$$\begin{aligned} \therefore T = \underline{z}^T \underline{F} &= \alpha_1 \ddot{x}_1 \underline{z}_1^T \underline{M} + \alpha_2 \ddot{x}_2 \dots = \\ &= \alpha_1^2 \ddot{x}_1 + \alpha_2^2 \ddot{x}_2 + \dots \end{aligned}$$

↑
this is a mass!

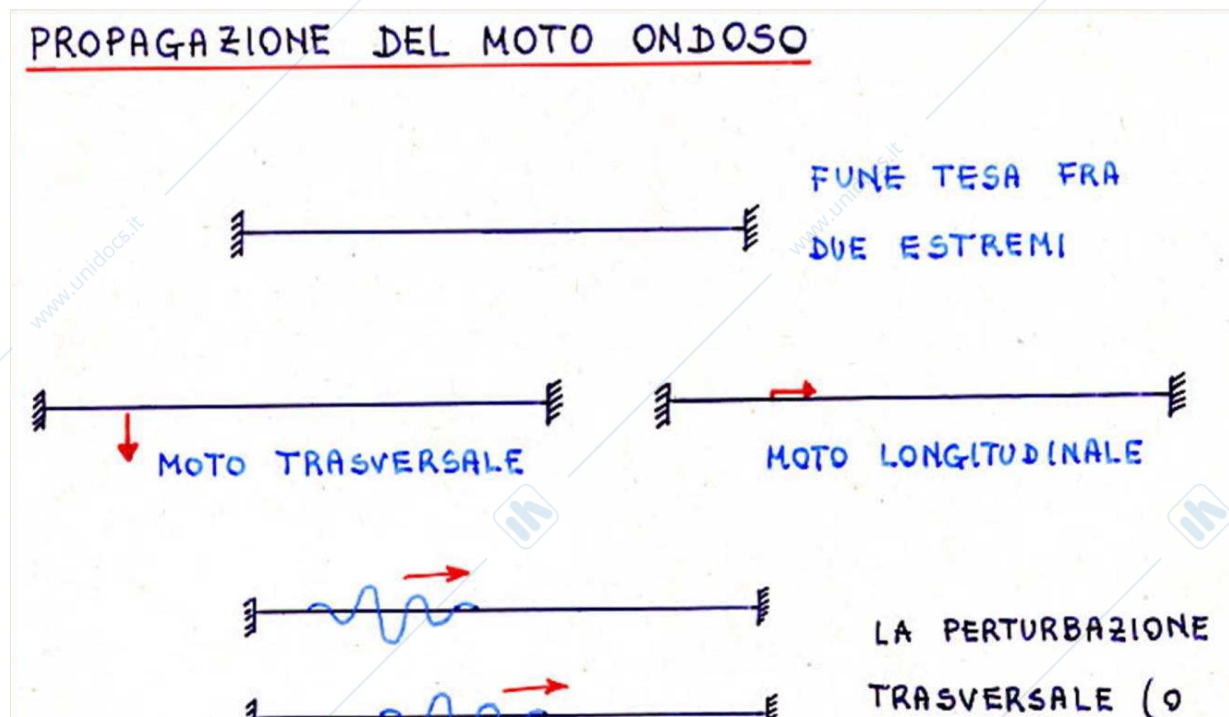
participating modal mass = α^2

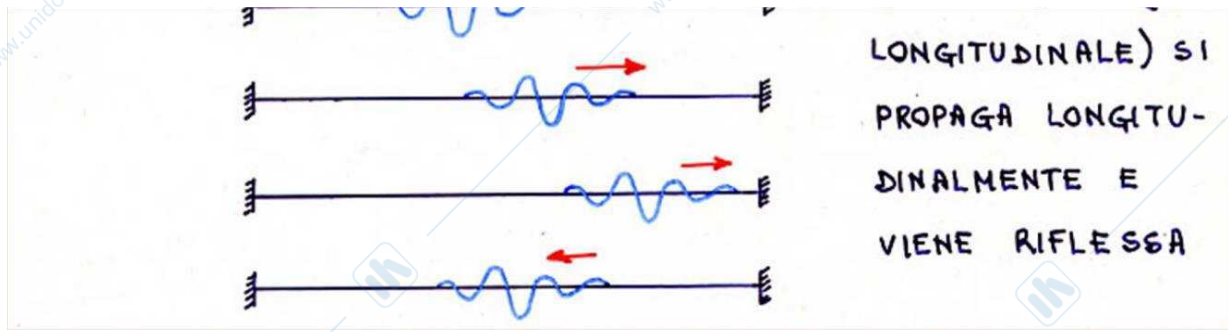
α^2 dice quanto coinvolge la massa della struttura

Massa modale partecipante: raggiungere il 90% della massa partecipante in ciascuna direzione.

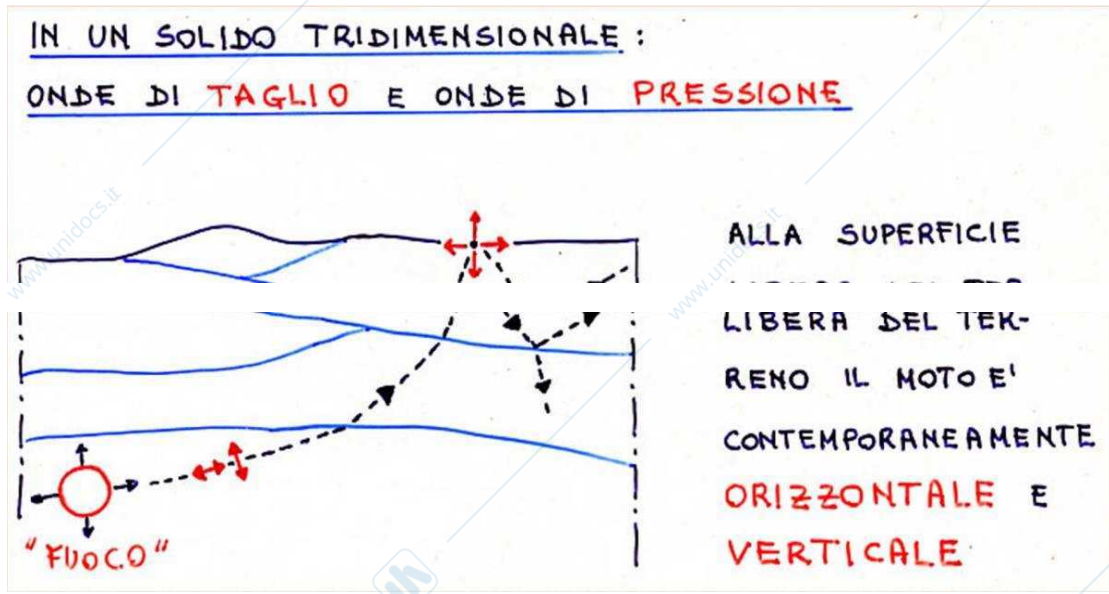
5. COME SI PROPAGANO I TERREMOTI DALLA SORGENTE AI PUNTI DELLA SUPERFICIE TERRESTRE?

Le onde sismiche sono onde che si propagano attraverso il globo terrestre e sono onde meccaniche che sfruttano le proprietà elastiche del mezzo materiale per la loro propagazione.

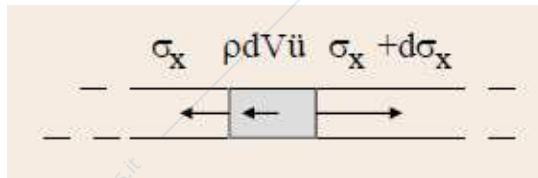




LONGITUDINALE) SI
PROPAGA LONGITU-
DINALMENTE E
VIENE RIFLESSA



Onde di pressione in un'asta



u = spostamento in x

ρ = densità di massa

ricordando che $F=ma$, scriviamo l'equilibrio dinamico dell'elementino ricordando che in dinamica si tiene conto delle forze di inerzia.

Se A è la sezione dell'asta, il volume del concio è $A dx = dV$.

Le incognite sono spostamenti u e sforzi σ .

L'equazione di equilibrio risulta:

$$A d\sigma_x = \rho A dx \frac{d^2 u}{dt^2}$$

Ipotizzando di essere in campo elastico, lo sforzo è funzione delle deformazioni, quindi:

$$A \frac{d\sigma_x}{dx} dx = \rho A dx \frac{d^2 u}{dt^2} \Rightarrow \frac{d\sigma_x}{dx} = \rho \frac{d^2 u}{dt^2}$$

ma

$$\frac{d\sigma_x}{dx} = E \frac{d\varepsilon_x}{dx} = E \frac{d^2 u}{dx^2}$$

E sostituendo si ottiene:

$$c^2 \frac{d^2 u}{dx^2} = \frac{d^2 u}{dt^2}$$

Con $c^2 = E/\rho$.

Soluzione: $u(x,t) = f_1(x - ct) + f_2(x + ct)$

↑
Onda che avanza

↑
Onda che retrocede

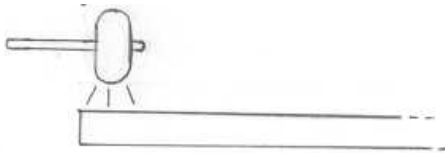
Con velocità c

Soluzione che ci da lo spostamento in funzione di spazio e tempo.

La parte che retrocede è nulla in caso di asta infinita e quindi l'onda non incontra ostacoli.

Onde di Taglio

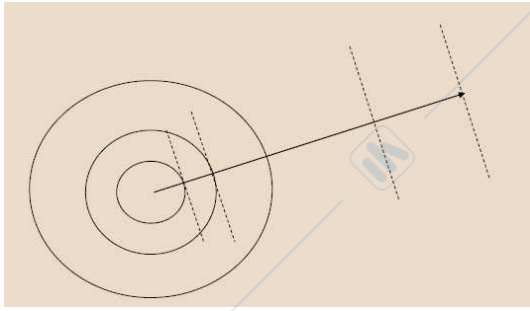
Analogamente si possono propagare onde trasversali di taglio (onde S).



Non si trasmettono nei liquidi

Velocità di propagazione legata a G (modulo di rigidezza trasversale) che è minore di E, (modulo di Young). Quindi le onde di taglio sono meno veloci di quelle di compressione/trazione (onde P).

Nello spazio tridimensionale le onde di volume (P ed S) sono sferiche, tuttavia a grande distanza dalla sorgente il fronte può essere considerato piano.



Considerando un elementino infinitesimo e considero la direzione di propagazione dell'onda.

Per le onde P la direzione del moto delle particelle è la stessa direzione di propagazione;

per le onde di taglio il moto è ortogonale alla direzione di propagazione (ma questo non definisce la direzione della particella).

In un continuo omogeneo le onde di taglio sono polarizzate cioè le particelle si muovono sempre nella stessa direzione:



Questo permette di dividere l'onda di taglio in due direzioni:

S_H componente parallela all'asse orizzontale

S_V componente verticale

Inclinazione dell'onda:

Legge di Snellius: $\text{sen}\alpha_i/v_i = \text{sen}\alpha_r/v_r$

$\text{sen}\alpha_i/v_i = \text{sen}\alpha_t/v_t$

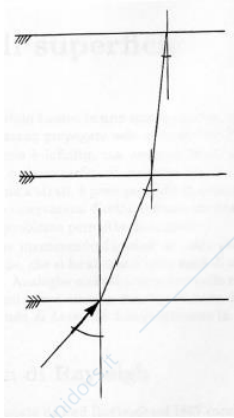
i= incidente, r=riflesso, t=trasmesso

la P si trasmette e riflette come onda P ma non tutta e genera infatti anche una SV.

le inclinazioni sono diverse perché SV è più lenta.

S_H invece si trasmette e riflette ma non genera altre onde (proprio per questo dividiamo le due componenti)

La velocità dell'onda diminuisce man mano che sale e si raddrizza via via:



Ip fondamentale: noi consideriamo che alla fondazione arrivi la stessa onda sostanzialmente verticale.

Oltre alle onde di volume (S e P) nelle zone di confine tra due strati o con l'atmosfera si generano altri tipi di onde: **onde di superficie**

In particolare:

- Onde di Rayleigh: moto ellittico retrogrado in piano verticale
- Onde di Love

Sono poco ampie, si esauriscono in pochi metri ma seguono la superficie quindi coprono grandi distanze.

$$V_p > V_s > V_r > V_l$$

A noi da fastidio l'onda S.

6. ZONAZIONE DEL TERRITORIO

Identificazione di aree geografiche a comportamento omogeneo dal punto di vista sismico.

Le normative recenti (mappe sismiche), nazionali e internazionali, attribuiscono alle diverse zone di un territorio:

- ➔ le accelerazioni massime di riferimento (PGA) di picco da utilizzare nella progettazione o nella valutazione del comportamento delle costruzioni. Queste accelerazioni sono scelte convenzionalmente;
- ➔ Criterio: considerare probabilità di superamento di quell'accelerazione in un periodo predefinito di tempo.

Ad es: nel periodo di 50 anni, quel terremoto ha il 10% di probabilità di avvenire (ogni 475 anni in media = tempo di ritorno). Si progetta su questa probabilità.

Poi si verifica il danno per un terremoto più frequente.

In Italia serve solo dal punto di vista amministrativo ma non per la progettazione.

Cioè per progettare andiamo a registrare i parametri direttamente in zona.

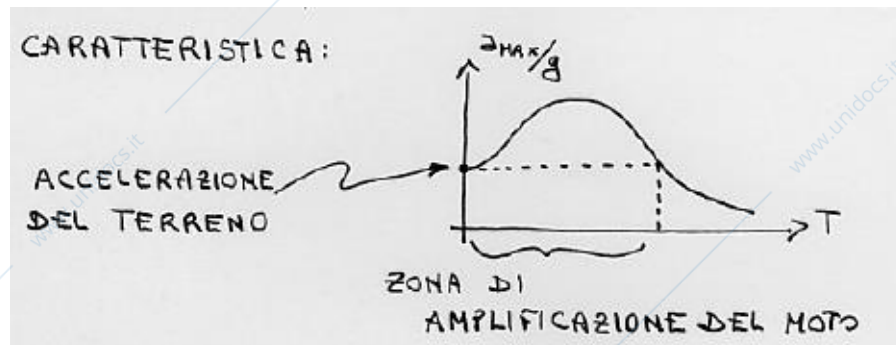
Le norme tecniche dicono di scegliere il periodo di ritorno (di solito 475 anni), si va nella posizione di interesse con le coordinate, si prendono i 4 nodi della maglia e si interpola.

7. COS'È UNO SPETTRO DI RISPOSTA

È usato per descrivere l'azione sismica al sito (ha 3 componenti di accelerazione indipendenti). Fornisce le risposte sismiche che sarebbe necessario applicare per garantire un comportamento indefinitamente elastico. (Risposta a quel moto del terreno in funzione del periodo)

Periodo in ascissa, in ordinata spostamento massimo o accelerazione. Di solito accelerazione di picco. Il senso dello spettro è quello di poter calcolare con semplicità la risposta della struttura che si è ipotizzata come oscillatore semplice.

Gli spettri di risposta hanno un andamento irregolare (come gli accelerogrammi cui corrispondono), ma manifestano una tendenza caratteristica:



Si possono riconoscere caratteristiche comuni.

L'accelerazione si calcola in unità g (accelerazioni adimensionalizzate rispetto alla gravità)

A periodo vicino a 0: valore dell'accelerazione massima del terreno (non della struttura). Perché una struttura con periodo vicino a zero ha una frequenza che tende a infinito -> rigidità elevatissima -> moto uguale a quello del terreno.

Per periodi molto lunghi lo spettro abbassa l'accelerazione che tende asintoticamente a zero. Periodo molto lungo -> grande massa, poco rigida.

Nella fascia intermedia amplificazione dell'accelerazione. Di solito con le strutture reali siamo in questa fascia.

Spettro idealizzato.

Tre tendenze di comportamento:

- T "piccolo": la struttura si muove col terreno
- T "medio": la struttura si muove più del terreno
- T "grande": la struttura si muove meno del terreno

all'attenuazione dell'accelerazione corrisponde l'amplificazione dello spostamento!!!

Per lunghi periodi ho accelerazioni basse ma grandi spostamenti.

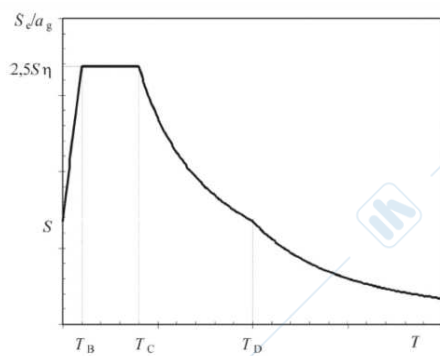


Figure 3.1: Shape of the elastic response spectrum

8. COME SI DETERMINA IN BASE ALLA NORMA LO SPETTRO DI RISPOSTA PER UN SITO?

L'azione sismica è definita dalle norme Eurocodice 8 e Norme Tecniche per le Costruzioni attraverso lo spettro di risposta.

EC8:

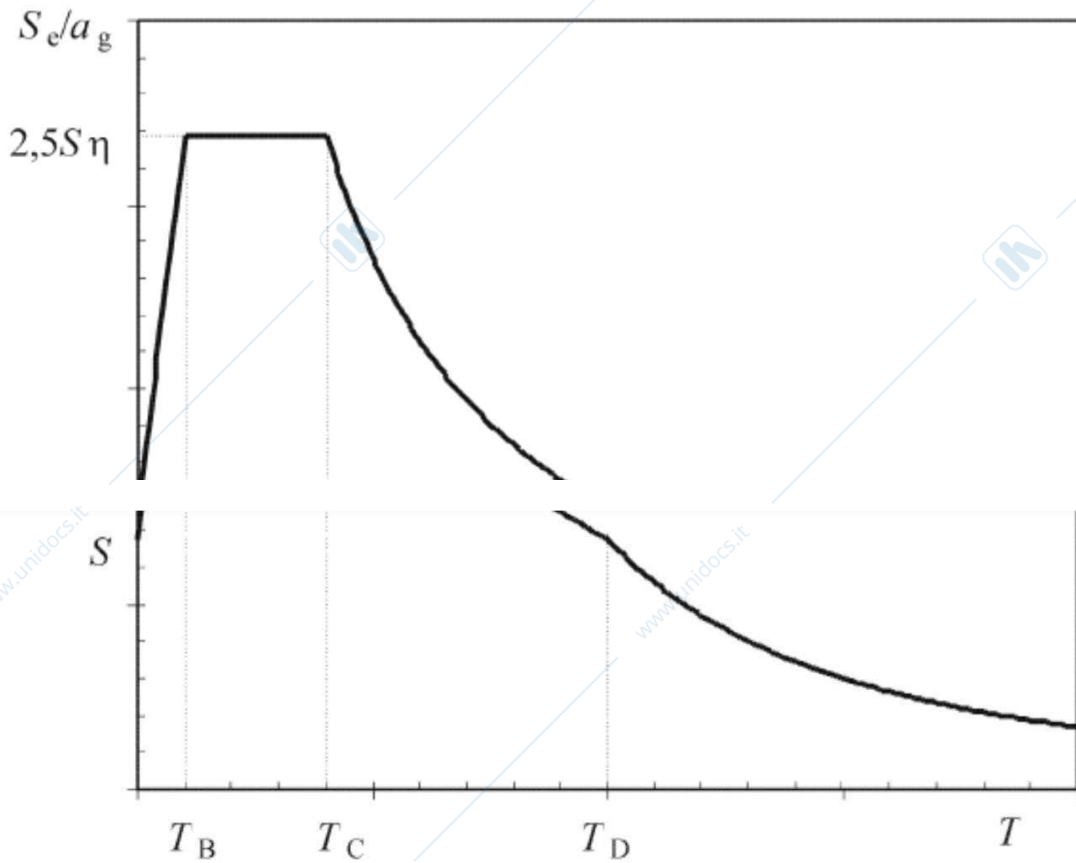
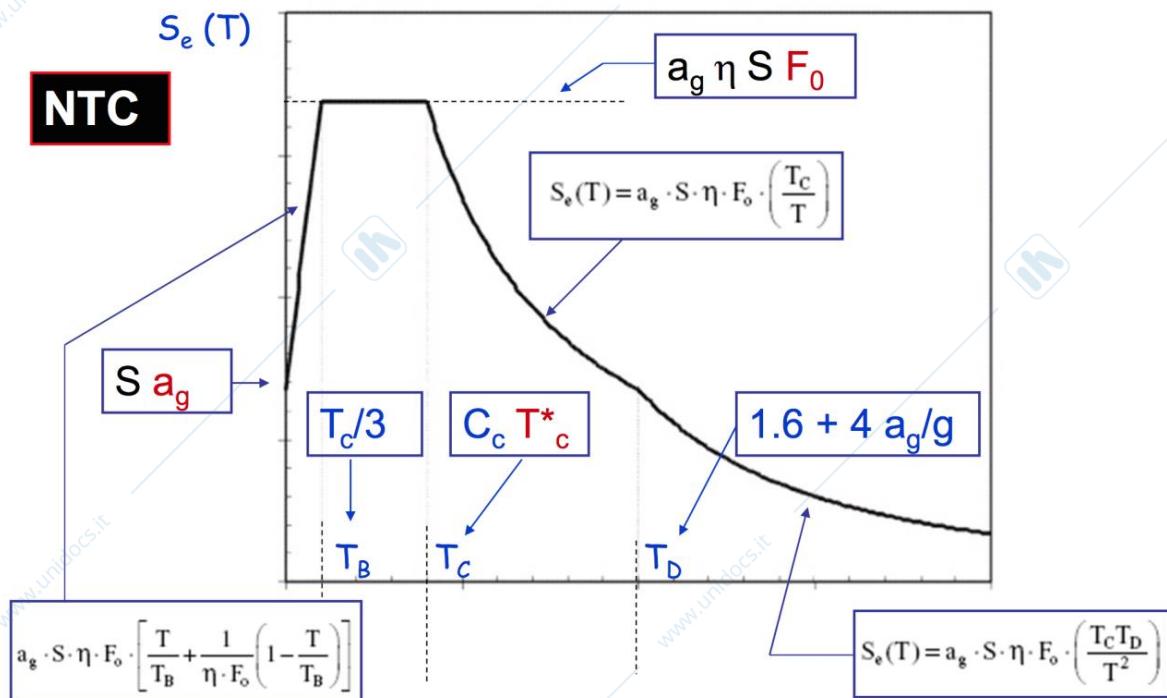


Figure 3.1: Shape of the elastic response spectrum

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



9. Differenza tra scala mercalli e Richter

La differenza tra la scala Mercalli e la Richter è nel diverso approccio che hanno in relazione alla misura di un terremoto.

La scala Mercalli risale all'inizio del '900 e valuta l'intensità dell'evento sismico osservando gli effetti sulle costruzioni e confrontando tali effetti con situazioni di riferimento per costruzioni di diverse tipologie. La scala Mercalli appartiene alle cosiddette scale di intensità macrosismica che, a seguito dell'evento sismico, valutano i danni provocati alle persone, alle costruzioni e all'ambiente, e su questa base ricavano una intensità secondo una certa scala. La classificazione è empirica, segue una scala ordinale espressa in gradi, e tiene in conto prevalentemente i danni sulle strutture civili (danni alle costruzioni) e in misura minore quelli sull'assetto geomorfologico e geotecnico (danno geologico). In seguito ad un evento, sul territorio interessato si eseguono rilevazioni dei danni subiti dalle costruzioni, sulla base dei quali si stabilisce per ciascun punto l'intensità macrosismica risentita. Mediante i valori rilevati di intensità, viene costruita una mappa degli effetti del terremoto, tracciando delle curve, dette isosisme, che delimitano zone entro le quali il terremoto ha provocato danni comparabili. La massima intensità rilevata riguarda l'isosisma epicentrale e rappresenta l'intensità attribuita a quel terremoto; l'isosisma di grado VI identifica la soglia del danneggiamento agli edifici. Tale classificazione è legata inevitabilmente alla qualità e alla tipologia delle costruzioni locali e dipende anche dalla concentrazione abitativa della regione colpita; per questo motivo non può essere considerata oggettiva.

La scala proposta da Richter nel 1935 fa parte di quelle scale che si basano sul rilevamento, attraverso opportune strumentazioni, di grandezze oggettive. Essa prevede l'utilizzo della grandezza Magnitudo (M) per caratterizzare l'energia meccanica globale generata da un

terremoto. In occasione di un sisma viene dapprima localizzata la posizione dell'epicentro, con una opportuna elaborazione dei valori della ampiezze A di oscillazione registrate in diverse stazioni di rilevamento. Per rendere la misura indipendente dalla distanza della stazione di rilevamento dall'epicentro è stato fissato un terremoto, chiamato "Terremoto zero", la cui curva funge da riferimento per le misure.

10. Forze statiche equivalenti

Il Metodo delle Forze Statiche Equivalenti si basa sull'ipotesi che la risposta sismica della struttura possa essere caratterizzata solamente dal I modo di vibrare.

È possibile analizzare una struttura soggetta a sisma come se fosse soggetta a carico statico? No!

Il terremoto **non** è un'azione di tipo statico, quindi i metodi di calcolo devono rispecchiare il comportamento dinamico.

Il metodo di calcolo normale è l'analisi dinamica con spettro di risposta

In alcune particolari circostanze è possibile utilizzare invece una distribuzione di forze «equivalenti» e calcolare la risposta con un'analisi statica.

Quando possiamo? Quando la struttura è particolarmente semplice e regolare (la norma da' dei criteri). Regolarità geometriche e di massa. In questo caso, il contributo della prima forma modale sarà molto superiore agli altri. Quindi si prende una distribuzione di sforzi che simula la prima forma modale.

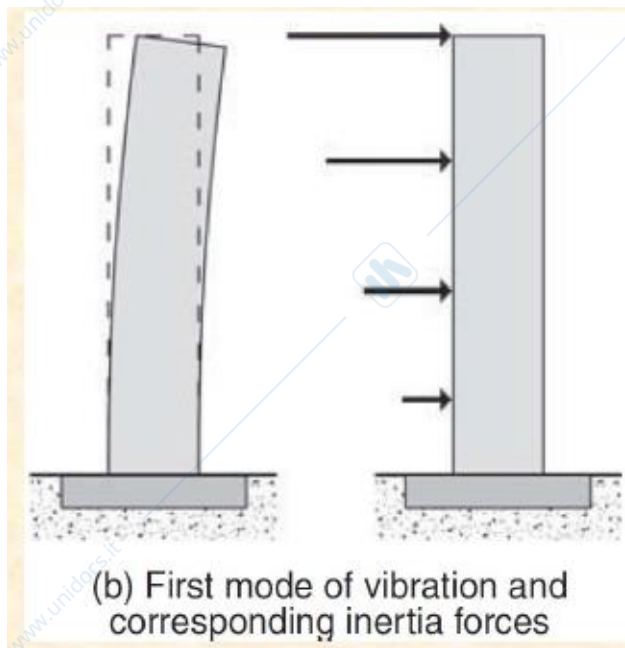
La norma suggerisce formule approssimate per il calcolo del periodo fondamentale per strutture in acciaio, C.A. e...

L'edificio non deve essere troppo alto.

Il vantaggio era poter usare un sistema di forza statico. Oggi abbiamo dei programmi di calcolo avanzati quindi non ci sono più vantaggi nell'utilizzare questo sistema.

Metodo delle forze statiche equivalenti

- 1) Si determina il periodo fondamentale della struttura secondo formule approssimanti
- 2) Si calcola la corrispondente accelerazione spettrale
- 3) Si calcola la forza totale (orizzontale) sulla struttura _questa forza si distribuisce sull'edificio sulla base della prima forma modale
- 4) Si distribuisce tale forza ai vari livelli (solette) in proporzione alla **prima forma modale**
- 5) La struttura può quindi essere analizzata con queste forze



Nota: l'analisi è condotta staticamente, ma corrisponde ad attribuire alla prima forma modale tutta la risposta. È quindi un'analisi dinamica semplificata.

NB:

- Occorre comunque poi modellare la struttura e svolgerne l'analisi statica, come si vedrà più avanti, la necessità di considerare molte diverse situazioni e combinazioni rende necessaria l'analisi per mezzo di sistemi di calcolo.
- E' significativa solo nelle condizioni abbastanza restrittive già citate, quindi le norme ne limitano l'uso.
- Il metodo era utile soprattutto quando non erano facilmente disponibili programmi di calcolo strutturale con possibilità di analisi modale.

Dalle norme NTC 2008

$$T_1 < 2,5 T_C \text{ o } T_D$$

la costruzione sia regolare in altezza.

Per costruzioni civili o industriali che non superino i 40 m di altezza e la cui massa sia approssimativamente uniformemente distribuita lungo l'altezza, T_1 può essere stimato, in assenza di calcoli più dettagliati, utilizzando la formula seguente:

$$T_1 = C_1 \cdot H^{3/4}$$

dove: H è l'altezza della costruzione, in metri, dal piano di fondazione e C_1 vale 0,085 per costruzioni con struttura a telaio in acciaio, 0,075 per costruzioni con struttura a telaio in calcestruzzo armato e 0,050 per costruzioni con qualsiasi altro tipo di struttura.

In base al periodo si legge la risposta spettrale

La forza totale a ogni piano è:

$$F_i = F_h \cdot z_i \cdot W_i / \sum_j z_j W_j$$

dove:

$$F_h = S_d(T_1) \cdot W \cdot \lambda / g$$

F_i è la forza da applicare alla massa i-esima;

W_i e W_j sono i pesi, rispettivamente, della massa i e della massa j;

z_i e z_j sono le quote, rispetto al piano di fondazione (v. § 3.2.3.1), delle masse i e j;

$S_d(T_1)$ è l'ordinata dello spettro di risposta di progetto definito al § 3.2.3.5;

W è il peso complessivo della costruzione;

λ è un coefficiente pari a 0,85 se la costruzione ha almeno tre orizzontamenti e se $T_1 < 2T_c$, pari a 1,0 in tutti gli altri casi;

g è l'accelerazione di gravità.

F_h forza totale orizzontale

$$F_h = \text{risposta spettrale } S_d(\text{del periodo } T_1) \cdot W \cdot \lambda / g$$

λ fattore correttivo perché questa analisi sia più consona a quello che si fa con l'analisi modale. Usiamo 0,85 se da 3 piani in su. Se no 1.

D sta per design, cioè progetto

La norma ci da S_d/g .

11. Spiegare il concetto di fattore di struttura, di duttilità e indicare i valori principali per le tipologie di edifici in ca, commentandoli.

Il fattore di struttura, definisce lo spettro di progetto A partire dallo spettro di risposta elastico.

Esso può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 K_r$$

q_0 è il valore massimo del fattore di struttura che dipende principalmente da:

materiale della struttura

dalla tipologia della struttura

dal livello di duttilità globale della struttura

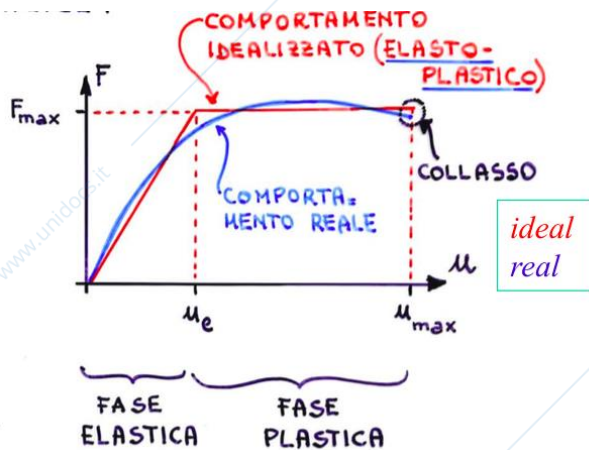
dalla sovraresistenza della struttura

particolari costruttivi

per determinare questo valore, la normativa da a disposizione una tabella in funzione della duttilità e dal tipo di struttura.

Kr fattore di regolarità. Può valere 1 per edifici regolari in altezza, e 0,8 per edifici irregolari in altezza.

Per determinare il fattore di struttura, dobbiamo far riferimento al comportamento globale della struttura, e in particolar modo al rapporto che intercorre tra la forza sollecitante la nostra struttura e il nostro spostamento massimo dovuto a questa forza.



Arriviamo così a definire il fattore di duttilità di una struttura, è una misura della risposta post-elastica della struttura stessa.

$$\mu = \frac{\mu_{max}}{\mu_e}$$

il terremoto può danneggiare la struttura, questo significa che la struttura può superare il limite di elasticità:

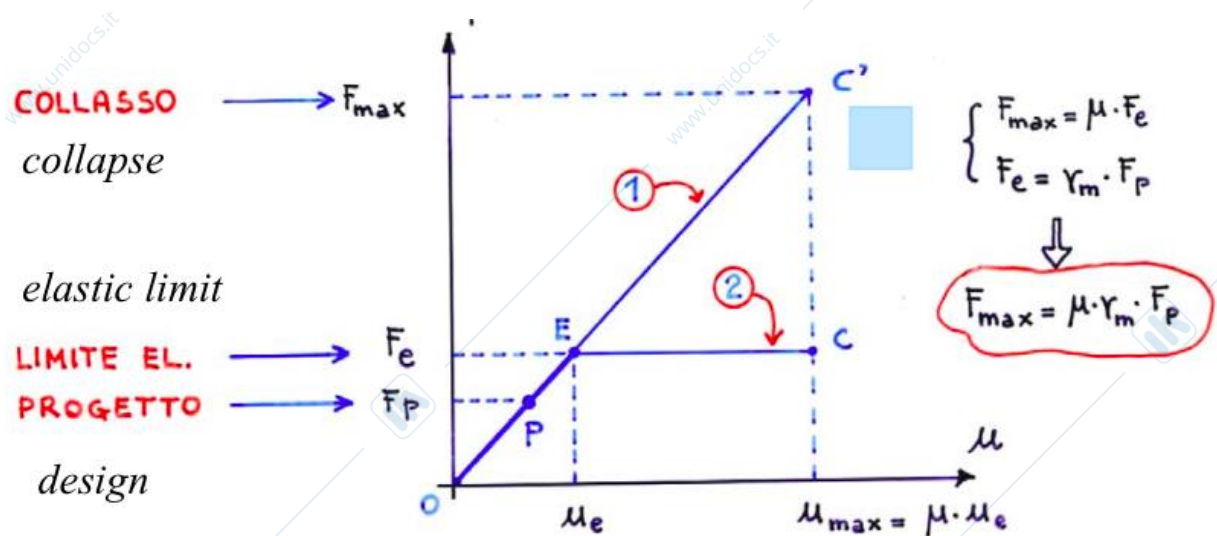
Non deve, però, collassare improvvisamente. Questo significa che deve avere un certo grado di duttilità, per rispondere in sicurezza anche oltre il limite elastico del materiale.

La capacità post-elastica di una struttura deriva dalle caratteristiche di duttilità del materiale e dalle sue caratteristiche costruttive (ridondanza dei vincoli, dettagli costruttivi)

Il comportamento post-elastico ciclico permette di dissipare notevoli quantità di energia immessa dal sisma, riducendo ulteriori effetti sulla struttura.

Se la struttura non ha requisiti di duttilità, dovrà essere progettata in modo che rimanda in campo elastico anche per le forze molto elevate corrispondenti al terremoto eccezionale.

Andiamo così a creare una bilatera che associa allo spostamento massimo una forza massima, e allo spostamento massimo elastico una F elastica



1. IN CAMPO ELASTICO, SVILUPPANDO TUTTA LA RESISTENZA NECESSARIA. LA STRUTTURA NON SUBISCE DANNO.

2. IN CAMPO ELASTO-PLASTICO, SVILUPPANDO

- UNA DUTTILITÀ μ
- ED UNA RESISTENZA RIDOTTA DI μ VOLTE.

LA STRUTTURA PRESENTA DANNO ANCHE ESTESO

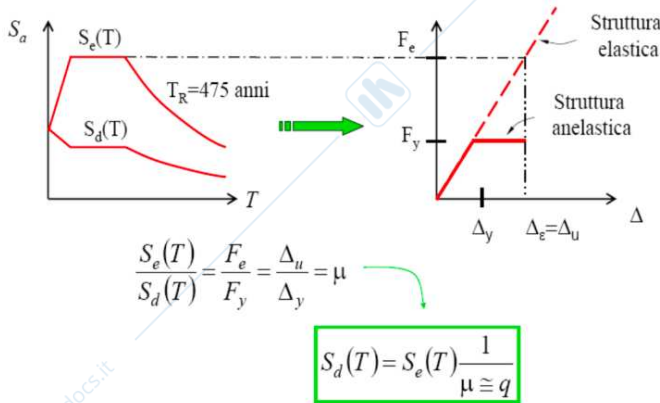
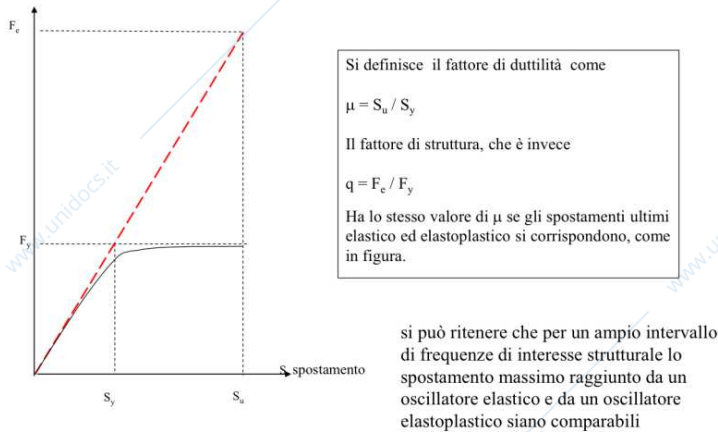
Siamo così di fronte a due modi di progettare, uno in campo elastico e uno in campo elastico-plastico.

Il primo sicuramente molto più costoso e cautelativo, poiché si presuppone che la struttura non ammetta praticamente danno. (rimane tutta in campo elastico) Tuttavia molto costoso in quanto andiamo quasi a sovradimensionare la nostra struttura.

Il secondo, invece sfrutta il comportamento elasto-plastico, nella dissipazione dell'energia sprigionata dal terremoto, in modo da ridurre notevolmente le azioni sollecitanti dal sisma. La struttura ammette un minimo danno ma non il collasso.

Quindi il fattore di struttura è funzione della capacità della struttura di sviluppare deformazioni plastiche più o meno estese.

Se la nostra struttura sarà realizzata con requisiti di duttilità, può essere progettata rispetto ad un spettro elastico ridotto, lasciando che superi il limite elastico.



Scelta del fattore di struttura:

Edifici con: caratteristiche strutturali a renti, elevati sforzi assiali nelle colonne, irregolarità in pianta e elevazione **q=1.50**

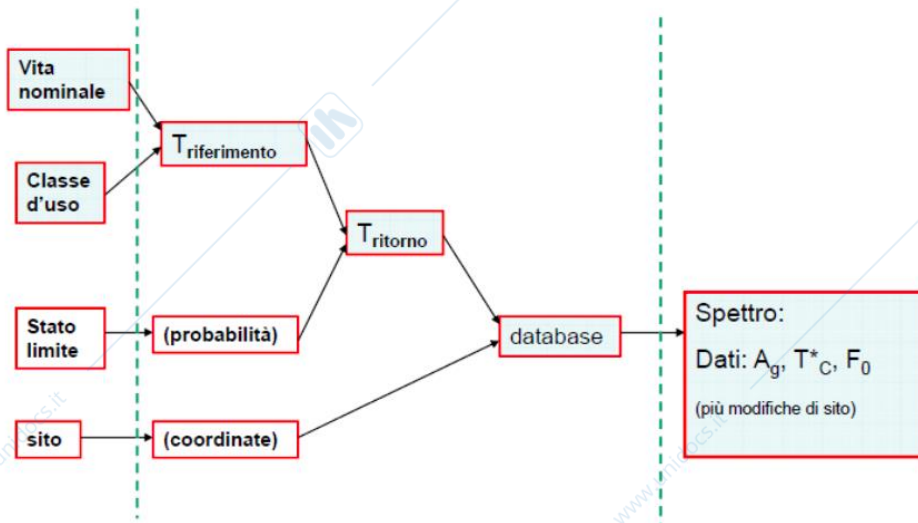
Edifici con:

assenza di caratteristiche di irregolarità, presenta buoni dettagli strutturali, bassi sforzi assiali nelle colonne **q= 3,00**

per i ponti **q=1**

12. Spettro di risposta per un sito in base alla norma.

L'intera procedura per la definizione dello spettro di risposta:



Prima di procedere alla determinazioni dello spettro di risposta, è utile introdurre il concetto di vita nominale di una struttura, cioè il numero di anni nella quale, la struttura purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo alla quale è destinata.

Inoltre altro dato importante, la classe d'uso, basata in funzione dell'importanza dell'edificio, prima e dopo la scossa di terremoto, in modo da garantirne perfettamente l'uso o meno.

Si introduce così il periodo di riferimento per l'azione sismica, $V_r = V_n \cdot C_u$, e da esso il periodo di ritorno del terremoto, che a sua volta è in funzione della probabilità che l'azione sismica superi quella intensità nel periodo di vita di riferimento.

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

		V_R						
		P_{VR}	10	50	75	100	150	200
Stati limite di esercizio	SLO	81%	6	30	45	60	90	120
	SLD	63%	10	50	75	101	151	201
Stati limite ultimi	SLV	10%	95	475	712	949	1424	1898
	SLC	5%	195	975	1462	1950	2924	3899

come vediamo da questa tabella, dobbiamo inoltre definire lo stato limite di riferimento per la nostra analisi, che a sua volta avrà una sua probabilità e un suo tempo di ritorno.

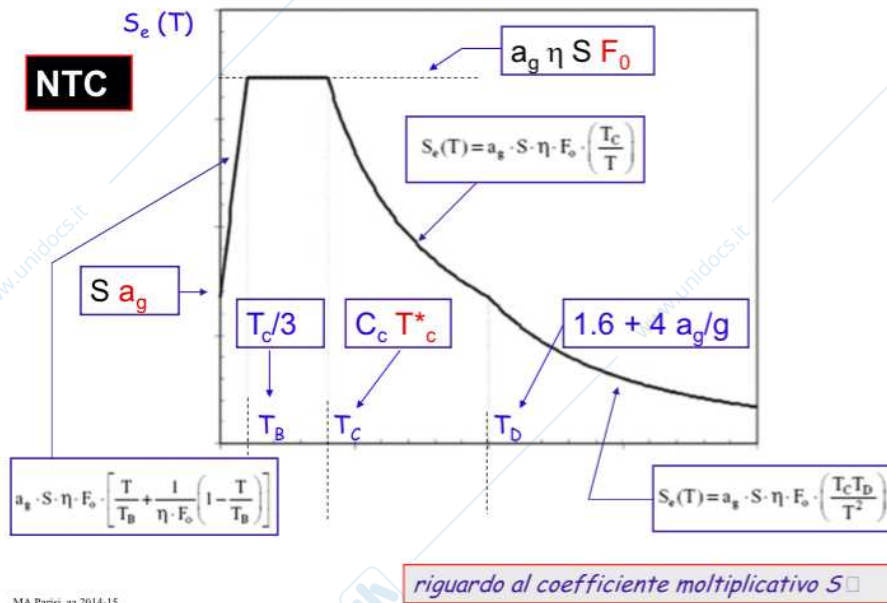
Dopo di che, per definire uno spettro di risposta in base alla norma, dobbiamo innanzitutto definire il luogo di interesse, così da definire alcuni parametri tabellati in base alla posizione, a_g, F_0, T_c^* ,

inoltre lo spettro di risposta sarà in funzione delle caratteristiche del sottosuolo, e dalle caratteristiche topografiche (esempio terreno pianeggiante o scosceso).

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale

T_c^* : periodo di inizio del tratto a velocità dello spettro in accelerazione orizzontale.

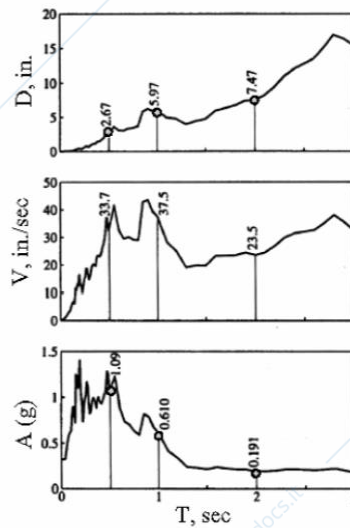


13. Come si sviluppa lo spettro di risposta relativo ad un accelerogramma??

Si considerano tanti oscillatori semplici, si prendono tanti accelerogrammi registrati in vari eventi sismici, suddividendoli in base al tipo di sottosuolo, si sottopone a ognuno dei moltiplicatori a questi accelerogrammi, e attraverso uno dei metodi di integrazione, si calcola la risposta massima. Si ottiene dunque una serie di risposte riferite a ciascuno oscillatore (con diverso periodo associato).

Costruzione degli spettri di risposta elastici

- 1) Selezionare un accelerogramma $\ddot{x}_g(t)$
- 2) Scegliere lo smorzamento relativo ξ ed il periodo proprio T
- 3) Calcolare la risposta $u(t)$
- 4) Determinare il valore massimo
 $D = \max[u(t)]$
- 5) Determinare:
pseudo-velocità massima
 $V = \omega D = (2\pi/T) D$
pseudo-accelerazione massima
 $A = \omega^2 D = (2\pi/T)^2 D$
- 6) Ripetere da 2) a 5) per tutti i valori di ξ e T



14. Perché si fa riduzione nello spettro?

La norma attribuisce lo spettro di risposta per una struttura che rimanga elastica nel terremoto eccezionale.

Se la struttura sarà realizzata con requisiti di duttilità, può essere progettata rispetto ad uno spettro elastico ridotto (spettro di progetto), lasciando che superi il limite elastico.

Il fattore di riduzione (fattore di struttura) è funzione della capacità della struttura di sviluppare deformazione plastiche più o meno estese (il danno è previsto dalla progettazione).

Si applica il principio della "gerarchia delle resistenze" (scelta e progettazione del modo di collasso).

Quando si supera il limite elastico, avremo danno, ma anche dissiperemo l'energia prodotta dal sisma.