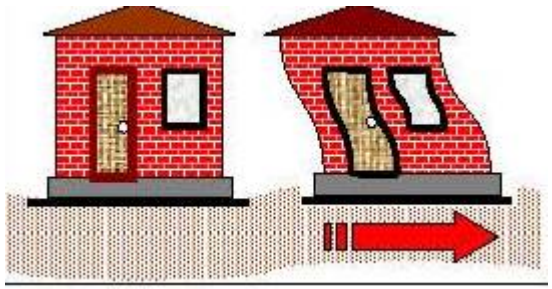
Sismica – Concetti introduttivi

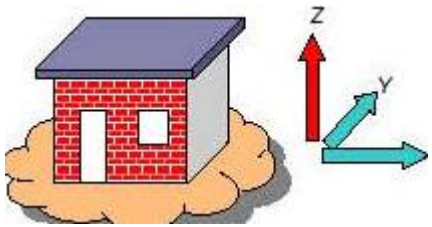
C. Nuti

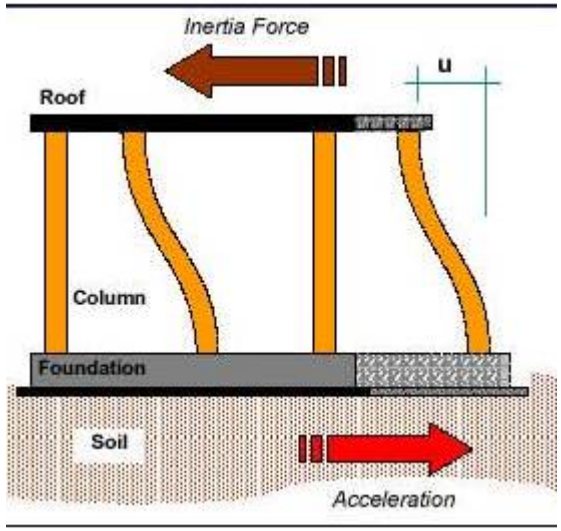
Corso Progettazione Strutturale 2M

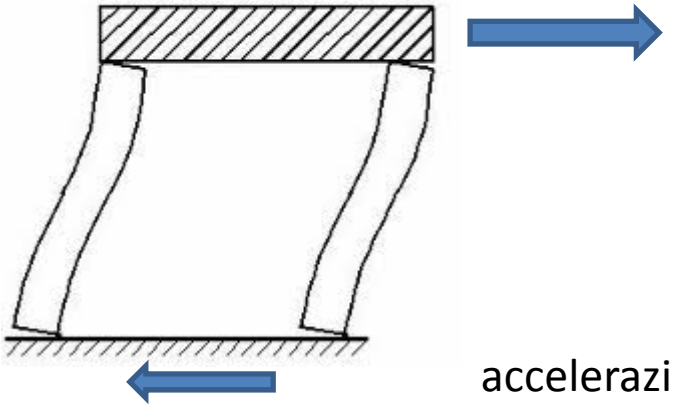
Univ. Roma Tre 2014-2015

- http://www.meteoportaleitalia.it/news-globali/news-globali/news-scientifiche/16714-ecco-quello-che-succede-agli-edifici-durante-un-terremoto-video-incredibili.html
- Vari giappone
- Interni (haiti)





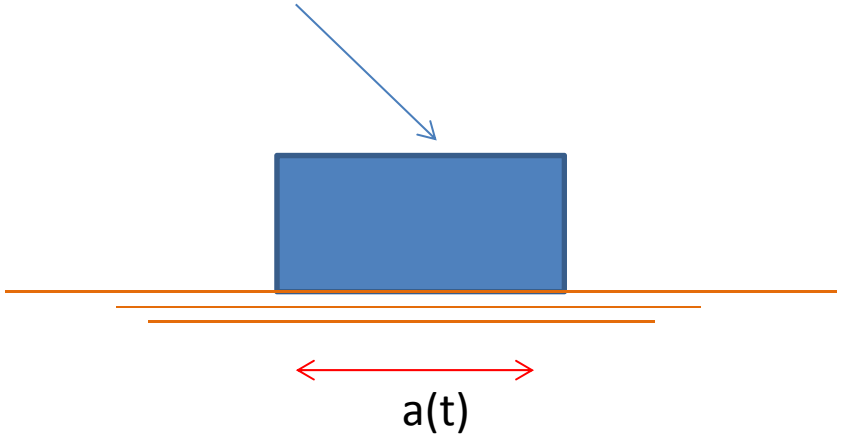




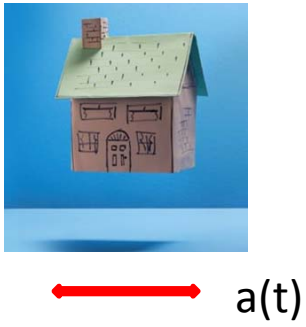
accelerazione

Cosa succede se il terreno si muove?
Tutto viene «trascinato»
Poiché i corpi tendono a «permanere» nella posizione originale si generano distorsioni che danno luogo a forze di richiamo che tendono a ripristinare la forma originale della struttura indeformata (nella posizione di «minima energia»)

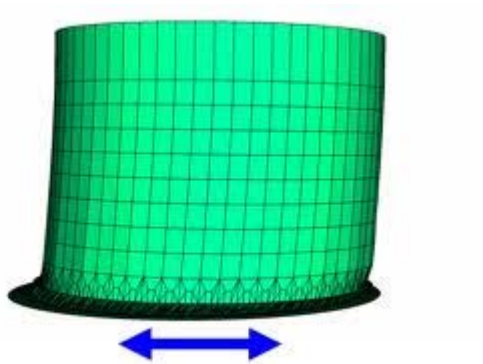
1)Cosa fa un <u>mattone a terra</u>? Si muove come il terreno

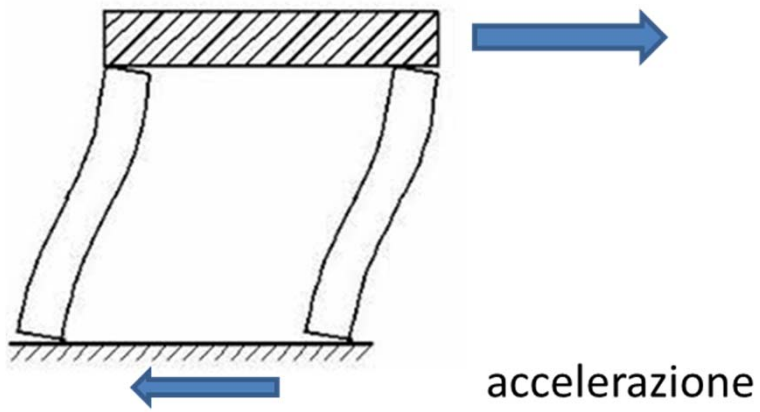


2)Cosa fa una <u>barca sull'acqua?</u> Se il fondo del mare si muove la barca sta ferma perché l'acqua ha rigidezza nulla al taglio

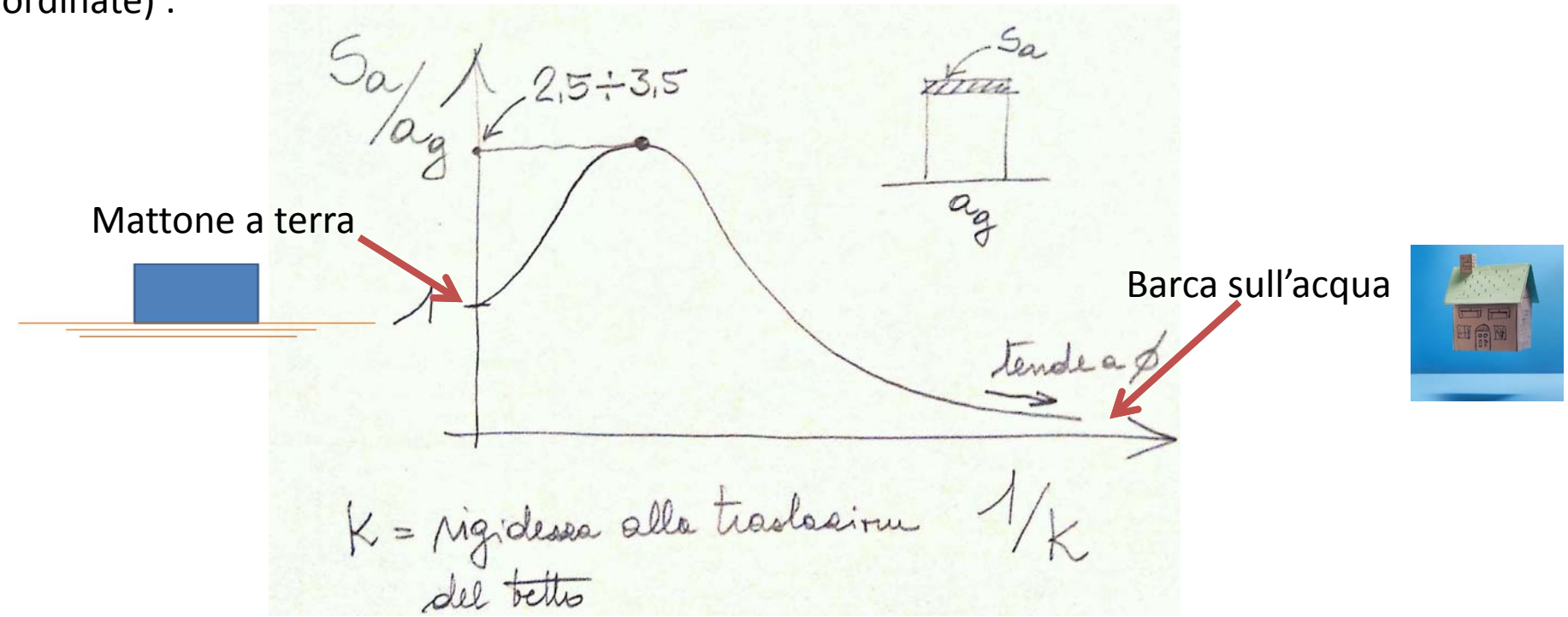


Tra i due casi estremi le cose variano come in figura



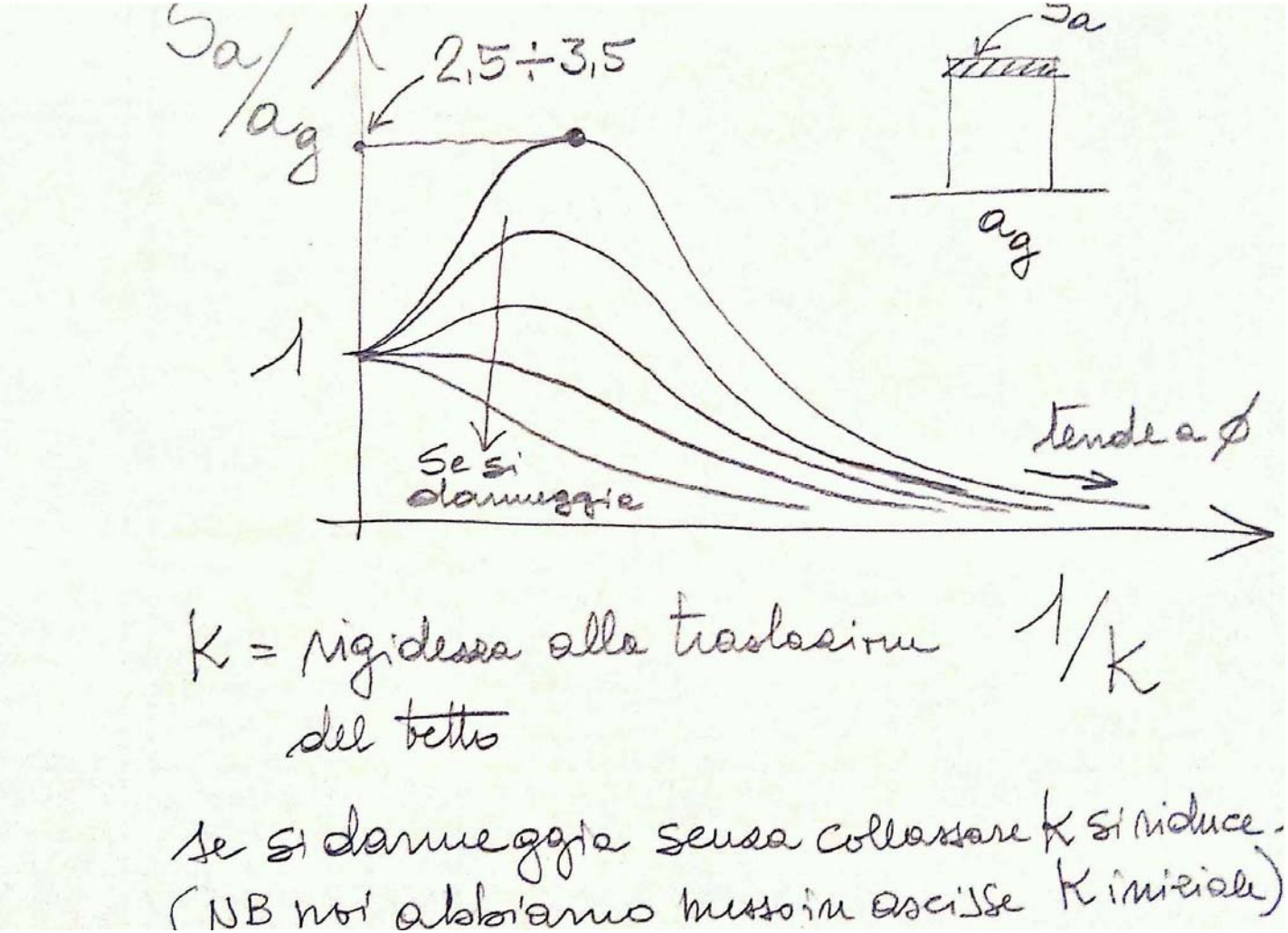


Dato quindi il nostro edificio se riportiamo un diagramma flessibilità (in ascisse), risposta (in ordinate) :



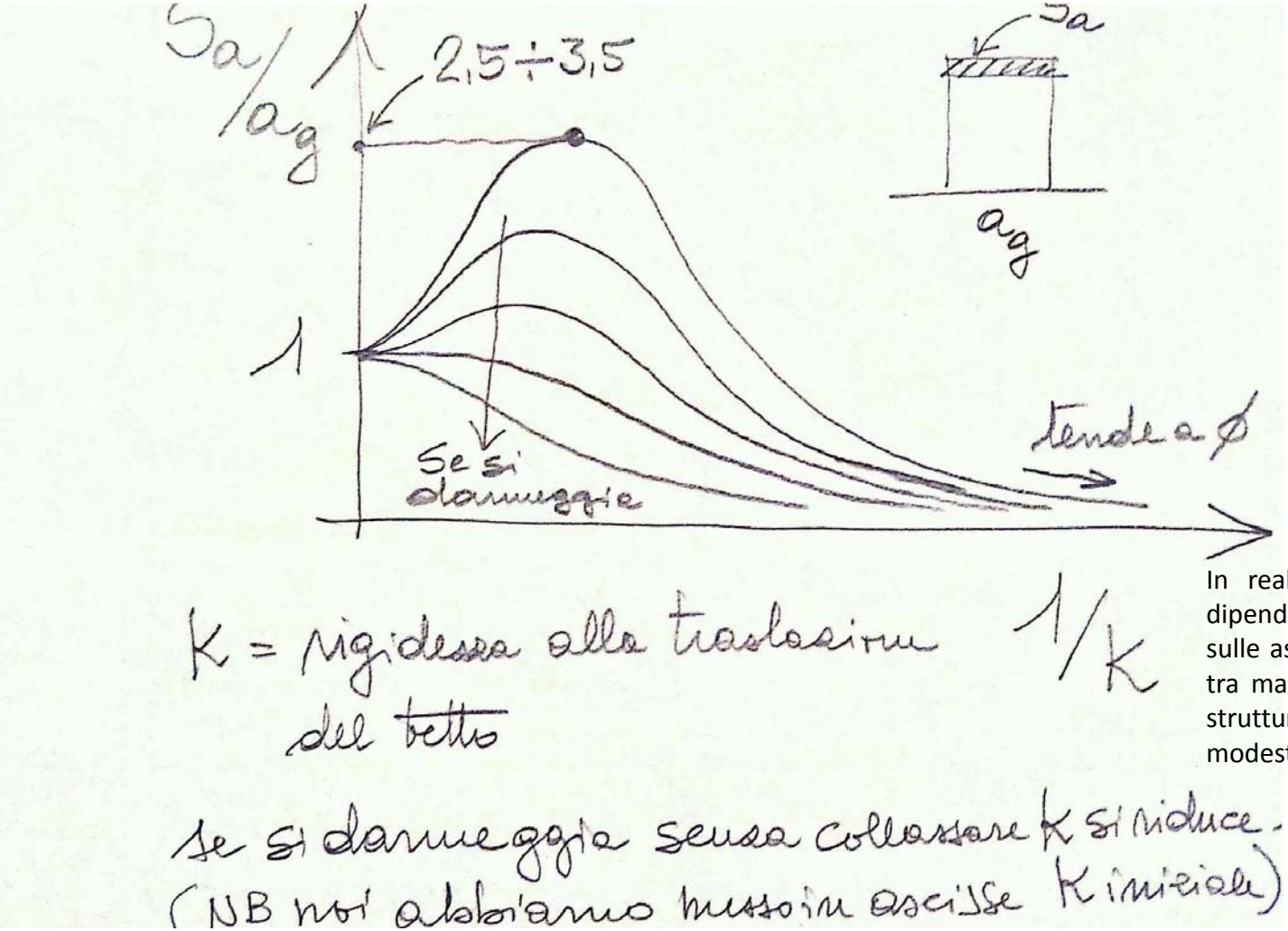
Se la struttura si danneggia, senza collassare, l'accelerazione massima misurata sul tetto si riduce

La rigidezza iniziale, infatti si riduce, perché la struttura è danneggiata.

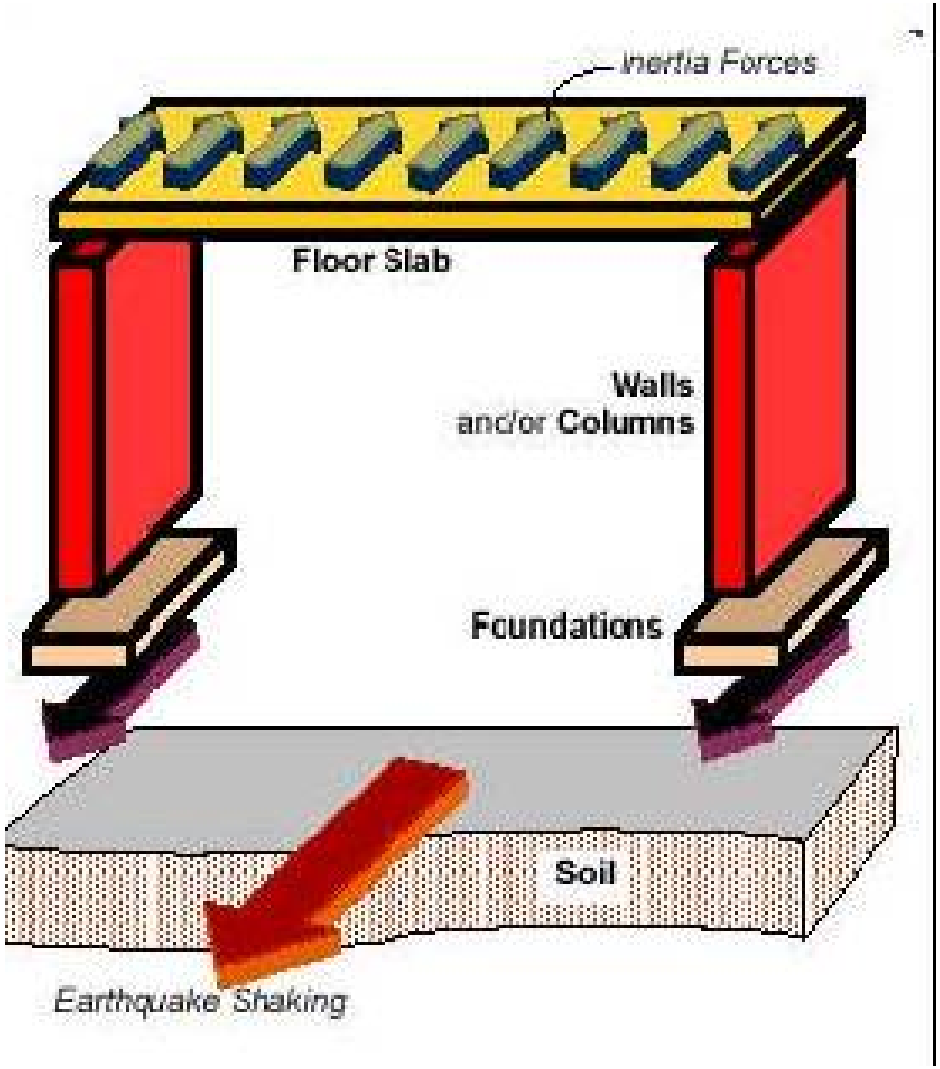


Se la struttura si danneggia, senza collassare, l'accelerazione massima misurata sul tetto si riduce

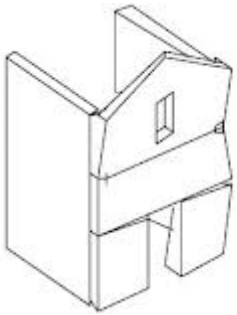
La rigidezza iniziale, infatti si riduce, perché la struttura è danneggiata.

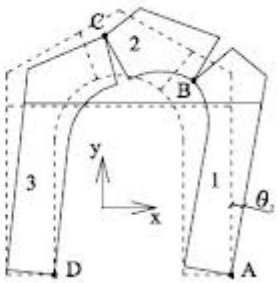


In realtà poiché le forze di inerzia dipendono dalla massa, la grandezza sulle ascisse dovrebbe essere rapporto tra massa e rigidezza: **M/K** (poiché la struttura è rigida se ha spostamenti modesti in caso di sisma)


Inertia Forces
Floor Slab
Walls
and/or Columns
Foundations
Soil
Earthquake Shaking

È evidente che se la struttura non può avere spostamenti localizzati nelle zone di plasticizzazione senza perdere l'equilibrio allora collassa





Edificio in muratura

Il problema è quindi quello di realizzare strutture in grado di concentrare il danneggiamento in zone all'uopo progettate

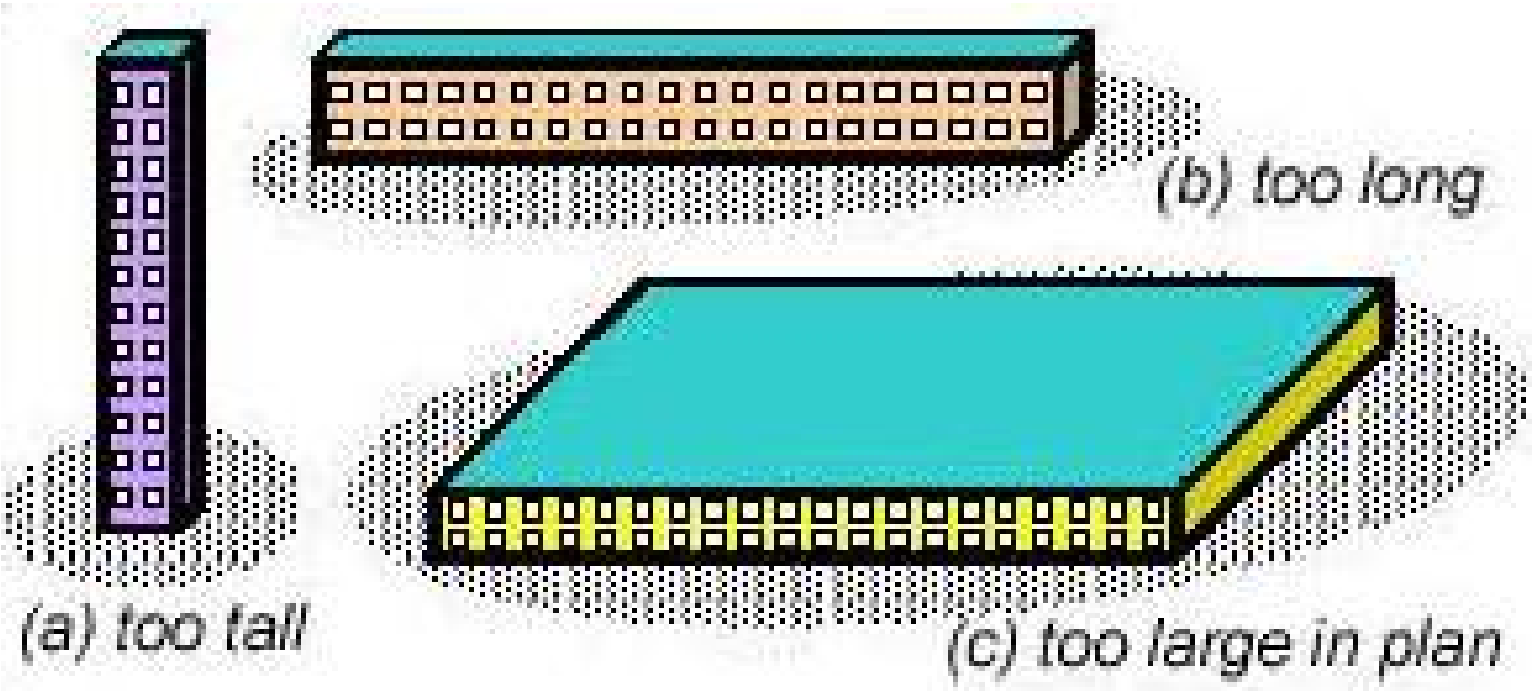
FORD

È evidente che se la struttura non può avere spostamenti localizzati nelle zone di plasticizzazione senza perdere l'equilibrio allora collassa
Se vi sono giaciture orizzontali predisposte le cose funzionano

Muri con giaciture che consentono scorrimento

<u>Il problema è quindi quello di realizzare strutture in grado di concentrare il danneggiamento in zone all'uopo progettate</u>

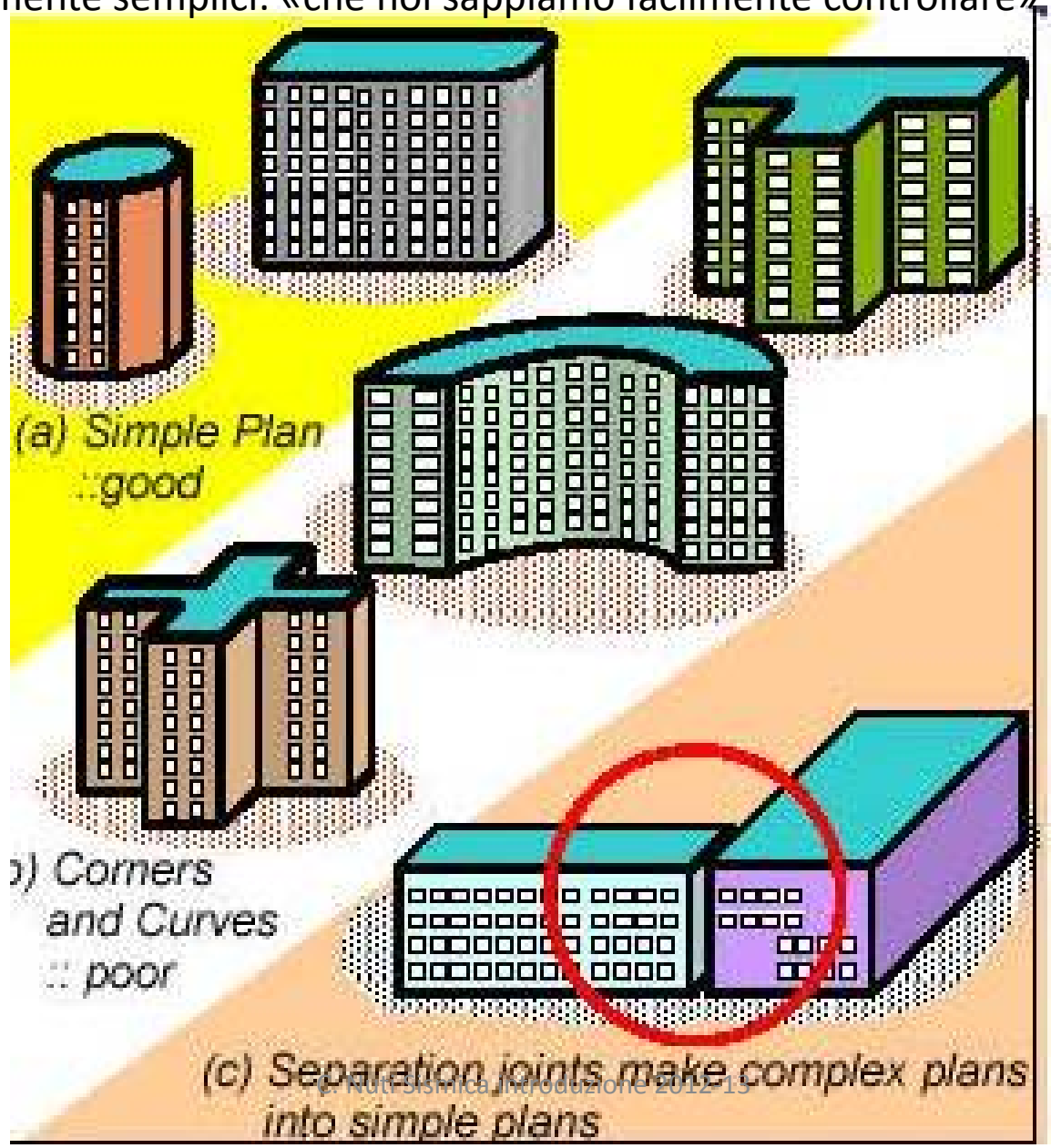
Edifici con grandi dimensioni

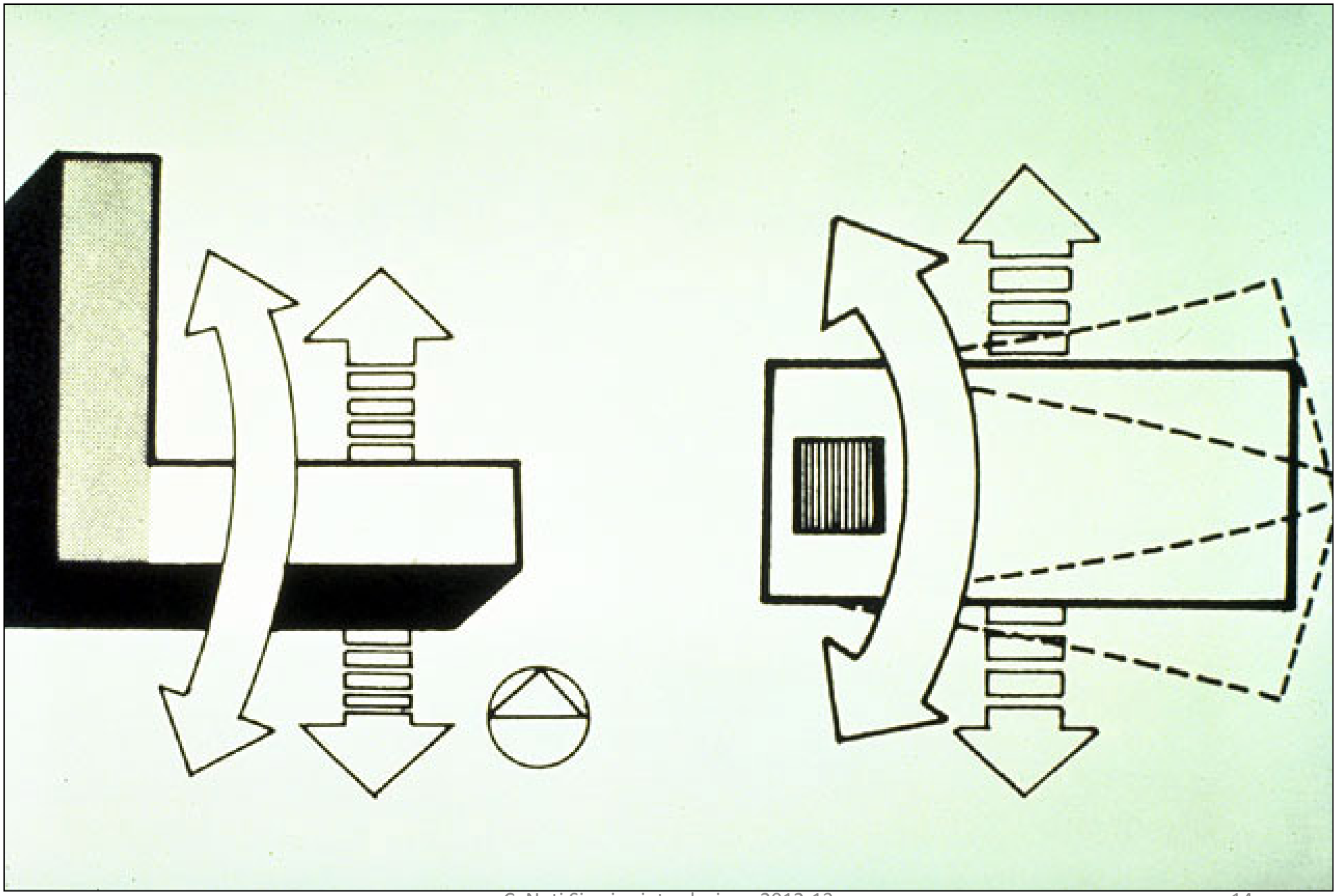


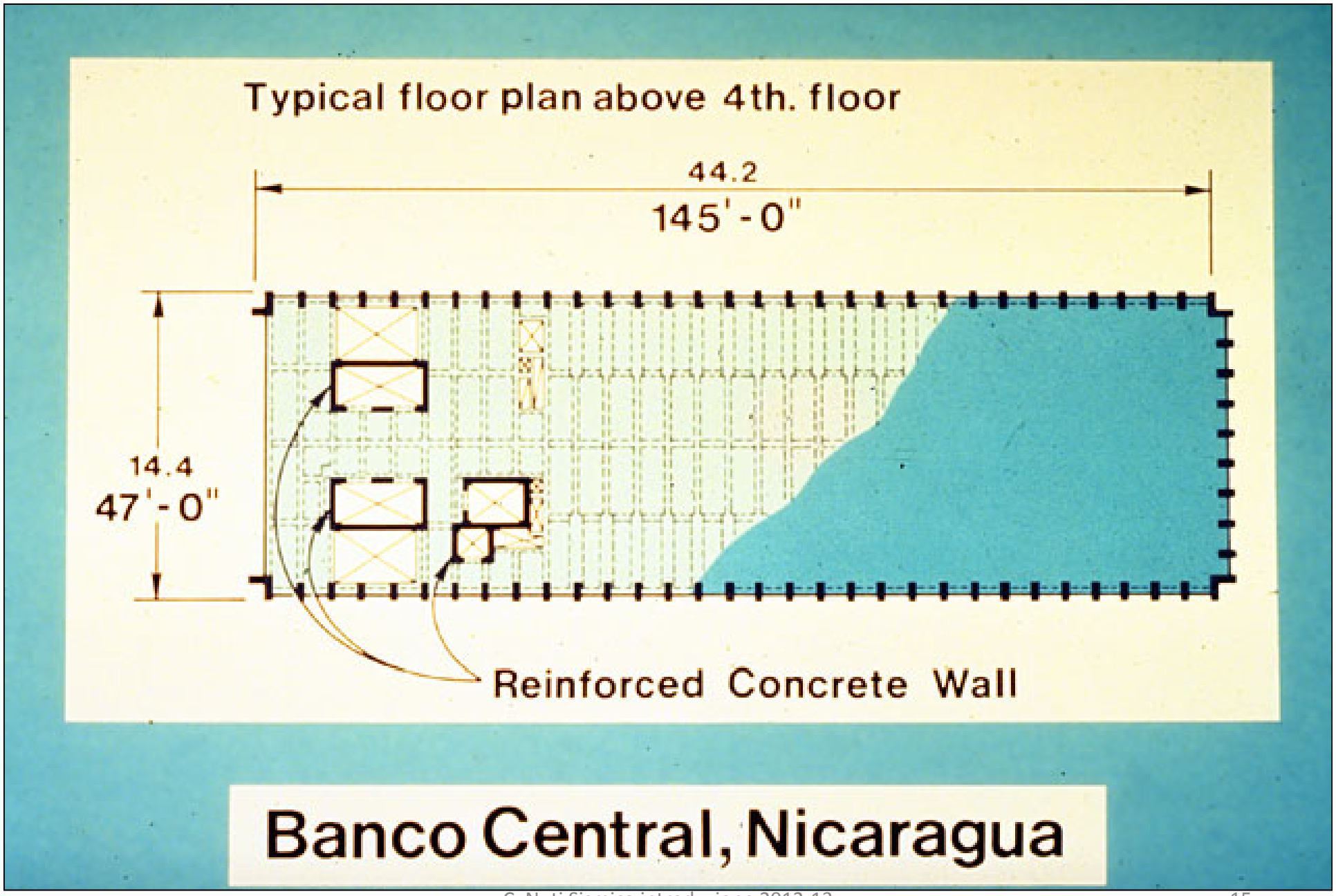
Il problema non è nell'edificio ma nella nostra capacità a valutarne lo stato di sollecitazione

Piante complesse/semplici

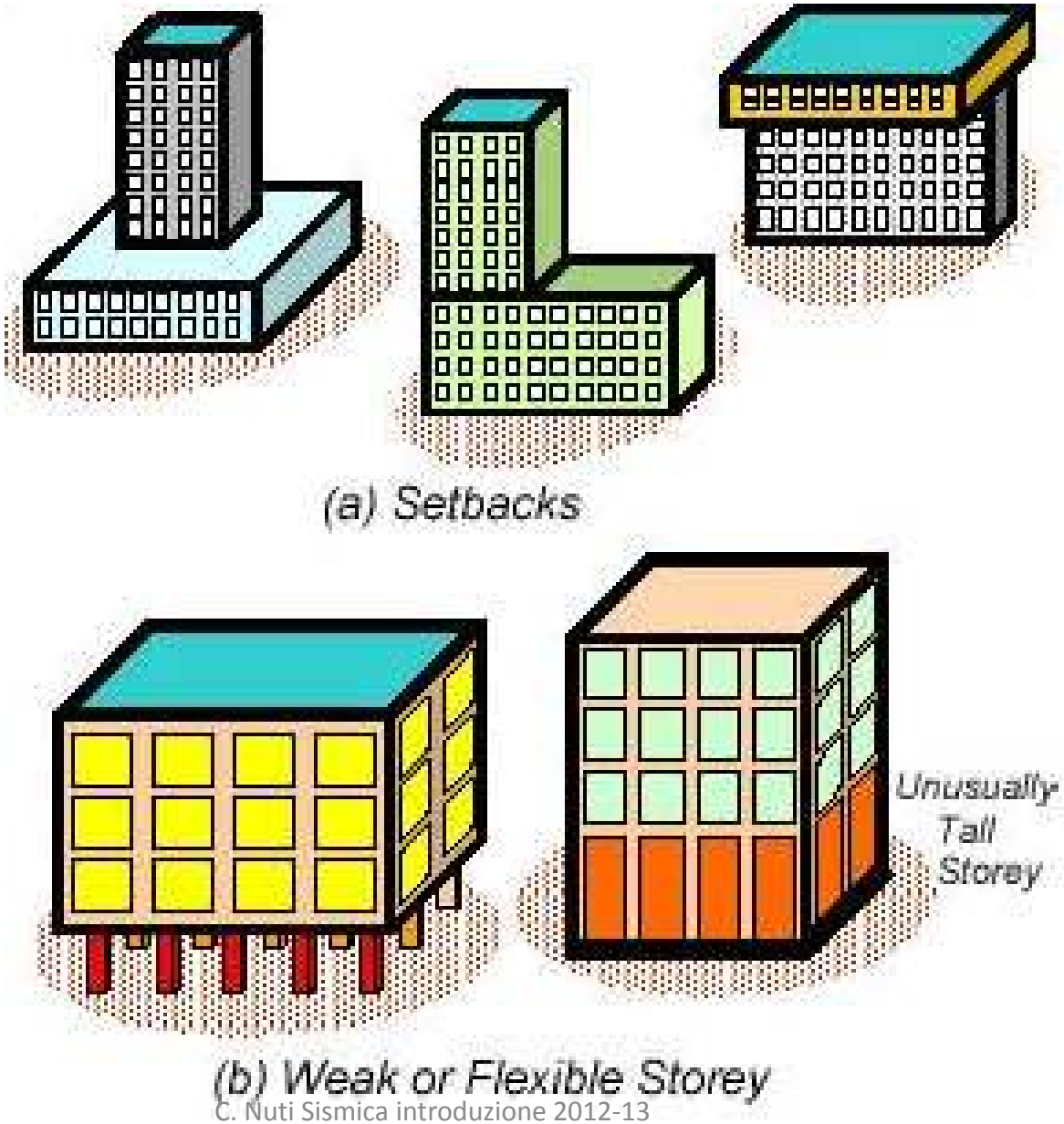
Si possono ottenere piante complesso a partire da piante di edifici strutturalmente semplici: «che noi sappiamo facilmente controllare»

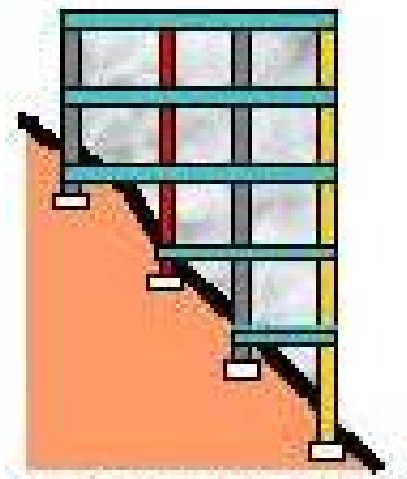




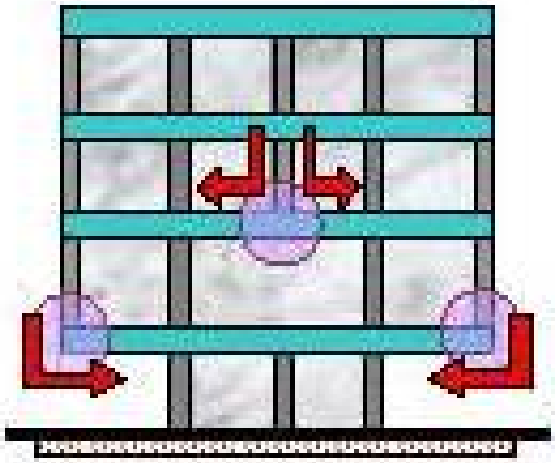

Typical floor plan above 4th. floor
44.2
145'-0"
14.4
47'-0"
Reinforced Concrete Wall
Banco Central, Nicaragua

Elevazioni complesse/semplici

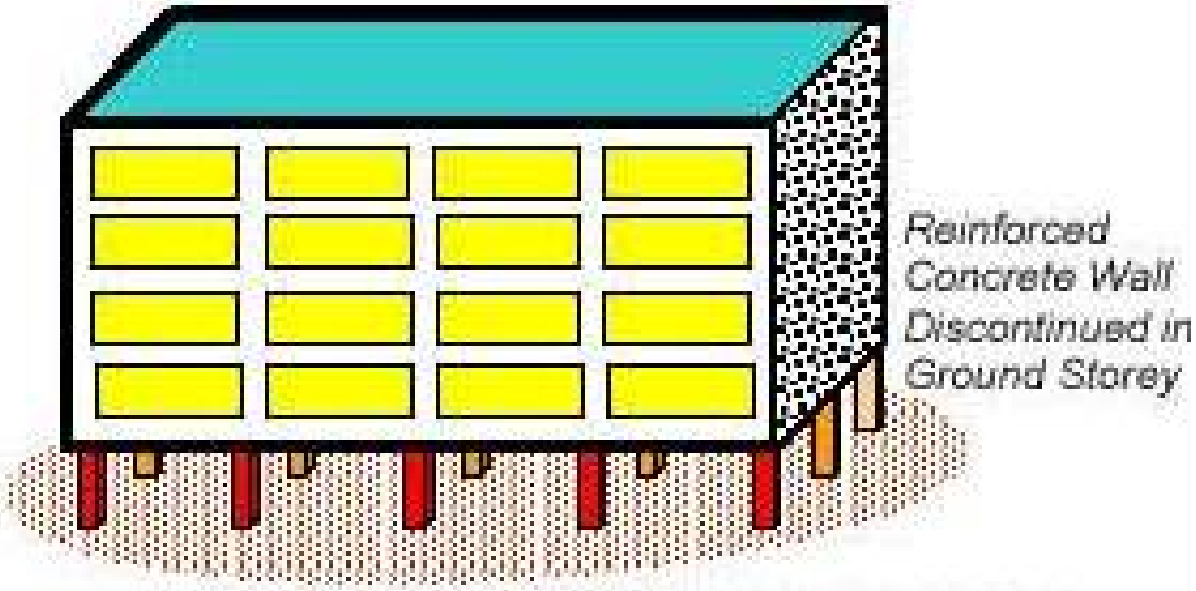




'c) Slopy Ground



(d) Hanging or Floating Columns

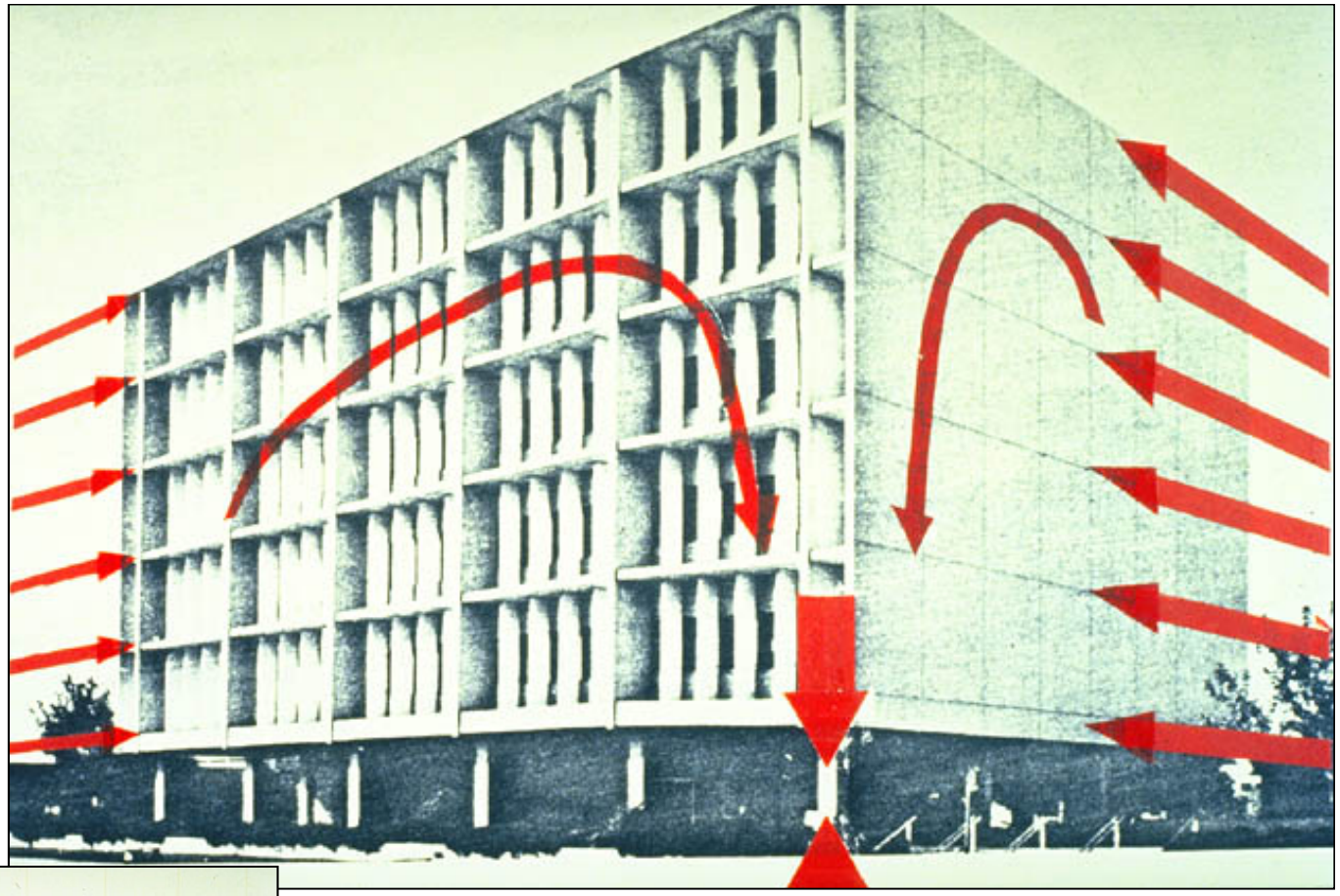


(e) Discontinuing Structural Members

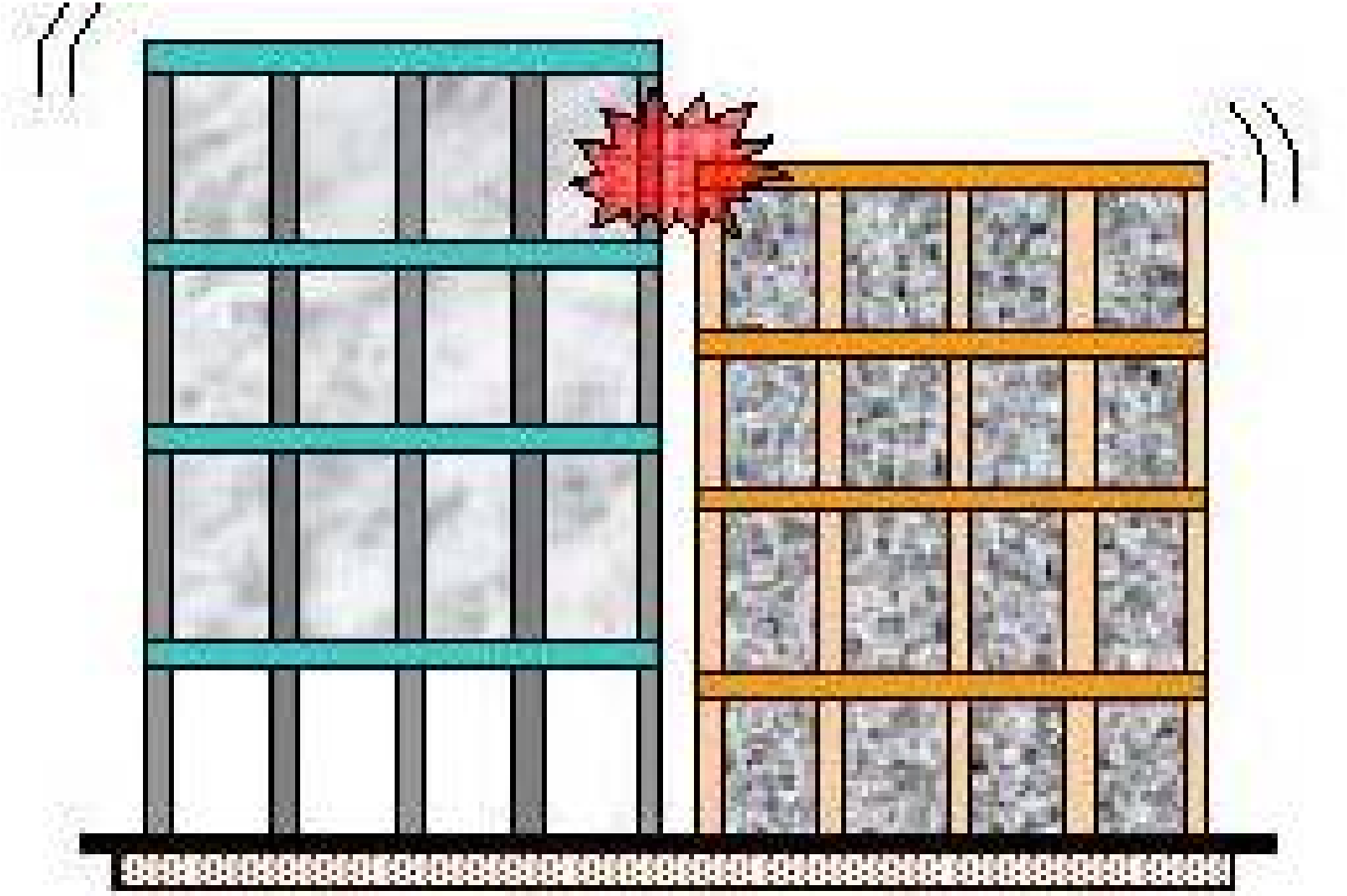
Si hanno danni ove le distorsioni dei materiali sono incompatibili con le loro caratteristiche elastiche

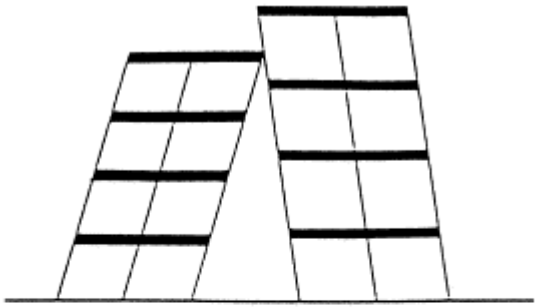
Olive View Hospital

Olive View Hospital



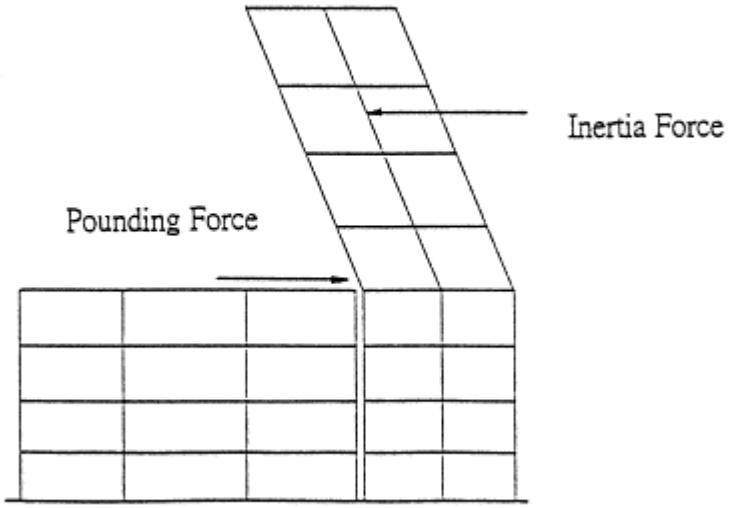
Occorre evitare il martellamento!





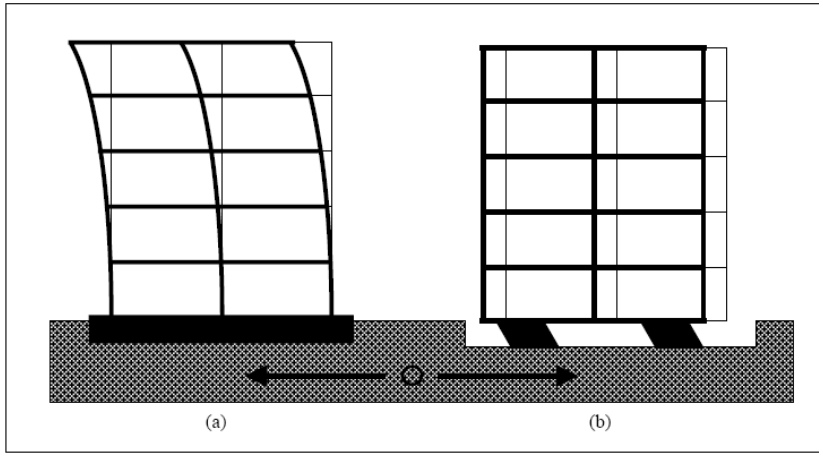
(a) Mid-column Pounding

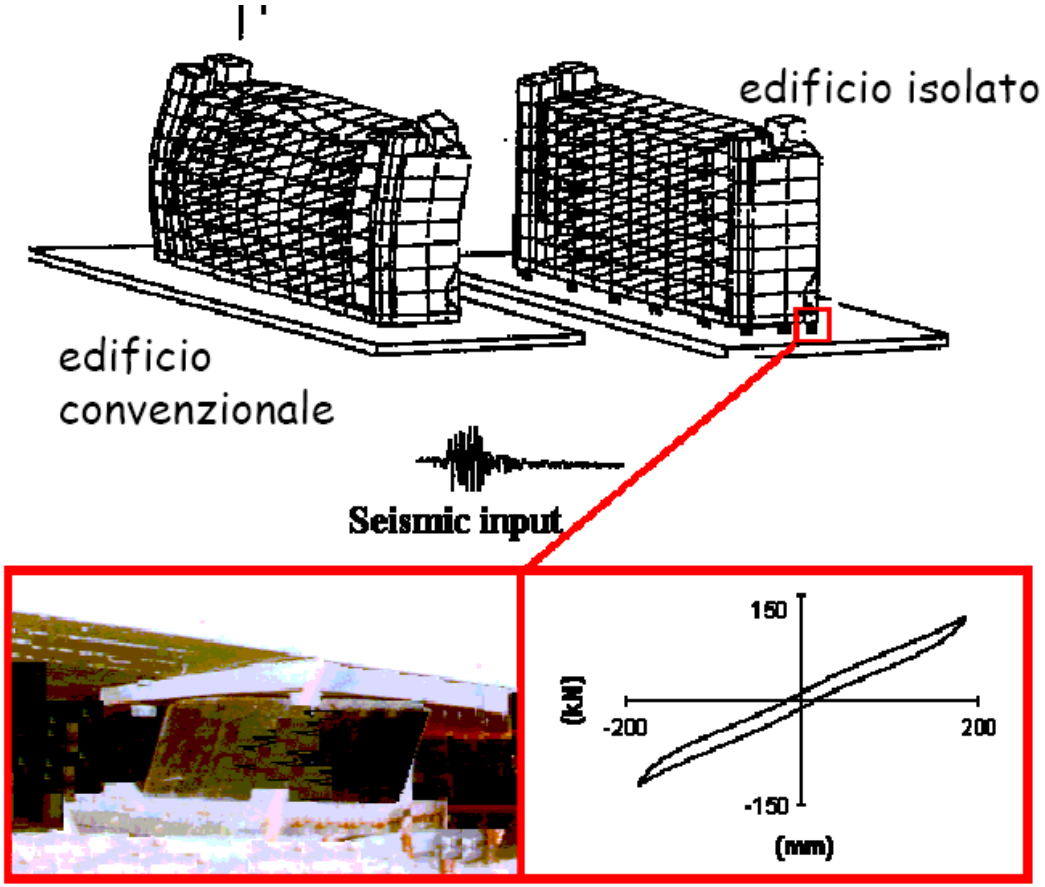
(b) Heavier Adjacent Building Pounding



(c) Taller Adjacent Building Pounding

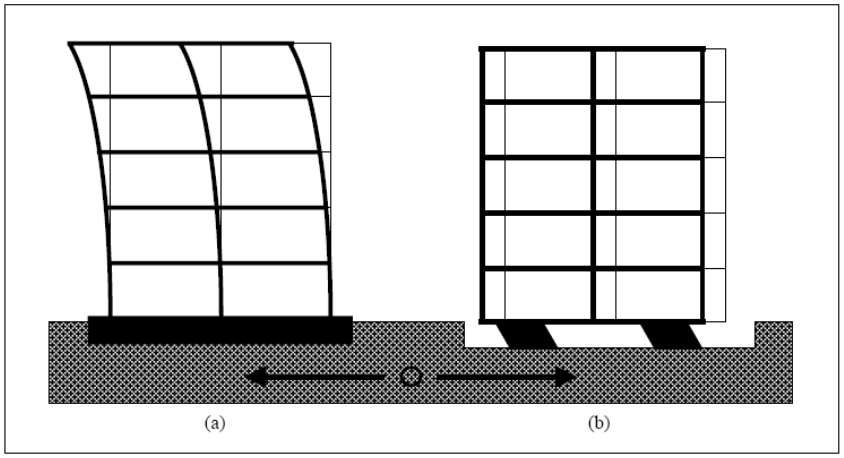
Ed. Convenzionale-Isolato





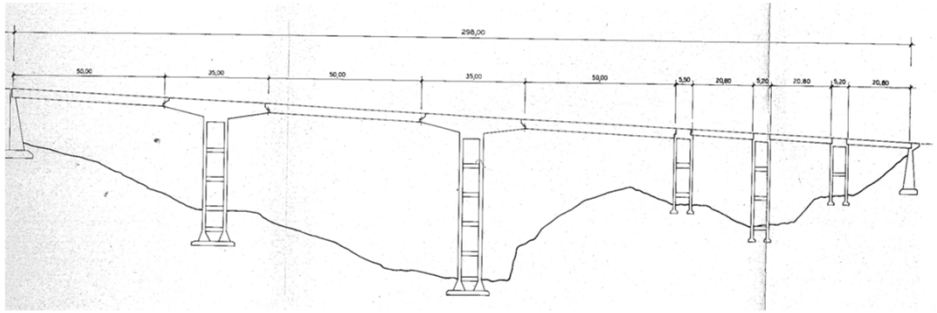
Isolamento alla base Confronto :
http://www.youtube.com/watch?v=kzVvd4Dk6sw

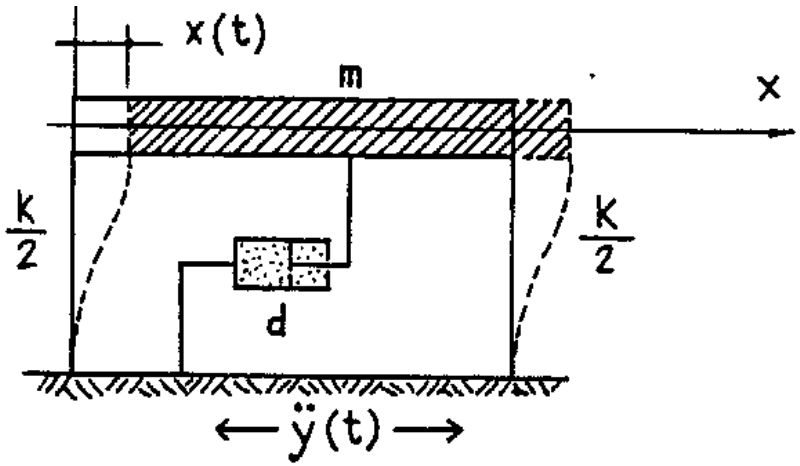
Ed Convenzionale-Isolato



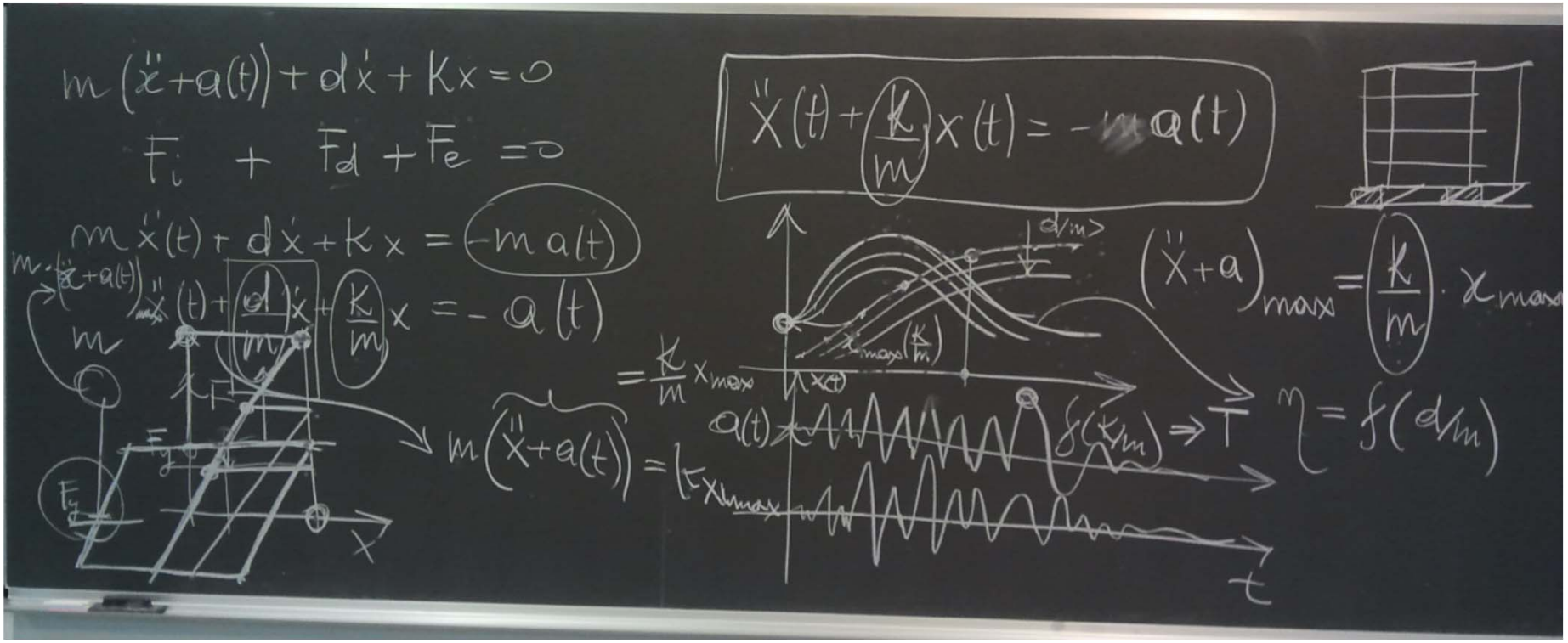
Comparative earthquake engineering experiments with 12-story building models: the right one is resting on a new type of seismic base isolation called "earthquake protectors", the left one is fixed to the base. The fundamental natural period of superstructures equals 1.2s, the isolated period of Earthquake Protector equals 5.0s, the range of earthquake simulation periods is 0.02 - 2.00s. It is obvious: application of Earthquake Protector can raise a building's seismic sustainability dramatically.

Isolamento alla base Confronto :
http://www.youtube.com/watch?v=kzVvd4Dk6sw




x(t)
m
x
K/2
K/2
d
ÿ(t)

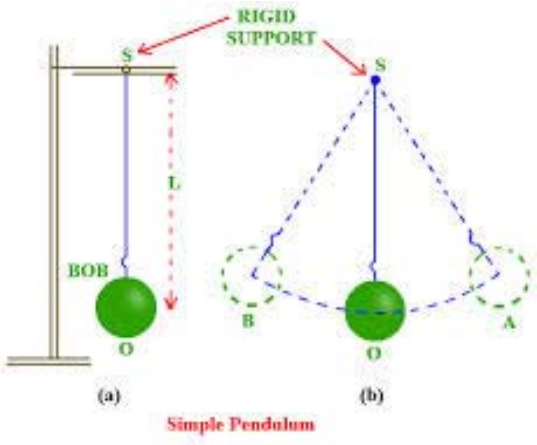
Finerzia Fdissipa Felastica



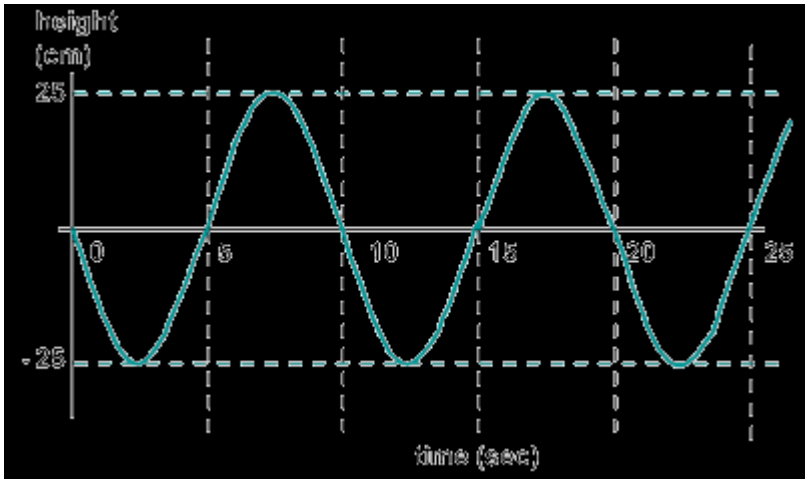
Il parametro che controlla la risposta dinamica è K/m rapporto tra massa e rigidezza

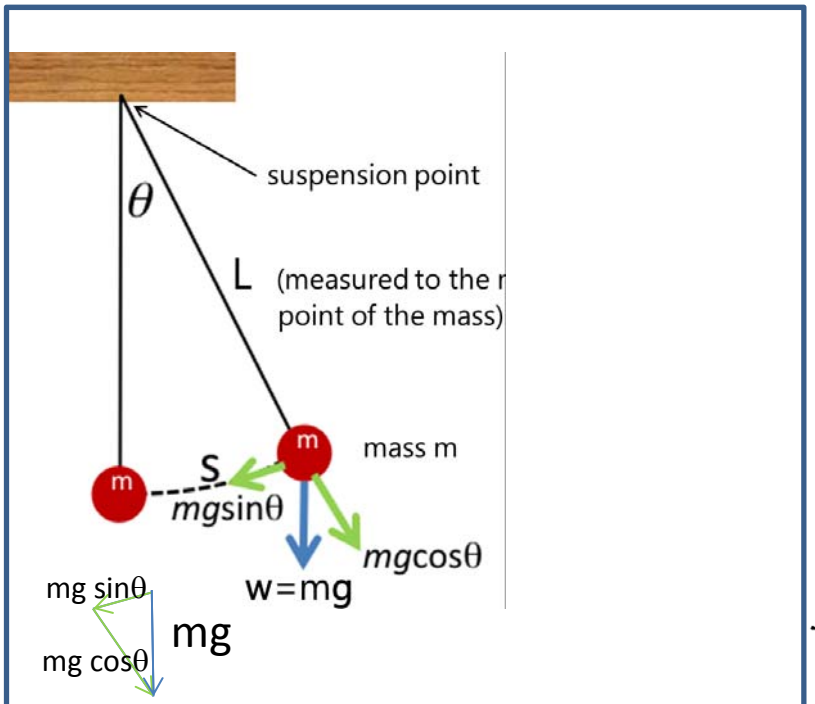
Si dimostra che:

$T=2\pi(m/k)^{0.5}$ è il periodo proprio della struttura



(a) Bob at rest in mean position O.
(b) Bob in swinging motion between extreme positions A and B.





Eq del moto tangenziale (a ds piccole oscillazioni):

$$ml\left(\frac{d^2\theta}{dt^2}\right) = mg\sin\theta \Rightarrow ml\left(\frac{d^2\theta}{dt^2}\right) = mg\theta$$

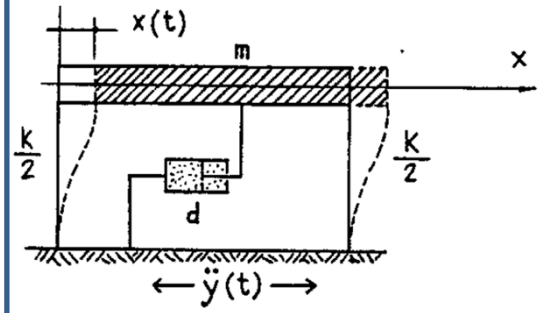
$$\Rightarrow \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{g}{l}\theta \qquad \ddot{\theta} + \frac{g}{l}\theta = 0 \qquad \theta(t) = \theta_{max}\cos\left(\sqrt{\frac{g}{l}}t + \phi_0\right)$$

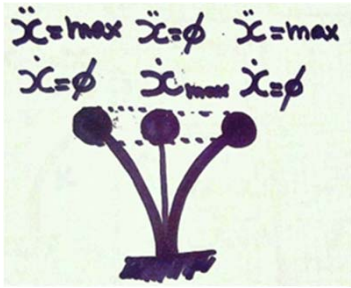
Il tempo tra due massimi è indipendente dall'ampiezza:

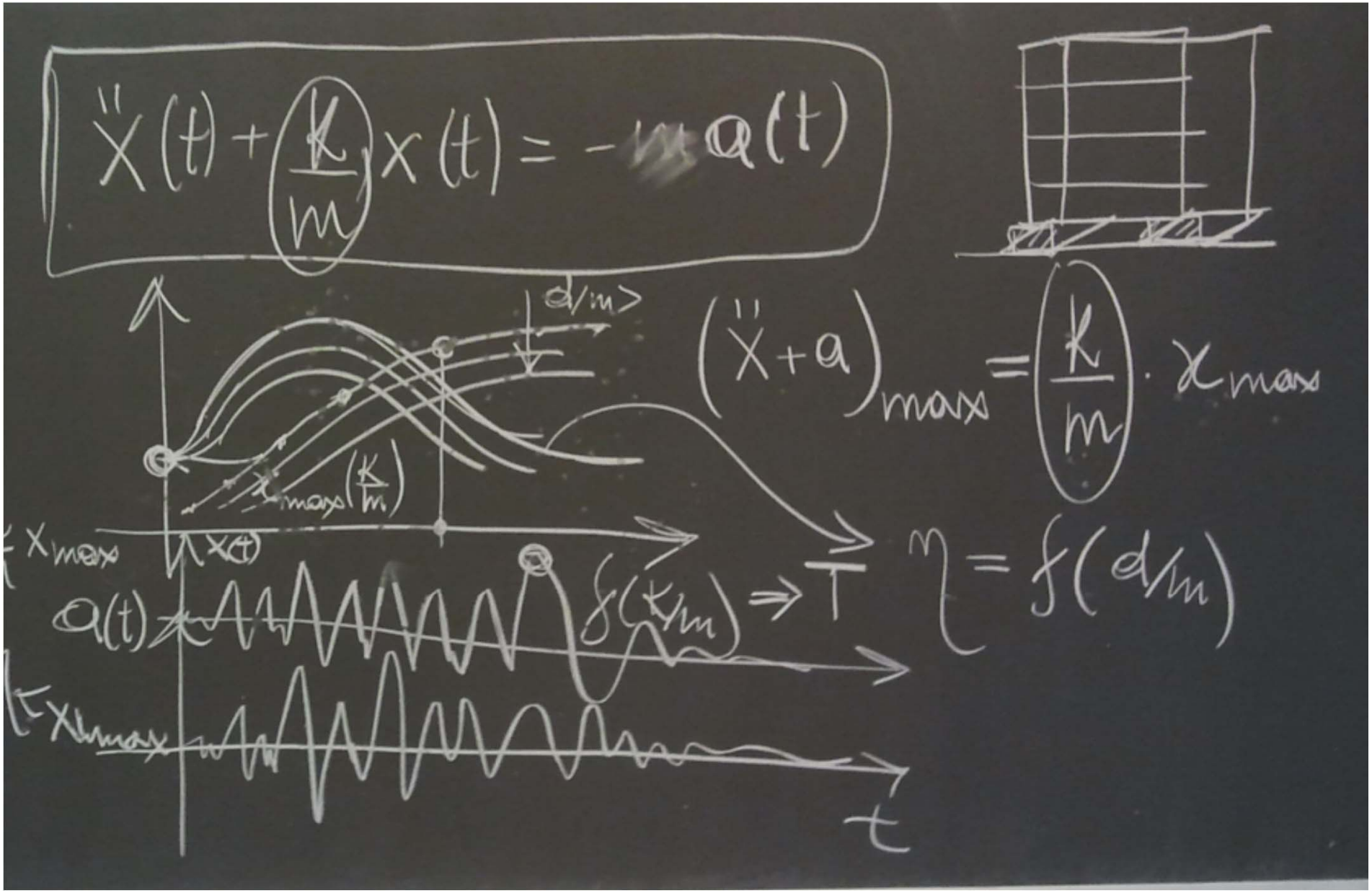
$$T=2\pi(L/g)^{0.5}$$

Nelle strutture elastiche analogamente:

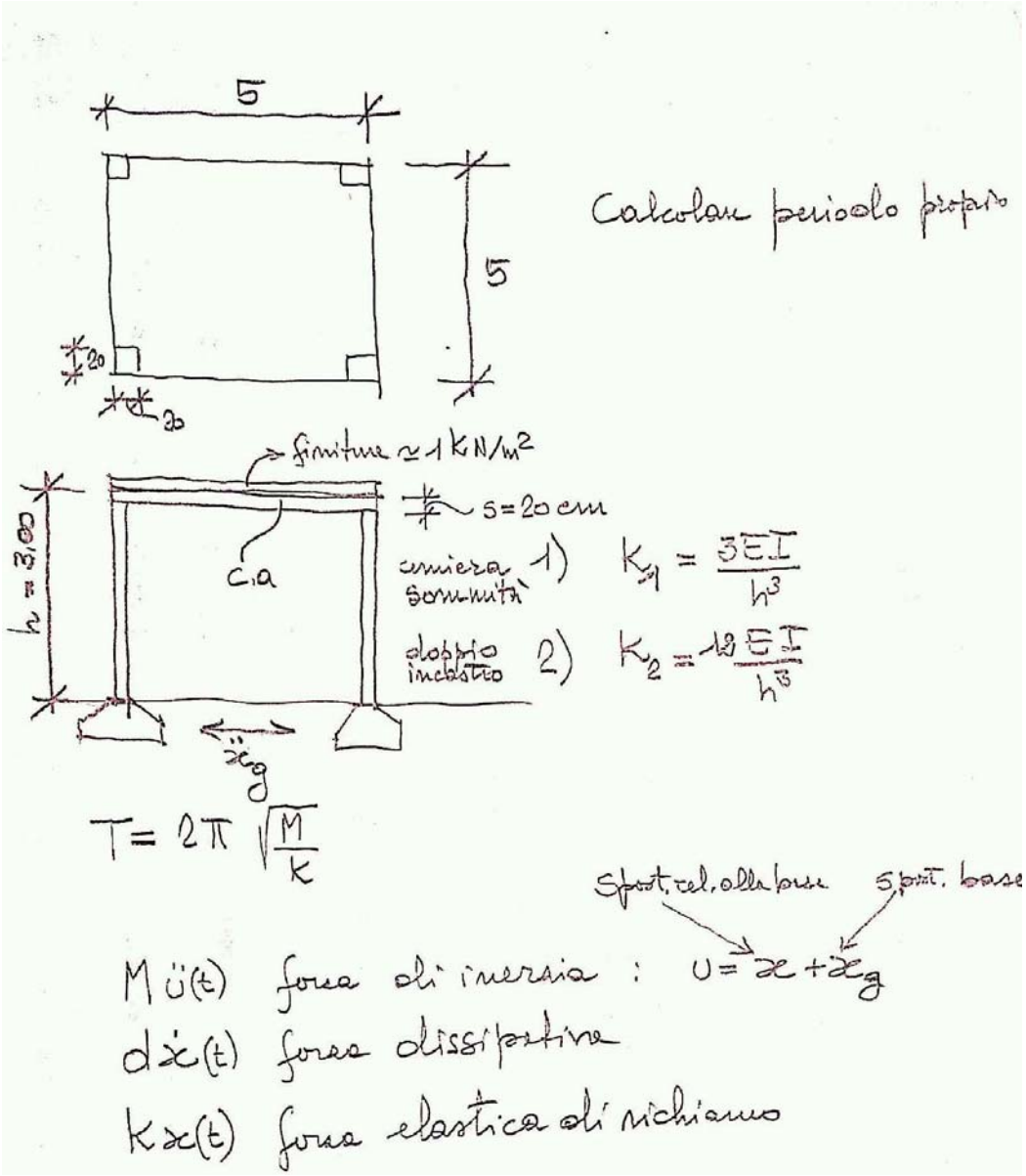
$$T=2\pi(m/k)^{0.5}$$





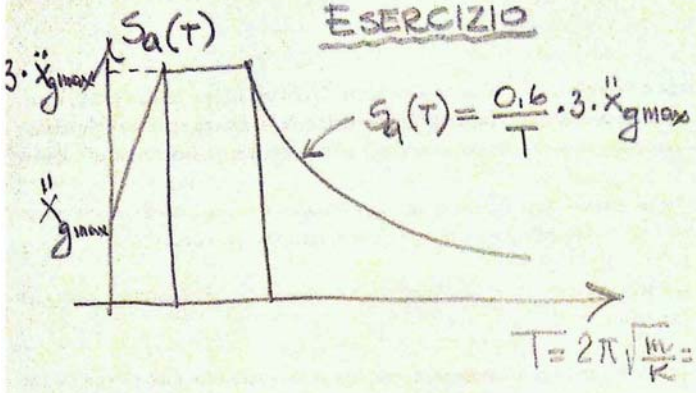

$\ddot{x}(t) + \frac{k}{m} x(t) = -a(t)$
$d/m >$
$(\ddot{x} + a)_{max} = \frac{k}{m} \cdot x_{max}$
$x_{max}(k/m)$
x_{max}
$x(t)$
$a(t)$
$f(k/m) \Rightarrow T$
$\eta = f(d/m)$
x_{max}
t

Esercizio: calcolo periodo proprio



Esercizio: Uso dello spettro di risposta, calcolo della risposta

ESERCIZIO



$\ddot{x}_{gmax} = 2,0\ m/s^2$ Municipio I - VI

$\ddot{x}_{gmax} = 1,5\ m/s^2$ Municipio VII - XX

$\ddot{x}_{gmax} = 2,5\ m/s^2$ fuori Roma.

trovare per la struttura dell'autorimesse

S_a

X_{max}

F_{max}

M_{max} (mom. massimo) alla base

T_{max} (taglio massimo)

Stima Periodo Proprio (1)

- Ad esempio per gli edifici a telaio vale la regola empirica:
    - $T=0.1N$ ove N è il numero dei piani (12'
- Nella normativa italiana (NTC2008) sono dati i seguenti valori per stimare il periodo proprio delle strutture di altezza inferiore ad H=40 m:
    - $T=C_1 H^{3/4}$ (12''
- C_1=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
- nella direzione considerata, espresso in metri, con la limitazione che $l_{wi}/H \leq 0,9$.

Stima Periodo Proprio (2)

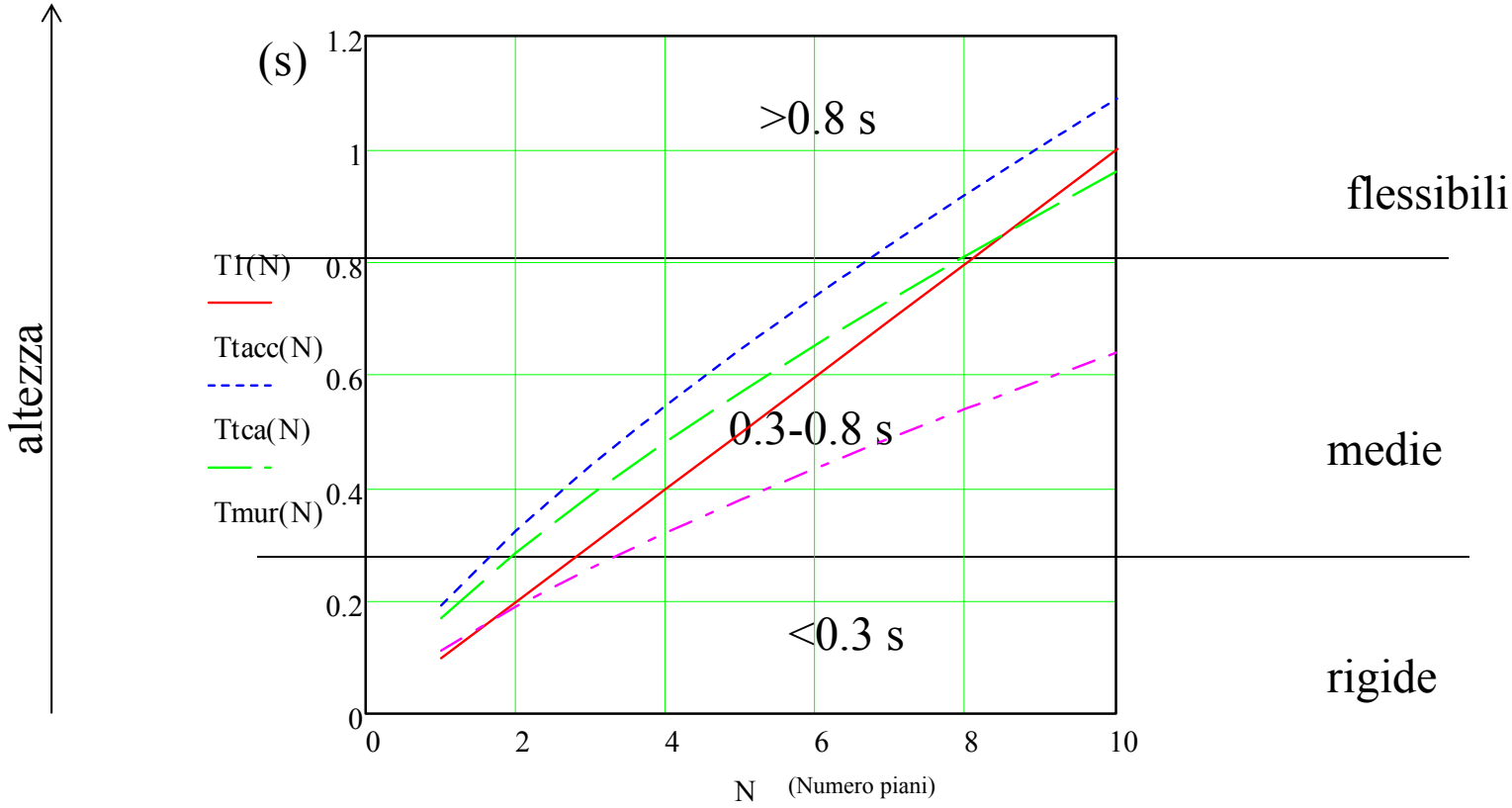
T1(N) =	Ttacc(N) =	Ttca(N) =	Tmur(N) =
0.1	0.194	0.171	0.114
0.2	0.326	0.288	0.192
0.3	0.442	0.39	0.26
0.4	0.548	0.484	0.322
0.5	0.648	0.572	0.381
0.6	0.743	0.655	0.437
0.7	0.834	0.736	0.49
0.8	0.922	0.813	0.542
0.9	1.007	0.888	0.592
1	1.09	0.961	0.641
	acciaio	c.a.	muratura

N=numero dei piani

Vengono in genere dette “rigide” le strutture con periodo inferiore a 0.2-0.3 secondi, “medie” tra 0.3 e 0.6-0.7 secondi flessibili al di sopra di 0.8-1 secondo.

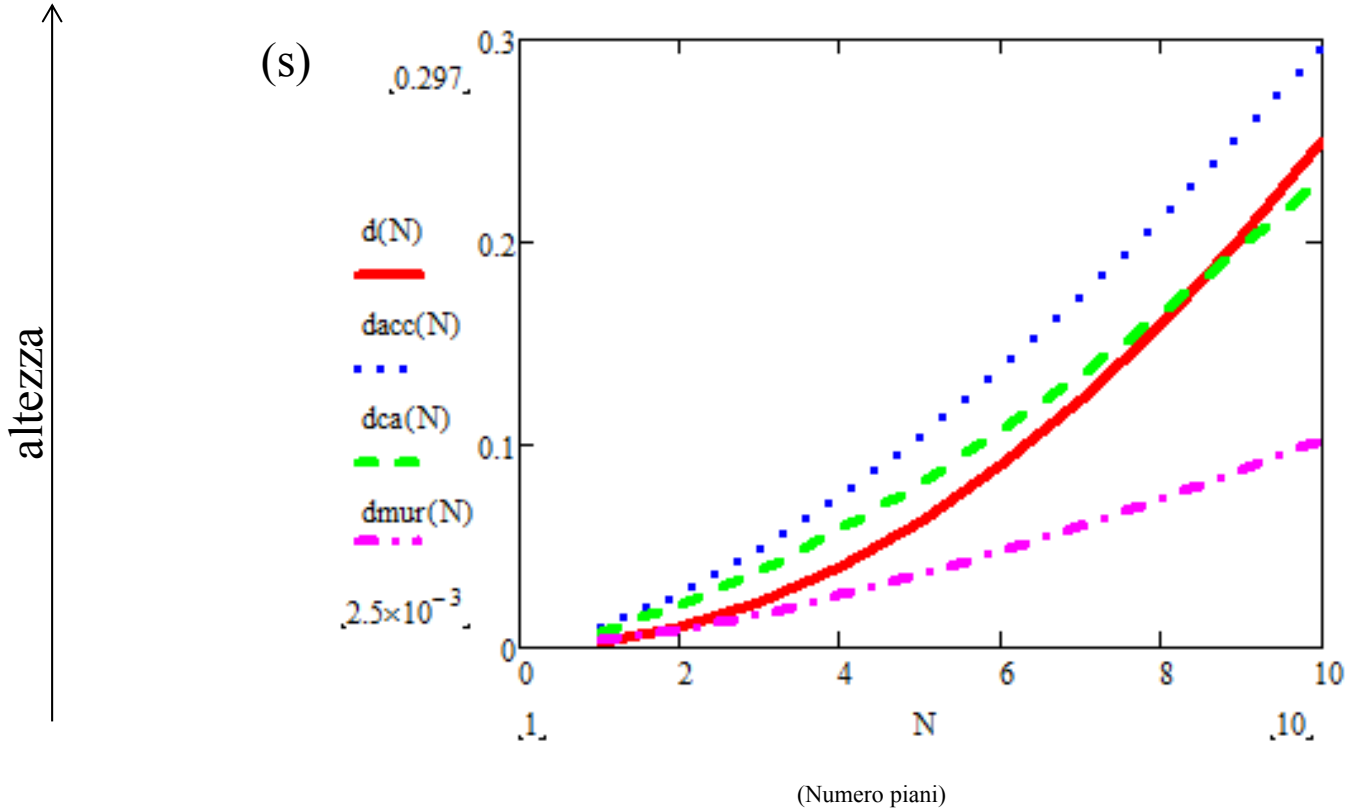
I terremoti in generale impegnano particolarmente gli edifici con periodo compreso tra 0.1 e 0.6-0.8 secondi, cioè proprio il campo di periodi propri dell’edilizia corrente italiana.
Sono meno sensibili i grattacieli, che hanno periodi spesso superiori ai 3 secondi ed i grandi ponti, si pensi ad esempio che il Golden Gate Bridge di S Francisco ha il periodo proprio in senso trasversale di 18.2 secondi, senso verticale 10.2 secondi.

Stima Periodo Proprio (2)



Vengono in genere dette “rigide” le strutture con periodo inferiore a 0.2-0.3 secondi, “medie” tra 0.3 e 0.6-0.7 secondi flessibili al di sopra di 0.8-1 secondo.

Stima Periodo Proprio (2)



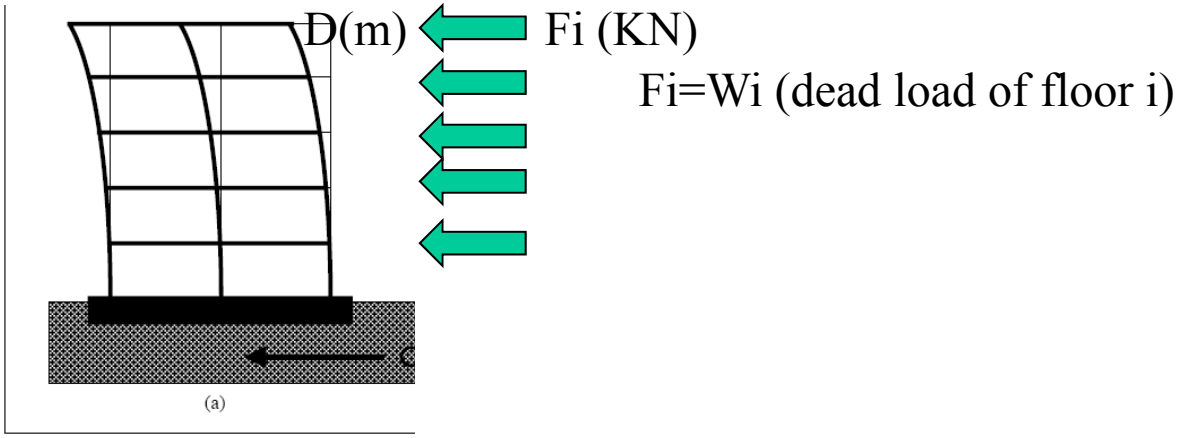
Vengono in genere dette “rigide” le strutture con periodo inferiore a 0.2-0.3 secondi, “medie” tra 0.3 e 0.6-0.7 secondi flessibili al di sopra di 0.8-1 secondo.

Stima Periodo Proprio (3)

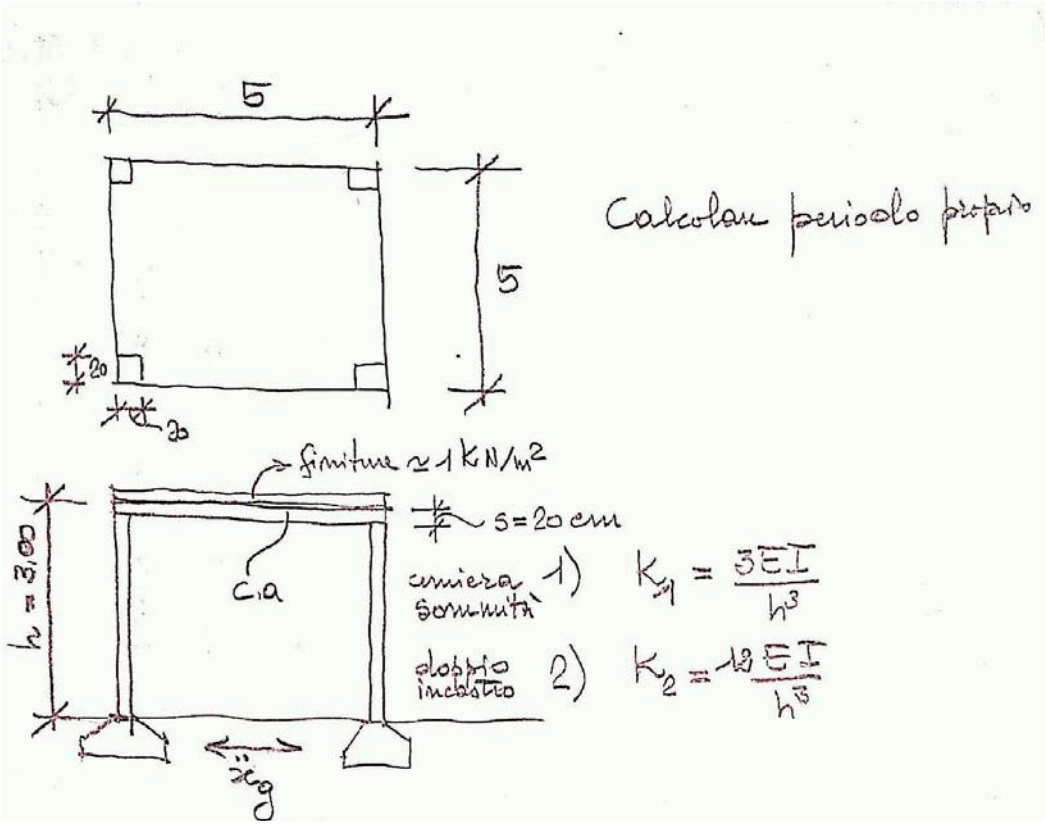
- La revisione di norma del 2014 (ancora non disponibile) dà :

  - $T = 2(d)^{0.5}$ (12’’’

- dove d e lo spostamento laterale elastico del punto più alto dell'edificio, espresso in metri, dovuto ai carichi gravitazionali applicati nella direzione orizzontale



Esercizio: calcolo periodo proprio



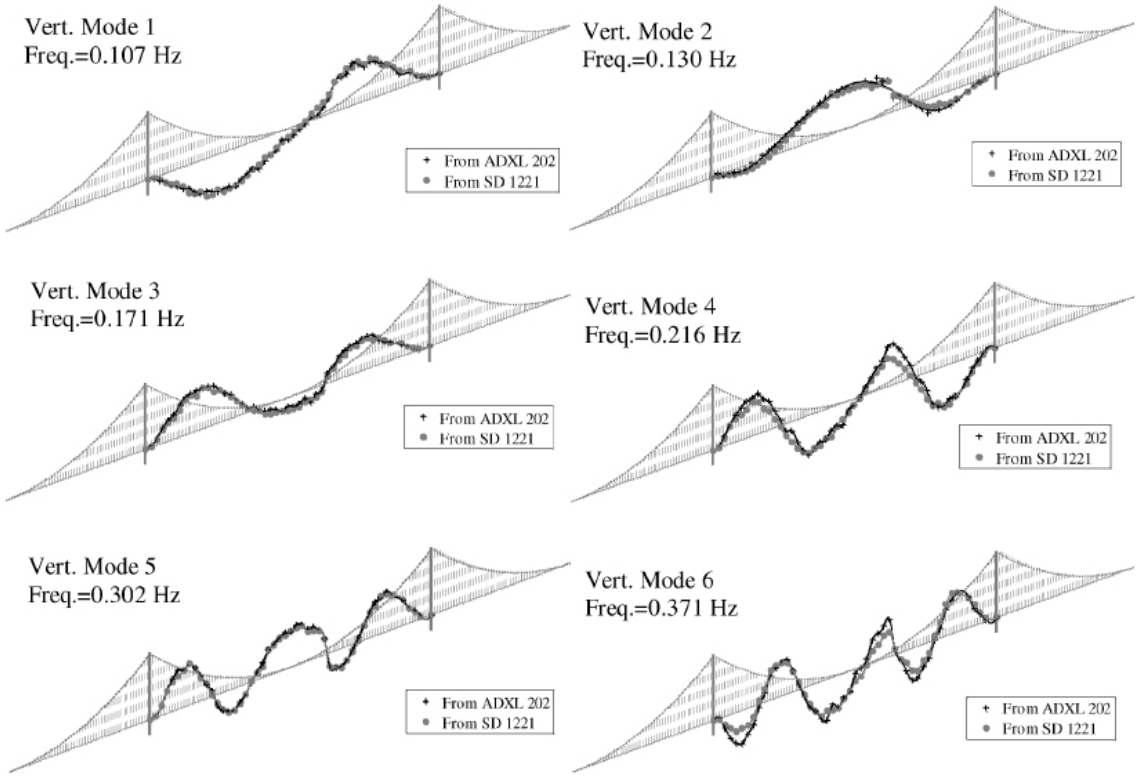
Vedere file mathcad

Stima Periodo Proprio (3)

T1(N) =	d(N) =	Ttacc(N) =	dacc(N) =	Ttca(N) =	dca(N) =	Tmur(N) =	dmur(N) =
0.1	0.003	0.194	0.009	0.171	0.007	0.114	0.003
0.2	0.01	0.326	0.027	0.288	0.021	0.192	0.009
0.3	0.023	0.442	0.049	0.39	0.038	0.26	0.017
0.4	0.04	0.548	0.075	0.484	0.058	0.322	0.026
0.5	0.063	0.648	0.105	0.572	0.082	0.381	0.036
0.6	0.09	0.743	0.138	0.655	0.107	0.437	0.048
0.7	0.123	0.834	0.174	0.736	0.135	0.49	0.06
0.8	0.16	0.922	0.212	0.813	0.165	0.542	0.073
0.9	0.203	1.007	0.253	0.888	0.197	0.592	0.088
1	0.25	1.09	0.297	0.961	0.231	0.641	0.103

Periodi propri (s) e spostamenti in metri alla sommità (m) stimati invertendo la formula (12’’’ per edifici sino a 10 piani con interpiano 3 metri con le formule proposte

Stima Periodo Proprio (1)



Sono meno sensibili i grattacieli, che hanno periodi spesso superiori ai 3 secondi ed i grandi ponti, si pensi ad esempio che il Golden Gate Bridge di S Francisco ha il periodo proprio in senso trasversale di 18.2 secondi, senso verticale 10.2 secondi.