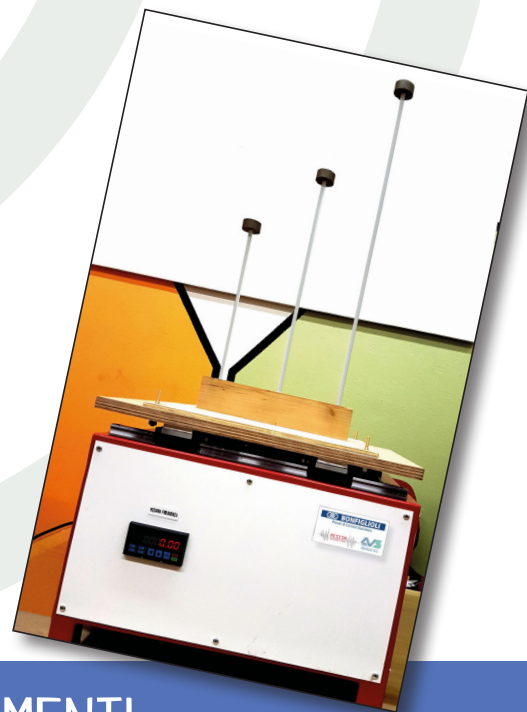


TAVOLA VIBRANTE

PER UNA INIZIALE INFORMAZIONE DIDATTICA



PRIME INFORMAZIONI SUI COMPORTAMENTI
DELLE STRUTTURE SOTTO AZIONI SISMICHE

«Se in generale non sono i terremoti a fare vittime ma gli edifici, allora è essenziale essere informati e preparati sulla sicurezza degli edifici stessi sia come cittadini che come futuri "addetti ai lavori". Non ci sono "specialismi" da diffondere, ma semplici concetti di buon senso da conoscere e condividere nel modo più ampio possibile, per creare le basi di un nuovo rapporto tra cittadini consapevoli e proposte per interventi tecnici nel breve e nel lungo periodo, finalizzati a riqualificare e mettere in sicurezza gli insediamenti esistenti.»

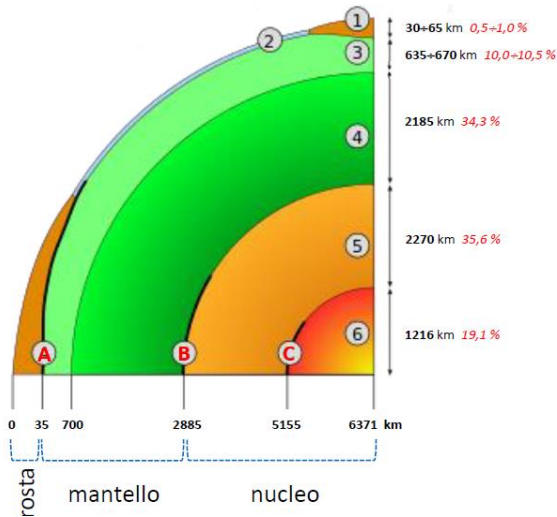


Il terremoto, quale evento naturale, raro ma probabile nell'arco di vita di una costruzione, si evidenzia con improvviso e alternato movimento del terreno (per una durata, a volte di pochi secondi, in genere non superiore al minuto) e, quindi, con conseguenti brusche accelerazioni che fanno nascere forze d'inerzia sulle masse presenti ai vari piani (solai) e lungo l'altezza (muri, colonne, etc.) di una costruzione.

Le sollecitazioni e gli spostamenti provocati sulla struttura di una costruzione sono influenzati dalle caratteristiche della stessa struttura; vale a dire che è la "risposta" della struttura (ai movimenti impressi alla sua base) a definire l'entità e qualità dell'azione sismica e gli eventuali conseguenti danni.

Efficaci indicazioni pratiche di questi comportamenti possono essere sperimentate con una **tavola vibrante**, un'apparecchiatura in grado di testare le caratteristiche dinamiche di una struttura e quindi il suo comportamento in fase sismica.

LA STRUTTURA DELLA TERRA E LA TETTONICA DELLE PLACCHE

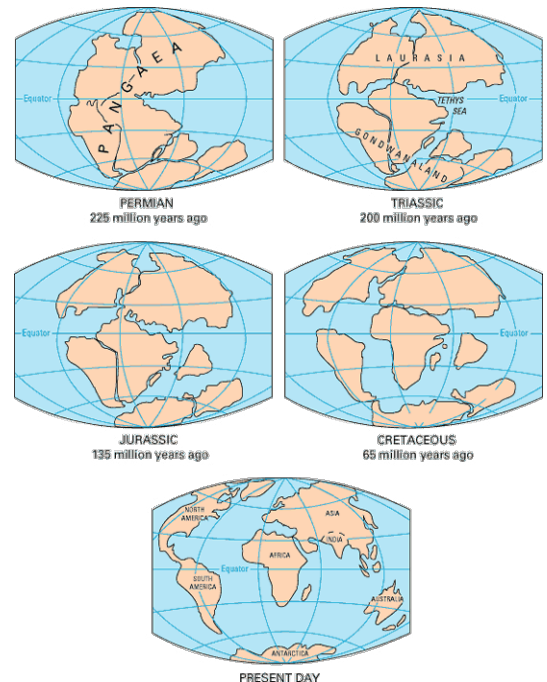


La Terra è formata da **strati concentrici**: nucleo, mantello e crosta. La **crosta** è lo strato superficiale, costituito da placche tettoniche (o zolle) che sono in costante movimento.

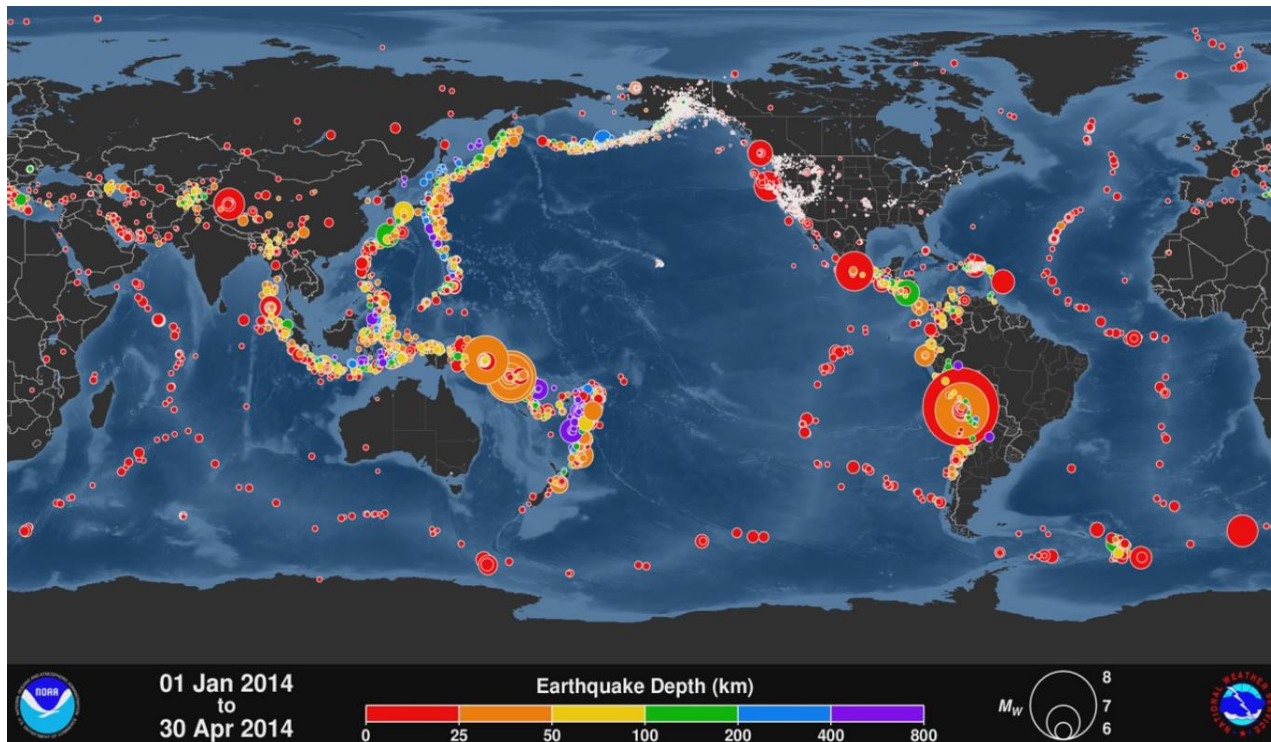
L'origine dei terremoti viene spiegata con la **teoria della deriva dei continenti**, successivamente ripresa e sviluppata nel **modello della tettonica delle placche**.

Secondo questo modello l'attuale disposizione delle terre emerse deriva da un lento processo di allontanamento/avvicinamento delle zolle, tutt'ora in atto.

La maggior parte dei terremoti ha origine in corrispondenza dei bordi delle placche.



I terremoti che avvengono di continuo “disegnano” i margini di contatto tra le placche, in particolare evidenziano l’ANELLO DI FUOCO DELL’OCEANO PACIFICO.



Global Earthquake Animation:

01 Jan 2014
to
30 Apr 2014

1 April, M8.2, northern Chile
3 April, M7.8, northern Chile
12 April, M7.6, Solomon Islands
13 April, M7.7, Solomon Islands
19 April, M7.8, Solomon Islands

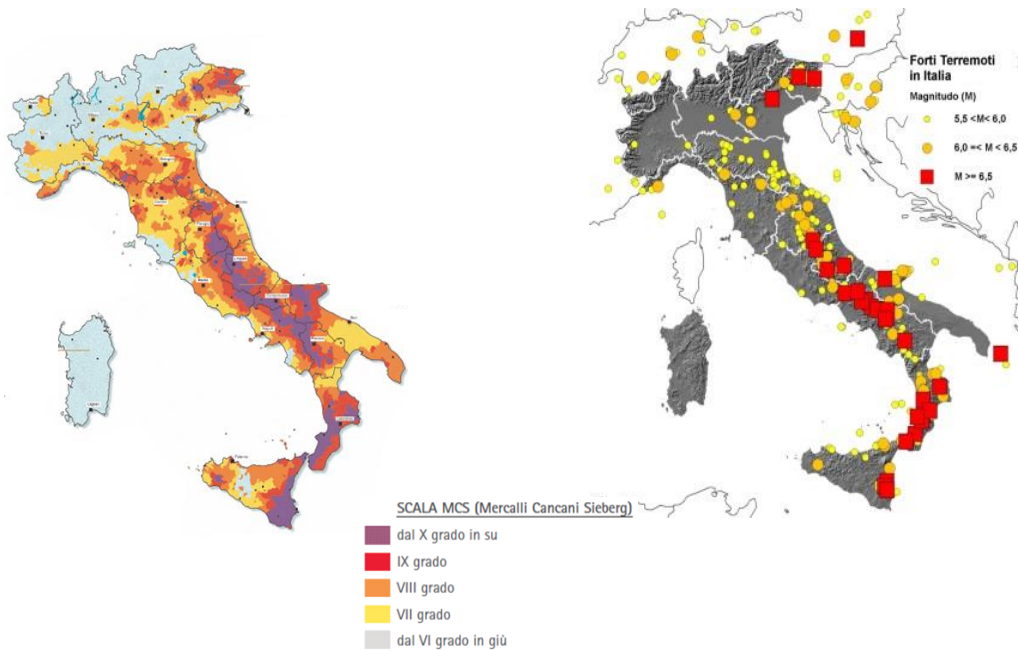


NOAA/NWS/*Pacific Tsunami Warning Center*



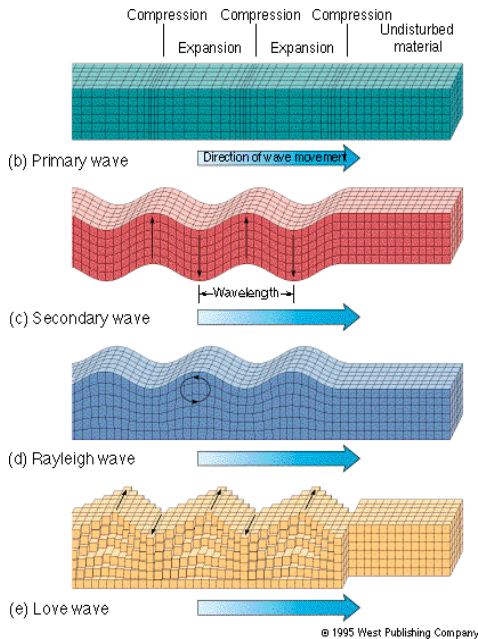
I TERREMOTI IN ITALIA

I terremoti del passato ci suggeriscono dove e con quale forza potranno colpire quelli futuri.



LE ONDE SISMICHE

Durante il processo di fratturazione vengono emesse le **onde sismiche**.



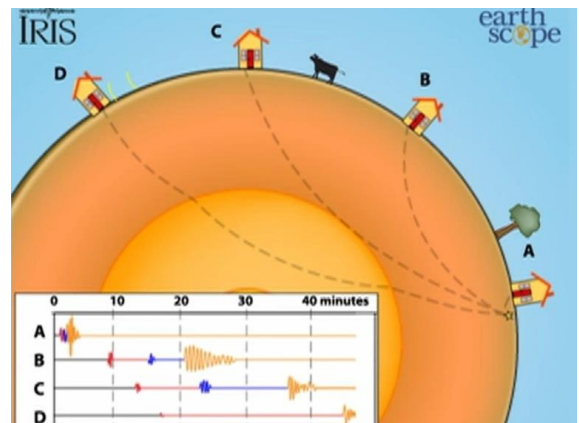
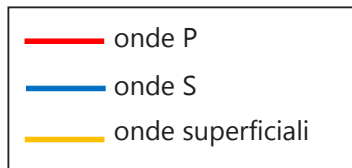
Le **onde P** (o Primarie) sono le più veloci: 6,2-8,2 km/s; sono onde di rarefazione e compressione. Ciascuna particella oscilla nella direzione di propagazione (longitudinale) delle onde stesse.

Le **onde S** (o Secondarie) sono meno veloci: 3,6-4,7 km/s e non si propagano nei fluidi; il moto delle particelle di materia è perpendicolare alla direzione di propagazione e viene registrato nelle direzioni: verticale, Nord-Sud ed Est-Ovest.

Le **onde P** ed **S** sono dette onde di volume perché si propagano all'interno della Terra.

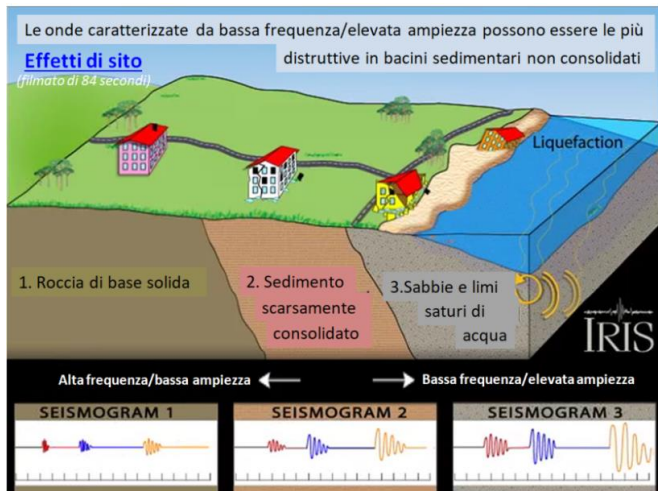
Le **onde di Rayleigh** (2,7 km/s) e le **onde di Love** (3 km/s) sono invece onde superficiali, che si propagano cioè solo lungo la superficie terrestre.

I diversi tipi di onde raggiungono differenti punti (es. **A**, **B**, **C**) in tempi diversi e con diversa intensità. In **D** (e in altri punti simili, es. tra **C** e **D**) non possono arrivare le **onde S** in quanto non riescono ad attraversare il volume fluido del nucleo terrestre.



GLI EFFETTI DI UN TERREMOTO SONO GLI STESSI OVUNQUE?

Lo scuotimento può variare notevolmente anche a piccole distanze, perché dipende molto dalle **condizioni locali del territorio**, in particolare dal **tipo di terreno** e dalla **forma del paesaggio** (valli, montagne, etc.), dunque – a parità di vulnerabilità delle costruzioni – anche gli effetti spesso sono assai diversi.



In genere, lo scuotimento degli edifici è minore sui terreni rigidi (roccia) e si incrementa dove i terreni sono soffici, [CATEGORIE DI SOTTOSUOLO], anche con possibilità di fenomeni quale la liquefazione laddove ci sia concorso dei seguenti tre fattori: sedimenti granulari sciolti, sedimenti saturi d'acqua, scuotimento intenso.

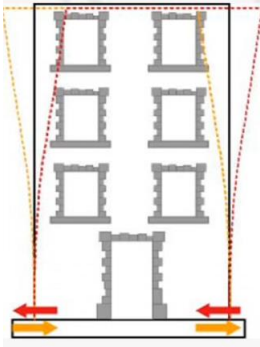
Gli effetti distruttivi di un terremoto si incrementano se le case sono costruite su rocce poco consolidate in cui le onde sismiche rallentano e aumentano in ampiezza e durata.



Lo scuotimento si incrementa anche sulla cima di rilievi e lungo i bordi delle scarpate e dei versanti ripidi.

COSA ACCADE AGLI EDIFICI DURANTE IL TERREMOTO?

IL MOTO ONDULATORIO



Le fondazioni, quando vengono raggiunte dalle onde sismiche, le trasmettono alla sovrastruttura provocando l'oscillazione dell'edificio. In tale **moto alternato** la struttura subisce **forze di inerzia** proporzionali alle masse e quindi ai pesi dell'edificio. **Il moto (e cioè la risposta) è regolato dalla rigidezza e dalla massa dell'edificio.**

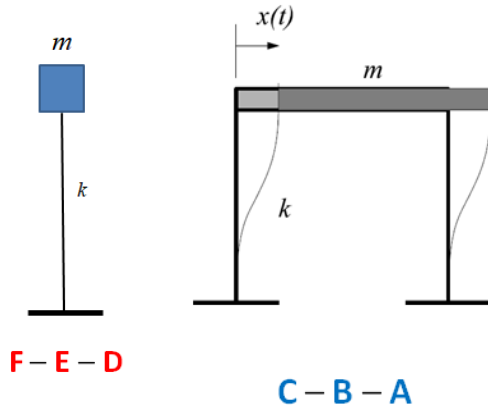
OSCILLATORI SEMPLICI

Oscillatori semplici *ad un solo grado di libertà*, caratterizzati dagli unici parametri:

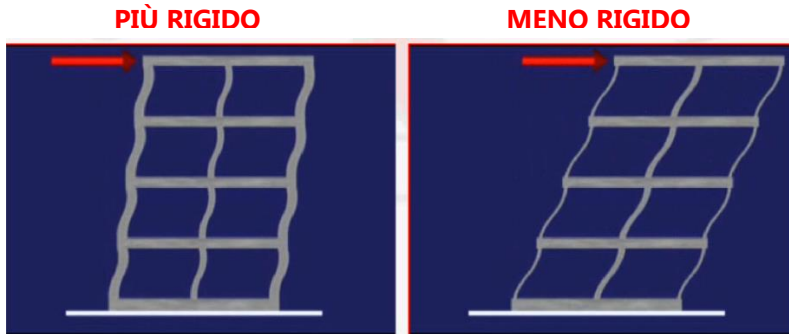
m – *massa* del solaio (o impalcato)

k – *rigidezza alla traslazione* dei/l pilastri/o

L'oscillatore ha un suo modo naturale di vibrare detto anche **modo proprio**. Un'oscillazione intera (andata e ritorno) si compie in un tempo **T₁** chiamato periodo (s). L'inverso del periodo **f₁** si chiama frequenza (Hz).



RIGIDEZZA

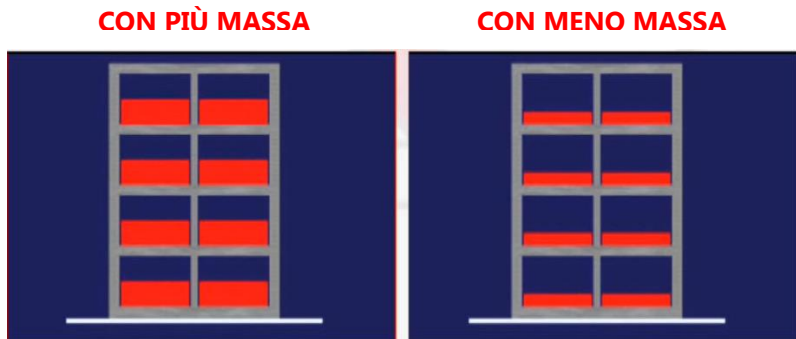


Una struttura è più rigida di un'altra quando, a parità di forza applicata, si deforma in misura minore.

La frequenza di oscillazione della struttura (costruzione) aumenta con la sua rigidezza.

MASSA

Il terremoto genera accelerazioni che inducono forze tanto più alte quanto maggiore è la massa



La frequenza di oscillazione della struttura (costruzione) diminuisce all'aumentare della massa dell'edificio.



LA TAVOLA VIBRANTE

Lo studio del comportamento strutturale di un edificio in occasione di eventi sismici è in generale molto complesso e richiede conoscenze specifiche ed esperienza. Per permettere una introduzione ad un approccio più immediato, può essere utilizzata un'apparecchiatura denominata **tavola vibrante**.

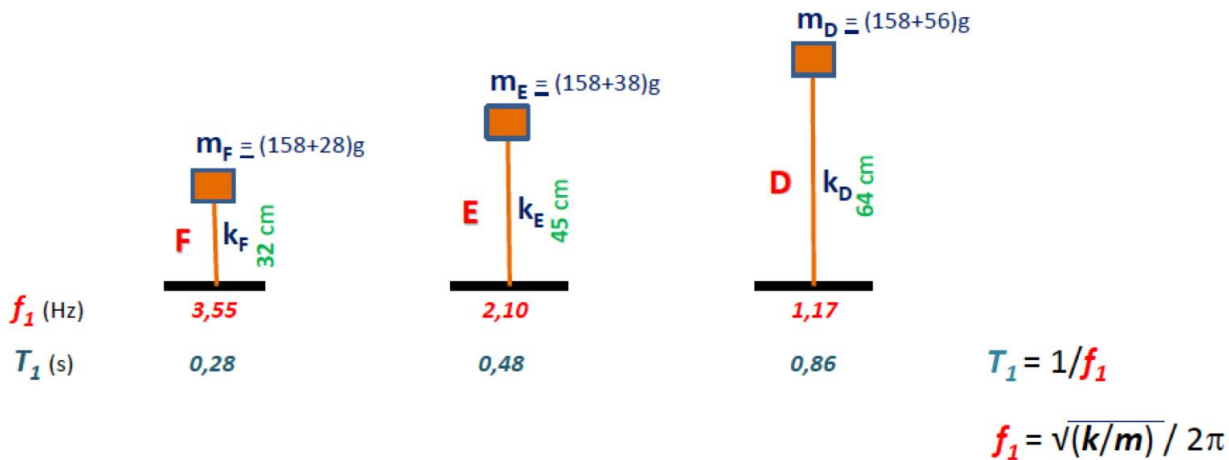
Su questa vengono montati semplici modelli, spesso in materiale plastico o legno e che ricalcano alcune forme esteriori degli edifici. La tavola li sottopone a movimenti oscillatori, applicati alla base (fondazione) degli stessi modelli, rendendo possibile l'osservazione del loro comportamento dinamico e delle relative deformazioni.

Sono facilmente osservabili, nella loro essenzialità, fenomeni come la risonanza ed i problemi legati alle forze d'inerzia, tutti fattori molto importanti in questo tipo di studi (www.iav.it, Istituto Aldini Valeriani).

Di seguito vengono riportate alcune esperienze nelle quali l'azione applicata alla tavola su cui viene fissato il modello (e, quindi, alla "fondazione" dello stesso modello) consiste in un moto sinusoidale (ossia un movimento ciclico, indotto da un motore collegato ad un tipico sistema biella-manovella). L'ampiezza delle oscillazioni (della "fondazione") è costante (eventualmente regolabile entro predefiniti limiti, ma solo a macchina ferma, quindi non nel corso della singola esperienza) mentre la frequenza (velocità del motore) si può variare anche nel corso della singola esperienza, mediante un classico "inverter".

ESPERIENZA 1 - CONFIGURAZIONE STRUTTURALE REGOLARE (1 G.d.L.)

Configurazioni strutturali *regolari* (1 G.d.L.)

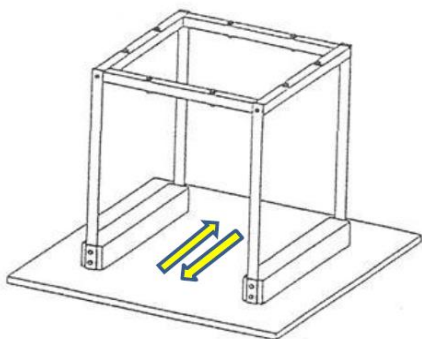


$$k_F/k_E \sim 2,7$$

$$k_F/k_D \sim 8$$

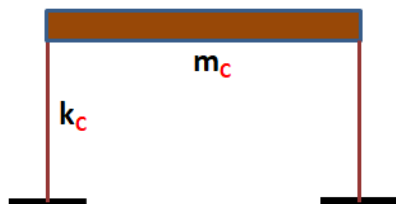
Rapporti *approssimativi*
tra le RIGIDENZE
flessionali delle colonne

ESPERIENZA 2 – CONFIGURAZIONE STRUTTURALE REGOLARE (1 G.d.L.)



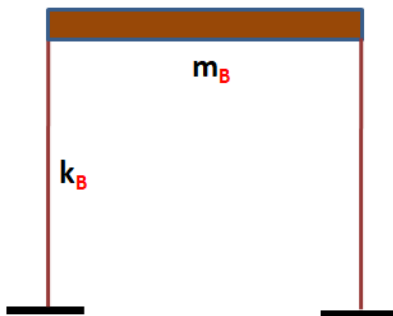
Il caso più semplice è quello di un modello di struttura intelaiata "regolare" di un solo piano fuori terra, quindi con un solo "grado di libertà" (1 G.d.L., ossia lo spostamento del "solaio", rispetto alla "fondazione") nella direzione della maggiore flessibilità del modello. E, sempre in tale direzione, le caratteristiche dei materiali e le dimensioni di questo modello (come del successivo) sono tali da garantire notevole flessibilità dei piedritti ("pilastri") sia rispetto alla fondazione che alla intelaiatura di piano ("solaio").

$$T_1 = 1/f_1$$



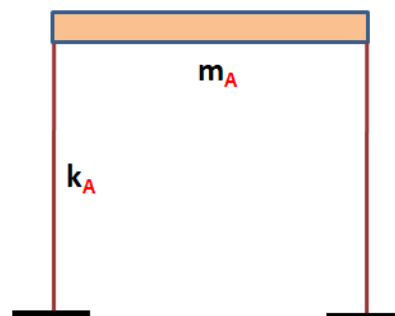
f_1 (Hz) 4,00

T_1 (s) 0,25



2,10

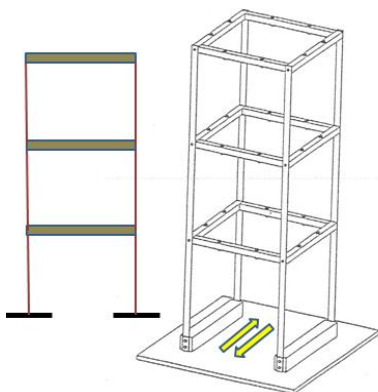
0,48



1,50

0,67

ESPERIENZA 3 - CONFIGURAZIONE STRUTTURALE REGOLARE (3 G.d.L.)



Ripetiamo la prova con un modello di struttura di tre piani fuori terra, avente quindi n. 3 "gradi di libertà" (3 G.d.L.) – uno per ciascun piano. L'oscillazione avviene in una sola direzione predeterminata e quindi sono possibili solo i tre spostamenti indipendenti dei tre solai.

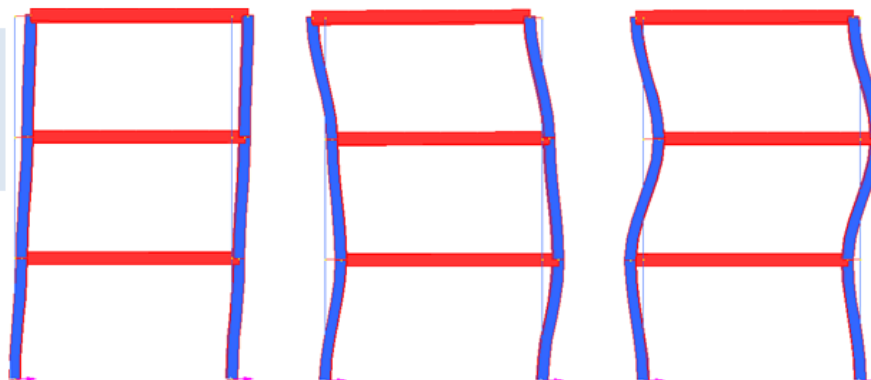
Attraverso tre risonanze avviene l'identificazione sperimentale delle frequenze $f_1 - f_2 - f_3$ per i tre modi naturali di vibrare.

Modello	Modo 1	Modo 2	Modo 3
Massa/impalcato	f_1 (Hz)	f_2 (Hz)	f_3 (Hz)
276 g	1,00	3,00	4,56

*[compresa massa addizionale identica pari a **40 g** (+ 17%) su ciascuno dei tre impalcati]*

Modello con
massa vibrante
totale di 828 g.
Colonne in
policarbonato

Forme
modali con
distribuzione
uniforme
delle masse



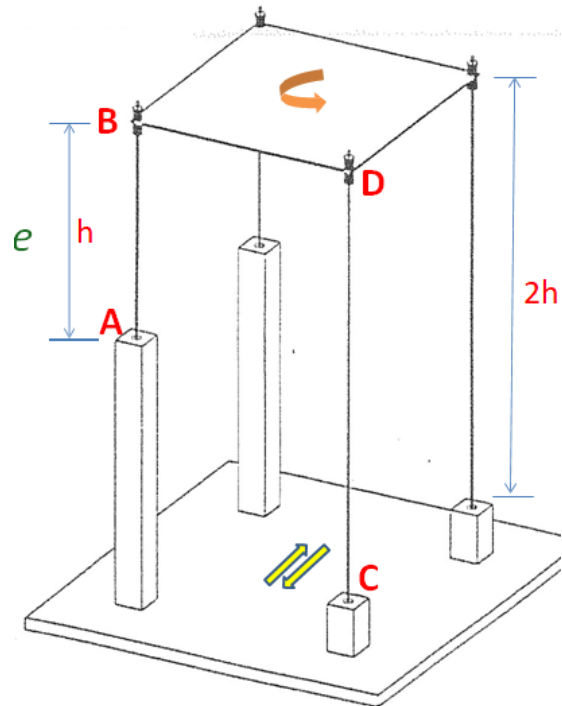
E in casi di incrementi di massa distribuiti con **irregolarità** in alzata?

ESPERIENZA 4 – CONFIGURAZIONE STRUTTURALE IRREGOLARE IN PIANTA

Il pilastro AB è molto più rigido (circa 8 volte in più, vedi **ESPERIENZA 1**) del pilastro CD.

Questo comporta, nella circostanza di moto oscillatorio della base, che la conseguente **forza d'inerzia**, applicata nel baricentro di massa, risulta eccentrica (con braccio **e**) rispetto alla parallela risultante delle **forze elastiche**.

L'impalcato ha tre gradi di libertà (due spostamenti e una rotazione) e non si tratta più di oscillatore semplice. Il primo dei tre modi di oscillare risulta essenzialmente di tipo torsionale.



I FATTORI DEL RISCHIO SISMICO

Approccio consapevole è chiedersi: che cosa RISCHIO? quanto RISCHIO?

Il RISCHIO non è mai nullo: si può e si deve ridurre! IO RISCHIO MENO SE ...



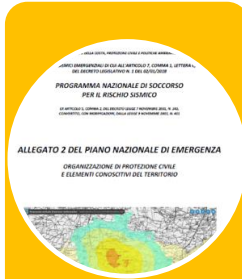
Codice della Protezione Civile (Decreto Legislativo n. 1/2018)

PREVENZIONE NON STRUTTURALE



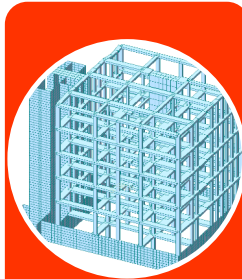
Monitoraggio e sorveglianza:

Convenzioni con il
CIRI
UNIFE
INGV



Pianificazione:

Programma nazionale di soccorso rischio sismico
PNSRS



Applicazione e aggiornamento della normativa tecnica:

Vulnerabilità sismica delle sedi DI.COMA.C.
Valutazioni di Progetti in zona sismica



Diffusione della conoscenza e della cultura di protezione civile:

Protocollo di intesa
AGENZIA ARSTPC, ARPAE, RESISM
Io non Rischio



Esercitazioni di protezione civile:

Valnure 2018
Santa Sofia 2019

UN BRIVIDO PERCORRE IL PIANETA
GIUNGENDO AI MIEI PIEDI
SCUOTE LE CASE ATTORNO A ME
ANNULLANDO OGNI EQUILIBRIO
MA IO CONOSCO BENE
QUESTA ANTICA DANZA DELLA TERRA
PERCIO'

IO NON TREMO

IO NON TREMO

Il rischio sismico
in mostra a Mirandola
7° edizione

15 - 27 febbraio 2019

Istituto Superiore Statale G. Galilei, via Barozzi, n°4,
Mirandola (MO)



Calendario incontri:

I.S.S. "L. Calvi"

15 febbraio

4°E - 5°E - 5°F ore 9.50 - 13.00

I.S.S. "G. Galilei"

18 febbraio

1°R-U ore 9.56 - 11.42

1°A ore 11.52 - 13.43

19 febbraio

1°G ore 7.55 - 9.46

1°B ore 9.56 - 11.42

21 febbraio

1°L ore 9.56 - 11.42

1°I ore 11.52 - 13.43

22 febbraio

1°J ore 9.56 - 11.42

1°E ore 11.52 - 13.43

26 febbraio

1°F ore 9.56 - 11.42

1°H ore 11.52 - 13.43

27 febbraio

1°D ore 11.52 - 13.43

I.S.S. "G. Luosi"

27 febbraio

5°A ore 10.00 - 11.50

Publicazione a cura

del C.E.A.S. "La Raganella" e della Associazione Amici del Galilei di Mirandola
in occasione del progetto didattico "Io non tremo" A.S. 2018/2019

Stampato da

Graphic Center Mirandola (MO), Febbraio 2019



Realizzato con il contributo di:



PER INFORMAZIONI: Centro di Educazione alla Sostenibilità "La Raganella"
Tel. 0535 29724 e 29713 E-mail: cea.laraganella@unioneareanord.mo.it