

# Tavola vibrante

modello TVL\_VBR.2 20 maggio 2016

... per una iniziale informazione didattica



## 1° KIT *MODELLI 2018*

Sintetiche descrizioni  
dei modelli per  
iniziative della rete  
RESISM

Con la collaborazione di:  
*Carlo DONDI, Franco GUAGLIUMI,  
Giovanni MANIERI, Vladimiro  
PASQUINI, Giuseppe ROMAGNOLI*

## 0. Premessa

*Il 9 gennaio 2015 è stato sottoscritto l'accordo di rete interregionale – denominata RESISM – tra scuole secondarie di secondo grado, rivolto alla **riduzione del rischio sismico**, con contestuale individuazione dell'Istituto capofila di rete nell'I.I.S. "Aldini Valeriani" di Bologna. Obiettivo primario dell'accordo era e resta quello di favorire sul tema lo scambio di esperienze e la circolazione di buone pratiche progettate all'interno degli Istituti aderenti alla rete interregionale, compresa la produzione di materiale didattico e laboratoriale.*

*A tal fine, già nell'anno successivo alla firma dell'accordo tra n. 8 Istituti<sup>(1)</sup> dell'Emilia Romagna e della Toscana, l'Istituto capofila ritenne prioritario impegnarsi nella costruzione di un prototipo di tavola vibrante didattica (TVD) e di conseguenti n. 9 esemplari di TVD da affidare in comodato d'uso gratuito ad altrettanti Istituti aderenti alla stessa rete con l'impegno, da parte di ciascuno degli Istituti destinatari, di procedere alla costruzione di primi modelli anche sulla base di quelli già in uso presso l'Istituto capofila di rete.*

*Consequentemente furono allora forniti due documenti, assieme agli esemplari di TVD:*

- *il manuale tecnico della stessa TVD e*
- *una descrizione dei modelli già in uso,*

*documenti che, alla fine del 2017, sono stati resi disponibili anche su internet dove è possibile scaricare i due file.PDF in corrispondenza dei seguenti link:*

<http://www.istitutociancarellirieti.it/administrator/DOC/RESISM/manuale%20tavola%20vibrante%20completo%20e%20corretto%2026%2005%2016.pdf>

[http://www.istitutociancarellirieti.it/administrator/DOC/RESISM/Descrizione%20modelli\\_3.pdf](http://www.istitutociancarellirieti.it/administrator/DOC/RESISM/Descrizione%20modelli_3.pdf)

<sup>(1)</sup> al 30 giugno 2018, sono ormai n. 24 le scuole aderenti alla rete con valenza sempre più interregionale.

L'autocostruzione dei modelli, anche con importanti varianti e avanzamenti, ha avuto significativi risultati in alcuni Istituti, ma non in tutti.

In particolare con tre Istituti che hanno sede a Parma, Scandicci (FI) e Rimini, stante la potenzialità di utilizzo dell'attrezzatura laboratoriale in vaste e strategiche aree territoriali, anche in rapporto con altre realtà scolastiche (già aderenti o di prossima adesione alla rete RESISM), si è perciò ritenuto – attraverso un apposito protocollo d'intesa tra quattro dirigenti scolastici – di procedere alla costruzione urgente presso l'Istituto capofila di rete di tre kit, ciascuno composto da n. 7 modelli.

Tutti i ventuno modelli sono stati approntati nei mesi di luglio e agosto per poterne garantire la consegna ai suddetti tre Istituti subito all'inizio dell'anno scolastico 2018-2019 al fine di una tempestiva programmazione per un loro, auspicato e diffuso, utilizzo didattico. Lo sforzo compiuto non è stato di poco conto, con notevole impegno e sacrificio da parte delle persone che hanno collaborato, tale da sottolineare l'urgenza di costituzione formale di un «comitato tecnico operativo (CTO)» aperto a docenti e collaboratori volontari delle scuole della rete.

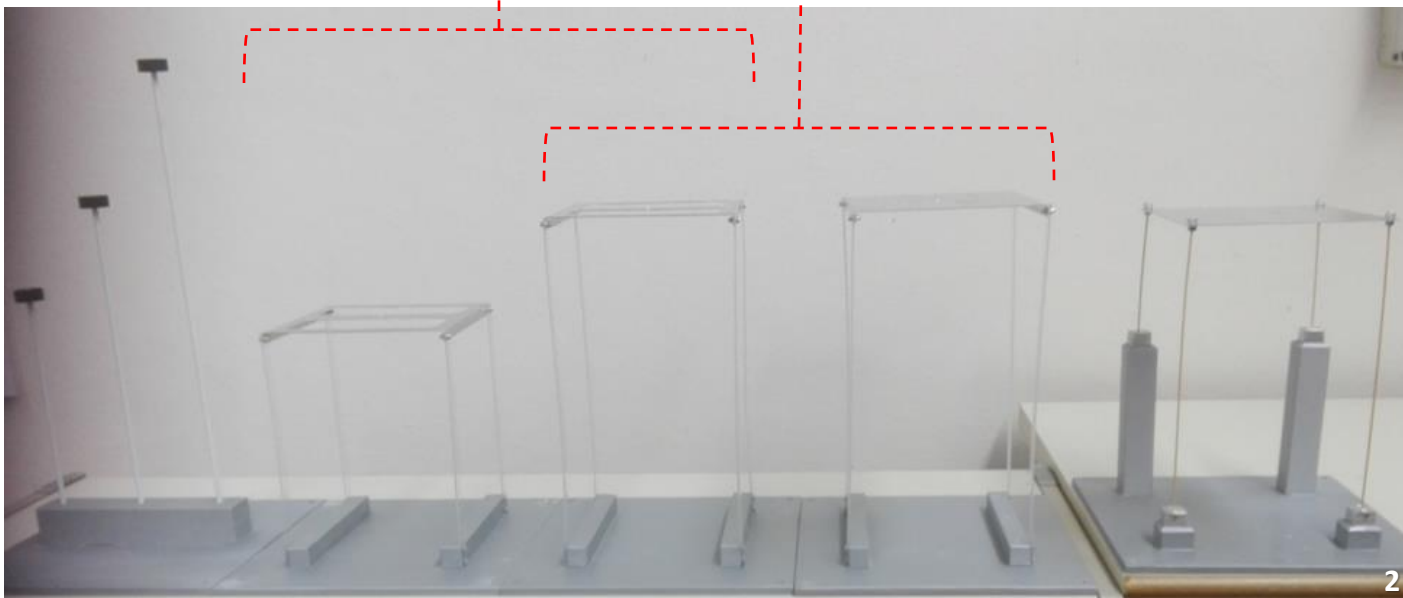
**Le due immagini che seguono danno una visione d'insieme di uno dei tre kit di n. 7 modelli, con didascalie sintetiche relative a loro sommarie caratteristiche.**

Modello composto da tre oscillatori semplici con massa concentrata su diversa altezza di colonne incastrate alla base

Modelli regolari a un piano con uguale rigidità e diversa massa di impalcato

Modelli regolari a un piano con diversa rigidità e ugual massa di impalcato

Modello a un piano con configurazione strutturale irregolare in pianta





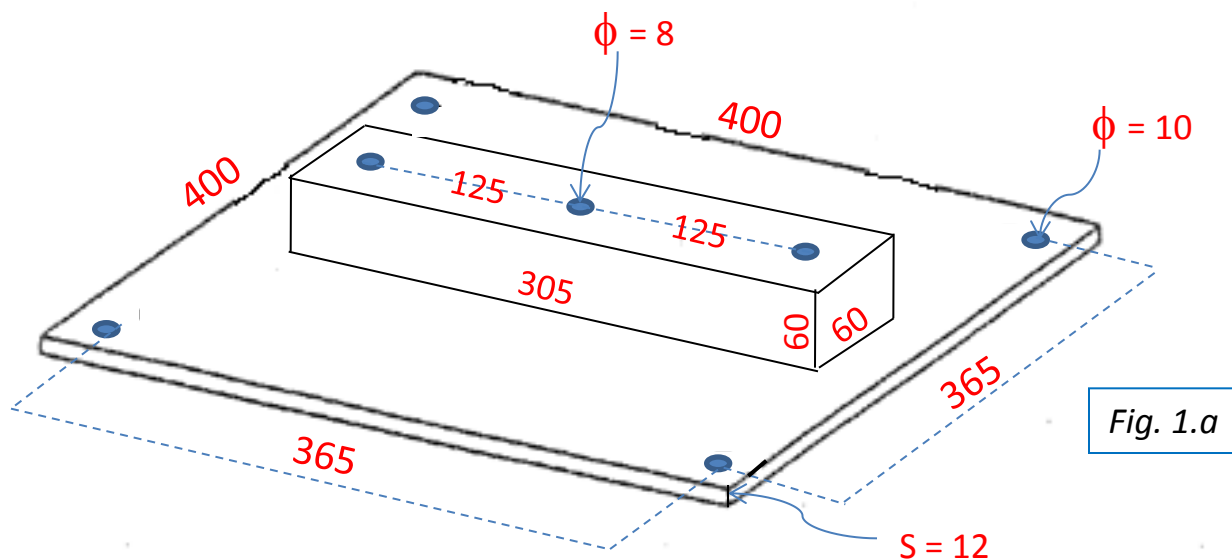
Due modelli regolari a tre piani con rigidzze paragonabili e masse diversificate

Nei successivi paragrafi vengono fornite diverse descrizioni di dettaglio sui materiali impiegati e sulle dimensioni dei vari componenti di ciascun modello (lunghezze in **mm**)

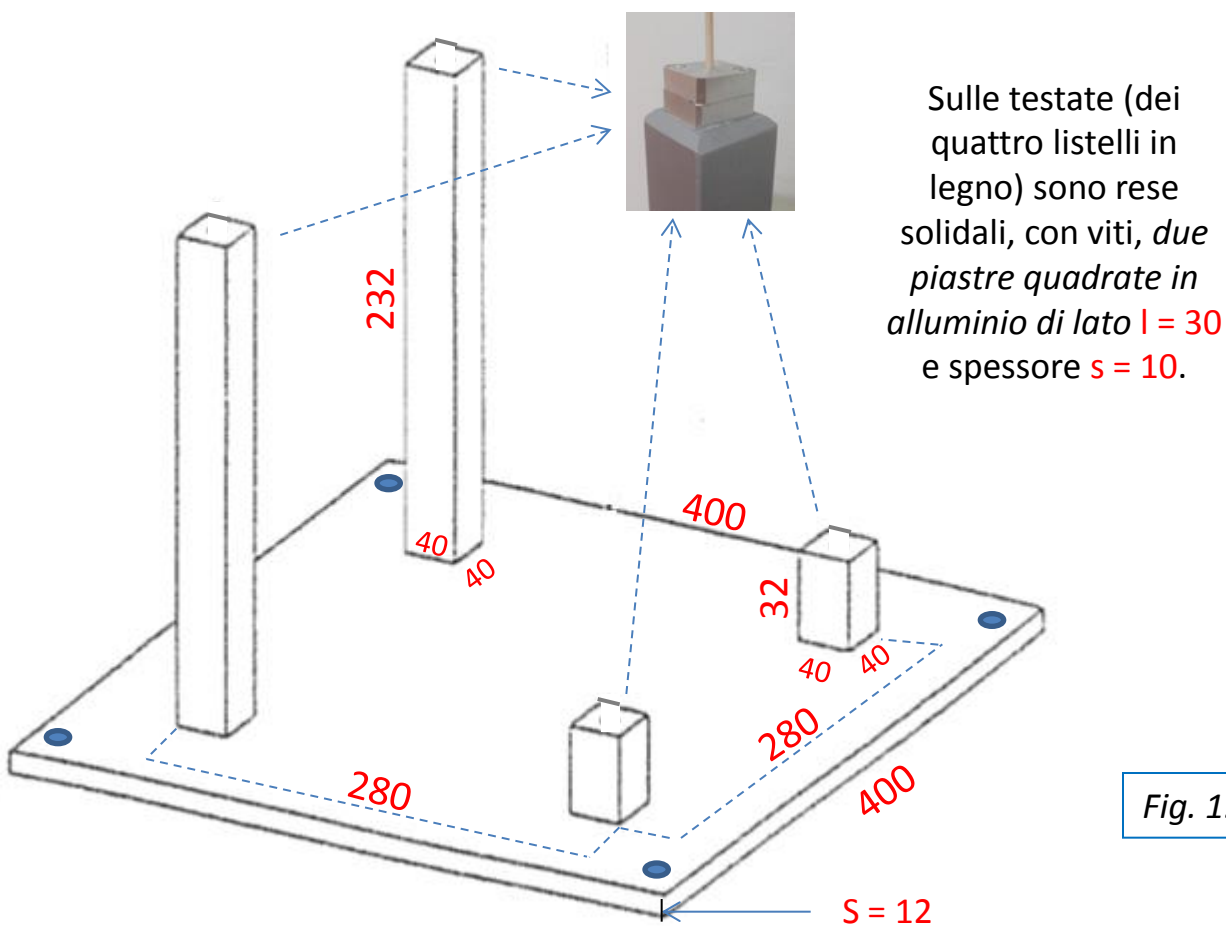
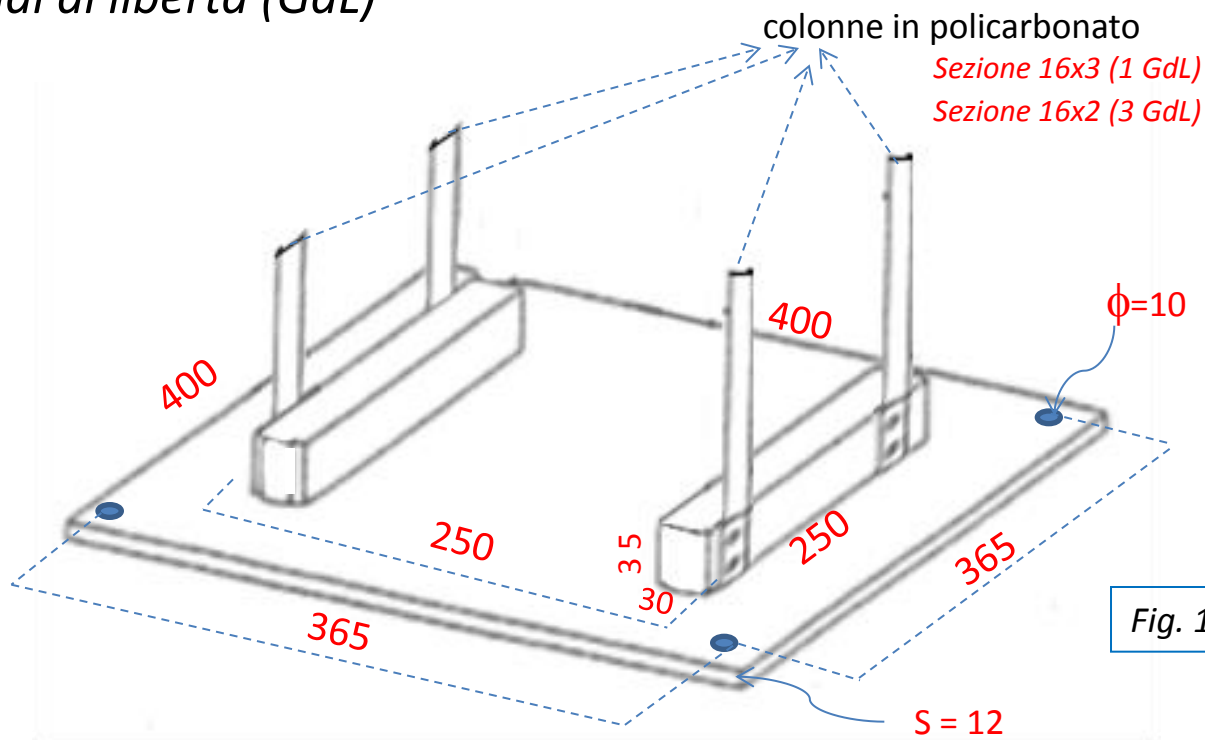
## 1. Fondazioni dei modelli

Base quadrata in compensato (lato di 400 e spessore di 12), con quattro fori in prossimità dei vertici per il possibile alloggiamento sulla tavola vibrante, integrata con listelli di legno incollati alla stessa base con posizioni/descrizioni illustrate nelle figure:

### 1.a – base per oscillatori semplici



# 1.b – base per configurazioni strutturali regolari a uno o più gradi di libertà (GdL)



## 2. Strutture in elevazione

### 2.a – Oscillatori semplici (*approssimazioni* di oscillatori semplici)

Cilindro in acciaio, forato:

$$\phi_e = 40$$

$$\phi_i = 8$$

$$h = 17$$

$$158 \text{ g}$$

Lunghezze compressive  
delle tre aste  
(tondo pieno PVC bianco

$$\phi = 8 - 0,87 \text{ g/cm):}$$

$$l_F = 385$$

$$l_E = 515$$

$$l_D = 705$$

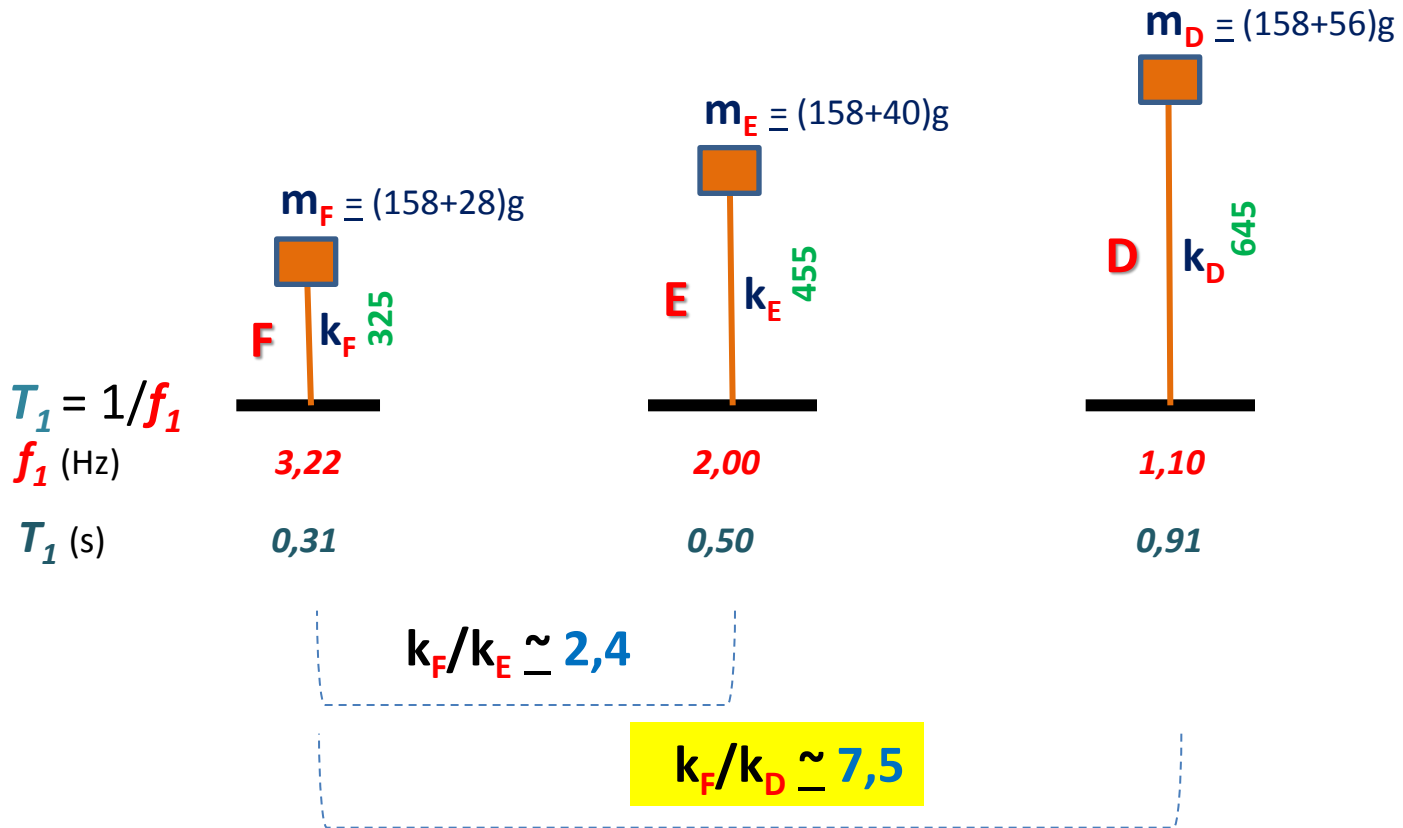
**F**

**E**

**D**

Fig. 2.a

Identificazione sperimentale delle frequenze proprie dei modelli mediante attivazione alla loro base di moti armonici semplici ad ampiezza costante e frequenza variabile



Rapporti *approssimativi* tra le RIGIDENZE flessionali delle colonne

$$f_1 = \sqrt{(k/m)}/2\pi$$

Per possibili sommarî confronti si può tenere presente anche la formula della rigidità « $k$ », per un pilastro «a mensola», in funzione di « $E$ » (modulo di elasticità), « $J$ » (momento di inerzia della sezione) e « $h$ » (lunghezza libera di inflessione)

$$k = 3EJ/h^3$$

« $E$ » e « $J$ » hanno uguali valori per i tre oscillatori in esame e, quindi:

$$k_F/k_E = (h_E/h_F)^3$$

$$k_F/k_D = (h_D/h_F)^3$$

## 2.b.1 – Configurazioni strutturali regolari a 1 GdL

$$T_1 = 1/f_1$$

*approssimazioni* di oscillatori semplici

$$f_1 = \sqrt{(k/m)}/2\pi$$

[**IMPALCATO 282 g**: LASTRA QUADRATA PIENA in alluminio 250X250, spessore  $s = 2$ , con risvolti ad angolo retto - su due lati paralleli - di altezza 15 per i vincoli di collegamento con le colonne]

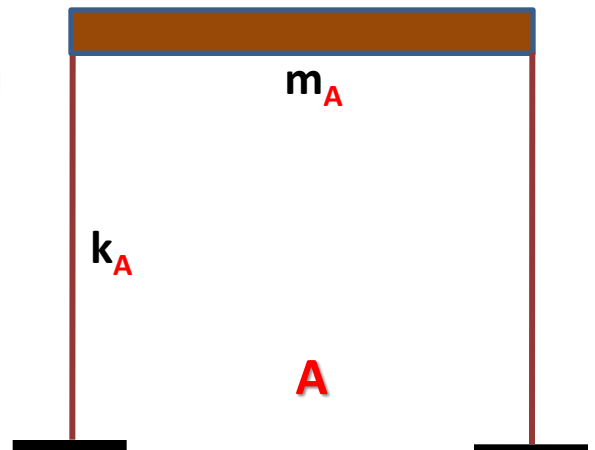
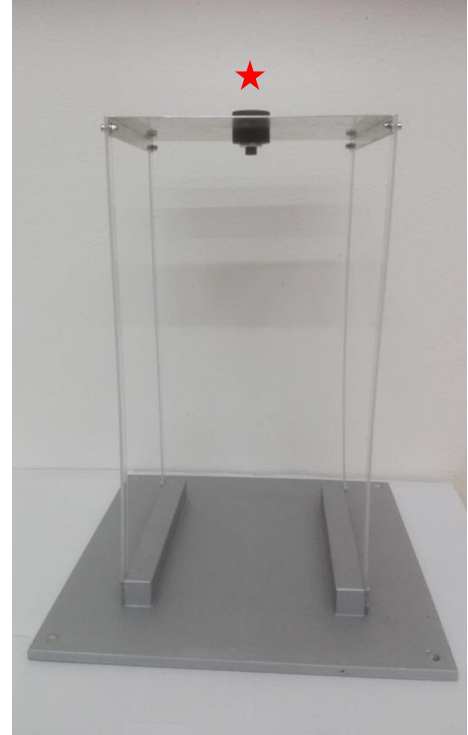
[**COLONNE**: PIATTINA in policarbonato]

Sezione colonne 16 x 3

Altezza netta colonne 443

Impalcato 282 g; colonne 96 g; quattro perni con viti 12 g [ $\Sigma 390 \text{ g} = m_A$ ]

Con sovraccarico di **273 g**:  
[ $m'_A = 663 \text{ g} (= 390+273)$ ]



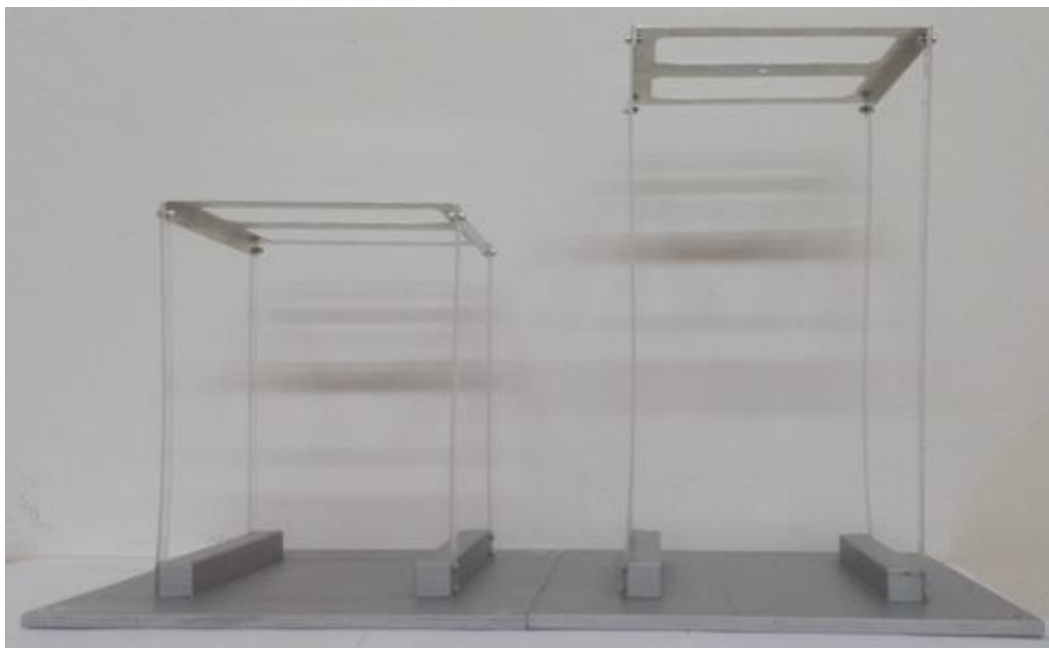
$$T_1^A = 0,67\text{s}; f_1^A = 1,50\text{Hz}$$

$$T_1'^A = 1,00\text{s}; f_1'^A = 1,00\text{Hz}$$

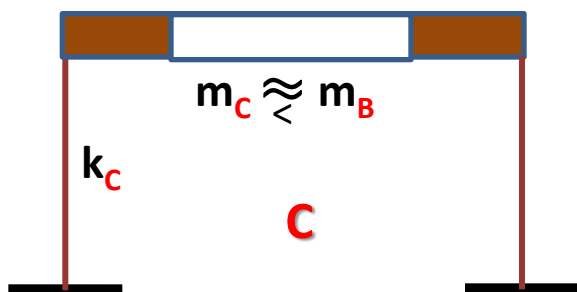


Fig. 2.b.1.a

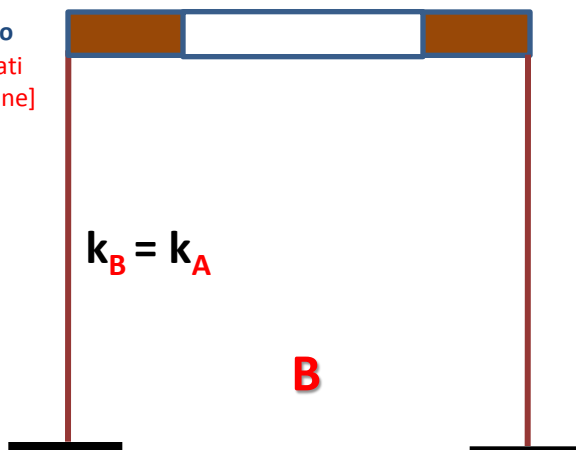
**N.B.** Il sovraccarico, pari a 273 g, è lo stesso che si può utilizzare sul modello a tre piani con impalcati leggeri (per esperimento con distribuzione dissimetrica delle masse in alzato).



[**IMPALCATO 144 g**: LASTRA QUADRATA BUCATA in alluminio  
250X250, spessore  $s = 2$ , con risvolti ad angolo retto - su due lati  
paralleli - di altezza 15 per i vincoli di collegamento con le colonne]



$$T_1^C = 0,25s; f_1^C = 4,00Hz$$



$$T_1^B = 0,48s; f_1^B = 2,10Hz$$

Sezione colonne 16x3

Altezza netta colonne 294

Impalcato 144g; colonne 65g;  
quattro perni con viti 12g

$$[\Sigma 221 g = m_C]$$

Sezione colonne 16x3

Altezza netta colonne 443

Impalcato 144g; colonne 96g;  
quattro perni con viti 12g

$$[\Sigma 252 g = m_B]$$

**Rapporto approssimativo tra le RIGIDEZZE delle colonne  $k_C/k_B \approx 3,2$**



Invece, nel raffronto tra i modelli **A** e **B**, essendo  $k_B = k_A$ , con sovraccarico pari a **138 g** [=  $282 - 144 = m_B - m_A$ ], per  $T_1^B$  ed  $f_1^B$  si ritrovano i precedenti valori del modello **A**:  $T_1^A = 0,67s$  ed  $f_1^A = 1,50Hz$



Fig. 2.b.1.b



## 2.b.2 – Configurazioni strutturali regolari a 3 GdL

Due modelli a tre piani ( $G_1$  e  $G_2$ ) di identiche dimensioni in pianta e in alzato, con colonne uguali (per materiale e sezione), ma con *diversi* impalcati.

[COLONNE: PIATTINA in policarbonato, sezione 2x16]

Altezza (dallo spiccatto di fondazione)  $H = 720$  e  $25$  g

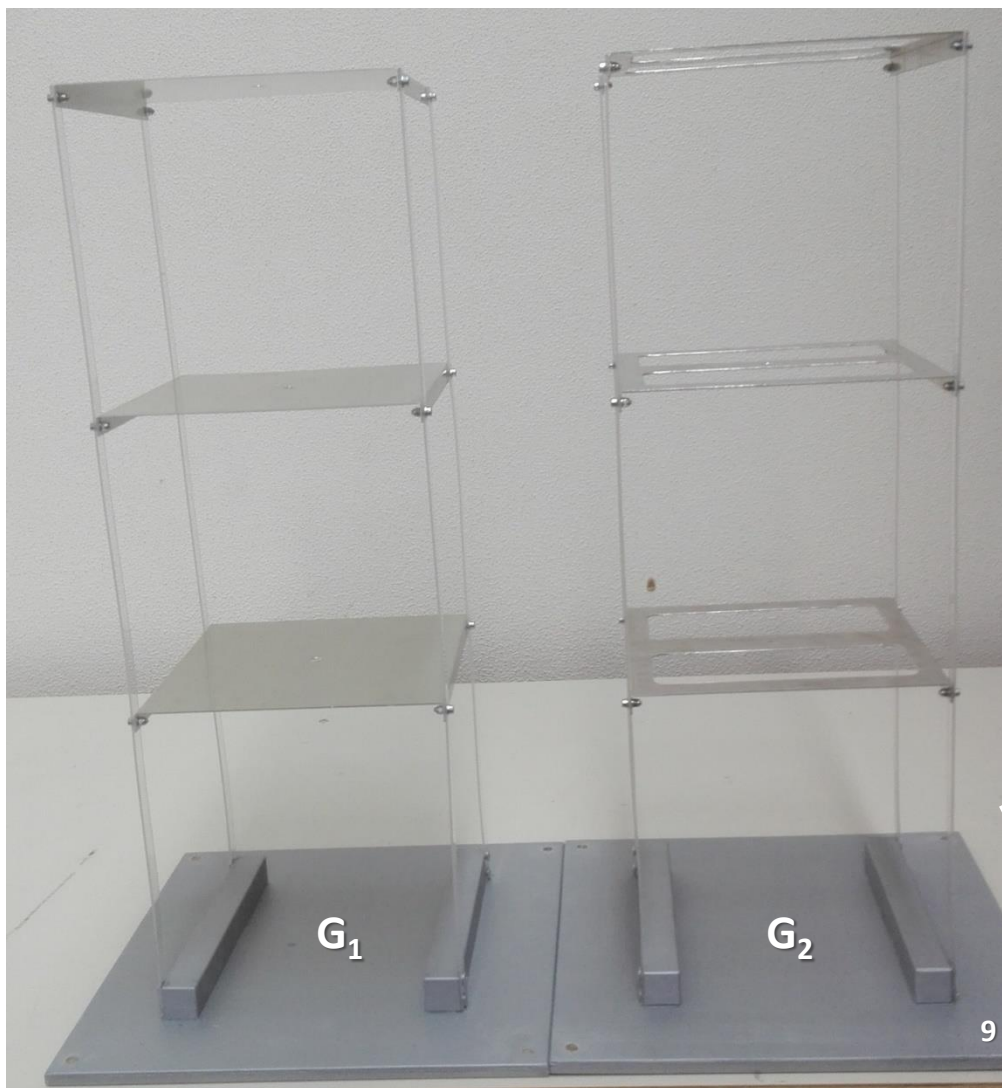
Altezza netta di interpiano  $h = 224$

[1 IMPALCATO ( $G_1$ ) 282 g:

LASTRA QUADRATA PIENA in alluminio 250X250, spessore  $s=2$ , con risvolti ad angolo retto - su due lati paralleli - di altezza 15 per i vincoli di collegamento con le colonne]

[1 IMPALCATO ( $G_2$ ) 144 g:

LASTRA QUADRATA FORATA in alluminio 250X250, spessore  $s=2$ , con risvolti ad angolo retto - su due lati paralleli - di altezza 15 per i vincoli di collegamento con le colonne]



# Masse vibranti

## Modello $G_1$

Totale 982 g

[100 g + 36 g + 846 g: 4 colonne + 12 perni con viti + 3 impalcati pieni]

327 g: massa attribuita a ogni impalcato

## Modello $G_2$

Totale 571 g

[100 g + 36 g + 435 g: 4 colonne + 12 perni con viti + 3 impalcati alleggeriti]

190 g: massa attribuita a ogni impalcato

## Frequenze dei modi di vibrare

### Modello $G_1$

1° modo  $f_1 = 0,86$  Hz

2° modo  $f_2 = 2,52$  Hz

3° modo  $f_3 = 3,88$  Hz

### Modello $G_2$

1° modo  $f_1 = 1,30$  Hz

2° modo  $f_2 = 3,78$  Hz

3° modo  $f_3 = > \text{di } 4,84$  Hz

Con sovraccarico di 137 g [= 327 – 190], pari al +72,1%, posizionato su ciascuno dei tre impalcati (Fig. 2.b.1.b) si ritrovano i tre valori di frequenza del modello  $G_1$

1° modo  $f'_1 = 0,86$  Hz

2° modo  $f'_2 = 2,52$  Hz

3° modo  $f'_3 = 3,88$  Hz

A parità di massa globale, con sovraccarico posizionato in dissimmetria verticale: es. concentrando sul secondo impalcato anche il sovraccarico del primo, per 273 g (Fig. 2.b.1.a), si manifesta anomalia al terzo piano per  $f''_2$

1° modo  $f''_1 = 0,80$  Hz

2° modo  $f''_2 = 2,86$  Hz

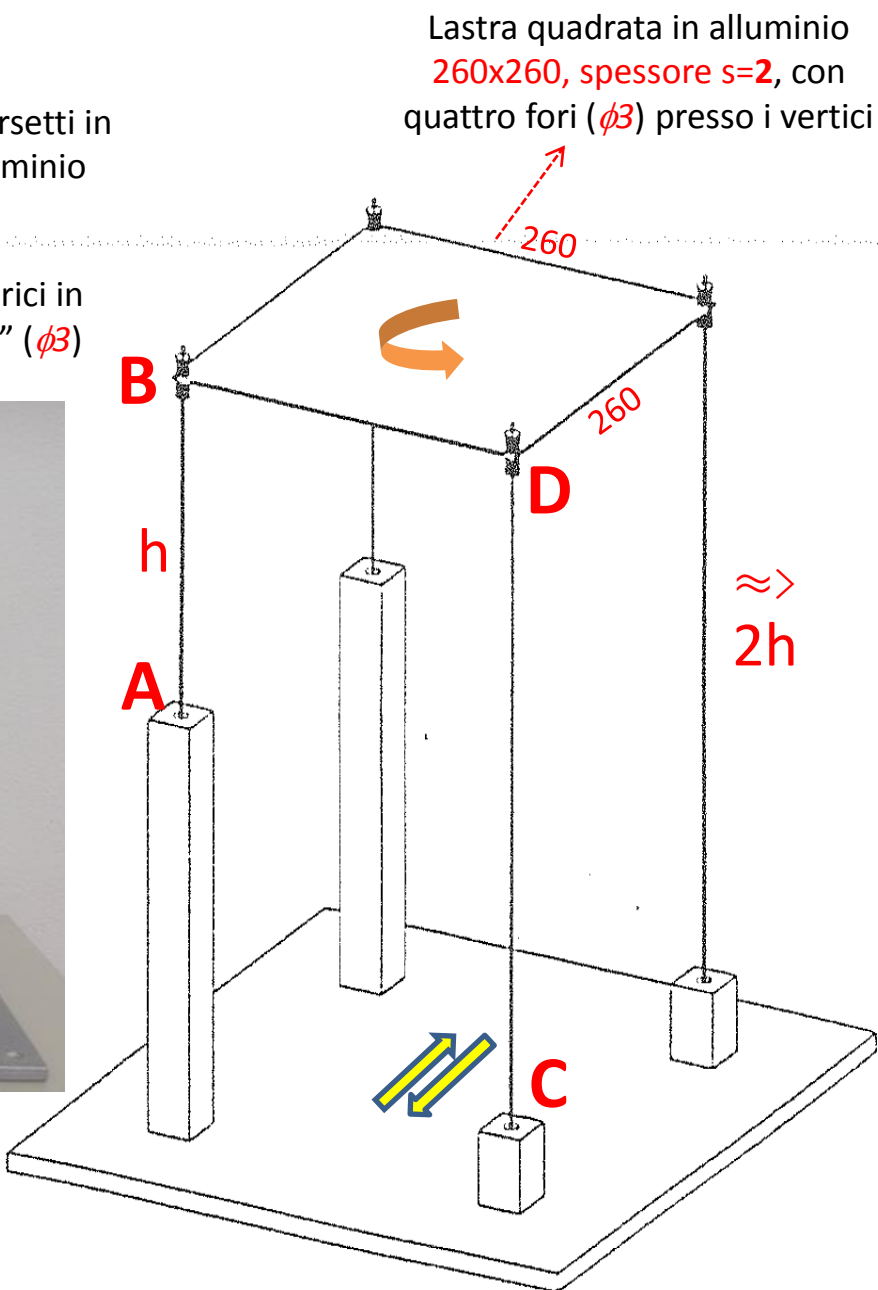
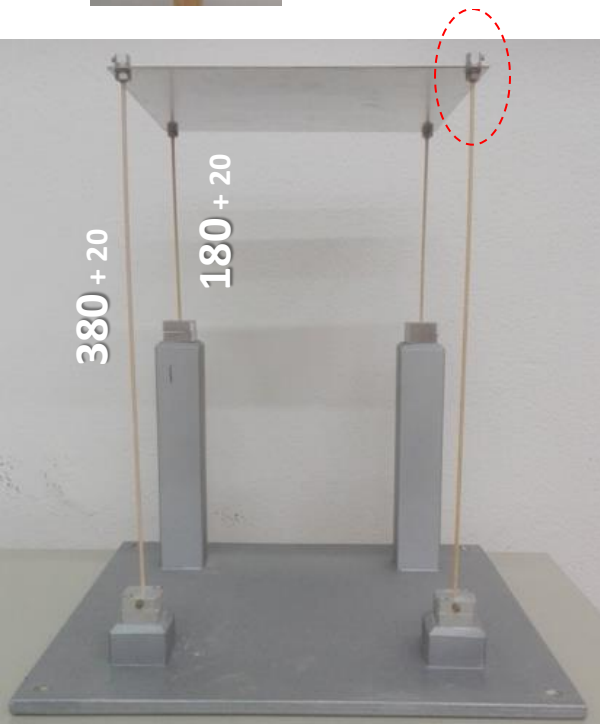
3° modo  $f''_3 = \text{????}$  Hz

## 2.c – Configurazione strutturale *irregolare* (Esempio di *irregolarità strutturale in pianta*)



Morsetti in alluminio

Pilastrini cilindrici in legno "ramino" ( $\phi 3$ )



Il pilastro **AB** è molto più rigido del pilastro **CD**

L'impalcato ha tre gradi di libertà (due spostamenti e una rotazione) e non si tratta quindi di oscillatore semplice.

*Il primo dei tre modi di oscillare risulta di tipo torsionale ad una frequenza  $f = 3,10$  Hz.*