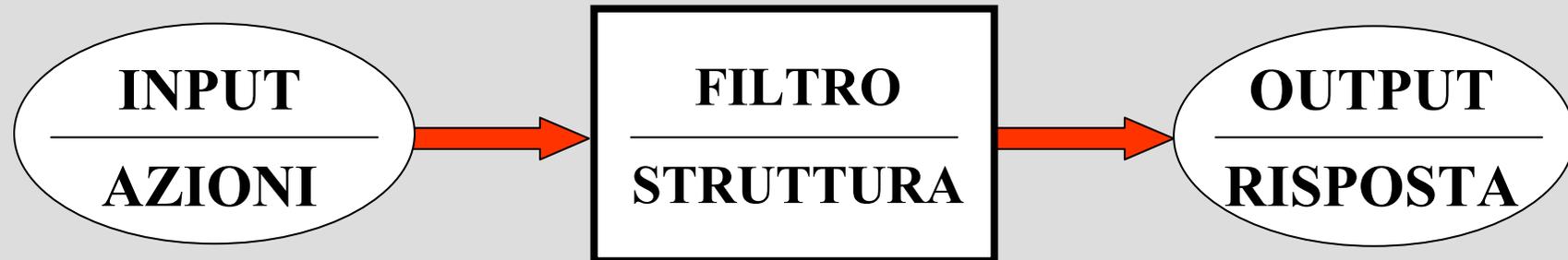


LEZIONE 1

IL PROGETTO STRUTTURALE

Parte 2. La modellazione

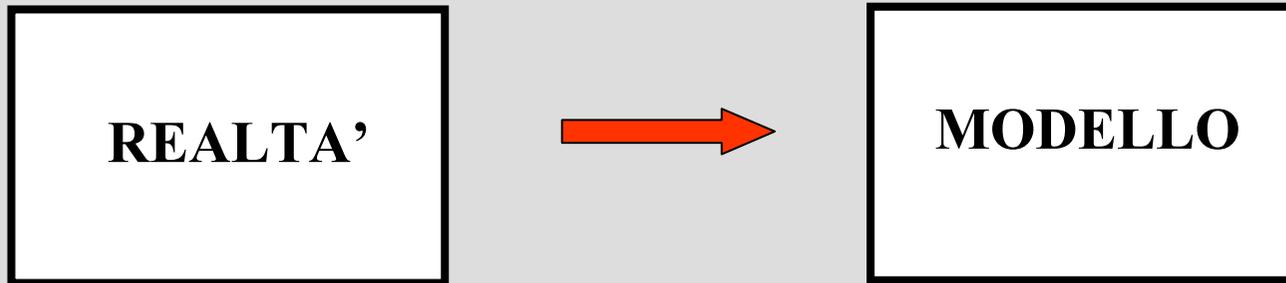
LA MODELLAZIONE



MA COME DESCRIVERE LA REALTA'?

LA MODELLAZIONE

**LA REALTA' E' MOLTO COMPLESSA:
E' NECESSARIO SCHEMATIZZARLA!**



LA MODELLAZIONE

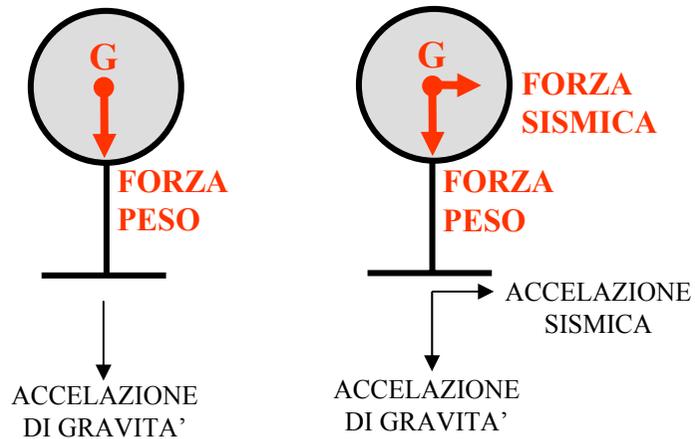


LA MODELLAZIONE DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA

FORZE DI MASSA

SONO FORZE DI VOLUME APPLICATE AD OGNI PUNTO MATERIALE DI UN SOLIDO

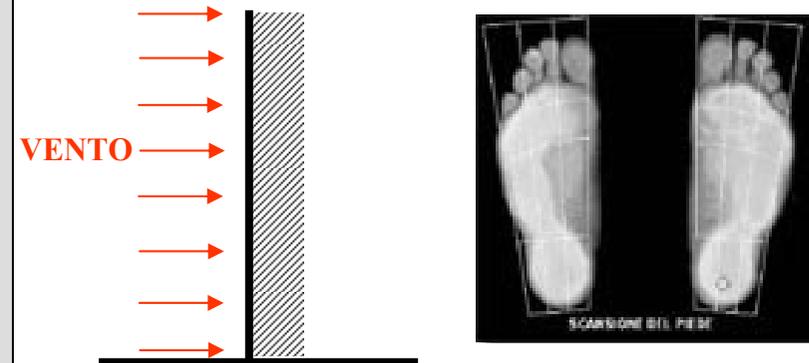
Es.: carichi gravitazionali (pesi) e forze sismiche



FORZE DI CONTATTO

SONO FORZE DI CONTATTO CHE SI TRASMETTONO ATTRAVERSO LA SUPERFICIE DI CONTORNO DI UN SOLIDO

Es.: solidi e fluidi (vento e acqua) in contatto con la struttura



LA MODELLAZIONE DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA

FORZE DI MASSA

$$F = \textcircled{M*a} + S*v + K*s$$

LEGGE DI NEWTON

LA FORZA PESO

UNITA' DI MISURA DELLA MASSA: **Kg**

UNITA' DI MISURA DELLE ACCELERAZIONI: **m/s²**

UNITA' DI MISURA DELLA FORZA: **N**

$$[N] = [Kg] * [m/s^2]$$

Accelerazione di gravità = 9.81 m/s² ~ 10 m/s²

FORZA PESO: ad una massa di 10 Kg nel campo gravitazionale terrestre corrisponde una forza di circa 100 N

LA MODELLAZIONE DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA

FORZE DI MASSA

DENSITA'

RAPPORTO TRA MASSA E VOLUME DI UN CORPO

Kg/m^3

PESO SPECIFICO

RAPPORTO TRA PESO E VOLUME DI UN CORPO

N/m^3

PESO SPECIFICO MATERIALI EDILI

Materiale	KN/m^3
Metalli	
Alluminio, fuso	26
Rame, fuso	89
Acciaio, laminato	78
Calcestruzzo	
Normale	23
Leggero	12-17
Armato	24
Laterizio	16-20
Vetro, piastra	26
Terreno	
Argilla, asciutta	12
Argilla, umida	20
Sabbia, asciutta	14-17
Sabbia, umida	16-19

PESO SPECIFICO ACCIAIO:

$78 \text{ KN/m}^3 = 78000 \text{ N/m}^3$

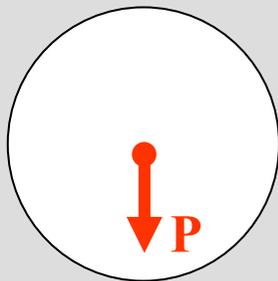
DENSITA' DELL'ACCIAIO:

7800 Kg/m^3

LA MODELLAZIONE DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA

FORZE DI MASSA

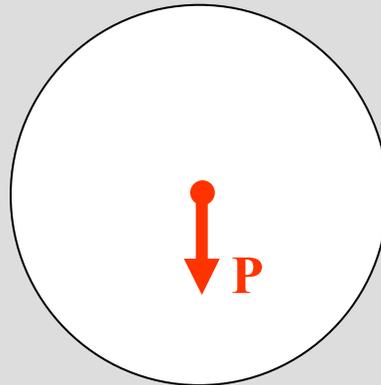
ACCIAIO



$$P = 1500 \text{ Kg}$$

$$V = 97 \text{ Kg}$$

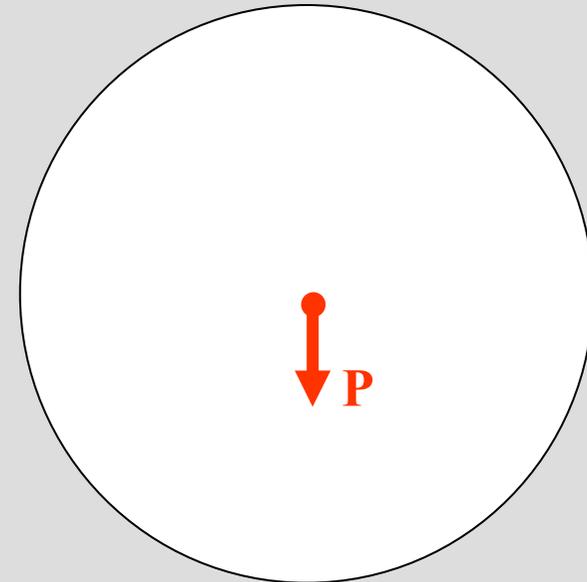
MARMO



$$P = 1500 \text{ Kg}$$

$$V = 188 \text{ Kg}$$

PLASTICA



$$P = 1500 \text{ Kg}$$

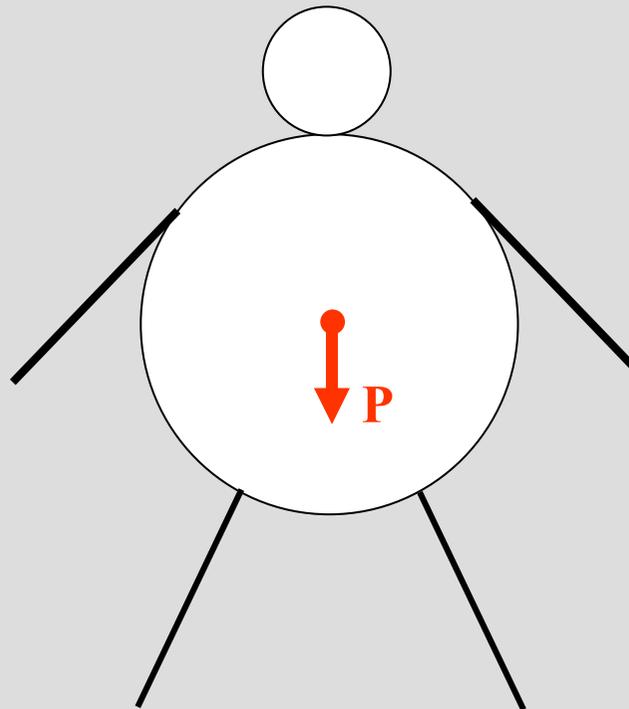
$$V = 435 \text{ Kg}$$

LA MODELLAZIONE DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA

FORZE DI MASSA

$$F = \text{M*a} + S*v + K*s$$

LEGGE DI NEWTON



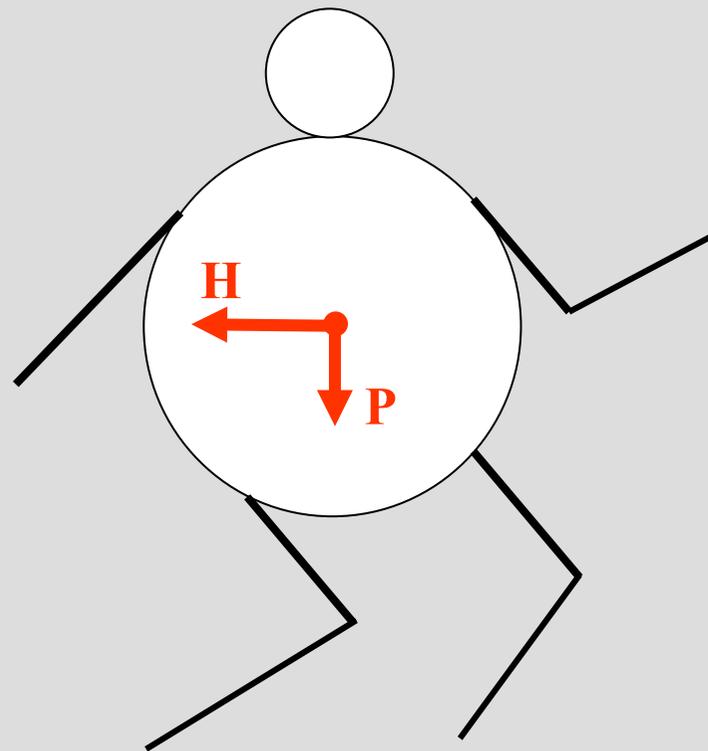
Un uomo di MASSA= 70 Kg
trasmette al suolo una forza di
700 N.

MA NON ESISTE SOLO LA ACCELERAZIONE DI GRAVITA'!

FORZE DI MASSA

$$F = \textcircled{M*a} + S*v + K*s$$

LEGGE DI NEWTON

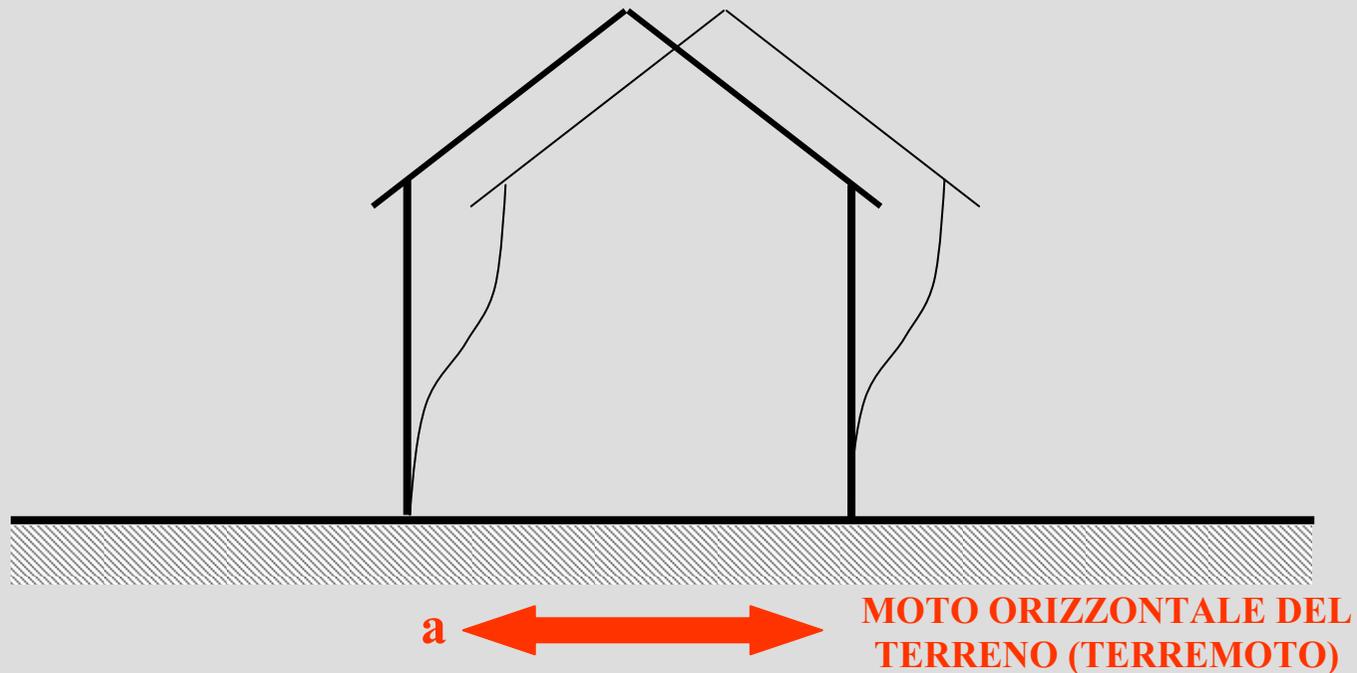


LA MODELLAZIONE DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA

FORZE DI MASSA

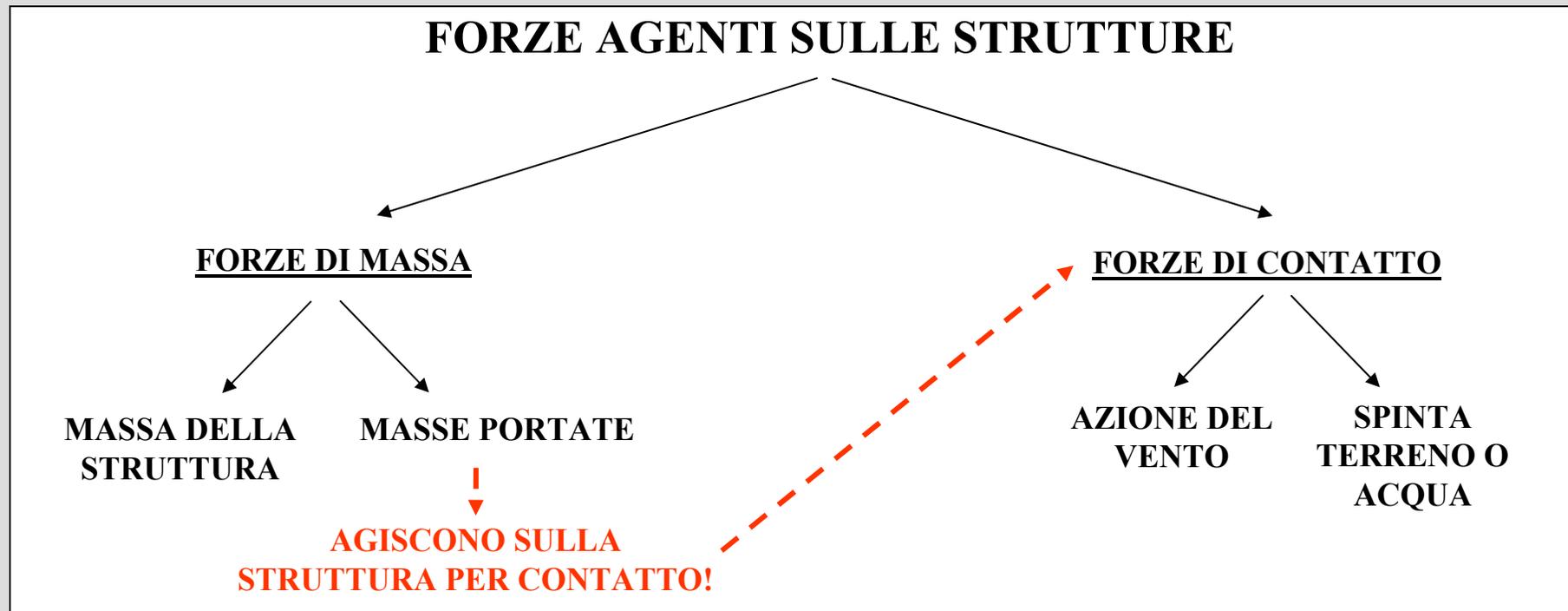
$$F = \mathbf{M} * \mathbf{a} + \mathbf{S} * \mathbf{v} + \mathbf{K} * \mathbf{s}$$

LEGGE DI NEWTON



LA MODELLAZIONE DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA

FORZE DI CONTATTO



CARICHI DISTRIBUITI

- FORZE PER UNITA' DI SUPERFICIE (N/m^2)
- FORZE PER UNITA' DI LUNGHEZZA (N/m)

CARICHI CONCENTRATI

FORZE (N)

FORZE DI CONTATTO

TRASMISSIONE DEL CARICO DIPENDE DALLA SCALA DI OSSERVAZIONE

CARICO DISTRIBUITO SU UNA SUPERFICIE
(N/m^2)

Massa applicata:

$M = 900 \text{ kg}$ (es.: neve)

Forza applicata:

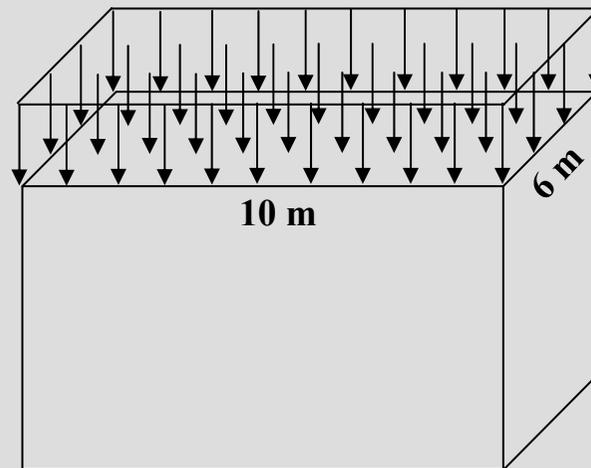
$F = M \cdot a = 900 \text{ [kg]} \cdot 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]} = 9000 \text{ N}$

Area della superficie su cui grava la massa:

$A = 10 \text{ [m]} \cdot 6 \text{ [m]} = 60 \text{ m}^2$

Carico distribuito:

$q_s = F/A = 9000 \text{ [N]} / 60 \text{ [m}^2\text{]} = \mathbf{150 \text{ N/m}^2}$



LA MODELLAZIONE DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA

FORZE DI CONTATTO

TRASMISSIONE DEL CARICO DIPENDE DALLA SCALA DI OSSERVAZIONE

CARICO DISTRIBUITO SU UNA SUPERFICIE
(N/m^2)

Massa applicata:

$$M = 900 \text{ kg (es.: neve)}$$

Forza applicata:

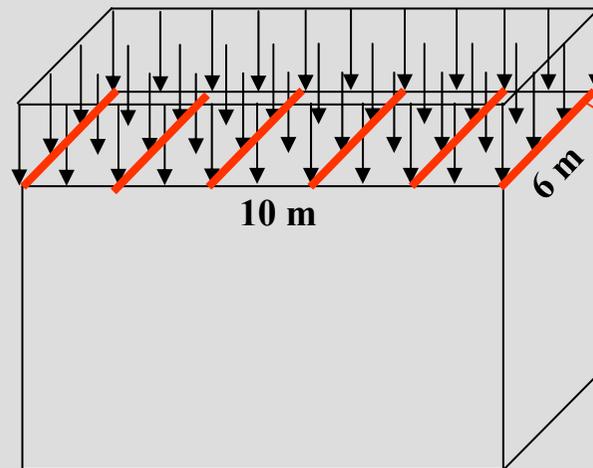
$$F = M \cdot a = 900 \text{ [kg]} \cdot 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]} = 9000 \text{ N}$$

Area della superficie su cui grava la massa:

$$A = 10 \text{ [m]} \cdot 6 \text{ [m]} = 60 \text{ m}^2$$

Carico distribuito:

$$q_s = F/A = 9000 \text{ [N]} / 60 \text{ [m}^2\text{]} = \mathbf{150 \text{ N/m}^2}$$



TRAVI PRINCIPALI

LA MODELLAZIONE DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA

FORZE DI CONTATTO

TRASMISSIONE DEL CARICO DIPENDE DALLA SCALA DI OSSERVAZIONE

CARICO DISTRIBUITO SU UNA LINEA
(N/m)

Massa applicata:

$$M = 900 \text{ kg (es.: neve)}$$

Forza applicata:

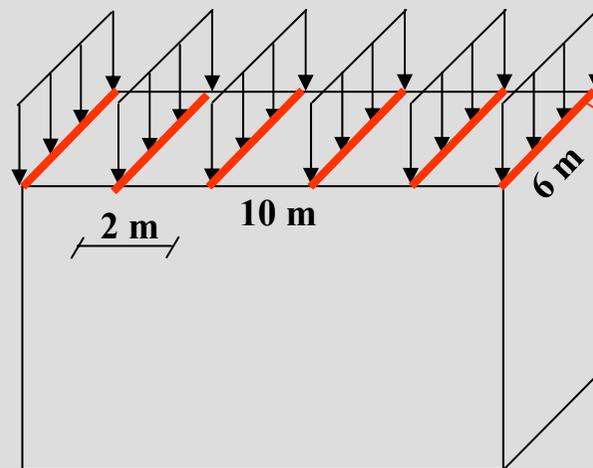
$$F = M \cdot a = 900 \text{ [kg]} \cdot 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]} = 9000 \text{ N}$$

Lunghezza totale su cui grava la massa:

$$L = (4 \text{ [n}^\circ\text{ travi centrali]} + 0.5 \cdot 2 \text{ [n}^\circ\text{ travi laterali]}) \cdot 6 \text{ [m]} = 30 \text{ m}$$

Carico distribuito:

$$q_l = F/L = 9000 \text{ [N]} / 30 \text{ [m]} = \mathbf{300 \text{ N/m}}$$



TRAVI PRINCIPALI

NOTA: $q_s = F/A = 9000 \text{ [N]} / 60 \text{ [m}^2\text{]} = \mathbf{150 \text{ N/m}^2}$ $q_l = q_s \cdot i = 150 \text{ [N/m}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [m]} = \mathbf{300 \text{ N/m}}$

LA MODELLAZIONE DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA

FORZE DI CONTATTO

TRASMISSIONE DEL CARICO DIPENDE DALLA SCALA DI OSSERVAZIONE

CARICO DISTRIBUITO SU UNA LINEA
(N/m)

Massa applicata:

$$M = 900 \text{ kg (es.: neve)}$$

Forza applicata:

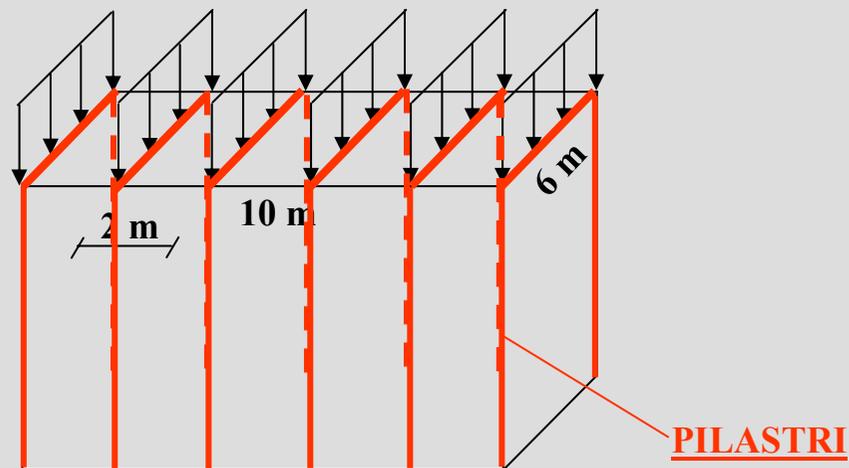
$$F = M \cdot a = 900 \text{ [kg]} \cdot 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]} = 9000 \text{ N}$$

Lunghezza lineare su cui grava la massa:

$$L = 5[\text{n}^\circ \text{travi}] \cdot 6 \text{ [m]} = 30 \text{ m}$$

Carico distribuito:

$$q_l = F/L = 9000 \text{ [N]} / 30 \text{ [m]} = \mathbf{300 \text{ N/m}}$$



NOTA: $q_s = F/A = 9000 \text{ [N]} / 60 \text{ [m}^2\text{]} = \mathbf{150 \text{ N/m}^2}$ $q_l = q_s \cdot i = 150 \text{ [N/m}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [m]} = \mathbf{300 \text{ N/m}}$

FORZE DI CONTATTO

TRASMISSIONE DEL CARICO DIPENDE DALLA SCALA DI OSSERVAZIONE

CARICO CONCENTRATO

(N)

Massa applicata:

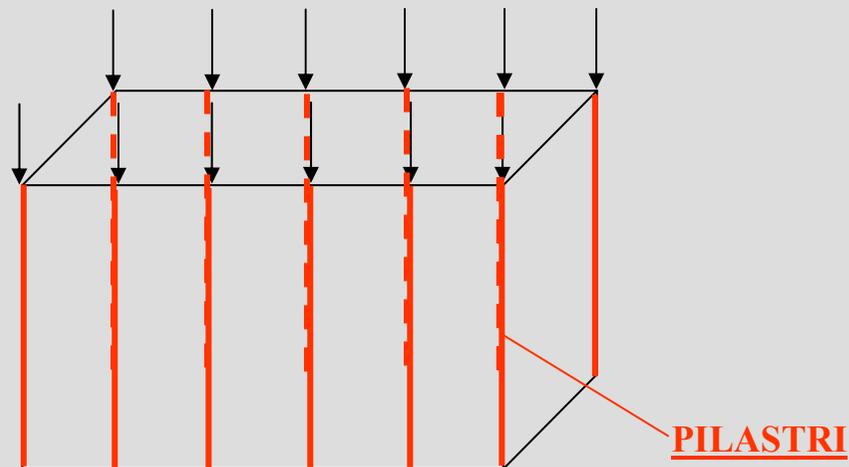
$M = 900 \text{ kg}$ (es.: neve)

Forza applicata:

$F = M \cdot a = 900 \text{ [kg]} \cdot 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]} = 9000 \text{ N}$

Carico concentrato:

$q_c = F/n = 9000 \text{ [N]} / 12 \text{ [n}^\circ \text{ appoggi]} = 750 \text{ N}$



NOTA: $q_s = F/A = 9000 \text{ [N]} / 60 \text{ [m}^2\text{]} = 150 \text{ N/m}^2$ $q_l = q_s \cdot i = 150 \text{ [N/m}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [m]} = 300 \text{ N/m}$ $q_c = q_l \cdot l/2 = 250 \text{ [N/m}^2\text{]} \cdot 3 \text{ [m]} = 750 \text{ N/m}$

LA MODELLAZIONE DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA

FORZE DI CONTATTO

TRASMISSIONE DEL CARICO DIPENDE DALLA SCALA DI OSSERVAZIONE

CARICO CONCENTRATO

(N)

Massa applicata:

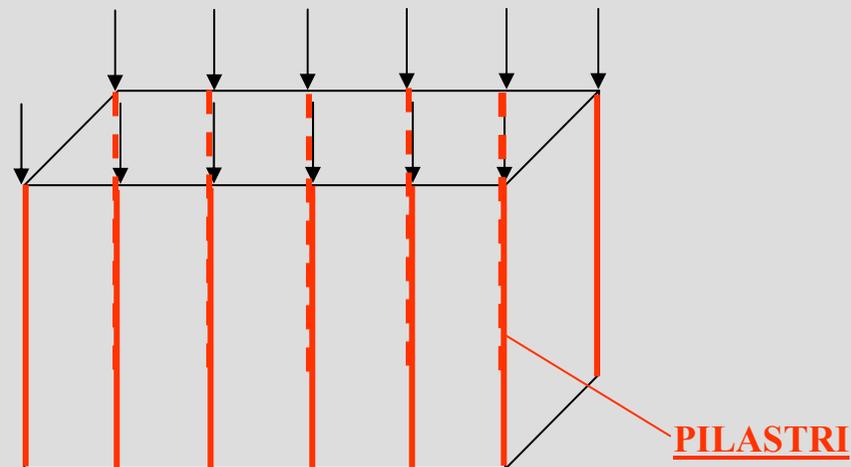
$M = 900 \text{ kg}$ (es.: neve)

Forza applicata:

$F = M \cdot a = 900 \text{ [kg]} \cdot 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]} = 9000 \text{ N}$

Carico concentrato:

$q_c = F/n = 9000 \text{ [N]} / 12 \text{ [n}^\circ \text{ appoggi]} = 750 \text{ N}$



NOTA: $q_s = F/A = 9000 \text{ [N]} / 60 \text{ [m}^2\text{]} = 150 \text{ N/m}^2$ $q_l = q_s \cdot i = 150 \text{ [N/m}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [m]} = 250 \text{ N/m}$ $q_c = q_l \cdot l/2 = 250 \text{ [N/m}^2\text{]} \cdot 3 \text{ [m]} = 750 \text{ N/m}$

LA MODELLAZIONE DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA

FORZE DI CONTATTO

TRASMISSIONE DEL CARICO DIPENDE DALLA SCALA DI OSSERVAZIONE

CARICO CONCENTRATO

(N)

Massa applicata:

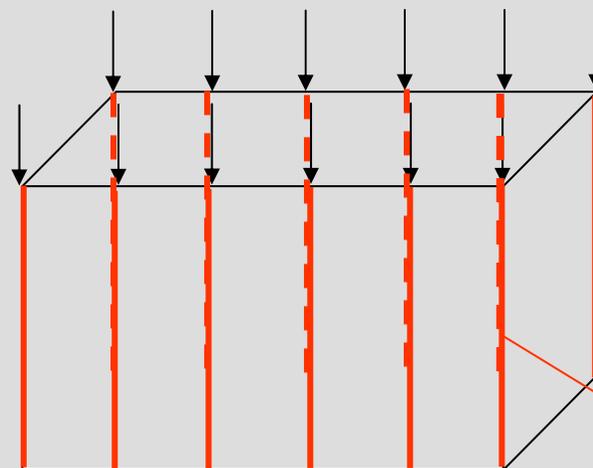
$M = 900 \text{ kg}$ (es.: neve)

Forza applicata:

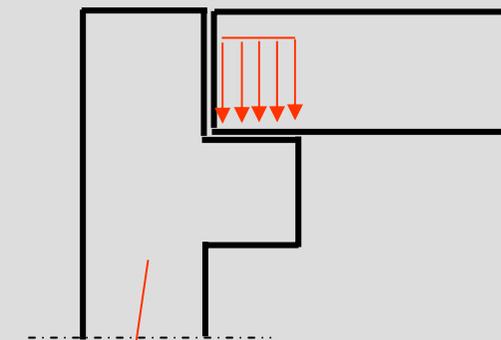
$F = M \cdot a = 900 \text{ [kg]} \cdot 9.81 \text{ [m/s}^2\text{]} = 9000 \text{ N}$

Carico concentrato:

$q_c = F/n = 9000 \text{ [N]} / 12 \text{ [n}^\circ \text{ appoggi]} = 750 \text{ N}$



CARICO DISTRIBUITO!

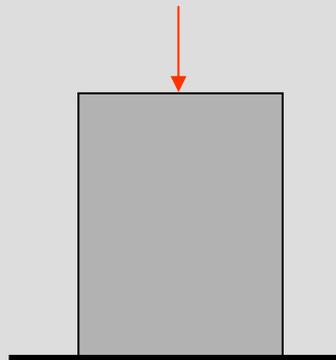


PILASTRI

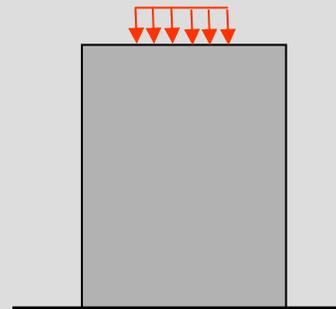
NOTA: $q_s = F/A = 9000 \text{ [N]} / 60 \text{ [m}^2\text{]} = 150 \text{ N/m}^2$ $q_l = q_s \cdot i = 150 \text{ [N/m}^2\text{]} \cdot 2 \text{ [m]} = 250 \text{ N/m}$ $q_c = q_l \cdot l/2 = 250 \text{ [N/m}^2\text{]} \cdot 3 \text{ [m]} = 750 \text{ N/m}$

LA MODELLAZIONE DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA

TRASMISSIONE DEL CARICO
DIPENDE DALLA FORMA

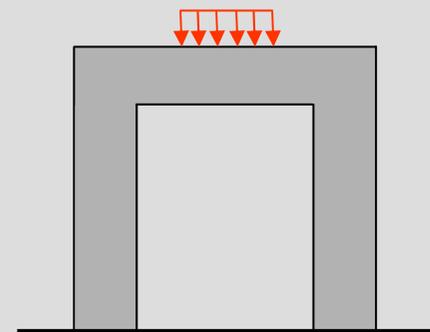


CARICO
CONCENTRATO

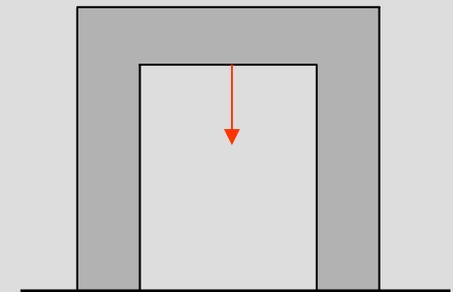


CARICO
DISTRIBUITO

TRASMISSIONE DEL CARICO
DIPENDE DALLA CONNESSIONE



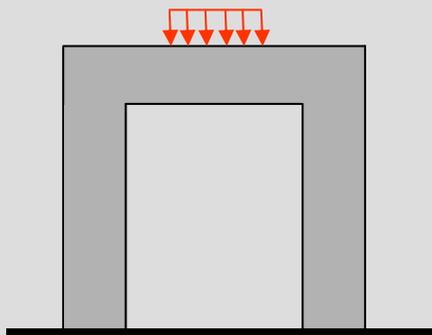
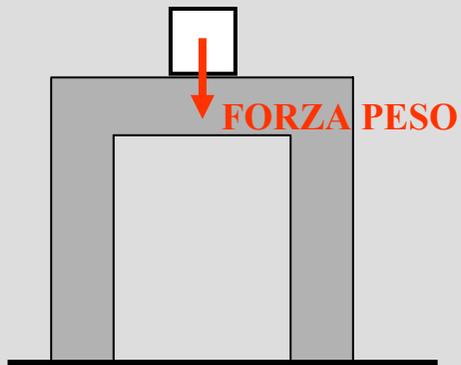
CARICO
DISTRIBUITO



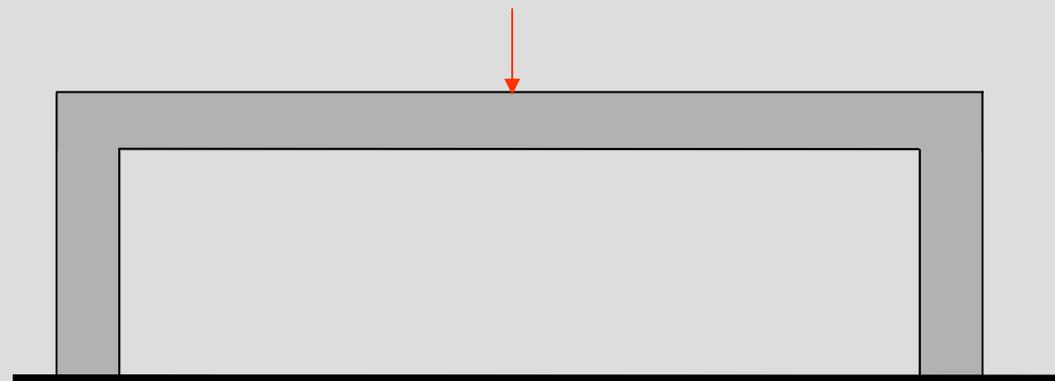
CARICO
CONCENTRATO

LA MODELLAZIONE DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA

TRASMISSIONE DEL CARICO DIPENDE DAL RAPPORTO TRA DIMENSIONE DELLA STRUTTURA E DIMENSIONE DEL CARICO

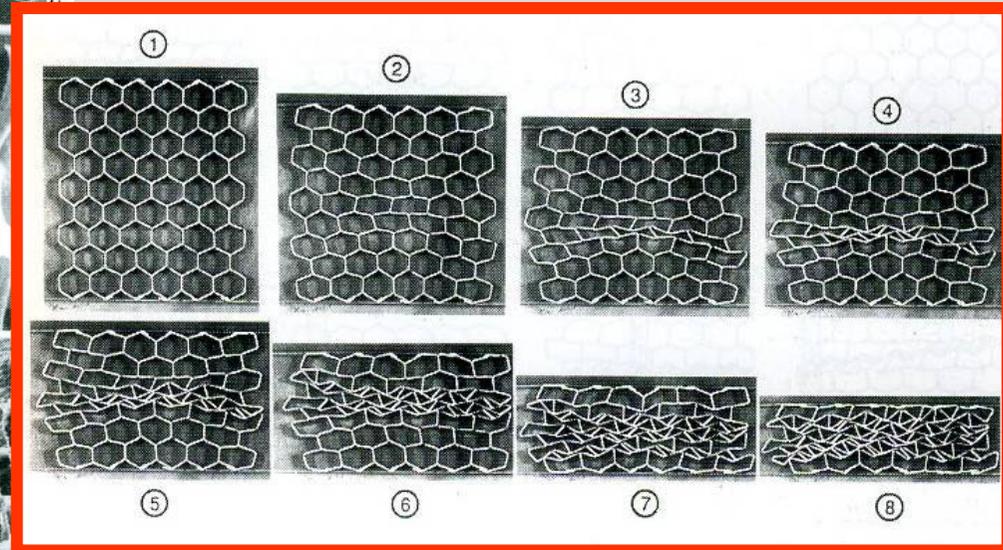
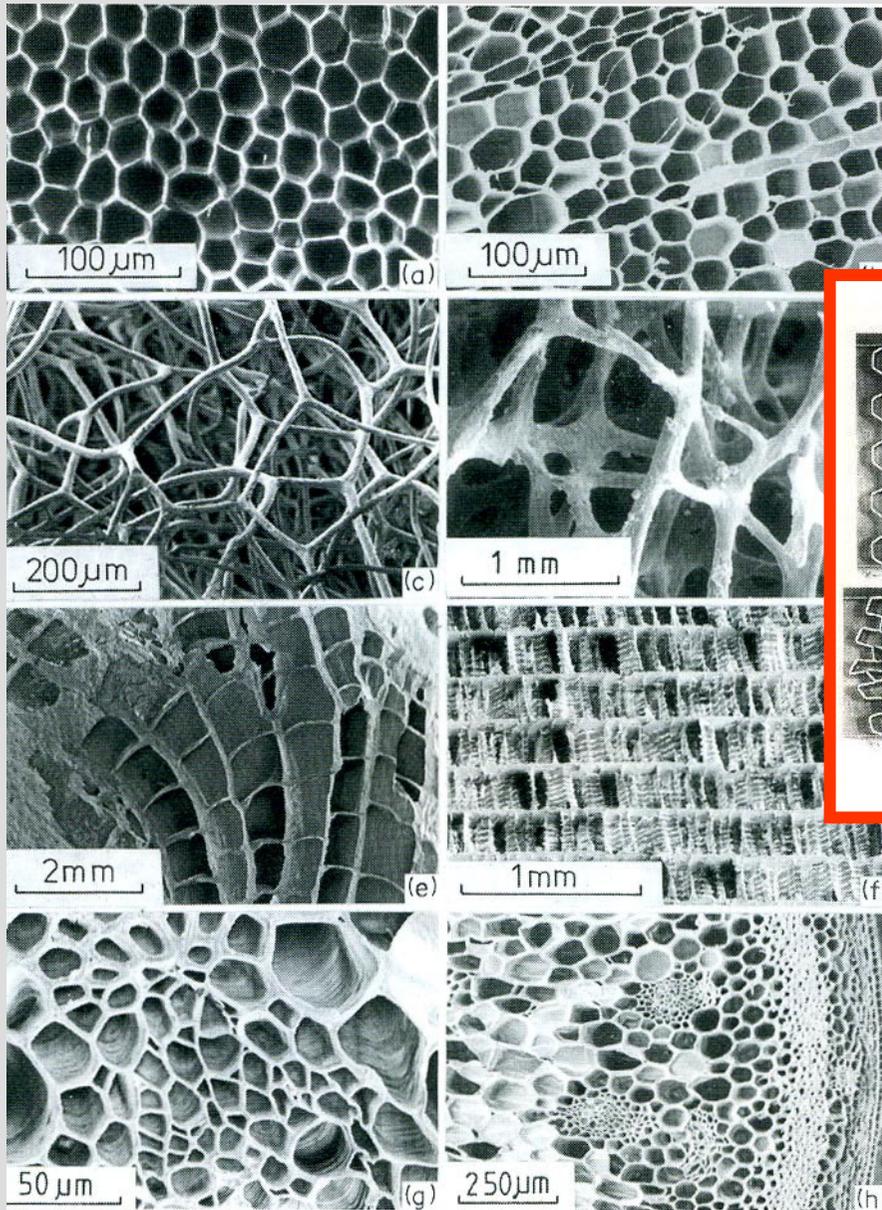


CARICO
DISTRIBUITO



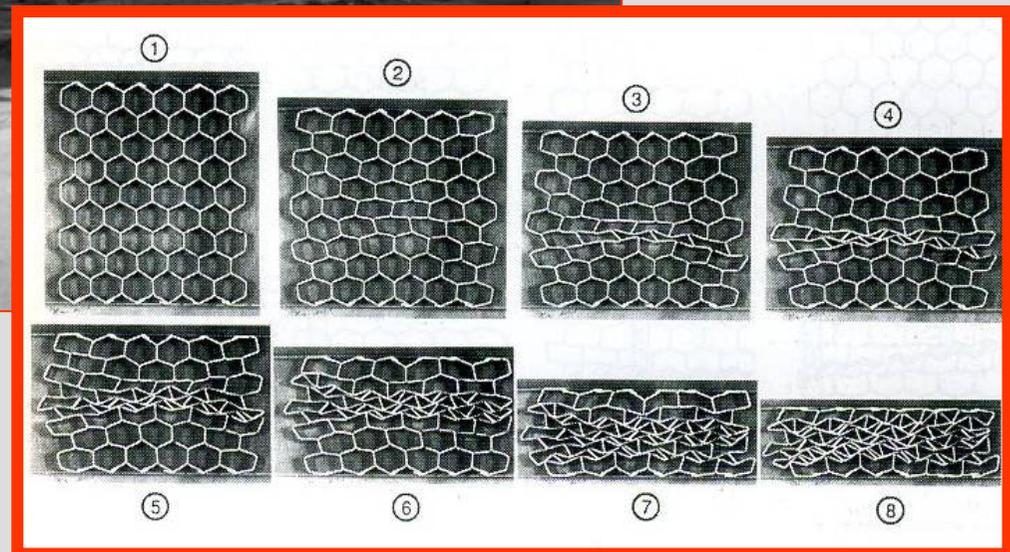
CARICO
CONCENTRATO

LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

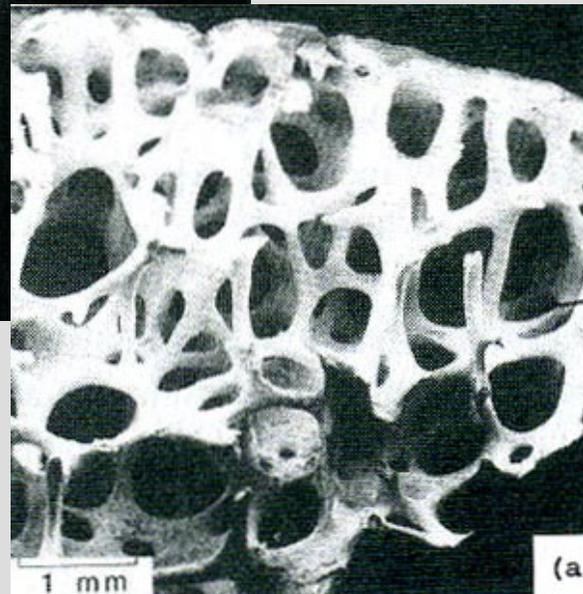


**COSA DISTINGUE UN
MATERIALE DA UNA
STRUTTURA?**

LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

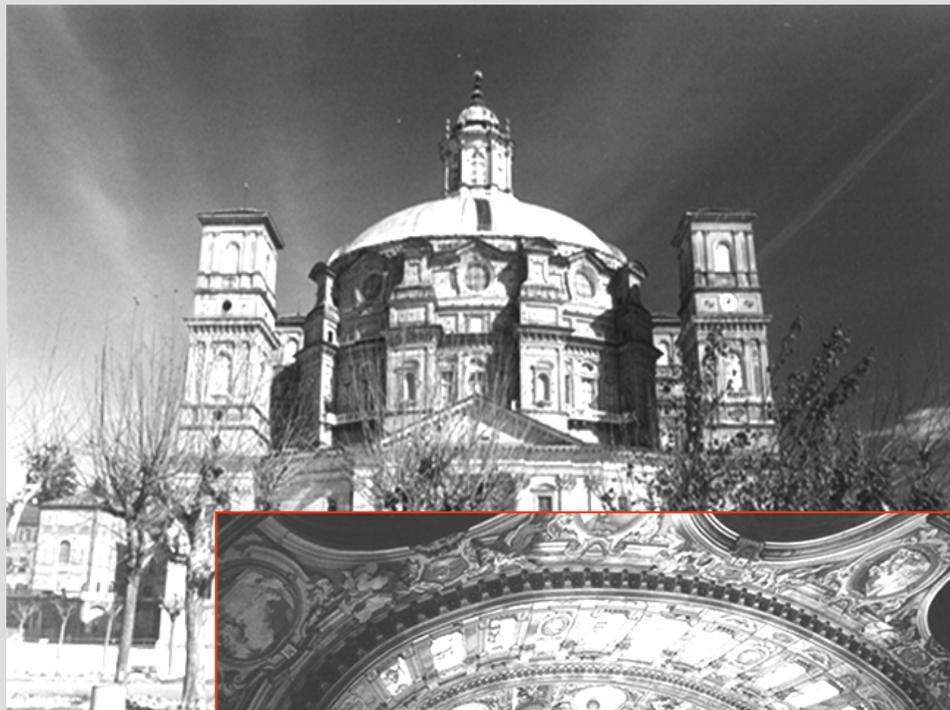


LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA



**E' UN PROBLEMA DI SCALA!
(SCALA DELL'OSSERVAZIONE)**

LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

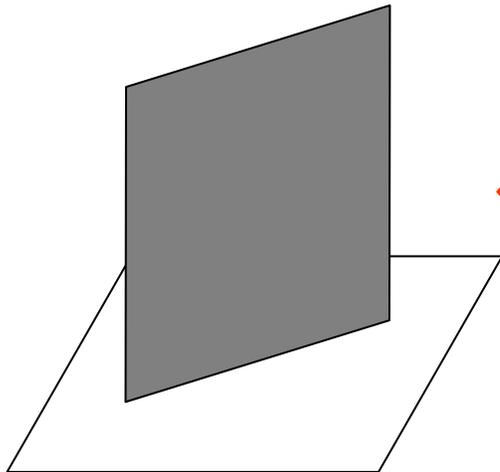


STRUTTURA IN MURATURA E MATERIALE MURATURA

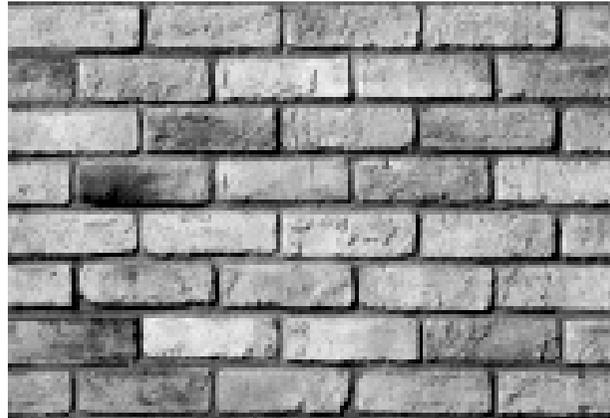
LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

PARETE IN MURATURA

MATERIALE OMOGENEO

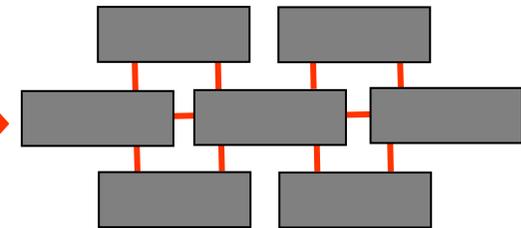


STUDIO IL COMPORTAMENTO
GLOBALE DELLA PARETE,
IPOTIZZANDO UN
MATERIALE OMOGENEO



MATERIALE MURATURA

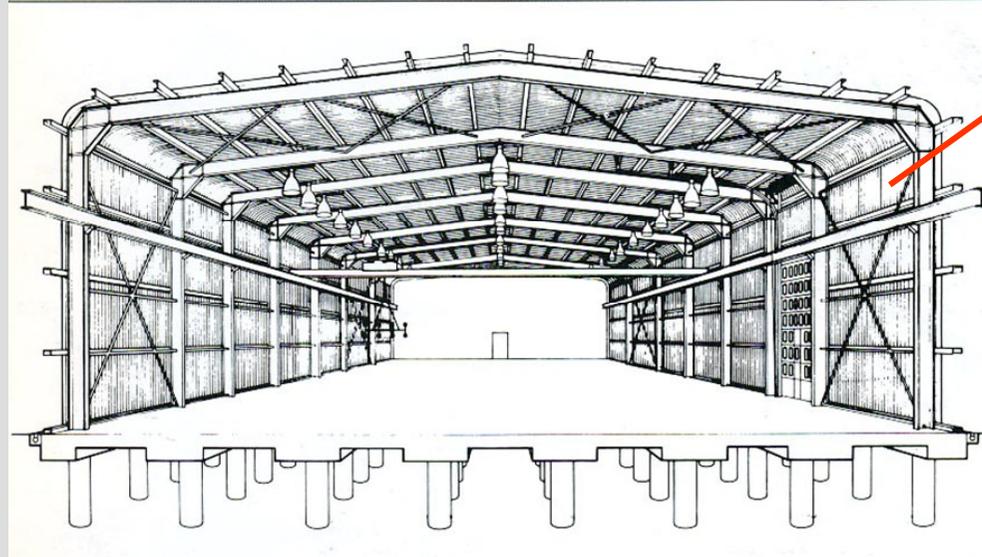
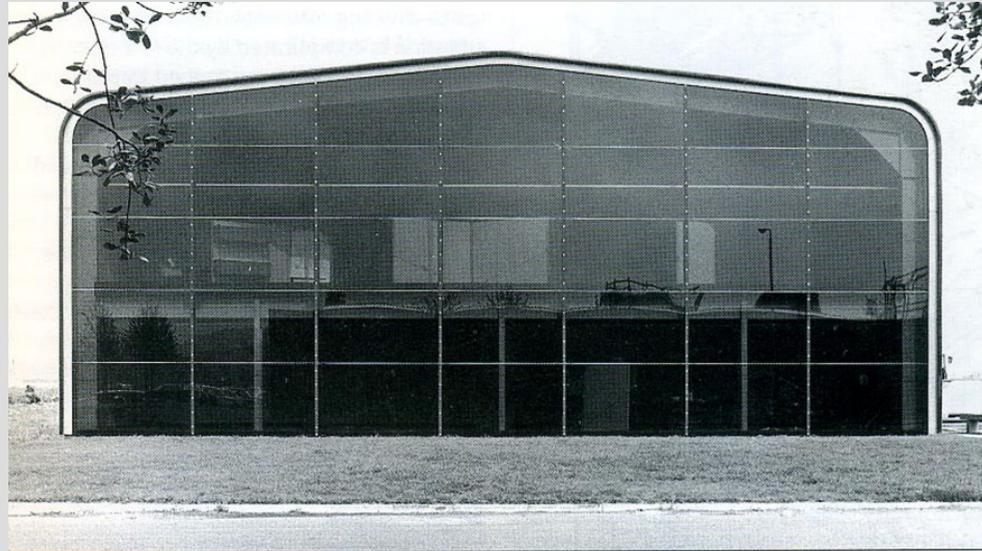
MATERIALE DISOMOGENEO



STUDIO IL COMPORTAMENTO
DEL MATERIALE, ANALIZZANDO
LA SUA SUB-STRUTTURA

IL CONCETTO DI STRUTTURA E' RELATIVO

LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA



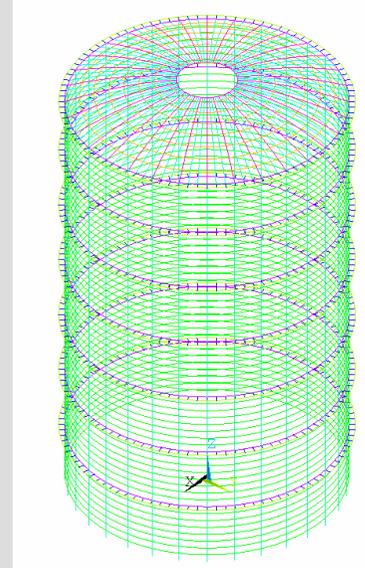
**LAMIERA DI
RIVESTIMENTO**

(s = 5 mm)

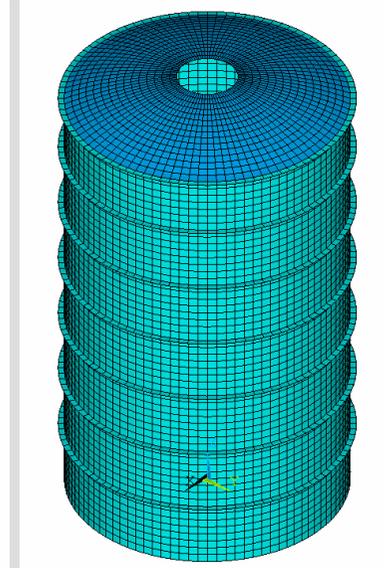
Modern art glass warehouse,
Thamesmead, UK, 1973

Foster Associated

LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA



INSTABILE



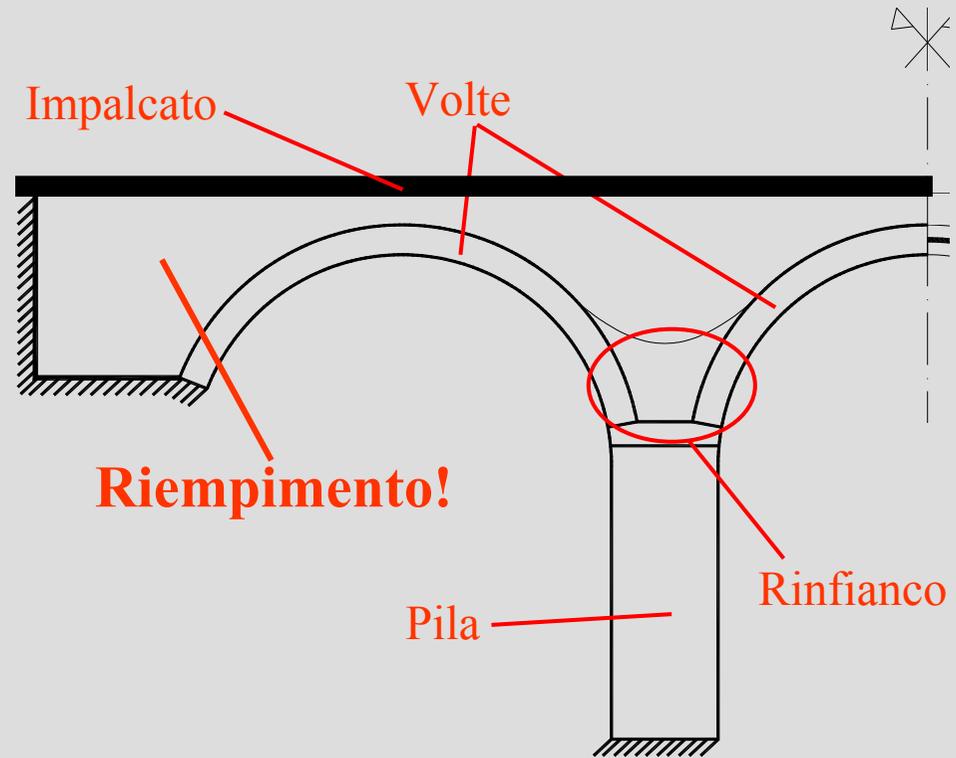
STABILE

LAMIERA STRUTTURALE!

(s = 5 mm)

**LO STESSO ELEMENTO FISICO
PUO ESSERE STRUTTURA O
RIVESTIMENTO**

COSTRUZIONE E STRUTTURA



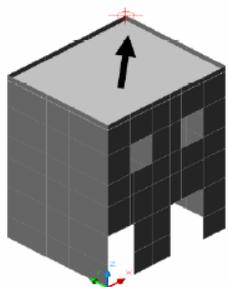
SE SI CONSIDERA SOLO LA STRUTTURA AD ARCO, IL CARICO DI COLLASSO DETERMINATO DALLA MODELLAZIONE E' MOLTO MINORE DI QUELLO SPERIMENTATO. PERCHE'?

IL RIEMPIMENTO IN MATERIALE DECOESO CONTRIBUISCE ALLA RESISTENZA

LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

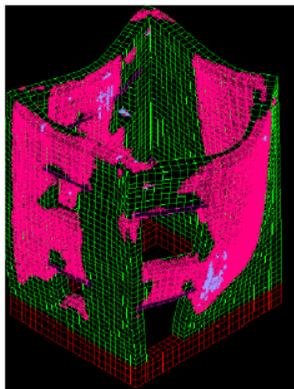


LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

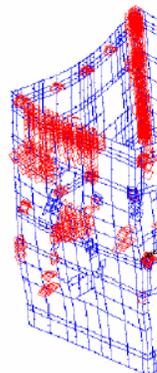


⊕ Punto di controllo

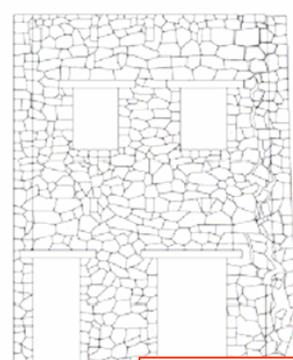
→ Direzione di carico



ADINA



LUSA

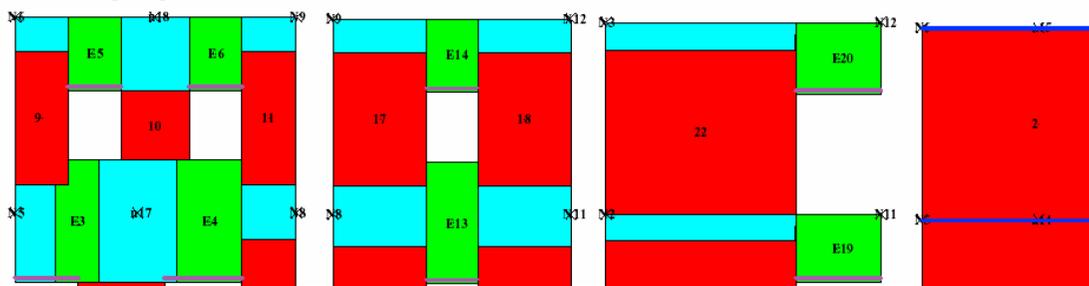
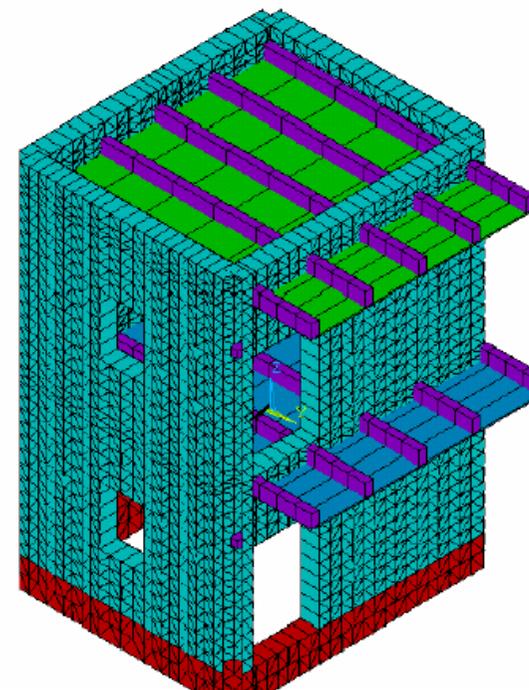
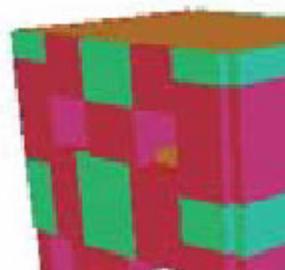
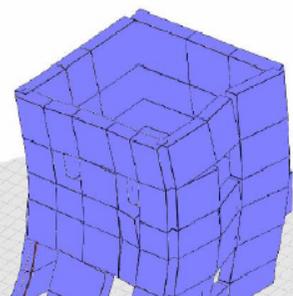
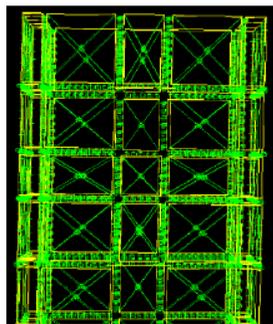


A



Meccanismo 1 (fuori piano)

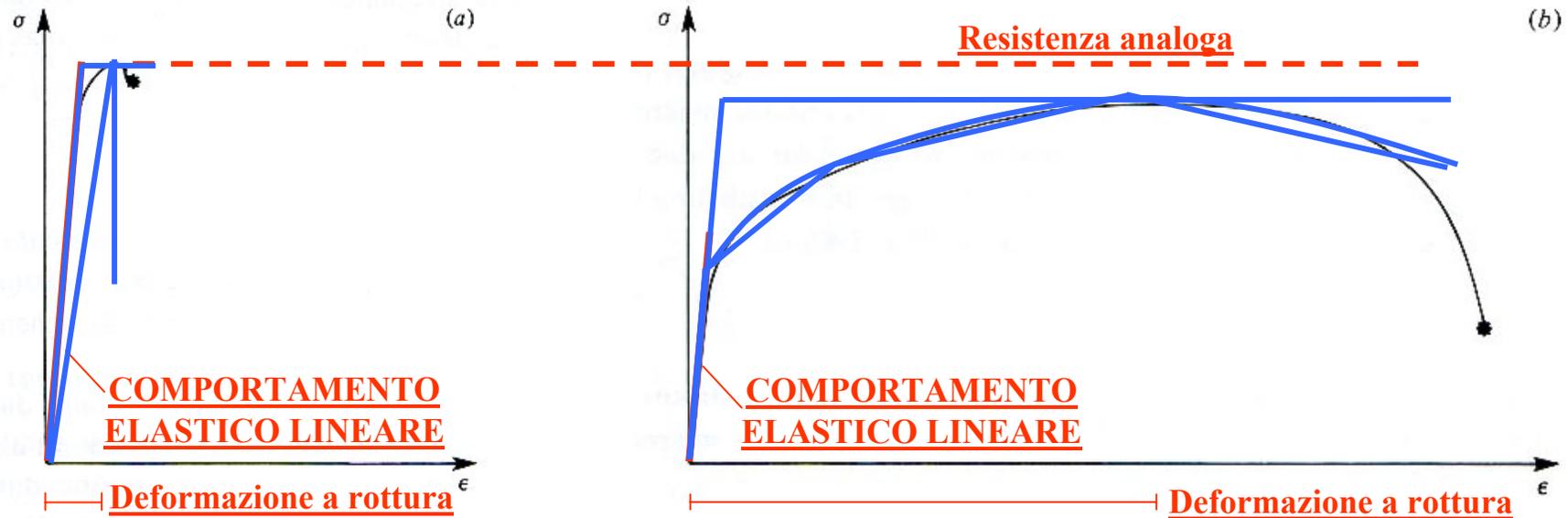
D



I MODELLI DI UNA STRUTTURA SONO INFINITI!

LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA – IL MATERIALE

IL LEGAME TENSIONI - DEFORMAZIONI



COMPORTAMENTO FRAGILE

COMPORTAMENTO DUTTILE

COMPORTAMENTO ELASTICO LINEARE

$$\sigma = E\epsilon$$

LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA – GLI ELEMENTI

TIPI DI MODELLAZIONE DEGLI ELEMENTI

1. MONODIMENSIONALE:
 - a) ASTE (solo sforzo normale N)
 - b) TRAVI (sforzo normale N, taglio T, momento M)

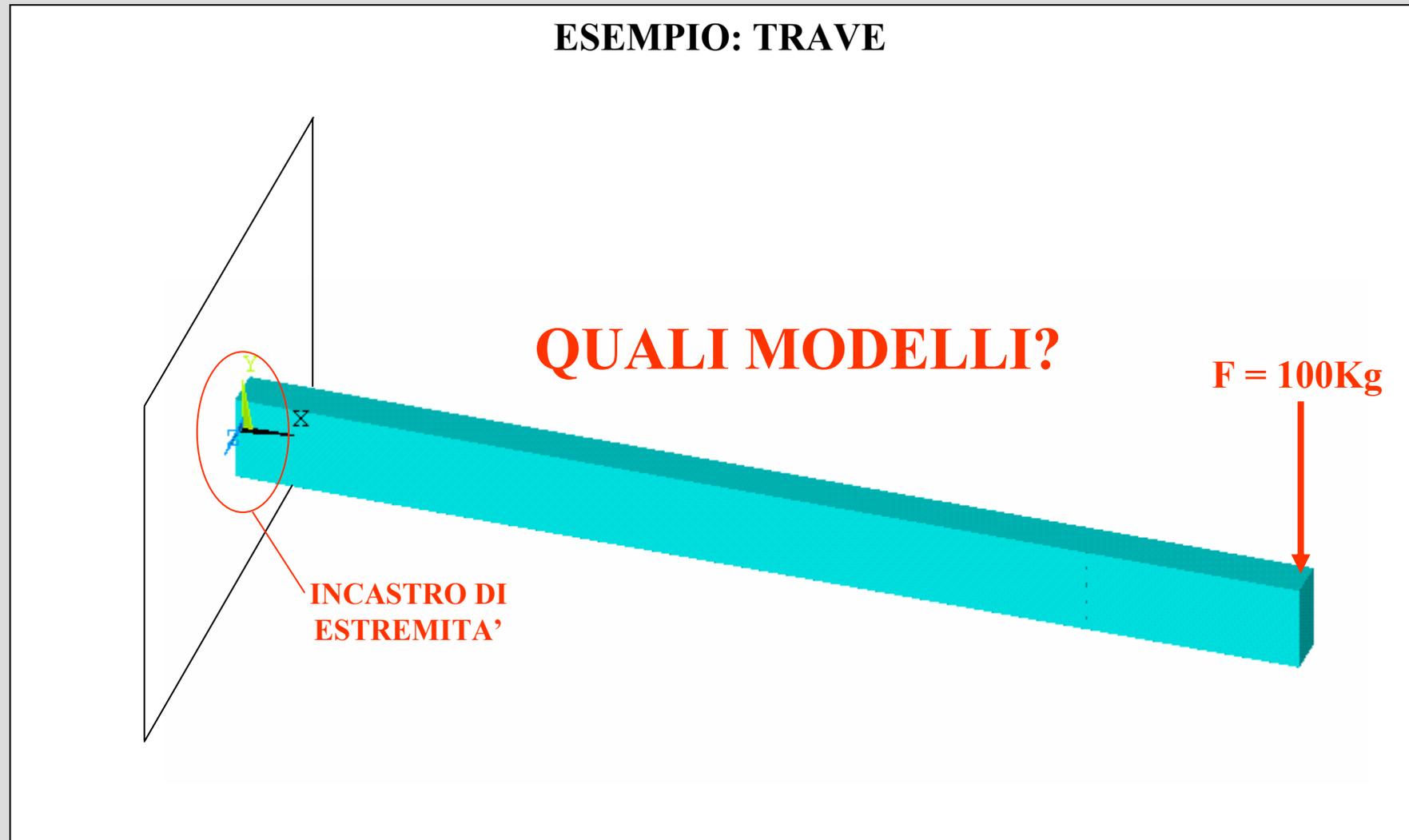
2. BIDIMENSIONALE:
 - a) LASTRE E MEMBRANE (solo sforzo normale N)
 - b) PIASTRE (sforzo normale N, taglio T, momento M)

3. TRIDIMENSIONALE: SOLIDI

LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA – GLI ELEMENTI

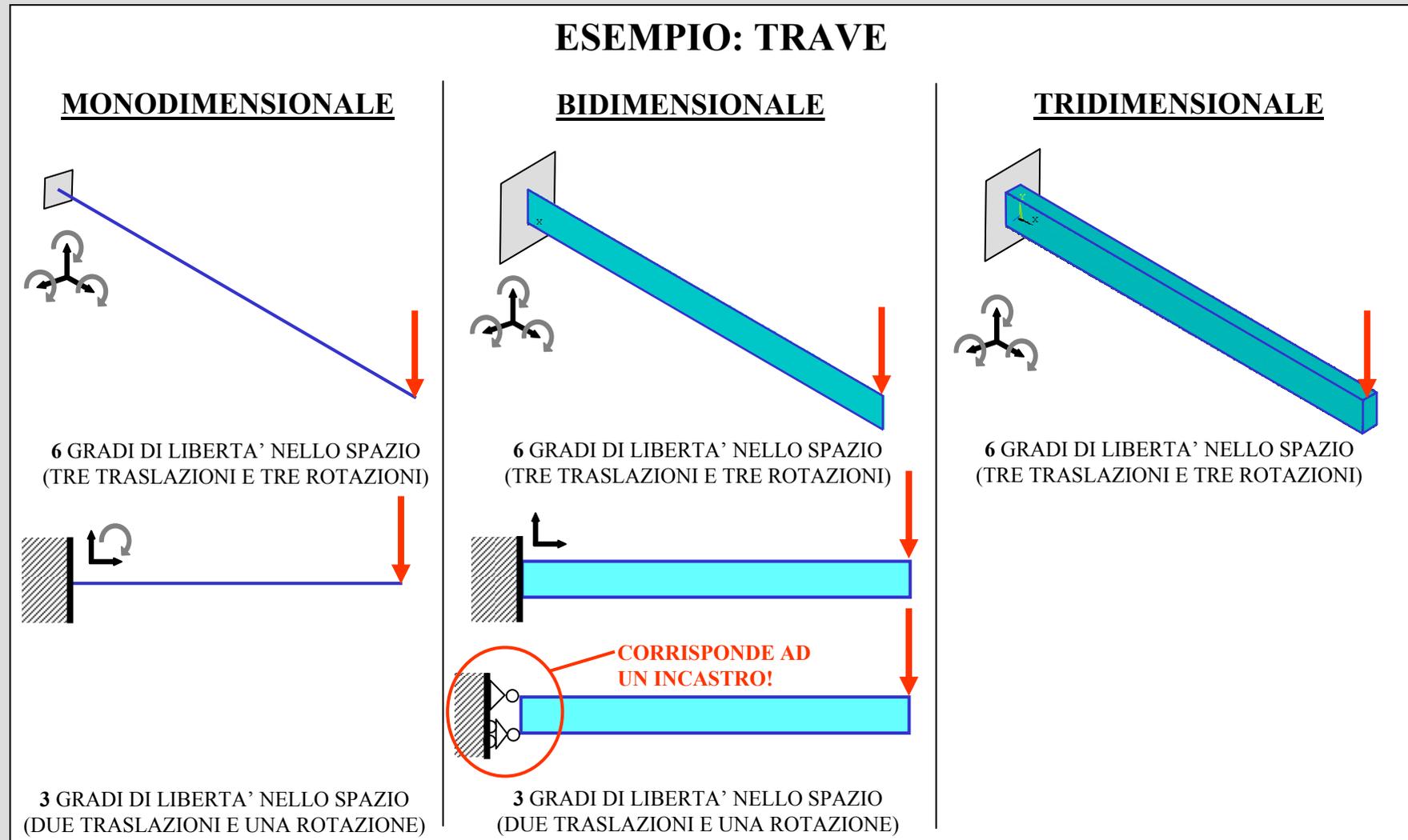
TIPI DI MODELLAZIONE DEGLI ELEMENTI

ESEMPIO: TRAVE



LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA – GLI ELEMENTI

TIPI DI MODELLAZIONE DEGLI ELEMENTI



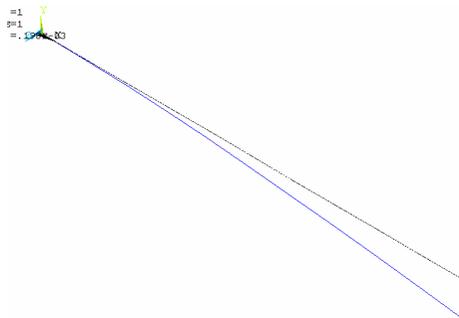
LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA – GLI ELEMENTI

TIPI DI MODELLAZIONE DEGLI ELEMENTI

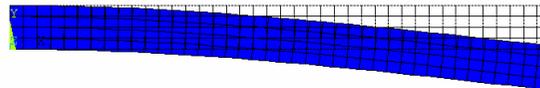
MONODIMENSIONALE



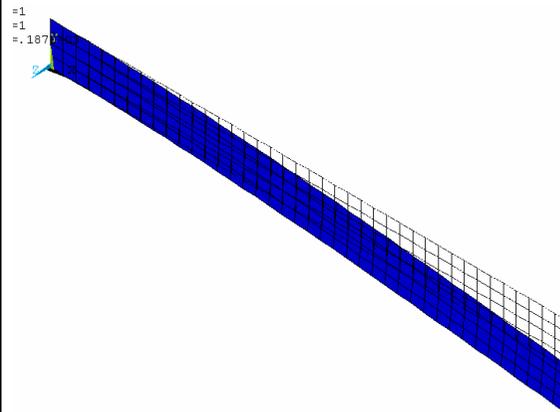
SPOSTAMENTO MASSIMO:
0.198 mm



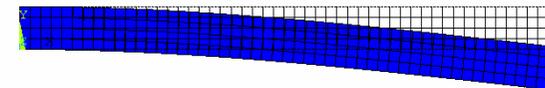
BIDIMENSIONALE



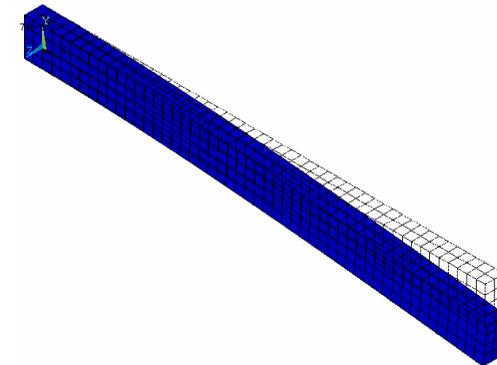
SPOSTAMENTO MASSIMO:
0.187 mm



TRIDIMENSIONALE



SPOSTAMENTO MASSIMO:
0.187 mm



LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA – I VINCOLI

ESEMPIO: TRAVE INCASTRATA

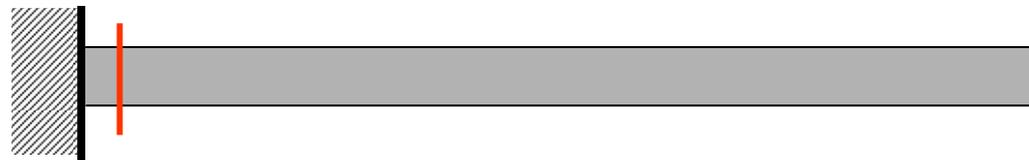
NELLA REALTA' COSA E' IL VINCOLO?
COME SI REALIZZA L'INCASTRO?



LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA – I VINCOLI

IL GRADO DI VINCOLO DIPENDE DAI RAPPORTI DI RIGIDEZZA, NON DALLA RIGIDEZZA ASSOLUTA

STESSA SEZIONE
DI INCASTRO!

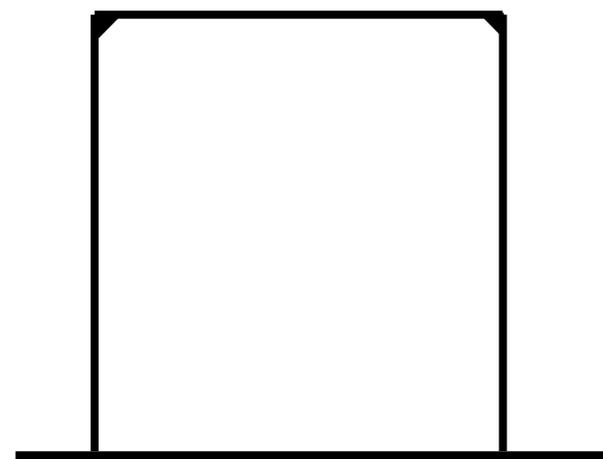
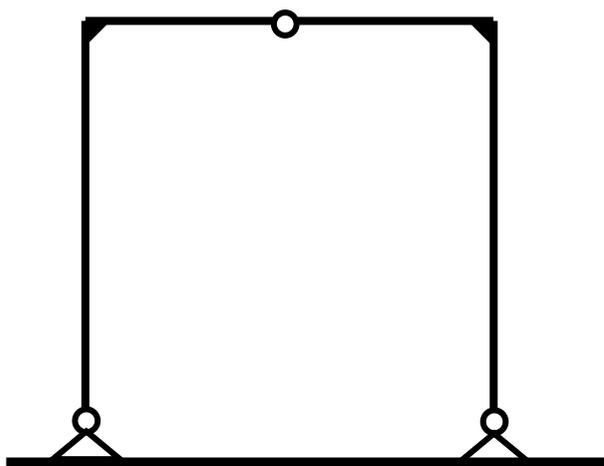
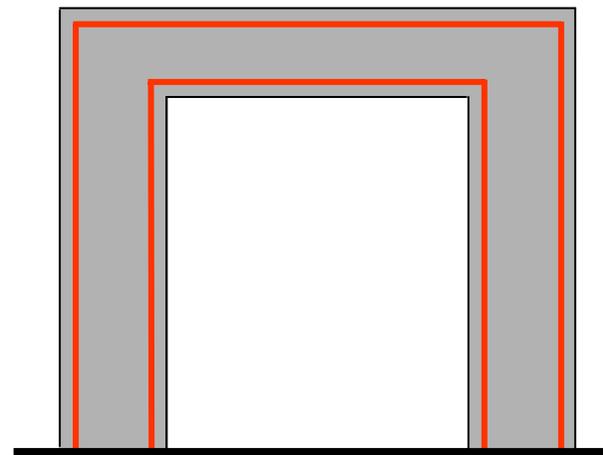
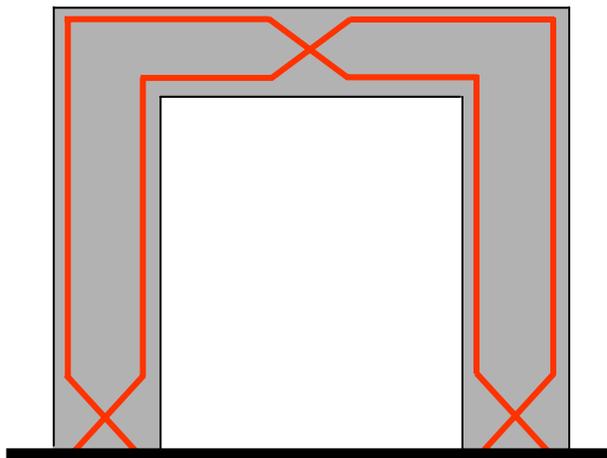


--- INCASTRO

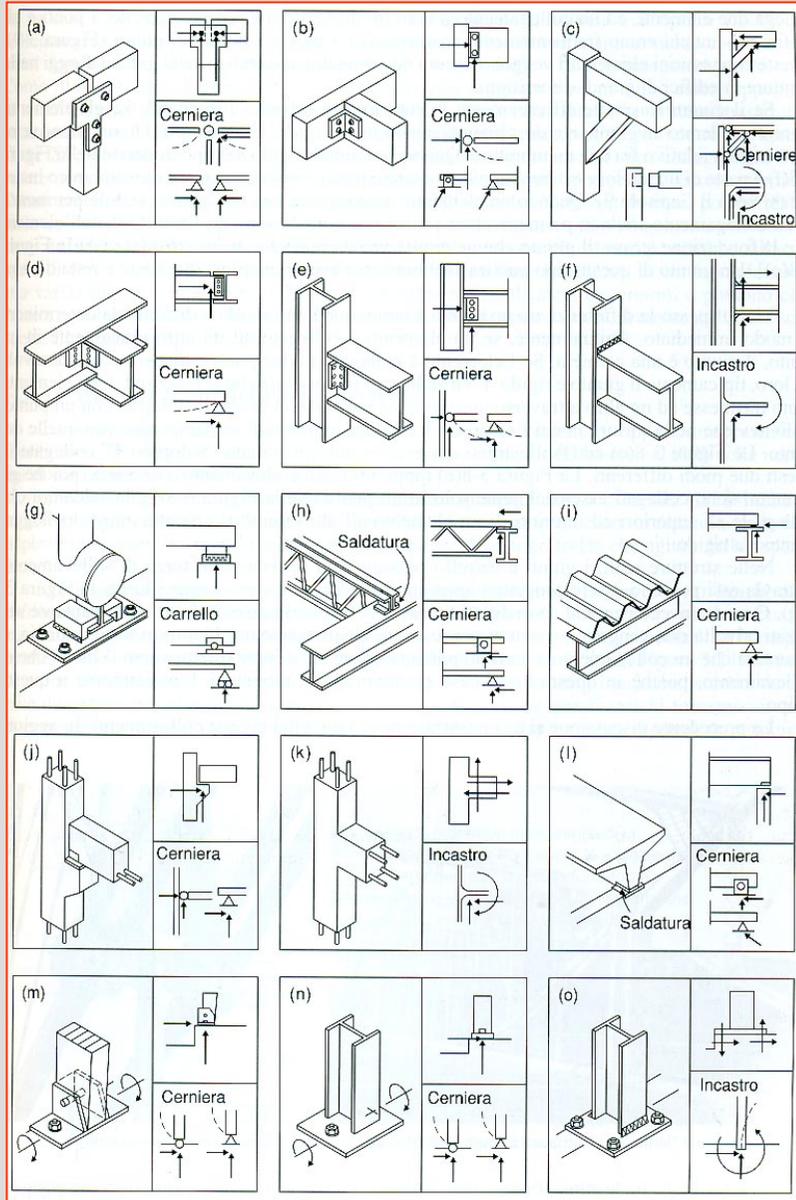
--- CERNIERA

LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA – I VINCOLI

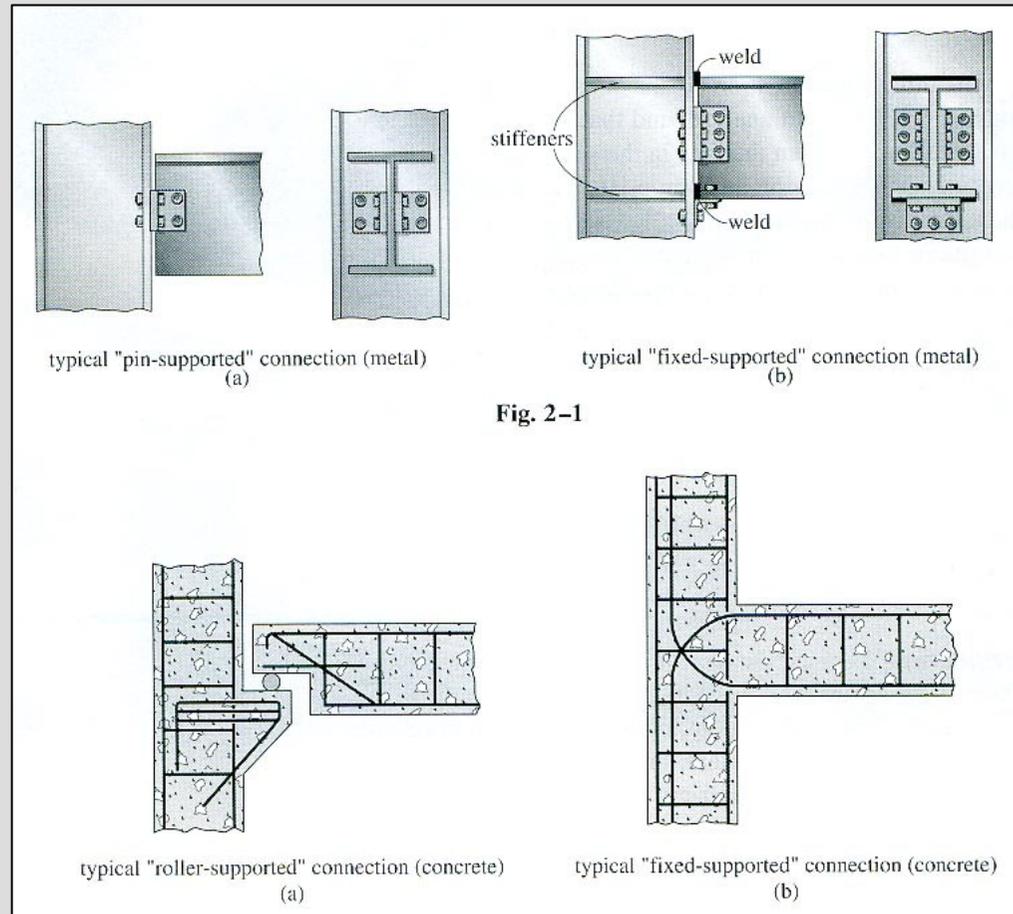
IL GRADO DI VINCOLO DIPENDE DALLA REALIZZAZIONE TECNICA DELLA CONNESSIONE



LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA – I VINCOLI



CERNIERA ED INCASTRO



LA MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA – I VINCOLI

IL GRADO DI VINCOLO DIPENDE DALLA SEQUENZA DI ESECUZIONE

