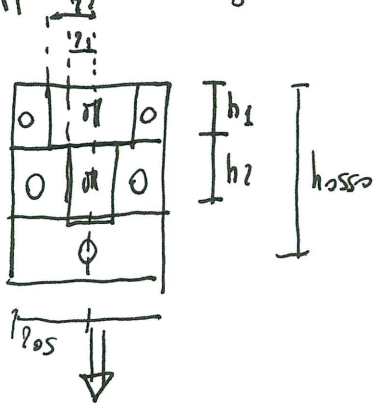


Esercizio 1.

1) La teste con le viti è simmetrica ed ha un solo grado di libertà applico l'omogeneizzazione. Esodo infimo nello zero globale considero tutto  
 esso campo

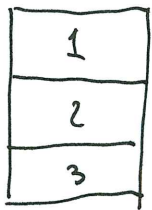


$$h_1 + h_2 = \text{lunghezza vite} = l_v$$

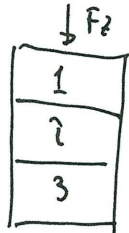
$$h_1 = \text{lunghezza filettatura} = l_f$$

$$r_1 = \text{raggio vite} = r_v$$

$$r_2 - r_1 = \text{spessore filettatura} = s_f$$



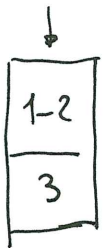
Forma lungo z



$$E_1 = f_0^1 E_{02} + f_n^1 E_n$$

$$E_2 = f_0^2 E_{02} + f_n^2 E_n$$

$$E_3 = E_{02}$$



$$E_{102} = \frac{f_{12} E_2}{f_{12} E_3 + f_3 E_{12}}$$

$$E_{12} = \frac{E_1 E_2}{f_1 E_2 + E_1 f_2}$$

$$f_{102} = f_1 + f_2 + f_3$$

$$V_{0202} = \pi r_{05}^2 \text{hossso}$$

$$f_1 = \frac{h_1}{\text{hossso}}$$

$$f_2 = \frac{h_2}{\text{hossso}}$$

$$f_3 = \frac{h_3}{\text{hossso}}$$

$$f_1 = \frac{l_f}{\text{hossso}}$$

$$f_2 = \frac{l_v - l_f}{\text{hossso}}$$

$$f_3 = \frac{\text{hossso} - l_v}{\text{hossso}}$$

$$f_{01}^1 = \frac{(\pi z_{0ss}' - \pi z_1^2) h_1}{\pi z_{0ss}' h_{0ss0}} = \frac{(z_{0ss}' - z_1^2) h_1}{z_{0ss}' h_{0ss0}} = \frac{[z_{0ss}' - (s_k + \beta_v)']}{z_{0ss}' h_{0ss0}} p_k \quad (2)$$

$$f_0' = \frac{(\pi z_{0ss}' - \pi z_1^2) h_2}{\pi z_{0ss}' h_{0ss0}} = \frac{(z_{0ss}' - z_1^2) h_1}{z_{0ss}' h_{0ss0}} = \frac{(z_{0ss}' - z_v')(p_v - p_k)}{z_{0ss}' h_{0ss0}}$$

$$f_{11}^1 = \frac{\pi z_1^2 h_1}{\pi z_{0ss}' h_{0ss0}} = \frac{(s_k + \beta_v)' p_k}{z_{0ss}' h_{0ss0}}$$

$$f_{11}^2 = \frac{\pi z_1^2 h_2}{\pi z_{0ss}' h_{0ss0}} = \frac{z_v' (p_v - p_k)}{z_{0ss}' h_{0ss0}}$$

$$E_3 = E_{z_{ss}} = 47 \text{ Gr}$$

$$E_{TOT} = E_{z_{ss0}} = \frac{E_{11} E_3}{f_{12} E_3 + f_3 E_{12}} = \frac{E_{12} E_{z_{ss0}}}{f_{12} E_{z_{ss0}} + f_3 E_{12}}$$

$$\Rightarrow f_{11} E_{z_{ss0}} + f_3 E_{12} = E_{12} \quad \Rightarrow E_{12} = \frac{f_{12} E_{z_{ss0}}}{(1 - f_3)}$$

$$f_{12} = \frac{\pi z_{0ss}' \cdot p_v}{\pi z_{0ss}' \cdot h_{0ss0}} = \frac{p_v}{h_{0ss0}}$$

$$E_{12} = \frac{p_v}{h_{0ss0}} \cdot \frac{E_{z_{ss0}}}{1 - \frac{(h_{0ss0} \cdot p_v)}{(h_{0ss0})}} = \frac{p_v E_{z_{ss0}}}{h_{0ss0} \cdot h_{0ss0} + p_v} = E_{z_{ss0}}$$

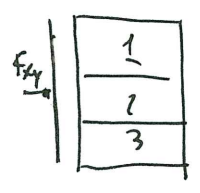
$$E_{12} = \frac{E_1 E_2}{f_1 E_1 + E_1 f_2} = E_{20550}.$$

$$\Rightarrow \frac{(f_0^1 E_{205} + f_n^1 E_n) (f_0^2 E_{205} + f_n^2 E_n)}{\frac{R R}{h_{0550}} (f_0^2 E_{205} + f_n^2 E_n) + \left( \frac{f_v - R R}{h_{0550}} \right) \cdot (f_0^1 E_{205} + f_n^1 E_n)} = E_{2055}$$

I<sup>o</sup> equazione.

-----

Considero la linea lungo x-y



$$E_{TOT} = f_1 E_1 + f_2 E_2 + f_3 E_3 = E_{xy} = 12 \text{ GPa}$$

$$E_3 = E_{xy0550}.$$

$$E_1 = \frac{E_{xy} E_n}{f_0^1 E_n + f_n^1 E_{xy0550}}$$

$$E_2 = \frac{E_{xy05} E_n}{f_0^2 E_n + f_n^2 E_{xy0550}}$$

$$E_3 = E_{xy0550}$$

$$E_{TOT} = E_{xy0550} = \frac{R R}{h_{0550}} \frac{E_{xy} E_n}{f_0^1 E_n + f_n^1 E_{xy0550}} + \frac{f_v - R R}{h_{0550}} \frac{E_{xy} E_n}{f_0^1 E_n + f_n^1 E_{xy0550}} + \frac{h_{0550} - f_v}{h_{0550}} E_{xy0550}$$

II<sup>o</sup> equazione.

-----

Condizione di isotress lungo z.

(4)

$$\frac{F_z}{\pi r_2^2} = \frac{F_z}{\pi r_1^2} + \frac{F_z}{\pi (r_2^2 - r_1^2)}$$

3<sup>a</sup> equazione.

Condizione di isotress lungo xy

$$\frac{F_{xy}}{2\pi r_{oss} (h_1 + h_2)} = \frac{F_{xy}}{2\pi r_{oss} (h_1)} = \frac{F_{xy}}{2\pi r_1 h_1} + \frac{F_{xy}}{2\pi r_2 h_2} \quad 4^{\text{a}} \text{ equazione}$$

così risolviamo il sistema.

b) Supponiamo le teste sferiche 2 teste = 2 glenoidi e le  
ricordo dai dati anatomici del pancreas.

Esercizio n° 2

a) Vedere appunti in rete.

b) caso 1 -

$$\begin{aligned} V_{\text{segnale}} &= V_1 \sin(\omega_1 t) \cdot V_d \sin(\omega_d t) = \frac{V_1 V_d}{2} \left[ \cos(\omega_1 + \omega_d)t + \right. \\ &\quad \left. - \cos(\omega_1 - \omega_d)t \right] = -0.05 \left[ \cos 2\pi (450)t - \cos(350)t \right] = \\ &= -0.05 \sqrt{1 - \sin^2(\omega_3 t)} + 0.05 \sqrt{1 + \sin^2(350)t} \end{aligned}$$

↓  
Segnale blu  
diminuito

↓  
distorsione

vedere un grafico blu più piccolo e rumoroso.

Esercizio 2.

$$V_{\text{segnale}} = V_g \sin(\omega_g t) \cdot V_d \sin(\omega_d t) = -\frac{V_g V_d}{2} [\cos(\omega_g + \omega_d)t + \cos(\omega_g - \omega_d)t] = -0.5 [\cos 2\pi(650)t - \cos 2\pi(550)t]$$



due ritardi nello stesso delle  
frequenze portanti

Verbo solo un immagine numerica ma sono caratteri definiti.

Esercizio 3.

$$V_{\text{segnale}} = V_3 \sin(\omega_3 t) V_d \sin(\omega_d t) = -\frac{V_3 V_d}{2} [\cos(\omega_3 + \omega_d)t + \cos(\omega_3 - \omega_d)t] = -5 [\cos 400t - \cos(500)t]$$

$\uparrow$   
 rosso

$\uparrow$   
 disturbo

Verbo un cerchio rosso per un disturbo.

---

Esercizio n° 4

a) Vedi appunti di rete e libro di Proiettorini

b) So che la compliance è uguale

$$C = \frac{\Delta z}{p_0 \Delta p}$$

$$\Rightarrow \Delta p = \frac{\Delta z}{p_0 C} = \frac{0.2}{2 \cdot 10^7 \cdot 10^{-3}} = 2000 \text{ Pa} \approx 15 \text{ mmHg}$$

20% volume massimo  
in alcune caratteristiche  
dell'organo.

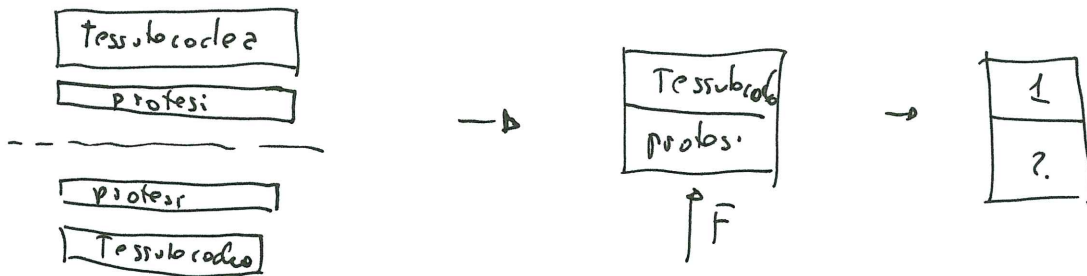
Esercizio c.

⑥

a) Verificare approssimazione

$$b) \text{ Complessione} = \frac{\Delta z}{2 \Delta p} = \frac{\Delta \varepsilon_r}{\Delta p} = \frac{1}{E_{\text{code}}} = \frac{1}{30 \cdot 10^6}$$

Considero le strutture impiegate



$$E_T = \frac{E_1 E_2}{f_1 E_2 + f_2 E_1} = \frac{E_{\text{code}} E_{\text{nat}}}{f_{\text{code}} E_{\text{nat}} + f_{\text{nat}} E_{\text{code}}} = E_{\text{code}}$$

$$\Rightarrow E_{\text{nat}} = f_{\text{code}} E_{\text{nat}} + f_{\text{nat}} E_{\text{code}}$$

$$E_{\text{nat}} [1 - f_{\text{code}}] = f_{\text{nat}} E_{\text{code}}$$

$$f_{\text{code}} + f_{\text{nat}} = 1 \quad \Rightarrow \quad E_{\text{nat}} f_{\text{nat}} = f_{\text{nat}} E_{\text{code}}$$

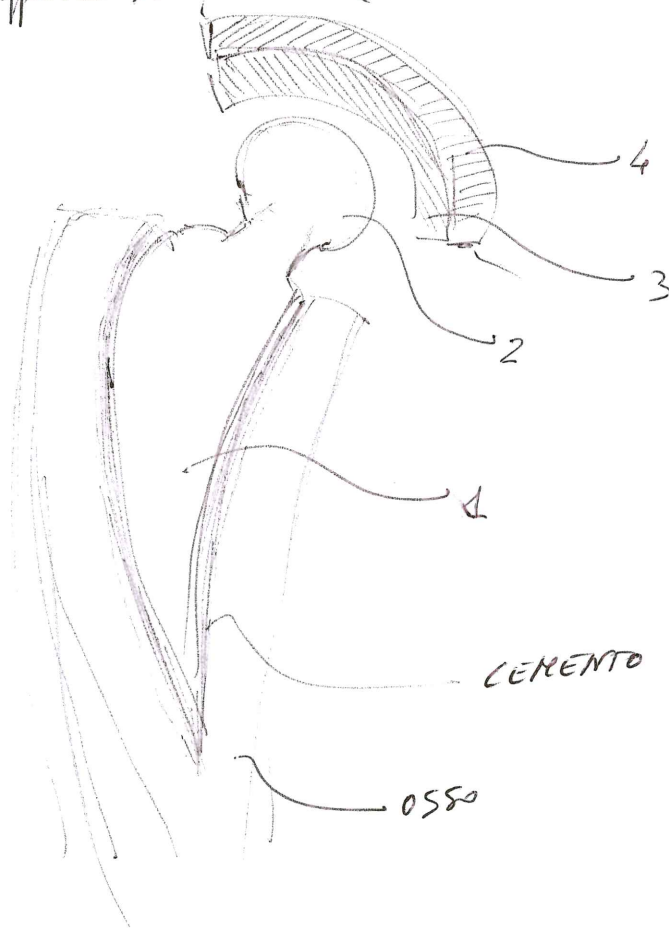
$$E_{\text{nat}} = E_{\text{code}}$$



## Soluzioni

Una protesi d'anca è costituita da 4 elementi fondamentali

- stelo (1)
- testina (2)
- componente articolare celobolare (3)
- supporto metallico (metal back) (4)



- MODELLAZIONE DELLO STATO DI TENSIONE
- EQUAZIONI: MECCANICA STRUTTURALE

Definizione della geometria

Nota: \* osso, cemento, stelo e testina  
possono essere considerati meccanicamente  
vincolati in modo rigido.

\* il componente articolare celobolare  
ed il metal back ~~non sono~~

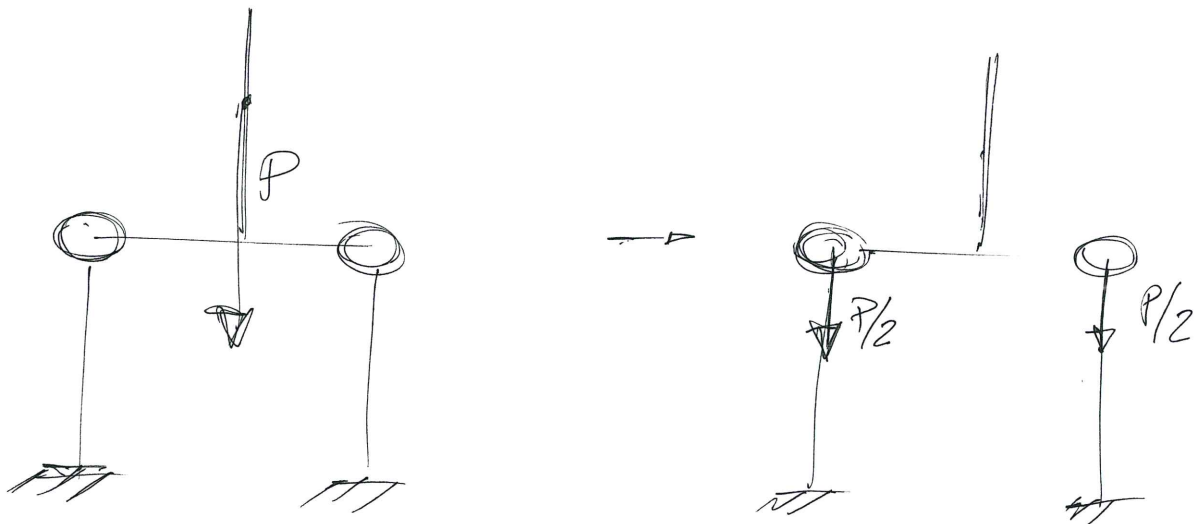
e le ossa del bacino possono  
essere considerati meccanicamente  
vincolati in modo rigido

\* tra testina e componente articolare  
celebolare sono permesse delle rotazioni

\* per definire la geometria è  
necessario conoscere le condizioni  
di carico

→ APPOGGIO BIPEDALE

→ per ipotesi il peso del corpo (meno il  
peso delle due gambe) si ripartisce  
in modo uguale sui due arti inferiori



→ per semplicità si trascurano  
eventuali reazioni muscolari

Note: ai fini della valutazione dell'esercizio  
non è importante la scelta in sé dello  
schema di calcolo, ma la sua congruenza  
con il modello che verrà sviluppato



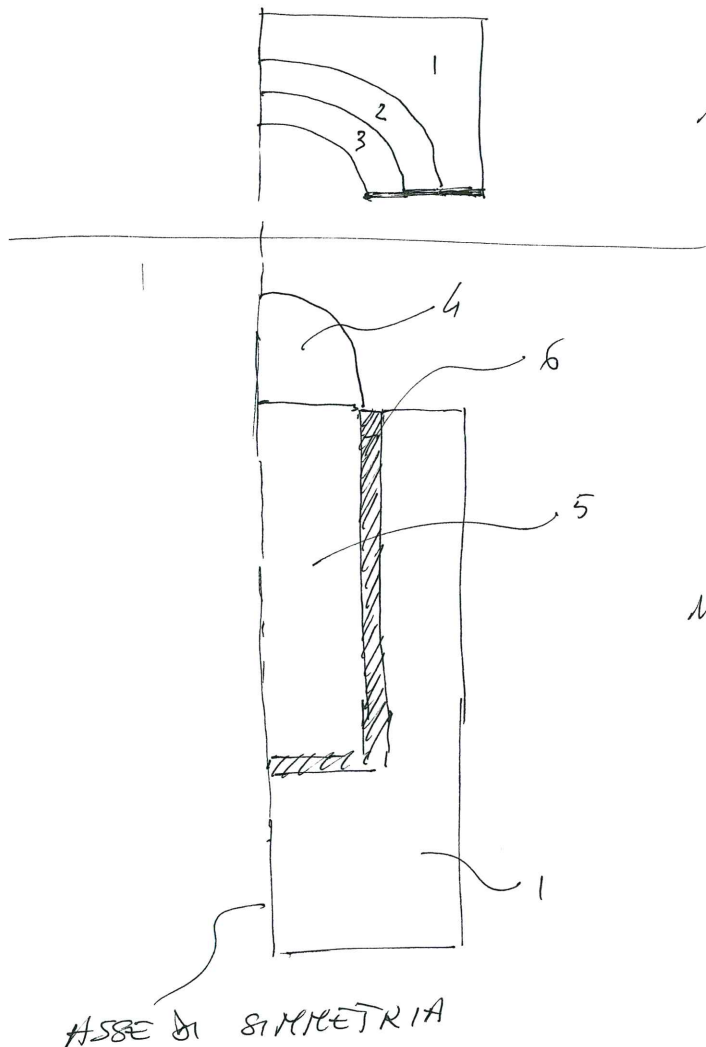
$$F \approx (60 - 20) * 10 = 400 \text{ N}$$

$\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\text{kg}} \quad \underbrace{\hspace{1.5cm}}_{\text{m/s}^2}$

→ Semplice facendo ulteriormente il modello si suppone che tutti i componenti delle protesi sono allineati lungo uno stesso asse  $\Rightarrow$  GEOMETRIA ASSIALE SIMMETRICA

$\Rightarrow$  CARICHI SIMMETRICI (DIRETTI LUNGO L'ASSE)

→ MODELLO ASSIALE SIMMETRICO



Modello 1

- osso (1)
- metal back (2)
- componenti (3) acetabolare

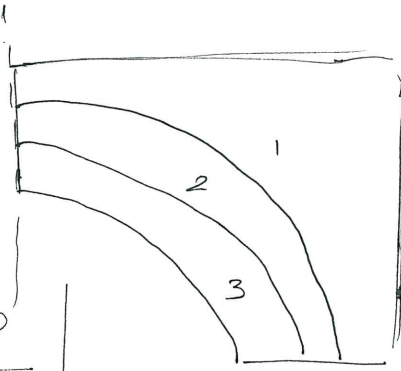
Modello 2

- ketine (4)
- skels (5)
- cemento (6)
- osso (1)

→ Condizioni sul dominio

→ modello 1

	$E$	$\nu$	$\rho$
1	$E_{osso}$	$\nu_{osso}$	$\rho_{osso}$
2	$E_{skelite}$	$\nu_{skelite}$	$\rho_{skelite}$
3	$E_{PE}$	$\nu_{PE}$	$\rho_{PE}$



→ per ogni dominio  
vanno definiti  
i parametri di legge

→ Note  $E_{osso} \Rightarrow MATRICE$

$\nu_{meloback} \Rightarrow$  è un metallo

il coefficiente di modulo  
di poisson vale 0.3

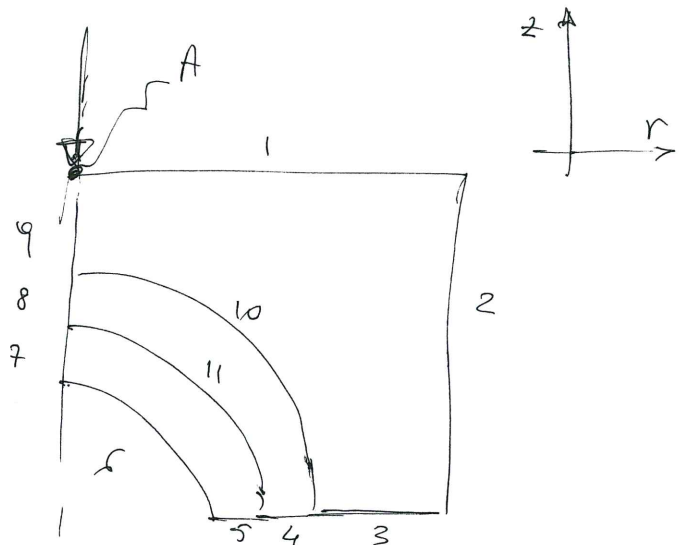
→ condizioni al contorno  
+ condizioni sui punti

→ modello 1

7, 8, 9, → assai simmetrica

3 → fisso  
→ spostamenti  
nulli

resto → continuità

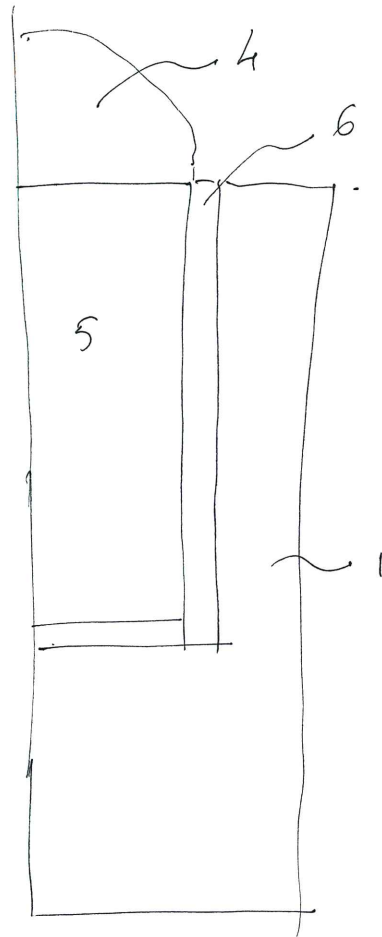


→ PUNTO A

→ forza puntuale in direzione  $z = -P/2$

Modello 2

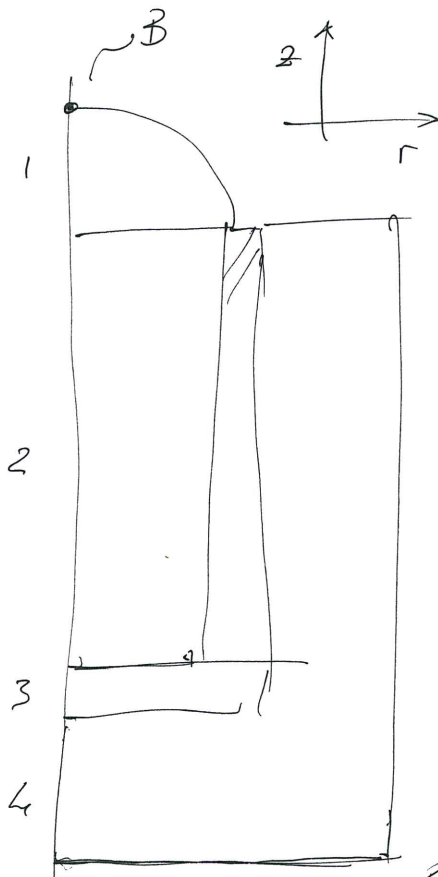
→ condizioni sul dominio



	$E$	$\nu$	$P$
1	$E_{osso}$	$\nu_{osso}$	$P_{osso}$
4	$E_{tessin}$	$\nu_{tessin}$	$P_{tessin}$
5	$E_{tessin}$	$\nu_{tessin}$	$P_{tessin}$
6	$E_{PMMA}$	$\nu_{PMMA}$	$P_{PMMA}$

$E_{osso}$  → MATRICE

→ condizioni al contorno e sui punti



1, 2, 3, 4 → Assai simmetrica

5 → fisso

altro → libero

$B = \text{cerchio puntuale lungo } z$   
 $= -P/2$

→ due volte effettuato  
 le mesh sono possibili  
 risolvere il problema ed esprimere  
 lo stato di sforzo.