

Approssimo la struttura con l'impianto nel seguente modo

impianto.
osso compatto
Spugna
osso compatto
impianto.

Vista dell'obb.

Poiché devo avere un comportamento simile alle strutture ossee e l'impianto è composto da Titanio ($E = 110 \text{ GPa}$) ricoperto da Idrossiapatite ($E = 40 \text{ GPa}$), sapendo che $f_{sp}^{osso} = 98\%$ $f_c^{osso} = 2\%$ per l'obb, mi calcolo il modulo elastico della struttura ossea. $\downarrow F$

osso
Spugna
osso

$$E_{Reuss} = \frac{E_c \cdot E_{sp}}{f_c E_{sp} + f_{sp} E_c} = \frac{12 \cdot 0.5}{0.02 \cdot 0.5 + 0.98 \cdot 12}$$

$$= \frac{6}{0.01 + 11.76} = \frac{6}{11.77} = 0.51 = 510 \text{ MPa}$$

$$E_{Voigt} = f_c E_c + f_{sp} E_{sp} = 0.02 \cdot 12 + 0.98 \cdot 0.5 = 0.34 + 0.49 = 0.83 = 830 \text{ MPa}$$

Nel momento in cui nella l'impianto posso considerare un caso omogeneo quindi

impianto
osso
impianto

In questo caso l'osso può essere visto che l'impianto è composto da materiali tutti più rigidi dell'osso considero solo la parte ossea spugnosa che è la meno rigida.

(2)

Sono quindi nel caso di pino.

TDR
TIT
osso
TIT
ID.

\Rightarrow

117014 pino
osso
117014 pino

$$E_{REUSS}^{IMPIANTO+OSSO} = \frac{E_{IMPIANTO} E_{OSSO}}{f_I E_{OSSO} + f_{OSSO} E_{IMPIANTO}} = 510 \text{ MPa}$$

$$E_{REUSS}^{IMPIANTO} = \frac{E_{IDR} E_{TIT}}{f_{IDR} E_{TIT} + f_{TIT} E_{IDR}}$$

Sostituendo.

$$E_{REUSS}^{OSSO+IMPIANTO} = \frac{\frac{E_{IDR} E_{TIT}}{f_{IDR} E_{TIT} + f_{TIT} E_{IDR}} \cdot E_{OSSO}}{f_I E_O + f_O \frac{E_{IDR} E_{TIT}}{f_{IDR} E_{TIT} + f_{TIT} E_{IDR}}} = 510 \text{ MPa}$$

$$0.51 = \frac{210 \cdot 110 \cdot 0.5}{f_{IDR} 110 + f_{TIT} 210}$$

$$f_I 0.5 + f_O \frac{210 \cdot 110}{f_{IDR} 110 + f_{TIT} 210}$$

$$0.51 = \frac{11550}{(110 f_{IDR} + 210 f_{TIT}) f_I 0.5 + 23100 f_O}$$

$$f_{IDR} + f_{TIT} + f_O = 1 \quad \Rightarrow \quad f_{IDR} = 1 - f_O - f_{TIT}$$

$$f_I = f_{IDR} + f_{TIT} =$$

(3)

$$0.51 = \frac{11500}{[110(1-f_0-f_{TIT})+40f_{TIT}] \cdot 0.5 + 23400f_0}$$

$$0.51 = \frac{11500}{[110 - 110f_0 - 140f_{TIT} + 240f_{TIT}] \cdot 0.5(1-f_0) + 23400f_0}$$

$$0.51 = \frac{11500}{[110 - 110f_0 + 100f_{TIT}] \cdot (0.5 - 0.5f_0) + 23400f_0}$$

$$0.51 = \frac{11500}{[55 - 55f_0 + 50f_{TIT} - 55f_0 + 55f_0^2 - 50f_0f_{TIT} + 23400f_0]}$$

$$0.51 = \frac{11500}{[55 - 22900f_0 + 55f_0^2 + 50f_{TIT} - 50f_0f_{TIT}]}$$

$$28.05 - 11679f_0 + 78.05f_0^2 + 75.5f_{TIT} - 75.5f_0f_{TIT} = 11500$$

$$28.05f_0^2 - 11679f_0 - 75.5f_0f_{TIT} - 11471.95 = 0 \quad \text{2^o term}$$

Considero ora Voight.

$$E_{\text{Voight}}^{\text{Incompressible}} = E_I f_I + E_0 f_0 = E_{IDR} f_{IDR} + E_T f_T + E_0 f_0 = 830 \text{ MPa}$$

$$0.83 = 240 f_{IDR} + 140 f_T + 0.5 f_0$$

(4)

$$f_{\text{Ire}} + f_T + f_0 = 1 \quad f_{\text{Ire}} = 1 - f_0 - f_{\text{IT}}$$

$$240 (1 - f_0 - f_{\text{IT}}) + 440 f_T + 0.5 f_0 = 0.83$$

$$240 - 240 f_0 - 240 f_{\text{IT}} + 440 f_T + 0.5 f_0 = 0.83$$

$$\boxed{-209.5 f_0 - 240 f_{\text{IT}} + 440 f_T + 209.17 = 0} \quad \text{secondo equazione}$$

Dalla seconda equazione ha

$$f_T = \frac{209.17 - 209.5 f_0}{440} \approx 2.1 - 2.1 f_0$$

Sostituisco nella prima

$$28.05 f_0^2 - 11679 f_0 - 11471.95 - 25.5 f_0 (2.1 - 2.1 f_0) = 0$$

$$28.05 f_0^2 - 11679 f_0 - 11471.95 - 53.55 f_0 + 53.55 f_0^2 = 0$$

$$81.55 f_0^2 - 117032.55 f_0 - 11471.95 = 0$$

risolvo rispetto f_0

$$\begin{cases} f_0^1 = 142.53 \\ f_0^2 = 0.98 \end{cases}$$

sol. na. occ. Hobak anche $f_0 \leq 1$

senza overkill

$$f_{\text{Ire}} = 0.02$$

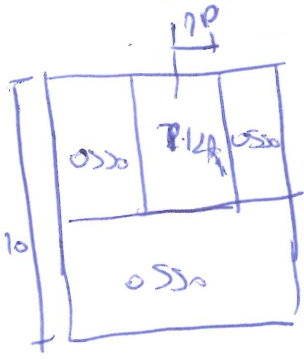
~~$$240 - 240 f_0 - 240 f_{\text{IT}} + 440 f_T + 0.5 f_0 = 0.83$$~~

~~$$240 - 240 f_0 - 240 f_{\text{IT}} + 440 f_T + 0.5 f_0 = 0.83$$~~

5

Punbb.

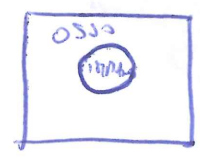
Se ho messo l'impostazione nel conduttore che l'osso è assemblato
 zero, quindi ho la seguente struttura con l'impostazione



hp

~~conduttore~~

Viso dall'alto è



viso del l'osso è angolare e l'ho calcolato pure perché come struttura uno staff
 cilindrico calcolo le forze volumetriche

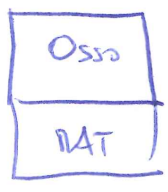


$$f_{P12} = \frac{\pi r_p^2 h_p}{\pi r_{osso}^2 h_{osso}} = \frac{r_p^2 h_p}{r_{osso}^2 h_{osso}}$$

h osso = 2 cm
 r osso = 1 cm.

$$f_{osso\text{ residuo}} = \frac{\pi r_{osso}^2 h_{osso} - \pi r_p^2 h_p}{\pi r_{osso}^2 h_{osso}} = \frac{r_{osso}^2 h_{osso} - r_p^2 h_p}{r_{osso}^2 h_{osso}}$$

ho quindi in modello a due materiali ad esempio in Titano



Per natura = $E_{TAT} = 0.51 = \frac{E_{TAT} \cdot E_{osso}}{E_{TAT} \cdot E_{osso} + E_{P12}}$

Per forza $F_v = 0.83 = f_{P12} \cdot F_{P12} + f_o \cdot F_o$

$0.83 = f_{P12} \cdot 110 + f_o \cdot 0.5$

$f_{P12} = 1 - f_o \Rightarrow f_o = 99.6\% \quad f_{P12} = 0.4\%$

6

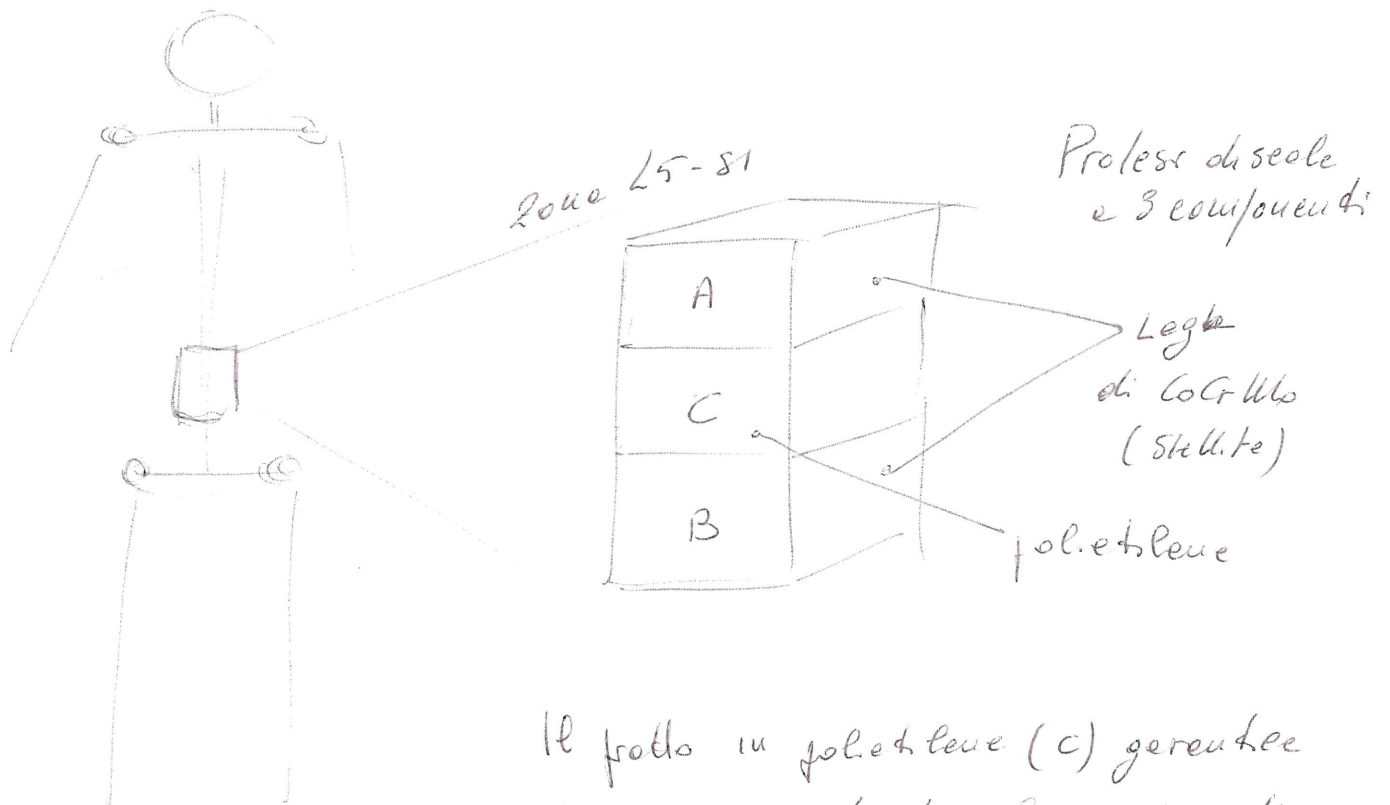
$$P_{R12} = \frac{P_p h_p}{2} = \frac{0.4}{100}$$

$$P'_p h_p = 8 \cdot 10^{-3} \quad \Rightarrow \quad P_p = \sqrt{\frac{8 \cdot 10^{-3}}{h_p}}$$

Esercizio 2

1

→ Analisi meccanica strutturale



Il foglio in polietilene (C) garantisce il movimento tra le componenti A e B.

⇒ C sarà solidale ad A

⇒ Trasmetterà a B uno sforzo normale ed uno sforzo tangenziale (ma non un momento)

⇒ CASO 1 : POSIZIONE BIPEDALE
⇒ BORSA A TRACOLLA

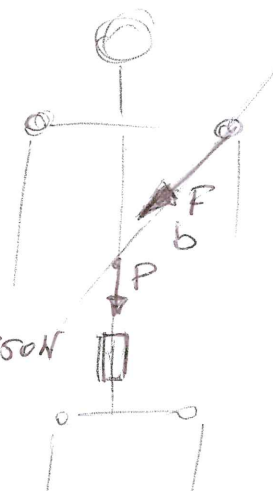
→ schema di carico

→ trascuriamo le reazioni muscolari

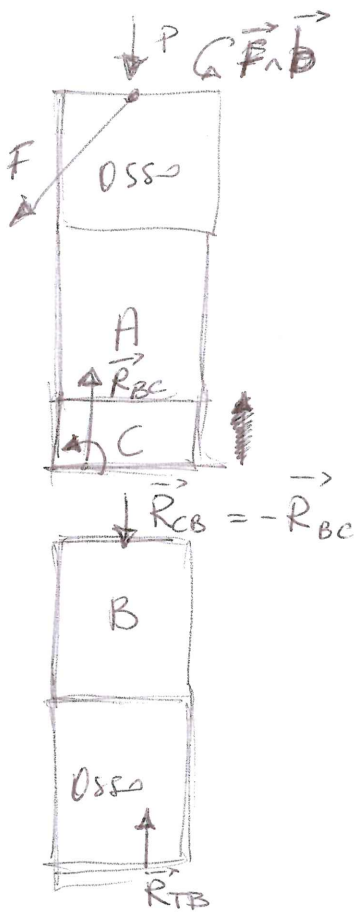
P = peso corporeo (superiore alla vertebra) = 350 N

F = peso borsa = 10 N

h = lunghezza borsa = 20 cm



a



b

a, e b rappresentano
due modelli distinti

il sistema non presenta simmetrie
di carichi

anche è un'approssimazione
si suppone che la reazione
~~tra~~ tra C e B coinvolge
anche un momento

(lo si ritroverà in modo
implicito nel modello
agli elementi finiti)

$\vec{R}_{CB} = -\vec{R}_{BC}$ avrà una
componente x ed una y

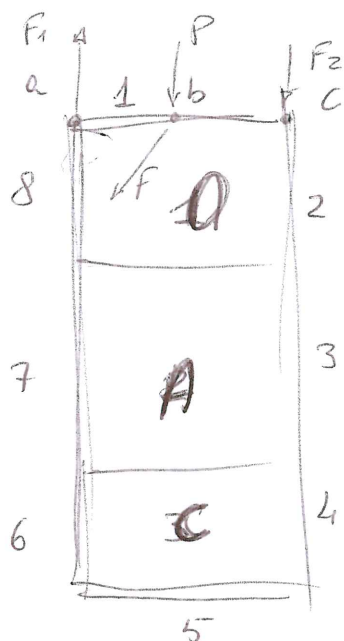
\Rightarrow I due sistemi verranno studiati come plain stress

\Rightarrow Il momento $\vec{F} \wedge \vec{b}$ verrà introdotto attraverso una
coppia di forze

\Rightarrow Il "momento di reazione" del componente C
si otterrà vincolando lo spostamento di C in x e y

\Rightarrow Due modelli distinti

\Rightarrow La modellazione delle componenti ossee
è fondamentale visto che la richiesta
del problema è modellare lo stato
di tensione all'interfaccia osso-protesi



Definizione sollecitazioni

	Mat	E (GPa)	ν
A	Stellite	200	0.3
C	Polyethylene	1.2	0.46
O	Osso	12	0.45

Condizioni al contorno

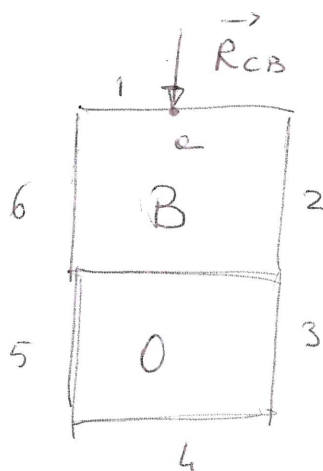
	Condizione
5	Spostamento assente
altri	liberi

Condizioni sui punti

	Condizione
a	F_1
b	$-F_1$
b	$\vec{P} + \vec{P}$

$$P = \text{massa corpo} * g$$

$$F_1 = \frac{|\vec{F} \wedge \vec{b}|^2}{|AC|}$$



Definizione sollecitazioni

	Mat	E (GPa)	ν
B	Stellite	200	0.3
O	Osso	12	0.45

Condizioni al contorno

	Condizione
4	Spostamento assente
altri	liberi

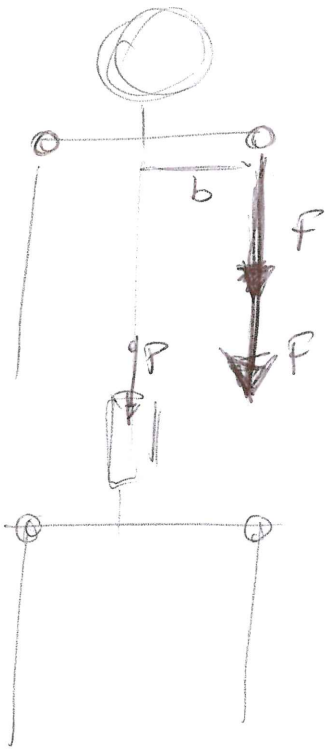
Condizioni sui punti

$$a \Rightarrow \vec{R}_{CB}$$

4
Due volte creata la mesh, i modelli
possono essere risolti e può essere voluta
la reazione all'interfaccia.

Caso 2 posizione bipololare, borsa in mano
con braccio stesso lungo il corpo

schema di corpo



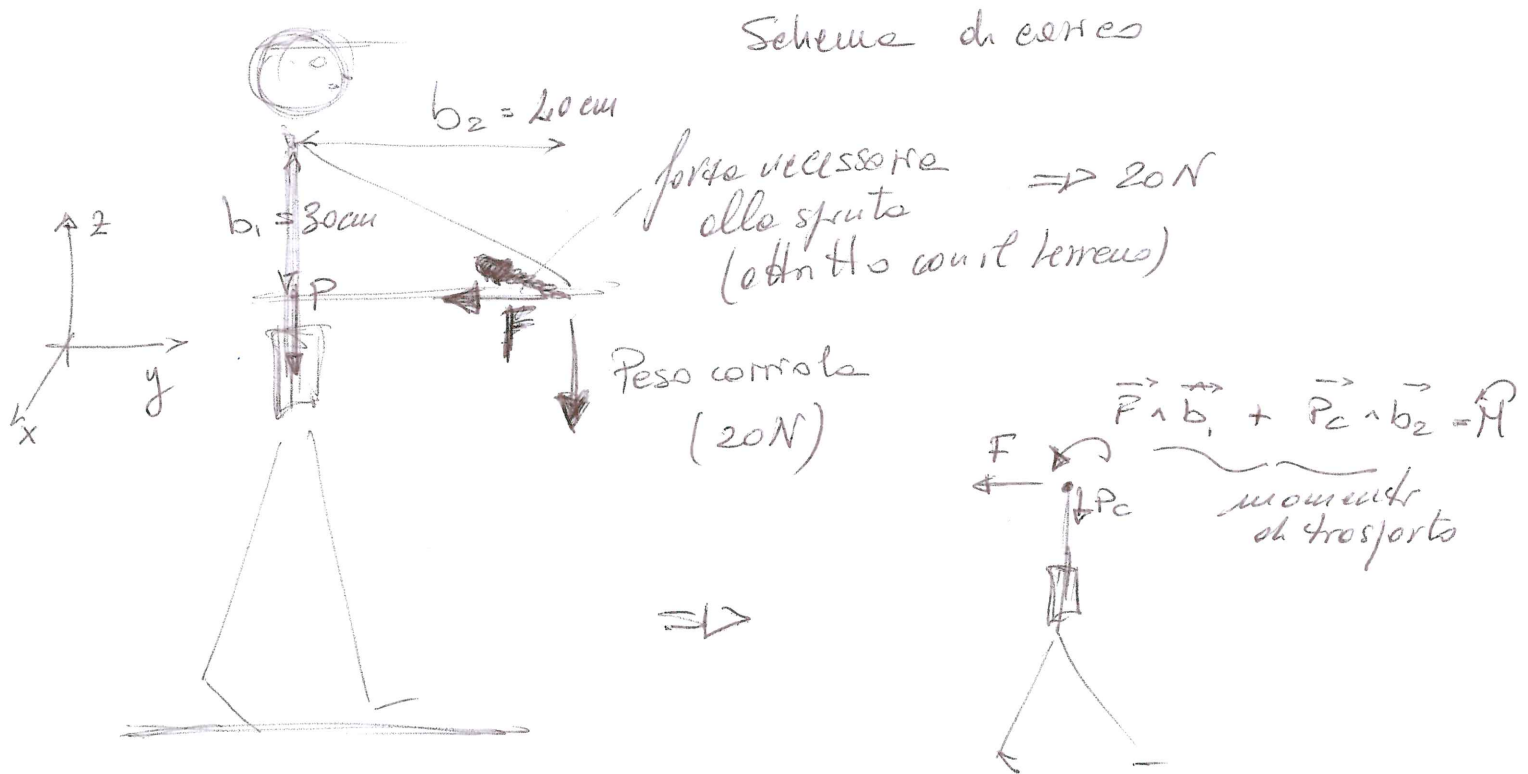
A varare è solamente
la direzione delle forze F

\Rightarrow Il resto è analogo al caso 1

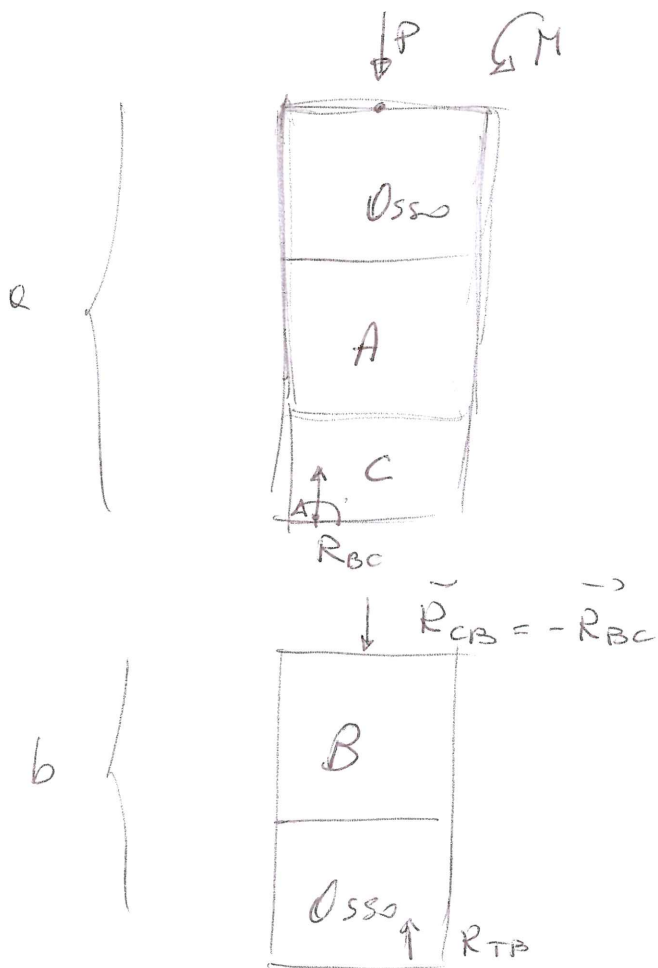
\Rightarrow Il modello ed elementi finiti
rimane uguale

Caso 3 \Rightarrow spruta corruola

5



\rightarrow Modellazione sul piano yz



\Rightarrow Le considerazioni sono analoghe al caso 1, solo che il sistema è modellato nel piano yz

\Rightarrow il caso 3 è quindi analogo al caso 1 e meno del valore del momento H .