

## Soluzioni Esercitazioni di Costruzioni Aeronautiche (Modulo VII - Capitolo I)

### ESERCITAZIONE N°7

Dimensionamento delle aste e della barra di torsione del comando rigido per equilibratore del velivolo **Aermacchi MB339C**, considerando uno sforzo sulla barra di comando  $F = 850 \text{ N}$ .

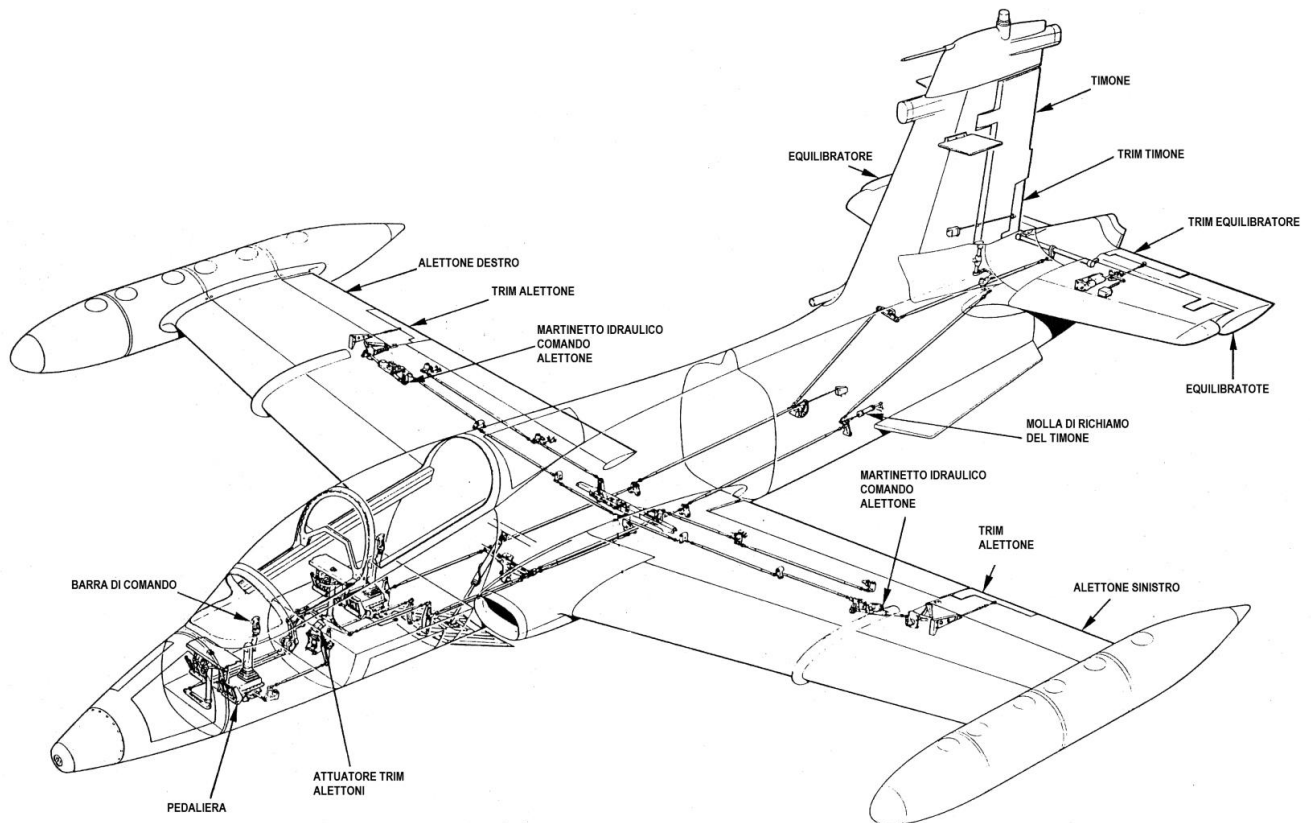
#### IPOTESI

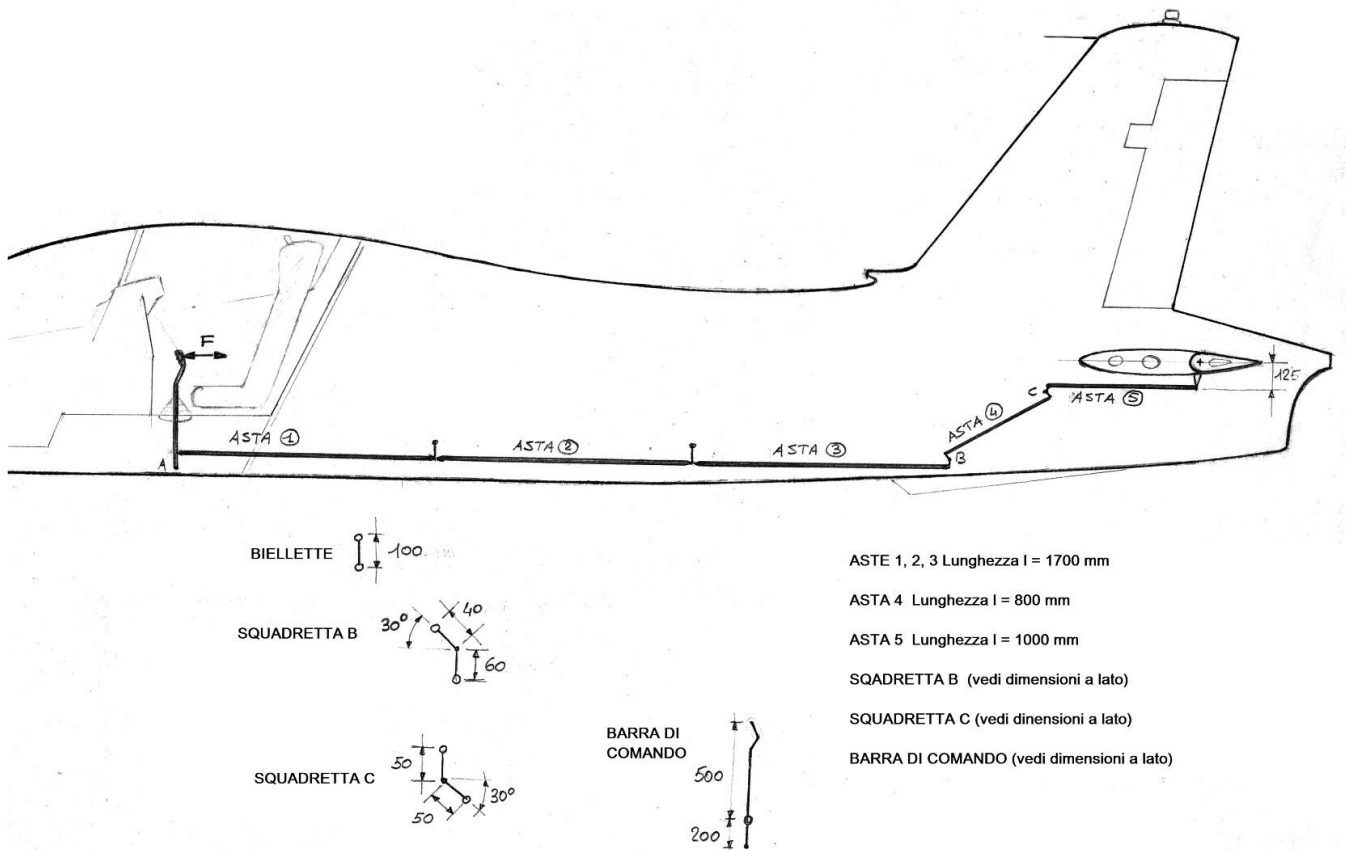
Comando di tipo rigido, costituito dai seguenti elementi:

- Barra di comando, lunghezza  $l = 500 \text{ mm}$
- Aste 1, 2, 3, lunghezza  $l = 1700 \text{ mm}$
- Asta 4, lunghezza  $l = 800 \text{ mm}$
- Asta 5, lunghezza  $l = 1000 \text{ mm}$
- Squadrette di rinvio e biellette (vedi figura 8)
- Barra di torsione (vedi figura 9)
- Materiale dell'asta di controventatura AVIONAL (UNI 3579)
- Materiale barra di torsione ACCIAIO 40NiCrMo 7.

#### ESEGUIRE

- Relazione completa di calcoli di dimensionamento delle aste a carico di punta, del dimensionamento della barra di torsione e conclusioni
- Disegno del complessivo dell'asta n. 2 e dei suoi particolari in proiezione ortogonale in scala 1:1 quotati
- Disegno delle squadrette B e C quotate, in scala 1:1
- Disegno del complessivo di montaggio in opportuna scala.





### SOLUZIONE

Determino la forza (carico di punta) che sollecita le aste di comando, dalla geometria della barra di comando ottengo:

$F_{500} = F_{1200}$  quindi  $F_1 = (850 \cdot 500)/200 = 2125$  N è la forza che sollecita a carico di punta le aste 1,2,3

#### Dimensionamento Aste 1, 2, 3

Eulero ha proposto la seguente formula per il calcolo del carico critico:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E J_{min}}{l_0^2}$$

In cui:

(E) = **modulo di elasticità normale** del materiale costituente l'asta [N/mm<sup>2</sup>]

(J<sub>min</sub>) = **momento d'inerzia minimo** della sezione [mm<sup>4</sup>]

(l<sub>0</sub>) = **lunghezza libera d'inflessione**, che tiene conto dell'influenza dei vincoli [mm] e nel nostro caso risulta uguale a  $l = 1700$  mm

Per il coefficiente di sicurezza utilizzo quello tipico delle costruzioni aeronautiche  $k = 1,5$  quindi:

$$P_{cr} = k F_1 = 1,5 \cdot 2125 = 3187,5 \text{ N}$$

Quindi dalla formula di Eulero ricavo:

$$J_{min} = \frac{P_{cr} l_0^2}{\pi^2 E} = \frac{3187,5 \cdot 1700^2}{\pi^2 \cdot 71000} = 13146 \text{ mm}^4$$

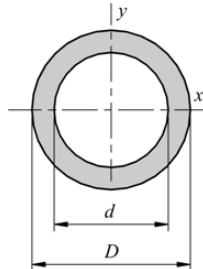
Scelgo una sezione circolare cava con  $D = 0,8 d$  e sapendo che il momento d'inerzia di questa sezione è:

$$J = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) = \frac{\pi D^4}{64} (1 - 0,8^4)$$

Ricavo il diametro esterno

$$D = \sqrt[4]{\frac{64 J}{\pi (1 - 0,8^4)}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 13146}{\pi (1 - 0,8^4)}} = 25,95 \text{ mm} = 26 \text{ mm}$$

E quindi il diametro interno  $d = 0,8 D = 0,8 \cdot 26 = 21 \text{ mm}$



#### Dimensionamento Asta 4: $l = 800 \text{ mm}$

Dalla geometria della squadretta B ricavo  $F_4$  che sollecita a carico di punta l'asta 4

$$F_{160} = F_{440} \quad \text{quindi} \quad F_4 = (2125 \cdot 60)/40 = 3187,5 \text{ N}$$

Per il coefficiente di sicurezza utilizzo quello tipico delle costruzioni aeronautiche  $k = 1,5$  quindi:

$$P_{cr} = k F_4 = 1,5 \cdot 3187,5 = 4781,25 \text{ N}$$

Quindi dalla formula di Eulero ricavo:

$$J_{min} = \frac{P_{cr} l_0^2}{\pi^2 E} = \frac{4781,25 \cdot 800^2}{\pi^2 \cdot 71000} = 4366,8 \text{ mm}^4$$

Scelgo una sezione circolare cava con  $D = 0,8 d$  e sapendo che il momento d'inerzia di questa sezione è:

$$J = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) = \frac{\pi D^4}{64} (1 - 0,8^4)$$

Ricavo il diametro esterno

$$D = \sqrt[4]{\frac{64 J}{\pi (1 - 0,8^4)}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 4366,8}{\pi (1 - 0,8^4)}} = 19,7 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$$

E quindi il diametro interno  $d = 0,8 D = 0,8 \cdot 20 = 16 \text{ mm}$

#### Dimensionamento Asta 5: $l = 1000 \text{ mm}$

Dalla geometria della squadretta C ricavo  $F_5$  che sollecita a carico di punta l'asta 5

$$F_{450} = F_{550} \quad \text{quindi} \quad F_5 = 3187,5 \text{ N}$$

Per il coefficiente di sicurezza utilizzo quello tipico delle costruzioni aeronautiche  $k = 1,5$  quindi:

$$P_{cr} = k F_5 = 1,5 \cdot 3187,5 = 4781,25 \text{ N}$$

Quindi dalla formula di Eulero ricavo:

$$J_{min} = \frac{P_{cr} l_0^2}{\pi^2 E} = \frac{4781,25 \cdot 1000^2}{\pi^2 \cdot 71000} = 6823 \text{ mm}^4$$

Scelgo una sezione circolare cava con  $D = 0,8 d$  e sapendo che il momento d'inerzia di questa sezione è:

$$J = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) = \frac{\pi D^4}{64} (1 - 0,8^4)$$

Ricavo il diametro esterno

$$D = \sqrt[4]{\frac{64 J}{\pi (1 - 0,8^4)}} = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 6823}{\pi (1 - 0,8^4)}} = 22,02 \text{ mm} = 22 \text{ mm}$$

E quindi il diametro interno  $d = 0,8 D = 0,8 \cdot 22 = 18 \text{ mm}$

### Dimensionamento Barra di Torsione

Dallo schema dell'equilibratore del velivolo ricavo il Momento Torcente che sollecita la barra di torsione:

$$M_t = F_5 \cdot 125 = 3187,5 \cdot 125 = 398437,5 \text{ N mm} = 398,44 \text{ N m}$$

Materiale barra di torsione ACCIAIO 40NiCrMo 7 quindi  $\sigma_r = 750 \text{ N/mm}^2$

Calcolo  $\sigma_{am} = \sigma_r / k = 750 / 1,5 = 500 \text{ N/mm}^2$  La tensione tangenziale ammissibile risulta:

$$\tau_{am} = \frac{\sigma_{am}}{\sqrt{2}} = \frac{500}{\sqrt{2}} = 353,55 \text{ N/mm}^2$$

Calcolo il modulo di resistenza a torsione  $W_t = \frac{M_t}{\tau_{am}} = \frac{398437,5}{353,55} = 1126,96 \text{ mm}^3$

Scelgo una sezione circolare cava con  $D = 0,8 d$  e sapendo che il modulo di resistenza a torsione di questa sezione è:

$$W_t = \frac{\pi}{16 D} (D^4 - d^4) = \frac{\pi D^3}{16} (1 - 0,8^4)$$

Ricavo il diametro esterno

$$D = \sqrt[3]{\frac{16 W_t}{\pi (1 - 0,8^4)}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1126,96}{\pi (1 - 0,8^4)}} = 21,34 \text{ mm} = 21 \text{ mm}$$

E quindi il diametro interno  $d = 0,8 D = 0,8 \cdot 21 = 17 \text{ mm}$