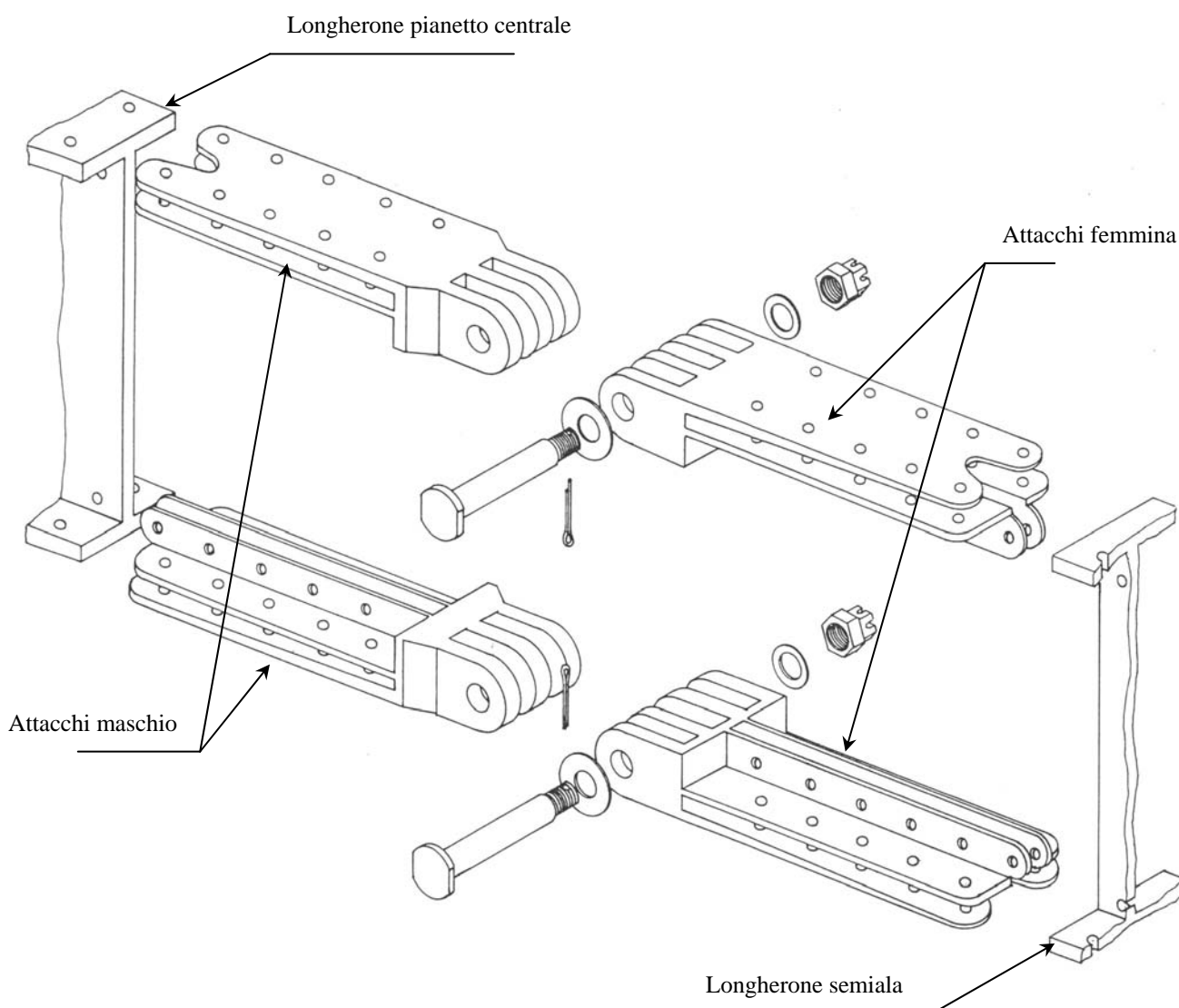

ATTACCO A PETTINE

Progettare gli attacchi alari per una semiala monolongherone a pianta rettangolare

1. Generalità

Esistono numerosi metodi per collegare una semiala alla relativa fusoliera. Quello più utilizzato per velivoli monolongherone è quello definito: attacco a pettine.

L'ala è sottoposta all'azione di una forza aerodinamica totale che genera sforzi normali e tangenziali. Questi sforzi sono assorbiti per la maggior parte dal longherone, e da esso, si trasmettono poi tramite l'attacco alare, alla fusoliera. Occorre perciò costruire un elemento di collegamento adatto a resistere a queste sollecitazioni. L'attacco a pettine presenta numerosi vantaggi rispetto ad altri attacchi, ovvero di presentare tutti i fori per rivetti, o chiodature, in particolari posizioni, in modo siano sede solo di sollecitazioni tangenziali. Infatti un rivetto o un chiodo non viene mai utilizzato per resistere a sforzi normali o di flessione; essi sono utilizzati solo per resistere a sforzi di taglio. Una figura



può chiarire meglio come questo sia possibile e come è possibile il collegamento ala-fusoliera:

Esso è formato da due parti, una definita maschio e l'altra femmina, entrambe collegabile tramite un apposito perno.

Come si può evincere dalla figura 1 la particolare forma degli attacchi permettono di inserirvi all'interno la parte iniziale del longherone, della semiala o del pianetto centrale.

Per ogni soletta vi è un attacco, perciò per una semiala monolongherone si dovranno utilizzare 2 attacchi tipo maschio e 2 attacchi tipo femmina.

Ora, dalla figura è possibile notare meglio come sono disposti i fori per i rivetti che uniscono l'attacco col longherone.

Quelli che andranno a collegarsi con le solette sono perpendicolari ad esse, in modo che resistano alla forza, derivante dal momento dell'ala. Infatti le solette del longherone sono progettate principalmente per sopportare lo sforzo derivante dal momento. Il momento è dato da una coppia di forze che passa per il baricentro di una sezione lungo la corda delle solette. Quindi la direzione di questa forza, per i rivetti di collegamento è vista come sforzo di taglio.

Per i rivetti che collegano l'attacco con l'anima del longherone il discorso è lo stesso. La forza tagliente è data dalla differenza di tutte le forze che tendono verso l'alto (portanza) e quelle di direzione opposta (peso struttura alare, combustibile, ecc.).

Sarà dimensionato dapprima il longherone, solette e anima, e di conseguenza l'attacco in modo che il numero di rivetti utilizzati per il collegamento sia adeguato, e che ovviamente la struttura intera resista, ed infine il perno di collegamento tra i due attacchi.

Da notare il collegamento tra i due attacchi, definito per questo "a pettine".

2. Progetto

Dati del velivolo:

Peso totale	$W_{\text{tot}} =$	2500 [kg]
Superficie alare	$S =$	15 [m ²]
Apertura alare	$b =$	10 [m]
Larghezza pianetto centrale		1,60 [m]
Peso della semiala	$Q_a =$	93,6 [kg]
Coefficiente di contingenza	$n =$	2,5

2.1 Calcoli generali

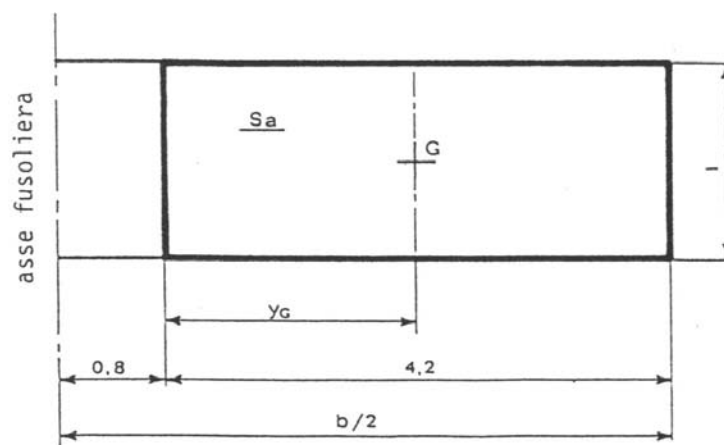


Figura 1 - Schema semiala

1. Calcolo della corda dell'ala

Sapendo che l'ala è rettangolare e la superficie alare è data dal prodotto tra la corda per l'apertura, ricaviamo la corda dell'ala:

$$l = \frac{S}{b} = \frac{15}{10} = 1,5 [m]$$

2. Calcolo della superficie effettiva della semiala

Occorre conoscere adesso la superficie effettiva della semiala, per trovare quanta portanza si andrà a sviluppare su quella superficie. Il suo valore corrisponde a quello dell'apertura della semiala, diminuita della lunghezza di metà pianetto centrale, e moltiplicata per la corda:

$$\begin{aligned} S_a &= \left(\frac{b}{2} - 0,8 \right) \cdot l = \\ &= \left(\frac{10}{2} - 0,8 \right) \cdot 1,5 = 6,3 [m^2] \end{aligned}$$

3. Portanza totale del velivolo

$$\begin{aligned} P_a &= n \cdot Q \cdot g = \\ &= 2,5 \cdot 2500 \cdot 9,81 = 61.312,50 [N] \end{aligned}$$

4. Ripartizione della portanza sulla semiala

Ora possiamo trovare quanta portanza sarà sviluppata dalla semiala, supponendo che la distribuzione della portanza lungo tutta l'apertura sia costante:

$$\begin{aligned} P_a &= \left(\frac{P}{S} \right) \cdot S_a = \\ &= \left(\frac{61.312,50}{15} \right) \cdot 6,3 = 25.751,25 [N] \end{aligned}$$

5. Forza totale agente sulla semiala

Facendo l'equilibrio di tutte le forze verticali agenti sull'ala, si nota che la forza totale è data dalla differenza tra la portanza della semiala e il peso di quest'ultima maggiorata del coefficiente di contingenza:

$$\begin{aligned} F_{tot} &= P_a - n \cdot Q_a \cdot g = \\ &= 25.751,25 - 2,5 \cdot 93,6 \cdot 9,81 = 23.455,71 [N] \end{aligned}$$

6. Calcolo del baricentro della semiala

Ipotizzando ancora che la portanza sia uniformemente distribuita lungo l'apertura, e che i pesi dell'ala siano anch'essi distribuiti uniformemente lungo l'apertura, è possibile ricavare il punto dove di

applicazione della forza complessiva sulla semiala. Troviamo quel punto rispetto all'attacco con la fusoliera:

$$y_G = \frac{4,2}{2} = 2,1[m]$$

7. Calcolo degli sforzi di flessione e di taglio sulla semiala

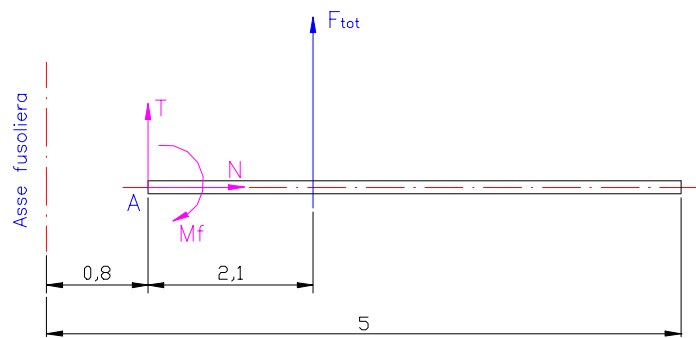


Figura 2 - Schema delle forze totali agenti sulla semiala

La semiala può essere schematizzata come una trave incastrata ad una estremità (figura 3), e nel suddetto punto di vincolo vi sono tre reazioni.

Facendo l'equilibrio dei momenti rispetto ricaviamo il momento totale a cui è sottoposta la struttura:

$$\sum_{i=1}^n M_i = 0$$

$$F_{tot} \cdot 2,1 - M_f = 0$$

$$M_f = F_{tot} \cdot 2,1 = 23.455,71 \cdot 2,1 = 49.256,99 [N \cdot m]$$

Ora facciamo l'equilibrio delle forze verticali:

$$\sum_{i=1}^n F_{yi} = 0$$

$$T + F = 0$$

$$T = -F = -23.455,71 [N]$$

L'equilibrio delle forze orizzontali risulta inutile dato che dalla figura si evince che esso è nullo.

2.2 Progetto del longherone

Dai dati del problema notiamo che il velivolo in questione è un piccolo velivolo di piccole dimensioni, poco veloce, perciò è lecito supporre che il profilo alare sia molto spesso.

Supponiamo pertanto che equivalga al 15% della corda del profilo.

$$s = l \cdot 15\% = 1,5 \cdot 15\% = 0,225 [m] = 225 [mm]$$

L'altezza del longherone non sarà però quel valore appena trovato, poiché il profilo è curvo, mentre il longherone sarà realizzato con una sezione a doppio T. quindi per motivi costruttivi supponiamo che l'altezza totale del longherone sia:

$$h = 220 [mm]$$

Ora facciamo qualche considerazione sul longherone. Essendo l'ala incastrata ad una estremità, il momento flettente massimo si avrà appunto in quel punto; perciò la sezione del longherone sarà dimensionata affinché resista a quel momento flettente. Spostandoci sempre più verso l'estremità opposta, il longherone potrà anche avere sezioni resistenti minori.

Cominciamo il dimensionamento dall'anima, poiché il calcolo è molto più semplice e sbrigativo. Per la realizzazione dell'anima utilizziamo il materiale in Appendice A ed considerando che l'anima assorba solo sforzo di taglio T e che la sua altezza sia leggermente inferiore a quella

$$\tau \leq K_t$$

$$\tau = \frac{T}{A} \leq K_t$$

$$\frac{T}{h \cdot s} \leq K_t$$

$$s = \frac{T}{h \cdot K_t} = \frac{23.455,71}{200 \cdot 180,90} = 0,65 [mm] \approx 1 [mm]$$

totale, per via delle solette:

Se le sollecitazioni sono distribuite uniformemente nella sezione, la coppia di forze agente sulle solette passerà per i baricentri delle solette

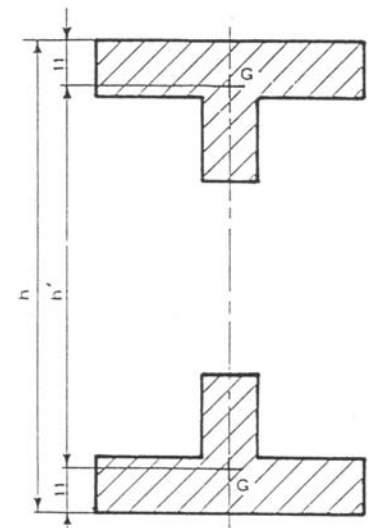


Figura 3 - Schizzo solette longherone

stesse, ed è data dal rapporto fra il momento flettente e la distanza tra i baricentri delle sezioni delle solette.

Supponiamo che il baricentro delle solette si trovi a 11[mm] dalla base, perciò l'altezza h' risulterà

$$F = \frac{M_f}{h'} = \frac{492.56,991 \cdot 1000}{198} = 248.772,68 [N]$$

198[mm]. Per cui la forza risulterà:

$$A = \frac{F}{K} = \frac{248.772,68}{313,33} = 793,96 [mm^2]$$

L'area resistente deve essere:

Per tentativi ricaviamo le dimensioni della sezione della soletta.

Assumiamo le dimensioni riportate in figura 5 e controlliamo

che l'area della sezione sia uguale o di poco superiore all'area resistente calcolata:

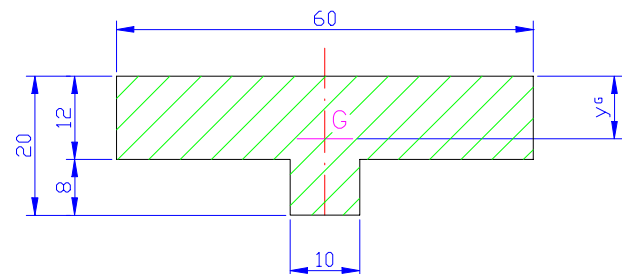


Figura 4 - Sezione della soletta

Ora bisogna verificare che la distanza dal baricentro sia uguale a quella assunta in prima approssimazione:

$$A_s = 60 \cdot 12 + 8 \cdot 10 = 800 [mm^2]$$

$$y_G = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n A_{tot}} = \frac{60 \cdot 12 \cdot 6 + 10 \cdot 8 \cdot 16}{800} = 7 [mm] \neq 11 [mm]$$

Ripetiamo il calcolo della distanza tra i baricentri delle solette:

$$h'' = h - 2 \cdot y_G = 220 - 2 \cdot 7 = 206 [mm]$$

La forza agente risulta quindi in questa seconda approssimazione:

$$F'' = \frac{M_f}{h''} = \frac{49.256,99 \cdot 1000}{206} = 239.111,61 [N]$$

Per verificare che l'area resistente prima calcolata sia sufficiente ricaviamo il valore della tensione unitaria interna e confrontiamola con il valore di K:

$$\sigma = \frac{F''}{A} = \frac{239.111,61}{900} = 265,57 \left[\frac{N}{mm^2} \right] < K = 313,33 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

2.3 Progetto dello spinotto dell'attacco a pettine

Lo spinotto è il perno di collegamento tra i due elementi che costituiscono l'attacco. Supponiamo che l'asse dello spinotto sia posto a 17 [mm] dalla superficie esterna; l'interasse tra i due spinotti è:

$$h_2 = h - 2 \cdot 17 = 220 - 2 \cdot 17 = 186 [mm]$$

La forza agente sullo spinotto dovuta al momento flettente è:

$$F = \frac{M_f}{h_2} = \frac{49.256,99 \cdot 1000}{186} = 264.822,53 [N]$$

Ogni spinotto deve trasmettere anche metà del taglio; la forza F e la T/2 agiscono su due direzioni perpendicolari; ricaviamo la risultante con il teorema di Pitagora:

$$R = \sqrt{F^2 + (T/2)^2} = \sqrt{264822,53^2 + (23455,71/2)^2} = 265082,09 [N]$$

La forza R è inclinata rispetto a F di un angolo γ :

$$\tan \gamma = \frac{T/2}{F} = \frac{23.455,71/2}{264.822,53} = 0,044$$

$$\gamma = 2,54^\circ$$

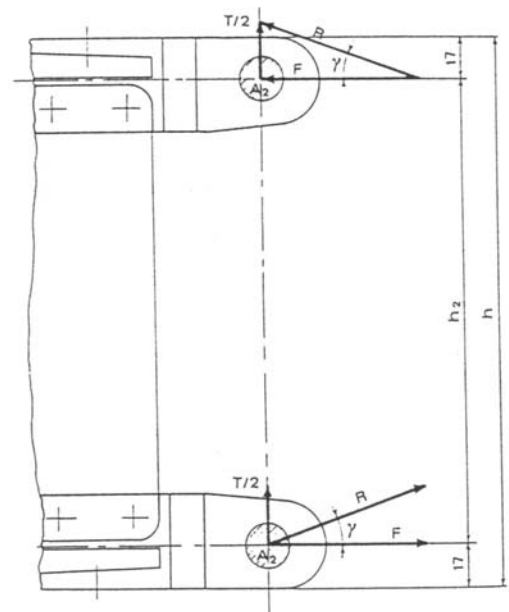
Costruiamo lo spinotto con il materiale in *Appendice B*, ed imposto che sia di sezione circolare e che lavori a taglio in 6 sezioni, si ottiene:

Assumiamo come diametro $\phi = 16 [mm]$.

2.4 Progetto del pettine dell'attacco

Costruiamo tutto l'elemento che costituisce l'attacco ancora con il materiale utilizzato per la progettazione dello spinotto di collegamento.

L'attacco deve avere una larghezza pari alla larghezza del longherone.



Verifichiamo perciò l'ovalizzazione dei vari fori del pettine, ricordando che costruendo l'elemento dello stesso materiale dello spinotto, si ottengono i medesimi risultati se si verificherebbe lo schiacciamento del perno.

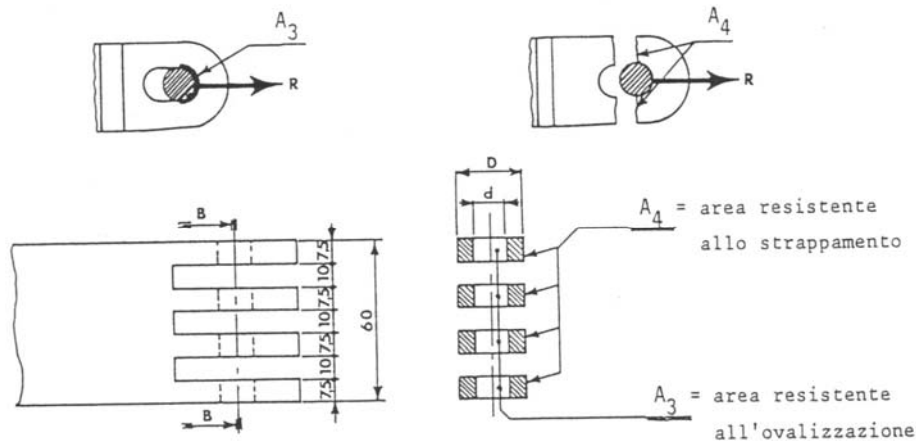


Figura 5 - Schema del pettine dell'attacco

L'area resiste all'ovalizzazione è l'area di contatto fra il perno e l'attacco:

$$A_3 = (d \cdot 7,5) \cdot 4 = (16 \cdot 7,5) \cdot 4 = 480 \text{ [mm}^2\text{]}$$

e si esercita una pressione specifica:

$$P_s = \frac{R}{A_3} \leq 1,5 \cdot R_e$$

$$\frac{265.082,09}{480} \leq 1,5 \cdot 800$$

$$555,25 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right] \leq 1200 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

Verifichiamo ora il pettine allo strappamento secondo la sezione BB, l'area resistente è:

$$A_4 = (D - d) \cdot 7,5 \cdot 4$$

ed assumiamo $D=34$ [mm].

Perciò la tensione risulterà:

$$\sigma = \frac{R}{A_4} = \frac{265.082,09}{(34 - 16) \cdot 7,5 \cdot 4} = 490,89 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

Che è inferiore alla tensione unitaria interna ammissibile K .

Lo strappamento può avvenire, come mostrato in figura 5, anche nelle direzioni CC e C'C', e ricaviamo quanto devono valere, ricordando che sono sezioni rettangolari

$$\tau \leq K_t$$

$$\tau = K_t$$

$$\frac{4}{3} \cdot \frac{T}{6 \cdot A} = K_t$$

$$A = \frac{4}{3} \cdot \frac{T}{6 \cdot K_t} = \frac{4}{3} \cdot \frac{R}{6 \cdot K_t} = \frac{4}{3} \cdot \frac{265.082,09}{6 \cdot 307,92} = 191,31 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$A = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4}$$

$$\phi = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 191,31}{\pi}} = 15,61 \text{ [mm]}$$

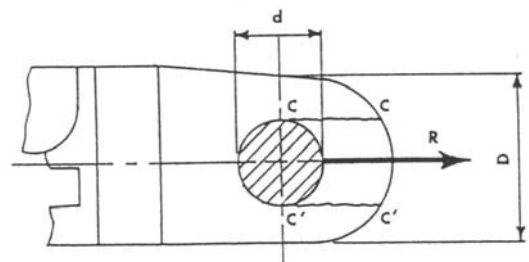


Figura 6 - Attacco a pettine, sezione resistente al taglio

e ve ne sono 8 che lavorano:

$$\tau \leq K_t$$

$$\frac{R}{8 \cdot A} = K_t$$

$$\frac{R}{8 \cdot 7,5 \cdot CC} = K_t$$

$$CC = \frac{R}{8 \cdot 7,5 \cdot K_t} = \frac{265.082,09}{8 \cdot 7,5 \cdot 307,92} = 14,35 [mm]$$

Assumiamo come valore per la lunghezza CC 21 [mm], soprattutto per motivi costruttivi, in modo di essere anche nella sicurezza.

2.5 Progetto collegamenti Attacco-solette

Effettuiamo il collegamento tra gli attacchi e le solette per mezzo di bulloni di acciaio 40 Cr Mo 7, aventi carico di snervamento $R_s = 1100 [N/mm^2]$, e $K_t = 423,39 [N/mm^2]$.

Calcoliamo a quanto deve corrispondere l'area totale di tutti i bulloni di collegamento necessari:

$$\tau \leq K_t$$

$$\frac{4}{3} \cdot \frac{R}{A} \leq K_t$$

$$\frac{4}{3} \cdot \frac{R}{A} = K_t$$

$$A_{tot} = \frac{4}{3} \cdot \frac{R}{K_t} = \frac{4}{3} \cdot \frac{265.082,09}{307,92} = 1147,84 [mm^2]$$

poiché i bulloni devono resistere lungo due direzioni, una per i bulloni collegati alle solette, l'altra per quelli che collegano l'anima, dividiamo ulteriormente l'area in due parti:

$$A_7 = \frac{1147,84}{2} = 573,92 [mm^2]$$

Supponiamo di avere 10 bulloni di diametro 8 [mm], e 6 bulloni di diametro 6 [mm], e verifichiamo se la somma di tutti è maggiore di A_7 , per essere nella sicurezza:

$$A_8 = \frac{\pi \cdot 8^2}{4} = 50,26 [mm^2]$$

$$A_6 = \frac{\pi \cdot 6^2}{4} = 28,27 [mm^2]$$

$$A_9 = 10 \cdot A_8 + 6 \cdot A_6 = 10 \cdot 50,26 + 6 \cdot 28,27 = 672,22 [mm^2] > A_7$$

Verificato questo è possibile assumere bulloni di queste dimensioni.

Assumiamo ora uno spessore di 3 [mm] per le piastre degli attacchi fissate alla nervatura a T della soletta, e verifichiamo l'ovalizzazione dei bulloni di diametro 6.

L'area totale resistente è ora:

$$A'_{tot} = 2 \cdot A_9 = 2 \cdot 672,22 = 1344,44 [mm^2]$$

Nell'ipotesi che il carico sia distribuito uniformemente sui bulloni, la forza trasmessa sui bulloni di diametro 6, che lavora al taglio in due sezioni, è:

$$F_6 = \frac{R}{A'_{tot}} \cdot (2 \cdot A_6) = \frac{265.082,09}{1344,44} \cdot (2 \cdot 28,27) = 11.147,94 [N]$$

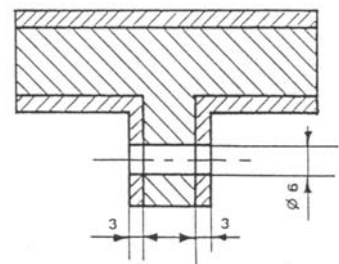


Figura 7 - Fori diametro 6

Ora ripetiamo il calcolo per trovare la forza che si distribuirà sui bulloni di diametro 8 [mm]:

$$F_8 = \frac{R}{A_{tot}} \cdot (2 \cdot A_8) = \frac{265.082,09}{1344,44} \cdot (2 \cdot 50,26) = 19.819,44 \text{ [N]}$$

Per i bulloni di diametro 6, l'area resistente alla pressione specifica è:

$$6 \cdot (3 + 3) = 36 \text{ [mm}^2\text{]}$$

La pressione specifica risulta:

$$P_{s6} = \frac{F_6}{36} = \frac{11.147,94}{36} = 309,67 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Nettamente inferiore a quella ammissibile (già calcolata 1200 [N/mm²]).

Per i bulloni di diametro 8 l'area resistente è:

$$8 \cdot (3 + 3) = 48 \text{ [mm}^2\text{]}$$

La pressione risulta quindi:

$$P_{s8} = \frac{F_8}{48} = \frac{19.819,44}{48} = 412,91 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Anch'essa entro i limiti di tolleranza.

Ora determiniamo gli spessori delle piastre per resistere allo strappamento.

Tenendo conto che sulle piastre agiscono le forze trasmesse dai bulloni, in ogni sezione delle piastre la forza è uguale a F_8 moltiplicata per il numero dei bulloni posti in sezioni precedenti (iniziando il calcolo dall'estremità delle piastre ed avanzando verso il pettine, come in figura 10).

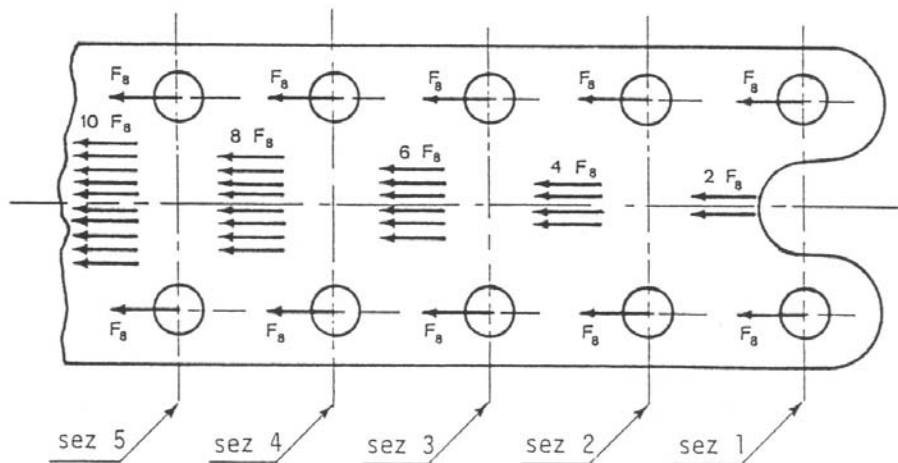
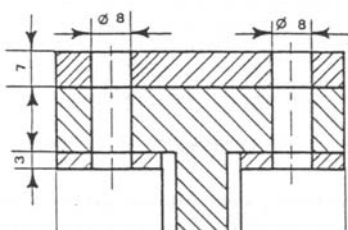


Figura 9 - Ripartizione degli sforzi sui bulloni di diametro 8 [mm]

Per semplicità immaginiamo collaboranti a trasmettere le forze relative ai bulloni di diametro 8 soltanto le piastre collegate all'ala superiore della sezione a T della soletta; sebbene se nella realtà anche le piastre collegate alla nervatura della sezione a T danno un contributo. Questa ipotesi garantisce perciò una maggiore sicurezza.

Per iniziare, verifichiamo la sezione 5 della piastra, visibile in figura 10. Supponiamo che lo spessore della sezione sia di 7 [mm].



La forza trasmessa dalle piastre nella sezione 5 è otto volte la F_8 , e l'area resistente è:

Figura 10 - Sezione 5

$$A_{10} = (60 - 2 \cdot 8) \cdot 7 + (22 - 8) \cdot 2 \cdot 3 = 392 \text{ [mm}^2\text{]}$$

ne deriva che la tensione risultante è:

$$\sigma = 8 \cdot \frac{F_8}{A_{10}} = 8 \cdot \frac{19.819,44}{392} = 404,48 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right] < K = 533,33 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

minore della tensione unitaria K.

Si è assunto per la piastra superiore dell'attacco lo spessore di 7 [mm] nella sezione 5, supponendo di costruire la piastra a spessore variabile in modo da avere uno spessore maggiore e quindi maggior resistenza nella parte più vicina al pettine. Perciò, per la sezione 1 assumiamo uno spessore di 3 [mm] (che come già dimostrato evita lo schiacciamento del perno) e lo facciamo variare linearmente, come in *figura 12*.

Come interessasse tra i bulloni scegliamo il valore 30 [mm].

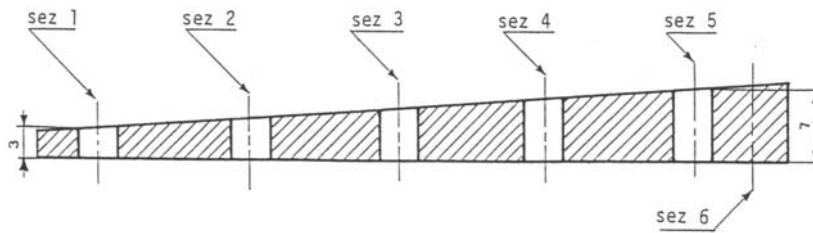


Figura 11 – Spessori dei fori dei bulloni nella piastra di collegamento

Verifichiamo in aggiunta anche la sezione 4:

$$A_{11} = (60 - 2 \cdot 8) \cdot 6 + (22 - 8) \cdot 2 \cdot 3 = 348 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$\sigma = 6 \cdot \frac{F_8}{A_{11}} = 6 \cdot \frac{19.819,44}{348} = 341,71 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right] < K = 533,33 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

Anche in questo caso siamo nel campo della sicurezza.

Però, in prossimità del pettine, la forza R agisce tutta sulle piastre degli attacchi e la soletta risulta scarica.

Verifichiamo perciò la sezione 6, la cui area è:

$$A_{12} = (60 \cdot 7) + [(22 \cdot 3) + (21 \cdot 3)] \cdot 2 = 678 \text{ [mm}^2\text{]}$$

e si ha pertanto una tensione interna:

$$\sigma = \frac{R}{A_{12}} \leq K$$

$$\frac{265.082,09}{678} \leq K$$

$$390,98 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right] < 533,33 \left[\frac{N}{\text{mm}^2} \right]$$

3. Conclusioni

Dai calcoli effettuati è possibile realizzare gli attacchi a pettine con le dimensioni trovate, poiché tutte verificate. I disegni sono allegati al termine della relazione.

È da notare che l'attacco a pettine maschio e femmina differiscono nella parte de pettine, poiché la femmina ha tre alette, mentre il maschio quattro. Per far sì che il tutto resista, le alette della femmina sono più spesse rispetto a quelle del maschio (10 [mm] anziché 7,5 [mm])

Il perno di collegamento tra i due attacchi a pettine è filettato all'estremità e presenta un foro per inserirvi all'interno una coppiglia.

La sezione a T delle solette del longherone, può essere realizzata come l'unione di due barre estruse di sezione a L. In modo che presentino la stessa area e la stessa posizione del baricentro. Realizzando il longherone con questo sistema è possibile ottenere una soletta più spessa in prossimità dell'attacco, per via via ridurla in prossimità dell'estremità alare. Questo ovviamente con dei calcoli opportuni in più sezioni dell'ala.

Appendice A

Designazione: P - Al Zn 5,8 Mg Cu Cr UNI 9007/2 **Des. Num.** 7075

Composizione chimica lega (in %)

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti + Zr	Altre Imp.	Al
0,40	0,50	1,2	0,3	2,1	0,18	5,1	0,25	Ciascuna: 0,05	resto
		2,0		2,9	0,28	6,1		Totale:0,15	

Stato fisico	Spessore	Sezione (A)	Caratteristiche meccaniche				
			Rm [N/mm ²]	Rp (0,2)	A %	HB	E [N/mm ²]
T 62	0,5÷3,2	-	540	470	7	150	71100

Semilavorato: laminato

Tipo: lamiere, nastri, bandelle e piastre

T 62: solubilizzato e invecchiato artificialmente. Per semilavorati, trattamento termico per valutare il materiale a partire dallo stato ricotto F.

Massa volumica : $\rho = 2,81 \left[\frac{Kg}{dm^3} \right]$

Tensione normale unitaria interna minima ammissibile: $K = \frac{R_{p(0,2\%)}}{1,5} = \frac{470}{1,5} = 313,33 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$

Tensione tangenziale unitaria interna minima ammissibile: $K_t = \frac{K}{\sqrt{3}} = \frac{313,33}{\sqrt{3}} = 180,90 \left[\frac{N}{mm^2} \right]$

APPENDICE B

Acciaio 36 Cr Ni Mo 4

Composizione chimica lega (in %)

C	Mn	Cr	Ni	Mo
0,32	0,50	0,90	0,90	0,15
0,40	0,80	1,20	1,20	0,30

Caratteristiche meccaniche

16 < Diametro < 40

$$R_{\max} = 1000 \div 1200 \text{ N/mm}^2$$

$$R_e = 800 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{\min\%} = 11 \%$$

$$Z = 50 \%$$

$$KV = 40 \text{ J}$$

Tensione normale unitaria interna minima ammissibile:

$$K = \frac{R_e}{1,5} = \frac{800}{1,5} = 533,33 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

Tensione tangenziale unitaria interna minima ammissibile:

$$K_t = \frac{K}{\sqrt{3}} = \frac{533,33}{\sqrt{3}} = 307,92 \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$