

Lift UP



Data: 09/03/2022

Divisione: Meccanica del volo

Oggetto: Studio della fase di decollo del velivolo Kowalsky

Autore: Gabriele Guadalupi

Sommario:

- 1. Obiettivi.....3
 - 1.1 Regolamento.....3
- 2. Transition.....4
- 3. Climb5
- 4. Procedimento6
- 5. Risultati e conclusioni.....8

1. Obiettivi

La fase di decollo si compone di tre fasi differenti: la fase a terra ('ground roll'); la fase di transizione ('transition'); la fase di salita ('climb'). Gli obiettivi di questo report, utili al fine di affrontare al meglio la competizione con il velivolo Kowalsky, sono:

- studiare la fase della transizione;
- studiare la fase della salita.

1.1 Regolamento

Si effettueranno dei calcoli usufruendo anche dei requisiti richiesti dal regolamento.

Infatti, leggendo il regolamento dell'Air Cargo Challenge 2022 (ACC 2022), si afferma che la fase di decollo ('take-off') deve essere completata in 3 minuti e che dopo 60 secondi, successivi al decollo, viene registrata la quota raggiunta dal proprio velivolo e si procede a conferire il punteggio relativo a questa fase. Inoltre il regolamento prevede che si voli in un certo range, ovvero minimo 10m e massimo 120m di altitudine.

2. Transition

Per la fase di transizione si ipotizza che l'aereo segua una traiettoria approssimativamente circolare, come osservabile in Fig. 1. Nei calcoli successivi, infatti, si terrà conto di questa geometria per la determinazione dei parametri di interesse. In particolare, per il calcolo del fattore di carico, viene sommata l'accelerazione centripeta richiesta affinché l'aereo segua la traiettoria.

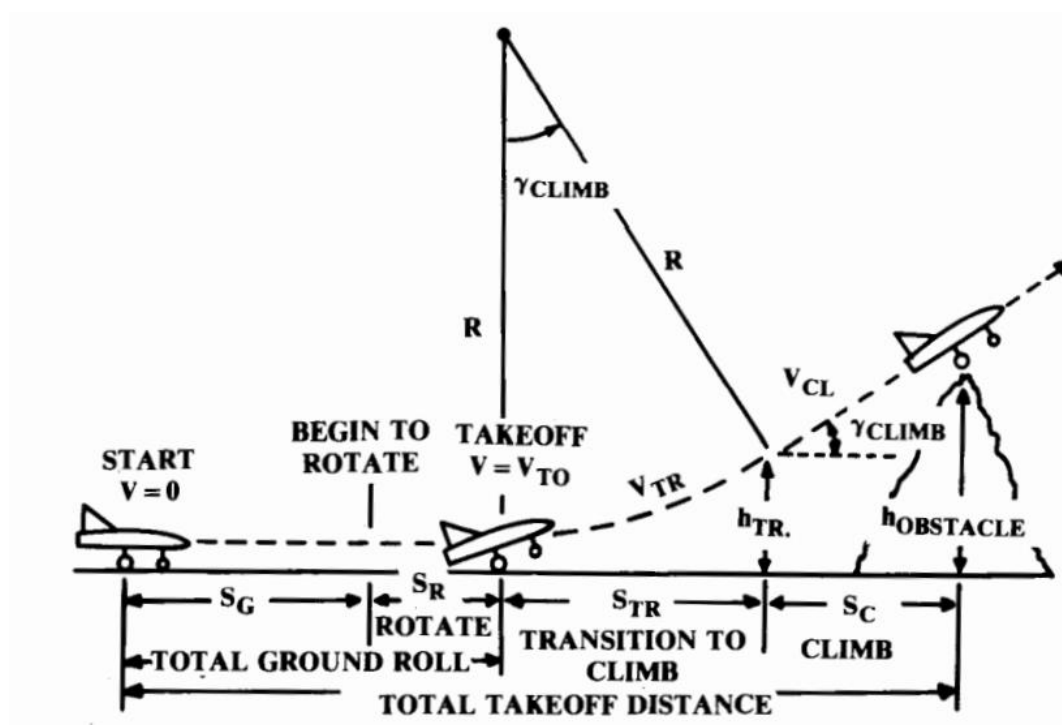


Fig. 1 Analisi della fase di decollo

3. Climb

È possibile osservare due casi particolari del regime di salita:

- regime di salita rapida;
- regime di salita ripida.

La salita rapida è la salita nella quale il rateo di salita è il massimo possibile, quindi si guadagna il massimo della quota nel minor tempo possibile; la salita ripida, invece, è la salita nella quale si ha la massima inclinazione sull'orizzontale, ovvero il regime che corrisponde al massimo valore dell'angolo di rampa γ . Questi regimi sono caratterizzati da velocità su traiettorie che si calcolano andando a studiare l'equilibrio alla traslazione nella direzione dell'asse delle x ed andando ad usufruire correttamente della derivazione numerica. La velocità di interesse del caso in esame è la velocità di salita rapida, quindi nel punto successivo verranno spiegati i procedimenti per calcolare questa velocità, necessaria per lo studio della salita del velivolo. Essa si determina uguagliando la derivata della potenza disponibile rispetto alla velocità con la derivata della potenza necessaria rispetto alla velocità:

$$\frac{\partial W_d}{\partial V} = \frac{\partial W_n}{\partial V}$$

4. Procedimento

Per i calcoli seguenti si è utilizzato il software Matlab (versione R2021a) e si sono effettuate diverse iterazioni e diverse ricerche tra i vari pacchetti per potere arrivare a soluzione. Partendo dalla definizione di velocità di salita rapida, vista in precedenza, si osserva che, innanzitutto, bisogna considerare le equazioni che rappresentano la potenza necessaria e quella disponibile. Avendole analizzate, si effettua la differenza tra le due funzioni e si pone la sua derivata uguale a zero. Di seguito sono riportati i passaggi in Matlab e il path del file:

Divisione Meccanica del Volo/Risorse/Codice Matlab Analisi Salita/Studio_Salita.m

dW = diff(ftot,v);	%Derivata della ftot	
x_max = double(solve(dW==0,v));	%Zeri della derivata	
y_max = double(subs(ftot,x_max));	%Valori delle y corrispondenti agli zeri	
for i=[1:numel(x_max)]		
if x_max(i)>31 imag(x_max(i))~=0		
y_max(i)=0;		
end		
end		
[Y,max_ind] = max(y_max);	%Valore di y_max più grande	
Vclimb = double(x_max(max_ind));	%Velocità di salita rapida	
gamma = asind(Y/Vclimb);	%Angolo di salita rapida	

Fig. 2 Passaggi Matlab 1

t = 60;	%Tempo fissato dal regolamento [s]	
Clmax = 1.81;		
Clclimb = W*cosd(gamma)/(0.5*ro*S*(Vclimb^2));	%Coefficiente di portanza del climb	
Cltakeoff = 1.741;	%Coefficiente di portanza del take-off	
Cltrans = 0.9*Clmax;	%Coefficiente di portanza della transizione	
Vtakeoff = 11.2;	%Velocità di decollo [m/s]	
Vtrans = (Vclimb + Vtakeoff)/2;	%Velocità di transizione	
g = 9.81;		
Ltrans = 0.5*ro*S*Cltrans*(Vtrans^2);	%Portanza nella transizione	
n = Ltrans/W;	%Fattore di carico nella transizione	
R = (Vtrans^2)/(g*(n-cosd(gamma)));	%Raggio di curvatura	
Strans = 2*pi*R*gamma/360;	%Distanza di transizione	
htrans = R*(1-cosd(gamma));	%Altezza di transizione	
ttrans = htrans/Vtrans;	%Tempo di transizione	
tclimb = 60 - ttrans;	%Tempo di salita	
htot = htrans + Y*tclimb;	%Altezza totale	

Fig. 3 Passaggi Matlab 2

Nella Fig. 3 si notano tutti i passaggi necessari per arrivare al calcolo dell'altezza totale raggiunta dal velivolo:

- sono noti il tempo fissato dal regolamento, come visto al paragrafo 1; il coefficiente di portanza massimo Cl_{max} ; il coefficiente di portanza nella fase di take-off (che corrisponde alla fase di ground roll); la velocità di take-off (corrispondente a quella della fase di ground roll); il peso W uguale al prodotto tra la massa e l'accelerazione di gravità e pari a 58.86 N;
- essendo note queste quantità, si è voluto procedere inizialmente ad un calcolo del coefficiente di portanza nella fase di transizione Cl_{trans} andando ad eseguire una media con i coefficienti di portanza della fase di climb e della fase di ground roll; successivamente però si è deciso di prendere in considerazione un'ipotesi più reale, ovvero si pone il Cl_{trans} pari al 90% del Cl_{max} ;
- si continua lo studio con il calcolo della velocità di transizione, effettuato tramite la media tra le velocità delle fasi di ground roll e climb;
- si calcola, quindi, la portanza relativa alla fase di transizione e il fattore di carico corrispondente sempre a questa fase;
- infine, facendo riferimento alla Fig. 1, si calcola il raggio di curvatura della traiettoria del velivolo, al fine di ottenere la distanza e l'altezza relative alla fase di transizione; si procede quindi al calcolo del tempo di transizione e con una banale differenza si arriva alla determinazione del tempo di salita, necessario per calcolare l'altezza finale raggiunta dal velivolo in esame.

5. Risultati e conclusioni

Come è possibile osservare dai risultati, si nota che i valori relativi alla fase della transizione sono ragionevolmente trascurabili. Inoltre si è determinato un valore dell'altezza totale raggiunta dal velivolo coerente con i requisiti del regolamento.

Vclimb [m/s]	17,24
gamma [deg]	2,97
Clclimb	0,726
Cltrans	1,629
Vtrans [m/s]	14,22
Ltrans [N]	89,75
n	1,52
R [m]	39,16
Strans [m]	2,03
htrans [m]	0,05
ttrans [s]	0,0037
tclimb [s]	59,9963
htot [m]	53,71

Tab. 1 Risultati