

Strutture Aeronautiche
Esercitazione 1
Prof.re Franco Mastroddi

Matteo Hakimi 1455230



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Laurea Magistrale in Ingegneria Aeronautica

Indice

1	Introduzione	3
2	Carico applicato lungo z	3
2.1	Soluzione con irrigidimenti longitudinali	4
2.2	Soluzione senza irrigidimenti longitudinali	5
3	Carico applicato lungo x	6
4	Momento torcente applicato attorno a y	7
4.1	Soluzione con irrigidimenti longitudinali	7
4.2	Soluzione senza irrigidimenti longitudinali	8

1 Introduzione

Si vuole calcolare il campo di spostamenti, in diverse condizioni di carico di una struttura costituita da un cassone alare incastrato da un lato, in lega metallica leggera (Alluminio $E=68\text{GPa}$ $\nu = 0.3$ $\rho = 2650 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$) di lunghezza longitudinale pari a $L=4\text{m}$, una cross section rettangolare di dimensioni $0.6\text{m} \times 0.1\text{m}$ costituita da 4 pannelli di spessore $t=0.003\text{m}$, e da 4 irrigidimenti (longheroni) posti ai vertici della sezione trasversale, che percorrono la struttura nella direzione longitudinale, di sezione pari a $A = 0.0025\text{m}^2$. Il calcolo verrà svolto tramite l'uso di solutore agli elementi finiti, discretizzando opportunamente la struttura. Infine si effettuerà il confronto della soluzione con quella ottenuta per via analitica.

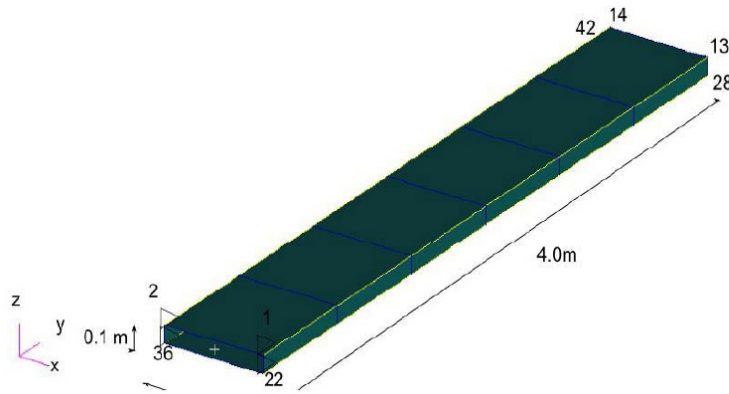


Figura 1: Cassone Alare

2 Carico applicato lungo z

Il primo caso che verrà analizzato è il calcolo della risposta statica (SOL 101) della struttura sottoposta ad un carico di estremità $P=10000\text{N}$ realizzato con la ripartizione su due forze concentrate applicate a due nodi dell'estremità alare (ciascuna di intensità di 5000N) uno al bordo d'attacco a l'altro al bordo d'uscita (nodi 28 e 42) entrambe in direzione verticale verso l'alto. Successivamente verranno rimossi i logheroni e verrà reiterato il calcolo. Il modello agli elementi finiti è costituito da elementi monodimensionali (ROD con sezione pari a 0.0025m^2) ed elementi bidimensionali (SHELL con spessore di 0.003m).

2.1 Soluzione con irridimenti longitudinali

Si é rappresentata la deformata,attraverso l'ausilio di Matlab, lungo una linea di nodi di un bordo di uno dei longheroni,dove si riportano gli spostamenti lungo z al variare dell'ascissa y adimensionalizzata rispetto alla lunghezza longitudinale del cassone,a confronto con i risultati offerti dalla teoria della trave inflessa.

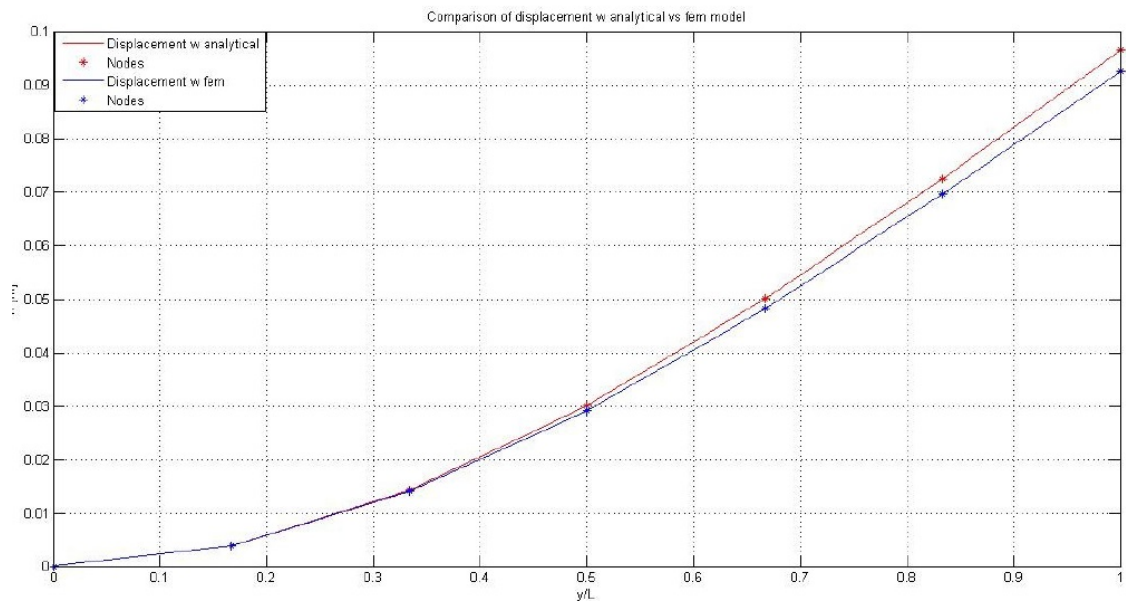


Figura 2: Confronto soluzione analitica con Fem caso flessione

Si può notare come la soluzione ottenuta col solutore presenta un andamento molto prossimo a quello offerto dalla teoria analitica (trave Eulero Bernulli). Si riporta nel dettaglio il valore di displacement e rotazione del nodo 13

Point ID	T1	T2	T3
13	3.666635E-06	-1.700912E-03	9.253278E-02
Point ID	R1	R2	R3
13	3.407605E-02	5.869038E-05	4.054110E-05

L' errore relativo al tip sullo spostamento lungo z é pari a $\epsilon = 3.99 \cdot 10^{-3}m$ rispetto a quello analitico ($9.6530920 \cdot 10^{-2}m$) e sulla rotazione attorno a x di $\epsilon = 2.12 \cdot 10^{-3}rad$ rispetto a quello analitico ($3.6199095 \cdot 10^{-2} rad$). Si riportano i valori delle componenti della reazione vincolare del nodo 1:

Point ID	T1	T2	T3
1	-9.921290E+03	1.999500E+05	-2.498879E+03
Point ID	R1	R2	R3
1	-2.497716E+00	-1.682029E-01	2.796296E+00

La forza lungo l'asse z é quella necessaria per contrastare il carico applicato (un quarto, essendo 4 i nodi vincolati). La forza lungo l'asse y é positiva essendo il nodo 1 sulla parte superiore del cassone infatti é necessaria per contrastare la compressione indotta sulla parte superiore dalla flessione. Sui due nodi vincolati della parte inferiore sono presenti reazioni vincolari uguali e contrarie per contrastare la trazione. La somma delle 4 reazioni vincolari lungo y é nulla. Il momento attorno a x generato dalle forze delle reazioni vincolari agenti lungo y equilibra il momento flettente generato dal carico.

2.2 Soluzione senza irrigidimenti longitudinali

Analogamente a quanto visto nel primo sottocaso si procede con il calcolo con l'unica eccezione che questa volta sono stati rimossi i longheroni (Rod). Nel codice corrisponde a porre uguale a 0 l'area dei correnti.

Si é notata una notevole differenza nella soluzione a dimostrazione del fatto che i correnti, contribuiscono a contrastare la deformazione del cassone quando é applicato un carico lungo l'asse z all'estremitá del cassone. Sempre nel nodo 13 si ottiene:

Point ID	T1	T2	T3
13	1.255903E-05	-6.139704E-03	3.264377E-01
Point ID	R1	R2	R3
13	1.227434E-01	2.282389E-04	1.419131E-04

Si riporta inoltre il confronto lungo una linea di nodi disposti lungo un longherone tra il primo sottocaso e il secondo.

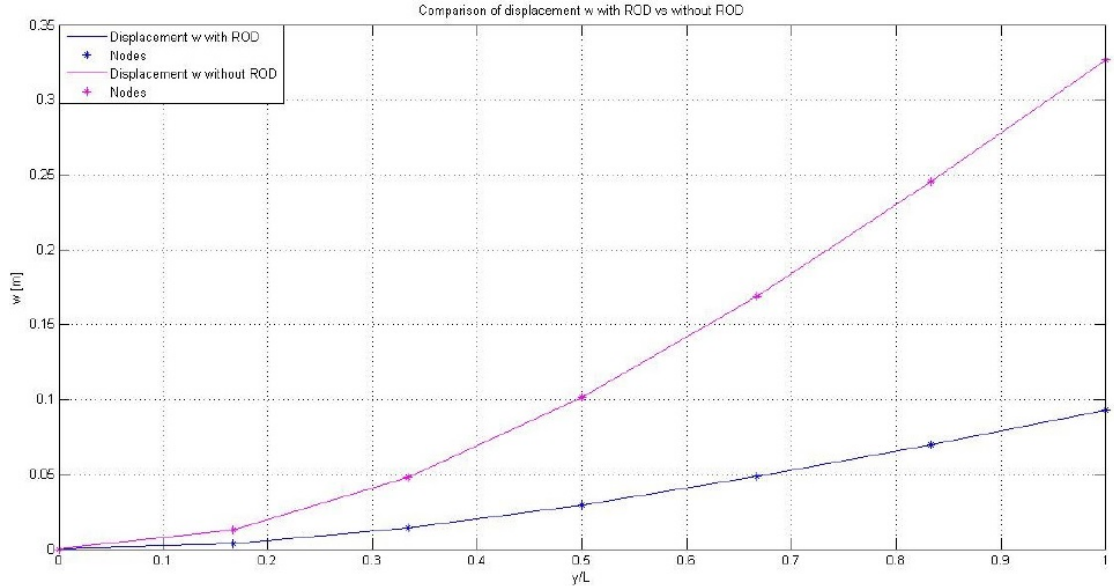


Figura 3: Confronto spostamenti flessionali con irrigidimenti e senza

3 Carico applicato lungo x

Il secondo caso fa riferimento alla stessa geometria e carico del primo caso differendo da quest'ultimo per la direzione di applicazione del carico stesso; infatti il carico é stato ripartito sui nodi 13 e 28 e la sua direzione é parallela all'asse x.

Ora si nota che la deformazione piú consistente si ha lungo l'asse x e che essa é minore della massima deformazione lungo l'asse z trovata nel caso 1 siccome l'inerzia della sezione attorno l'asse z é $1.062 \cdot 10^{-3} m^4$, maggiore rispetto a quella attorno l'asse x ($3.45 \cdot 10^{-5} m^4$):

Point ID	T1	T2	T3
13	3.371049E-03	-3.328972E-04	-3.680786E-07
Point ID	R1	R2	R3
13	-2.064145E-06	-3.728811E-07	-1.167187E-03

Lo spostamento al tip differisce del $\epsilon = 4.11 \cdot 10^{-4} m$ da quello analitico offerto dalla teoria della trave ($2.9596744 \cdot 10^{-3} m$). La rotazione al tip calcolata con MSC Nastran é di $-1.167187 \cdot 10^{-3} rad$ mentre quella calcolata con la teoria della trave é $-1.1098779 \cdot 10^{-3} rad$.

4 Momento torcente applicato attorno a y

Nel terzo caso sono state applicate due forze, di intensità pari a 5000 N all'estremità del cassone. Una verso l'alto sul nodo 28 e una verso il basso sul nodo 14. Complessivamente ne deriva un momento torcente applicato di intensità pari a 3000 Nm, dato il braccio $b=0.6$ m. Analogamente a quanto visto nella prima sezione il calcolo della risposta statica verrà reiterato successivamente avendo rimosso gli irrigidimenti longitudinali.

4.1 Soluzione con irrigidimenti longitudinali

In figura é riportato il confronto tra la soluzione del modello approssimato e quella analitica ottenuta con la teoria di Bredt, e il campo di spostamenti e rotazioni per il nodo 13.

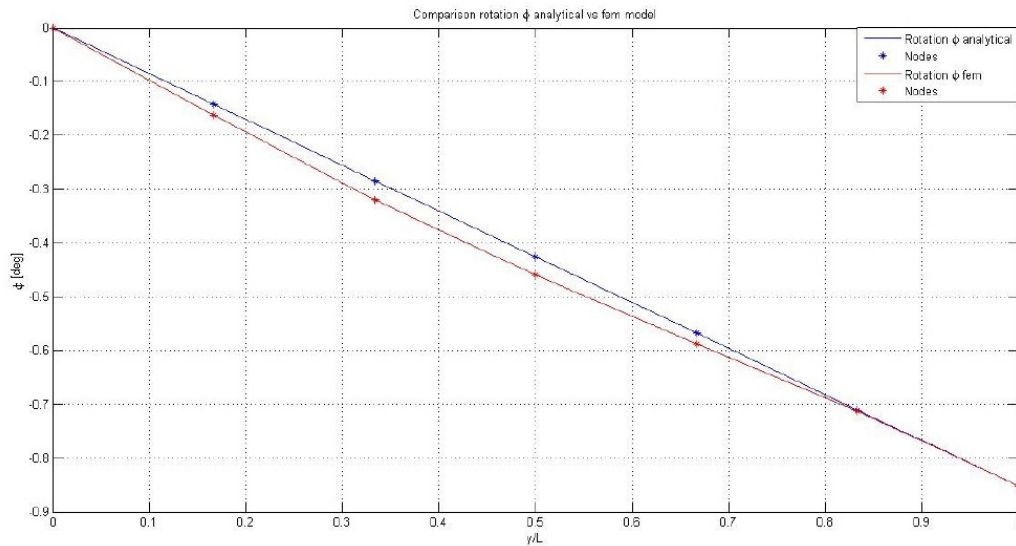


Figura 4: Confronto soluzione analitica con Fem caso torsione

Per il nodo 13 si ha:

Point ID	T1	T2	T3
13	7.160255E-04	5.416122E-05	-4.391133E-03
Point ID	R1	R2	R3
13	-1.214607E-03	1.486716E-02	1.097381E-04

Sono stati analizzati i risultati e confrontati con quelli analitici forniti dalla teoria di Bredt ($G=26.9$ GPa, $S = 0.06m^2B = 8.31 \cdot 10^5 Nm^2$). La rotazione in funzione di y fornita dalla teoria di Bredt risulta essere: $\phi(y) = 3.61 \cdot 10^{-3}y$. La rotazione massima risulta essere quindi di $1.444 \cdot 10^{-2}rad$, in buon accordo con i risultati di Nastran ($1.486716 \cdot 10^{-2}rad$). L'errore é pari a $\epsilon = 4.27 \cdot 10^{-4}rad$.

4.2 Soluzione senza irrigidimenti longitudinali

Si procede con il calcolo della soluzione rimuovendo gli irrigidimenti .In figura viene riportato il confronto tra il caso attuale e quello precedente

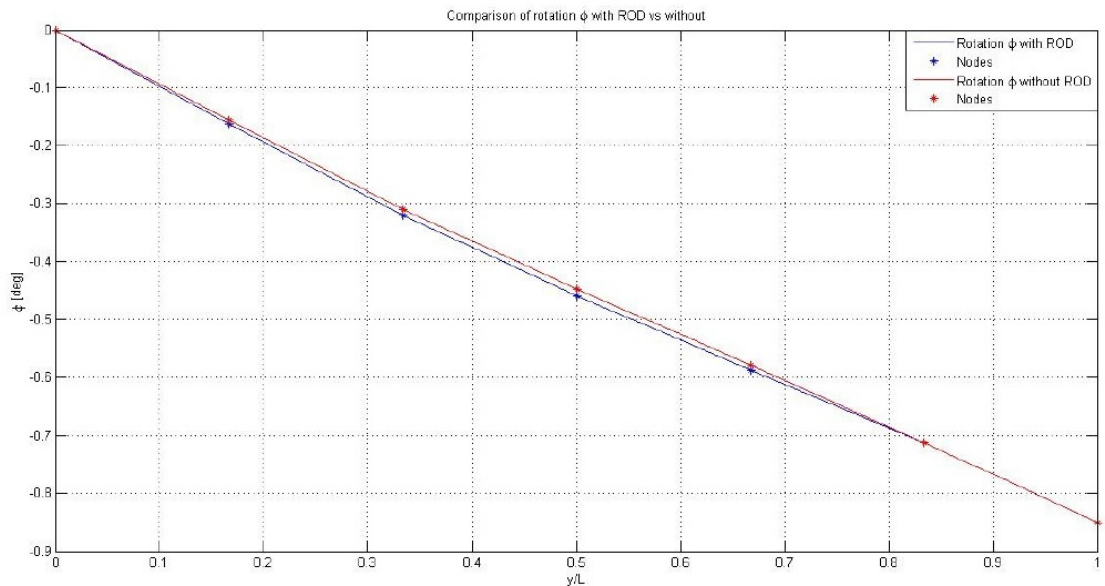


Figura 5: Confronto rotazione torsionale con irrigidimenti e senza

Si può osservare che nel caso della torsione pura i longheroni non influenzano in modo significativo il comportamento a torsione della struttura. A titolo esplicativo vengono, infine, riportati gli spostamenti e rotazioni del nodo 13.

Point ID	T1	T2	T3
13	7.303965E-04	4.580828E-05	-4.479178E-03
Point ID	R1	R2	R3
13	-1.048825E-03	1.487031E-02	8.150756E-05