

Kirchhoff Plate Deflection

Codice che implementa la soluzione di Navier al problema di una piastra di Kirchhoff *simply supported* soggetta ad un carico distribuito trasversale. Cioè, risolve gli sviluppi in serie delle quantità coinvolte fino ad un opportuno valore finale di troncamento, trovandone i coefficienti ed infine la soluzione finale.

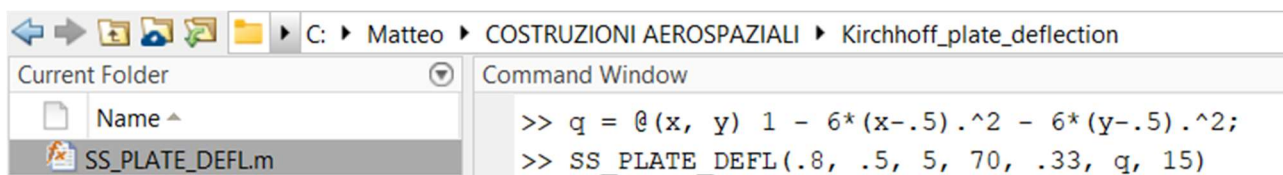
La routine accetta in input i seguenti argomenti

```
function SS_PLATE_DEFL(a, b, t, E, v, q, N)

%% ARGOMENTI IN INPUT
% a = Lunghezza del lato in x in m
% b = Lunghezza del lato in y in m
% t = Spessore della piastra in mm
% E = Modulo di Young del materiale in GPa
% v = Modulo di Poisson del materiale
% q = Funzione carico trasversale che agisce sulla piastra in kPa
%     e passata in input come function handle @(x, y)
% N = Numero a cui troncare gli sviluppi in serie
```

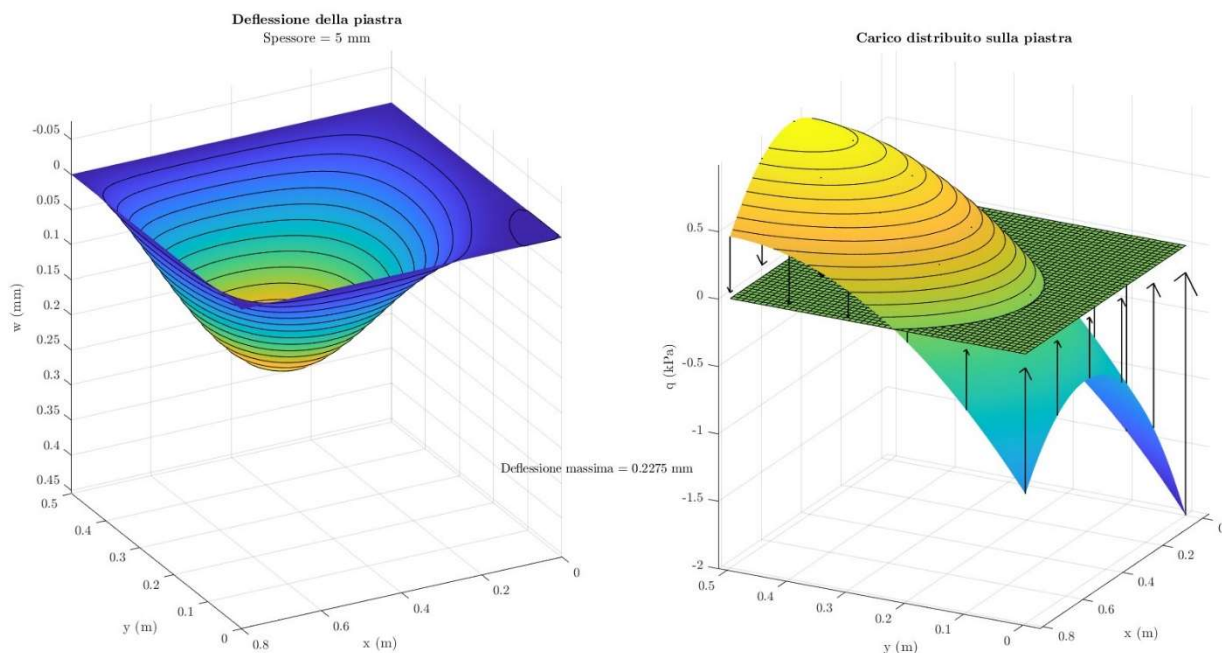
Di seguito un esempio applicativo.

Si richiama la routine nel *Command Window* di MATLAB inserendo i dati del problema



Ed essa restituirà in output i *surface plot* della deflessione della piastra e del carico distribuito agente.

Per questo esempio il risultato è riportato seguendo



Per cui si ha avuto una deflessione massima di 0.2275 mm come indicato in figura.

Ramberg-Osgood Method

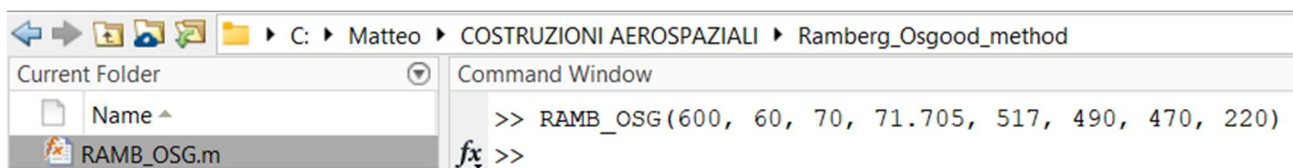
Codice che implementa il metodo di Ramberg e Osgood per determinare la tensione critica di compressione di una trave. Accetta in input i seguenti argomenti

```
function RAMB_OSG(L, a, b, E, sigma_yield, sigma_07, sigma_085, sigma_p)
%% ARGOMENTI IN INPUT
% L      = Lunghezza della trave in mm
% a      = Lunghezza del lato della sezione in mm
% b      = Lunghezza dell'altro lato della sezione in mm
% E      = Modulo di Young del materiale in GPa
% sigma_yield = Sigma di snervamento del materiale in MPa
% sigma_07  = Sigma_0.7 del materiale in MPa
% sigma_085 = Sigma_0.85 del materiale in MPa
% sigma_p   = Sigma di proporzionalità del materiale in MPa
```

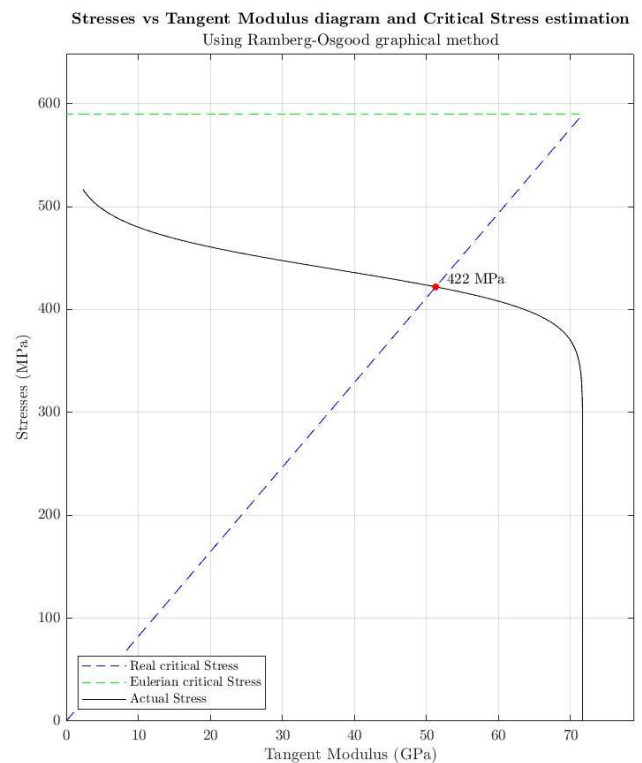
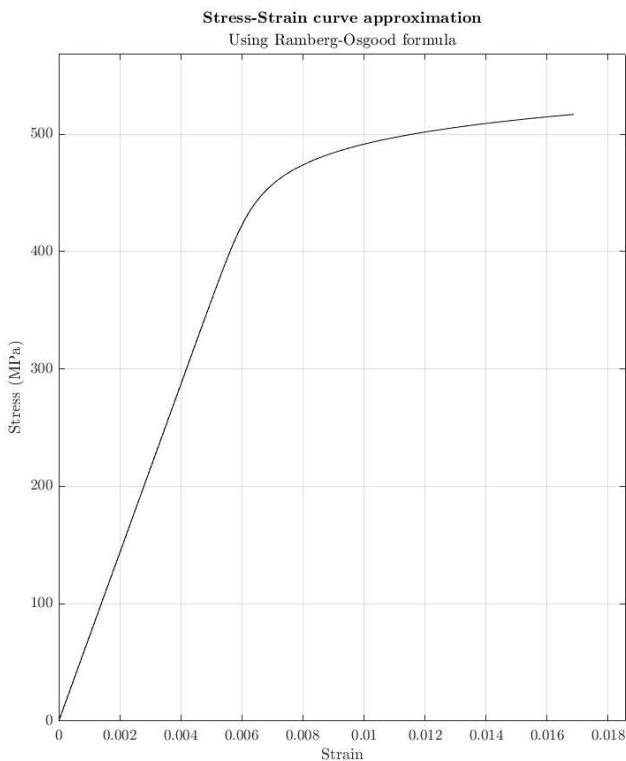
La routine restituisce in output la sigma critica euleriana se la snellezza della trave è superiore a quella limite, altrimenti applica il metodo grafico di Ramberg e Osgood usando la loro approssimazione della curva *stress vs strain*, dopo averla mostrata.

Di seguito un esempio applicativo svolgendo l'esercizio caricato sul Team del corso nel file *modtang.pdf*.

Si richiama la routine inserendone i dati richiesti



Essa darà come risultato:



Da cui è evidenziato graficamente che la sigma critica sia pari a 422 MPa.

Spar Verification

Current Folder	
<div> <div>Name ▲</div> <div> <div>+</div> <div>sheets</div> <div> <div>cripstr.m</div> <div>DATA_sheets.xlsx</div> <div>diag3.m</div> <div>linediag3.m</div> <div>SPAR_VERIFICATION.m</div> <div>XYdiag.m</div> </div> </div> </div>	<p>La cartella contiene diversi file e fogli di calcolo che ho utilizzato per poter implementare la procedura NACA per la verifica del Longherone in Tensione Diagonale. La routine che svolge l'esercizio è <i>SPAR_VERIFICATION.m</i>, mentre gli altri sono file ausiliari spiegati di seguito.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cartella <i>sheets</i>: Contiene fogli .csv che ho usato per campionare ogni curva di ogni grafico utile allo svolgimento dell'esercizio (quelli presenti nel pdf consultabile alla Prima Prova). Essa non serve al funzionamento della routine MATLAB poiché è stata condensata nel foglio di calcolo, ma non l'ho rimossa per completezza.

2. Foglio di Calcolo *DATA_sheets.xlsx*: Contiene tutti i dati estratti dalla cartella *sheets* e condensati in delle matrici costruite in modo che la routine possa usarli. Esse sono l'effettivo campionamento di ciascun grafico necessario allo svolgimento.
3. Funzione *XYdiag.m*: Funzione ausiliaria che, accettando in input la matrice di campionamento e la variabile X in cui si vuole valutare la curva del grafico, ne restituisce il valore Y che essa assume.
4. Funzione *linediag3.m*: Funzione ausiliaria che fa lo stesso della precedente, ma per grafici a 3 variabili bidimensionali (2 variabili e 1 parametro che distingue diverse curve) e le cui curve siano rette.
5. Funzione *diag3.m*: Funzione ausiliaria che fa lo stesso della precedente ma per grafici le cui curve siano generiche e non necessariamente rettilinee.
6. Funzione *cripstr.m*: Funzione ausiliaria creata appositamente per il grafico in figura 12.4.9 presente a pag.9 del pdf del materiale consultabile alla Prima Prova, poiché esso non sarebbe potuto essere implementabile con le funzioni precedenti.

La routine *SPAR_VERIFICATION.m* accetta i seguenti argomenti in input

```
function SPAR_VERIFICATION(L, h, d, t, Ac, hc, Au, tu, ru, eu, n, E, Fy, v, Ftu, S)
%% INPUTS
% L = Spar length in mm
% h = Spar height (caps distance = uprights length) in mm
% d = Spar bay (uprights distance) in mm
% t = Skin thickness in mm
% Ac = Caps cross sectional area in mm^2
% hc = Caps cross section side (parallel to the uprights) length in mm
% Au = Uprights cross sectional area in mm^2
% tu = Uprights thickness in mm
% ru = Uprights radius of gyration in mm
% eu = Uprights eccentricity (distance of the centroid) with respect to skin reference line in mm
% n = Type of the uprights: 1 for single stiffener, 2 for double stiffener
% E = Young modulus of the material in GPa
% Fy = Yield strength of the material in MPa
% v = Poisson ratio of the material
% Ftu = Ultimate tensile strength of the material in MPa
% S = Shear load applied to the spar in kN
```

E restituisce un messaggio nel *Command Window* di MATLAB che riporta una serie di dati intermedi utili a comprendere lo stato tensionale del longherone, i Margini di Sicurezza richiesti dalla verifica ed infine effettua un plot di questi ultimi al variare del carico di taglio a cui esso è soggetto.

Nella prossima pagina viene svolto come esempio l'esercizio presente sul Team del corso nel file *Esercizio tensione diagonale 30-10-2023.pdf*.

Si richiama la routine inserendo i dati necessari e premendo Invio si ottiene subito il primo output

```
>> SPAR_VERIFICATION(1200, 300, 200, 1.2, 1500, 12, 85, 2.4, 5.8, 5.5, 1, 70, 300, .3, 420, 50)
Critical shear stress for the web Fs = 17.0257 MPa
Average shear stress in the web fs = 138.8889 MPa
Diagonal tension factor k = 0.43063

Uprights verification:
Average compressive strength fuav = 51.6106 MPa
Maximum compressive strength fumax = 130.6943 MPa
Crippling strength Ffu = 163.712 MPa
Critical instability strength Fcr = 158.7543 MPa
Margin of safety for max stresses MSmax = 0.25263
Margin of safety for average stresses MSav = 2.076

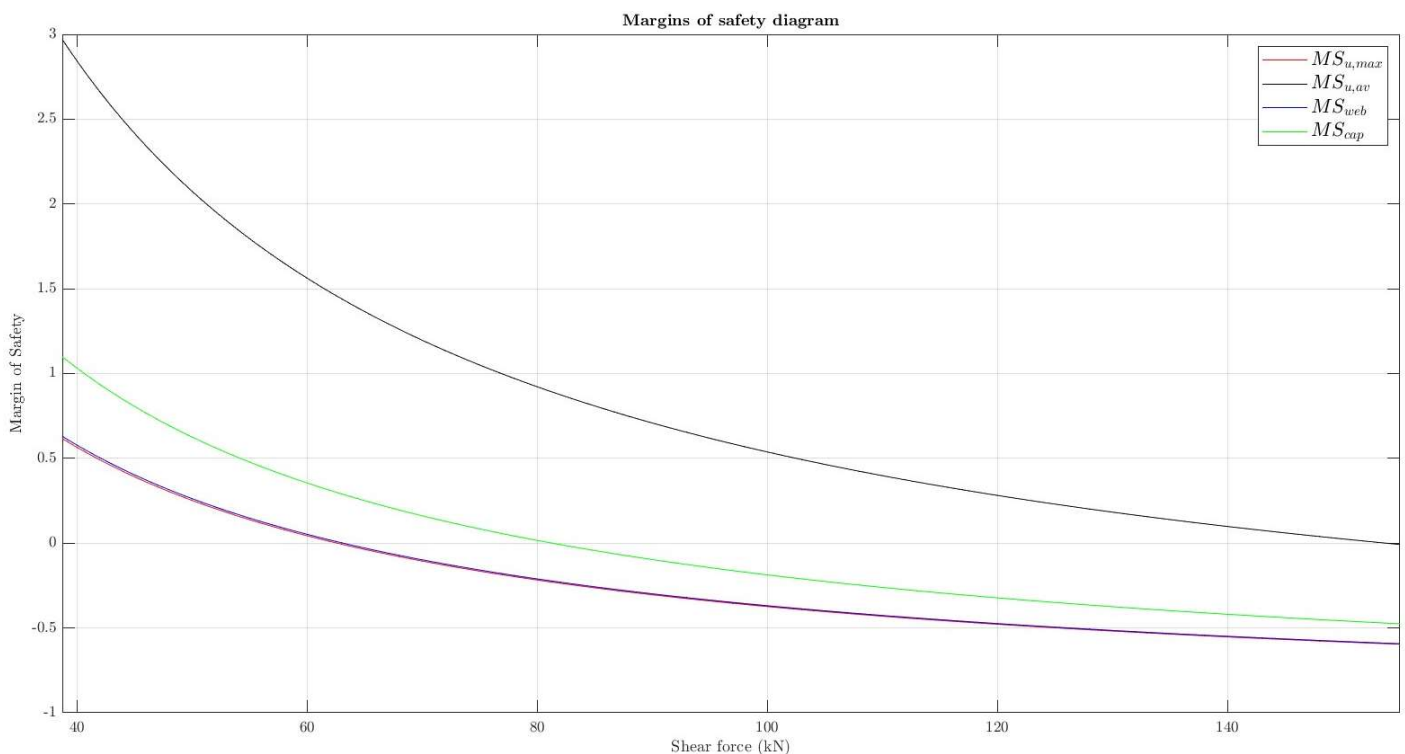
Web verification:
Angle of diagonal tension in the web a = 39.1708 deg
Maximum shear stress in the web fsmax = 152.2883 MPa
Ultimate shear strength Fsu = 192.3491 MPa
Margin of safety MSweb = 0.26306

Caps verification:
Maximum primary moment Mmax = 60000 Nm
Stress due to primary moment fb = 133.3333 MPa
Stress due to secondary moment fsb = 59.2382 MPa
Stress due to diagonal tension fF = 8.8093 MPa
Margin of safety MScap = 0.62641
```

Da cui si possono ottenere i Margini di Sicurezza.

Successivamente verrà mostrato un diagramma che mostra l'andamento dei 4 Margini di Sicurezza al variare del carico di taglio S per quei dati geometrici inseriti.

Il *plot* si genera fino a un valore massimo del taglio, calcolato come il minimo che causa Margini di Sicurezza tutti negativi.



Da cui si può notare che il Margine di Sicurezza minimo tra i 4 risulta essere sempre quello dei correnti verificati a tensione massima e che quindi assume valore negativo per primo per taglio $\geq \sim 63 \text{ kN}$.

Flight Envelope

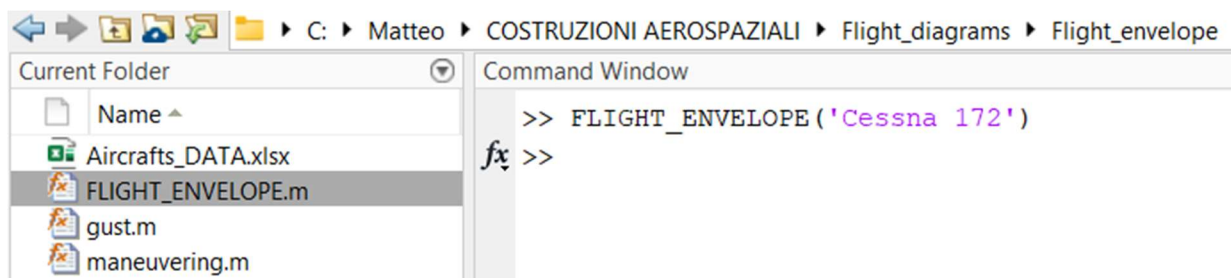
<div>Current Folder</div> <div> Name ▲ Aircrafts_DATA.xlsx FLIGHT_ENVELOPE.m gust.m maneuvering.m </div>	<p>La routine <i>FLIGHT_ENVELOPE.m</i> restituisce Diagramma di Manovra e Diagramma di Raffica sovrapposti in un unico <i>plot</i>, per velivoli CS-23.</p> <p>Gli altri file contenuti nella cartella sono ausiliari. In particolare:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Funzione <i>gust.m</i>: Usata per generare il Diagramma di Raffica. 2. Funzione <i>maneuvering.m</i>: Per generare il Diagramma di Manovra. <p>3. Foglio di Calcolo <i>Aircrafts_DATA.xlsx</i>: Contiene i dati che il programma usa per creare i <i>plot</i>. Ogni cella del foglio di calcolo è per uno specifico aereo.</p>
---	---

L'unico argomento in input richiesto dalla routine è il nome dell'aereo

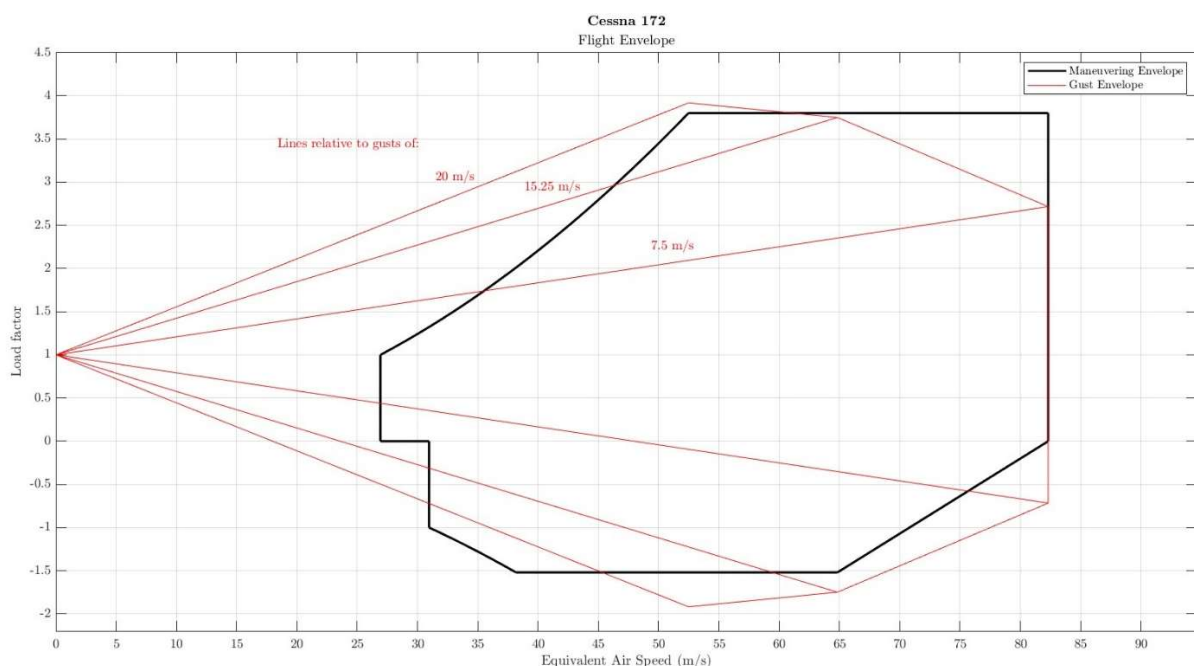
```
function FLIGHT_ENVELOPE(aircraft)
%% INPUTS
% aircraft = aircraft name from Aircraft_DATA.xlsx. Must be a
%           string and must be equal to the desired sheet's name in
%           the Excel spreadsheet (e.g. 'Cessna 172')
```

Pertanto i dati veri e propri saranno inseriti nel file Excel creando una nuova cella qualora si volesse inserire un nuovo aereo. Al momento ho inserito solo due velivoli, cioè il Tecnam P92 e il Cessna 172.

Di seguito un esempio. Si richiama il programma inserendo il nome del velivolo desiderato

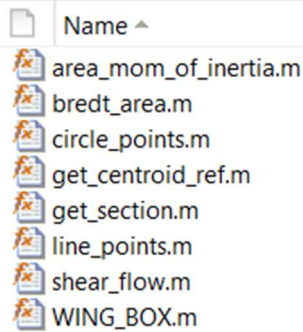


E si ottiene:



Wing Box

Current Folder



La routine *WING_BOX.m* restituisce il sistema di flussi di taglio agenti sulle anime di una struttura a guscio, avendo assunto l'approssimazione di struttura ad aree concentrate.

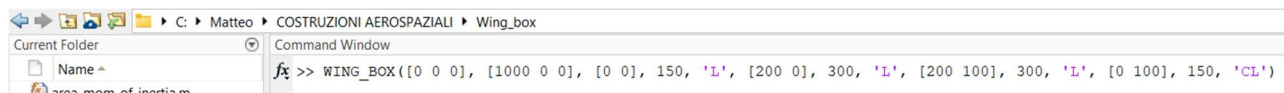
Altri file presenti nella cartella sono ausiliari e svolgono passaggi intermedi.

La routine quando richiamata prende come primi due input i dati sui carichi agenti S_x e S_y (loro valore e loro punto di applicazione).

Successivamente bisogna inserire i punti in cui sono presenti le aree concentrate seguendo un'ordine antiorario di enumerazione a partire da un punto iniziale arbitrario e con il format spiegato nella foto che segue (tratta dai commenti del file).

```
function WING_BOX(Sx, Sy, varargin)
%% INPUTS
% Sx      = Vector containing value of Sx in N and point of application in mm
%          (e.g. for a load of -150N applied in point [10mm -27mm]
%          it must be [-150 10 -27])
% Sy      = The same as Sx
% varargin = Many inputs based on the points the section has. For each point the
%          format is WING_BOX(..., [x y], Area, web, ...), where web must be
%          'L' (line), 'CL' (circle to the left) or 'CR' (circle to the right)
%          and represents the web shape which links it with the next one.
%          Each numerical value must be expressed in mm and
%          the points must be ordered anticlockwise
```

Ad esempio, facendo svolgere alla routine l'esercizio presente sul Team del corso nel file *Esercizio cassone.pdf*, essa andrebbe richiamata come mostrato di seguito



E si ha come output il seguente *plot*, in accordo con i risultati ottenuti svolgendo a mano.

