



# *Analisi di una piastra forata*

Politecnico di Milano  
Dipartimento di Ingegneria  
Aerospaziale

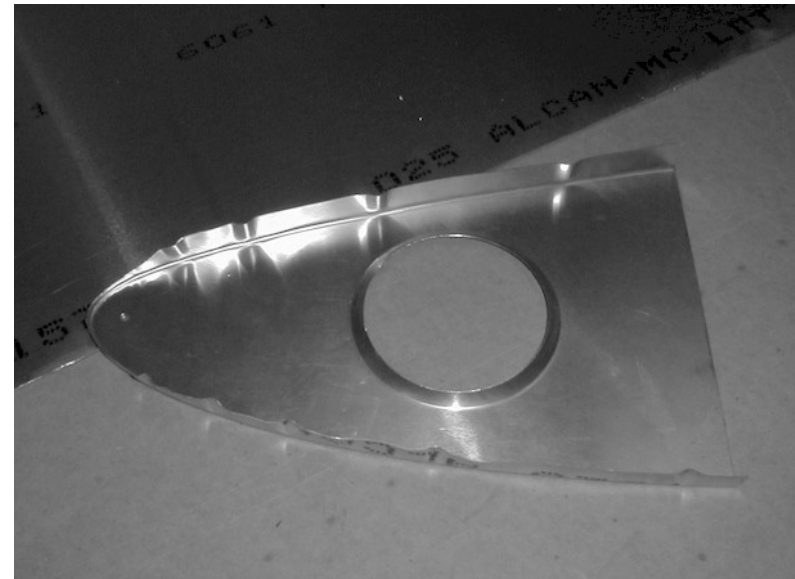
Corso di Progetto Aerospaziale  
Esercitazione 3

Marco Morandini  
[marco.morandini@polimi.it](mailto:marco.morandini@polimi.it)

Mauro Manetti  
[manetti@aero.polimi.it](mailto:manetti@aero.polimi.it)

Alessandro Scotti  
[scotti@aero.polimi.it](mailto:scotti@aero.polimi.it)

Luca Cavagna



# Risultati Esercitazione Precedente:

POLITECNICO DI MILANO

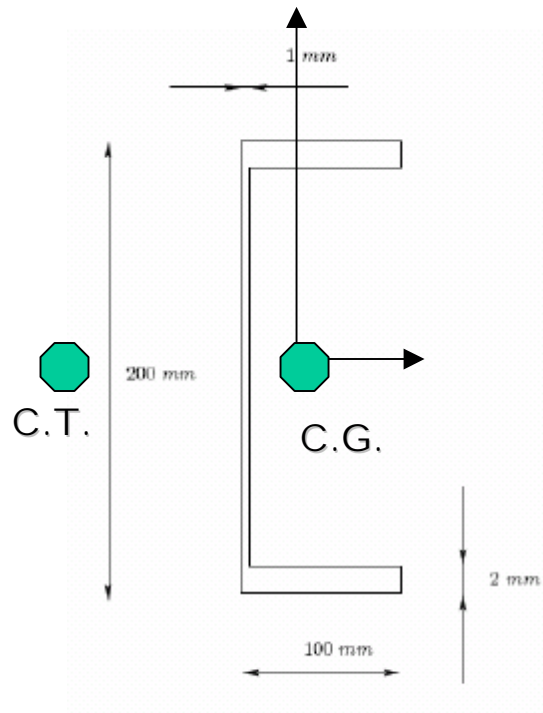


Progetto  
Aerospaziale

Esercitazione 3

Analisi di una  
piastra

Dati Problema:



Materiale:

lega leggera AL  
 $E=73\text{GPa}$

$\nu=0.33$

$\rho=2810\text{Kgm}^{-3}$

Carico:

110 N sull'anima

Trave: 1000 mm, incastro all'estremità

# Schema a Travi

POLITECNICO DI MILANO



Progetto  
Aerospaziale

Esercitazione 3

Analisi di una  
piastra

Si ricavava:  $I_{yy_{cg}} = 4.54799e-6 \text{ [m}^4\text{]}$

$S_{z_{ct}} = 0.00013291 \text{ [m]}$  (letto dall' \*.f06)

$Rx_{ct} = 0.26844 \text{ [deg.]}$  (nell'\*.f06 in rad...)

Se si risolve il problema “a mano”, con il PLVC, si  
ricava che  $S_z = 0.000110441 \text{ [m]}$

$$\int_0^l \frac{Px}{EI_{yy_{cg}}} \cdot x dx = S_z$$

$$S_z = \frac{Pl^3}{3 \cdot EI_{yy_{cg}}}$$

# Schema “a Piastre”

POLITECNICO DI MILANO



Progetto  
Aerospaziale

Esercitazione 3

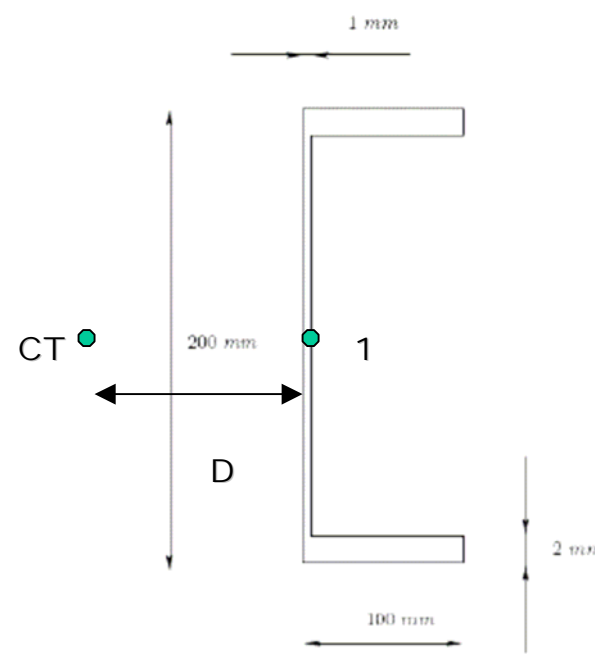
Analisi di una  
piastra

$D = 0.042661 \text{ [m]}$  (...il braccio calcolato tramite la  
ascissa del “recovery point”...)

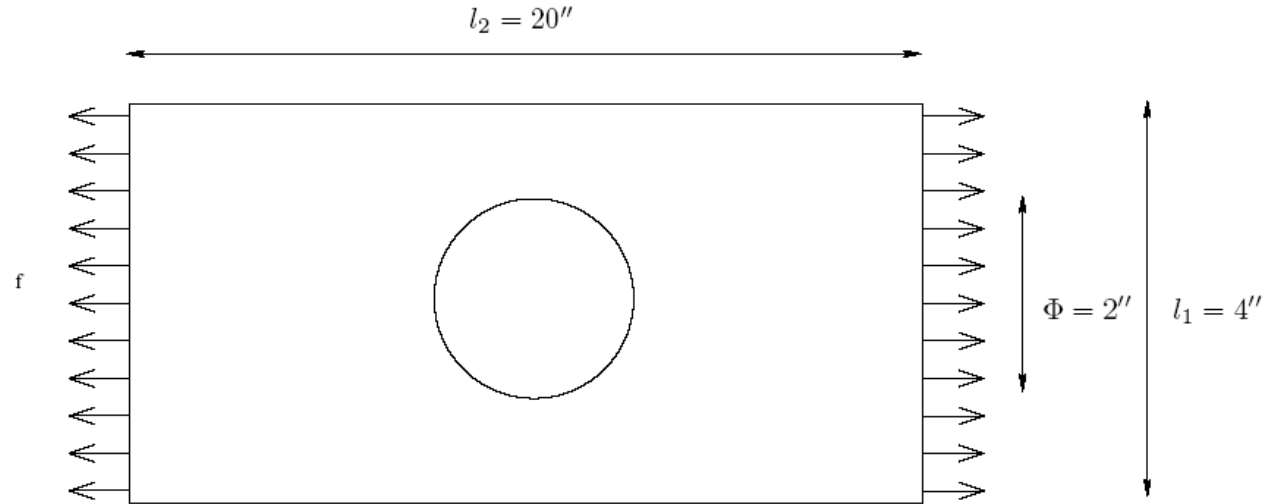
$$Sz1 = Sz_{ct} + Rx_{ct} * D$$

$$Sz1 = 0.000332784 \text{ [m]}$$

$$Sznc = 0.00032592 \text{ [m]}$$



# Dati problema



**Materiale:**

lega leggera AL

$E = 69 \text{ GPa}$

$N = 0.33$

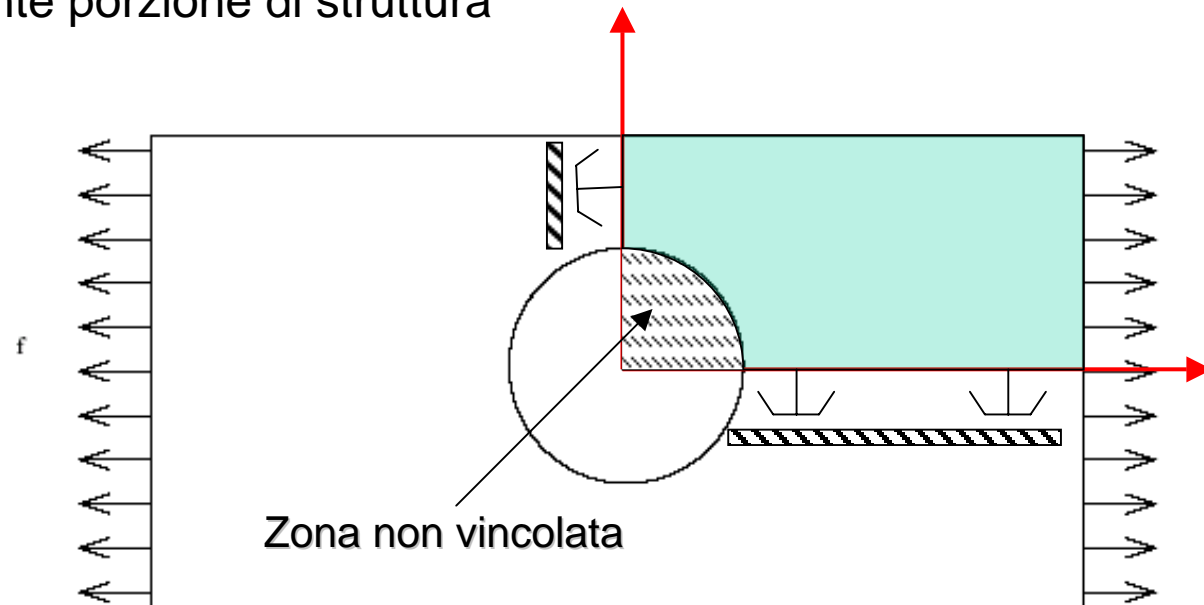
$R = 2810 \text{ Kg m}^{-3}$

Spessore  $t = 1 \text{ mm}$

Carico assiale distribuito:  
 $10 \text{ Kg}_f/\text{mm}$

# Semplificazione dell'analisi

- E' possibile notare una doppia simmetria lungo gli assi coordinati
- Data la semplicità del carico è possibile ricondursi allo studio di solamente un quarto di struttura
- Questo a patto di introdurre correttamente dei vincoli cinematici di compatibilità che tengano conto dell'effetto sul modello ridotto della restante porzione di struttura



# Creazione della geometria

- Conviene **sempre** creare una geometria **ragionata** sulla base alla mesh che si intende creare
- Il problema principale è dovuto al tratto curvilineo rappresentante il foro della piastra
- In genere nelle analisi strutturali si desidera realizzare una mesh strutturata a partire da una superficie (o volume) mappabile
- Mappabile significa che è possibile identificare una trasformazione nello spazio in grado di ricondurre la geometria ad un quadrato (o a un cubo)
- Creare una griglia strutturata può però essere un lavoro molto delicato e difficile nei casi di geometrie complicate
- E' quindi richiesta esperienza e grande abilità per essere in grado di ricondurre tutto il dominio ad una serie di superfici (o volumi) mappabili
- Questo consente di disporre degli elementi di superficie (o di volume se il problema è 3D) quadrati (cubici)
- I lati del quadrato (e le superfici del cubo) opposti devono quindi avere lo stesso numero di elementi

POLITECNICO DI MILANO



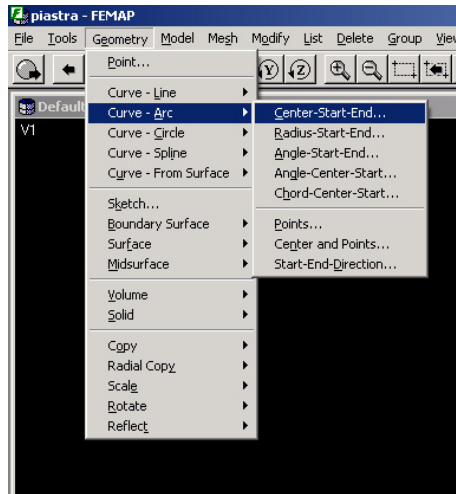
Progetto  
Aerospaziale

Esercitazione 3

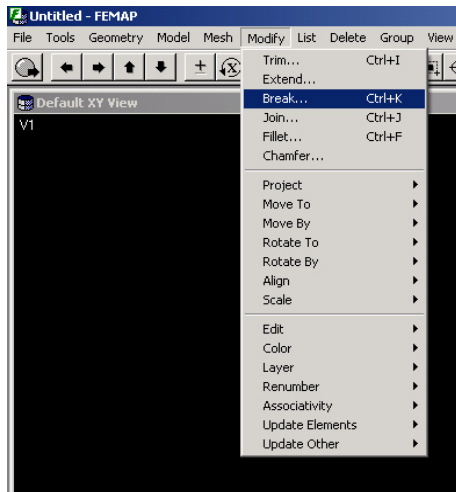
Analisi di una  
piastra

# Creazione della geometria

- I tratti rettilinei e i punti sono stati trattati nelle prime esercitazioni alle quali si rimanda
- Occorre tracciare l'arco di circonferenza



- 1 Menu:Geometry
- 2 Selezionare dal menù *Curve-Arc* l'opzione *Center-Start-End*
- 3 Selezionare i punti corrispondenti al centro e agli estremi dell'arco



- L'arco deve essere spezzato a metà
- 1 Menu:Modify
  - 2 Selezionare *Break*
  - 3 Selezionare il punto medio dell'arco in corrispondenza del quale spezzare la linea



# Creazione della geometria e del modello ad elementi finiti

- v1 Una volta creare tutte le curve necessarie è possibile costruire tre diverse superfici secondo le procedure già viste



- E' possibile identificare 3 superfici riconducibili a 3 quadrati
- Terminata la fase di costruzione della geometria è possibile effettuare immediatamente la discretizzazione delle curve
- Occorre poi definire le caratteristiche resistive del modello (materiale e proprietà di piastra)

# Differenti disposizioni dei nodi

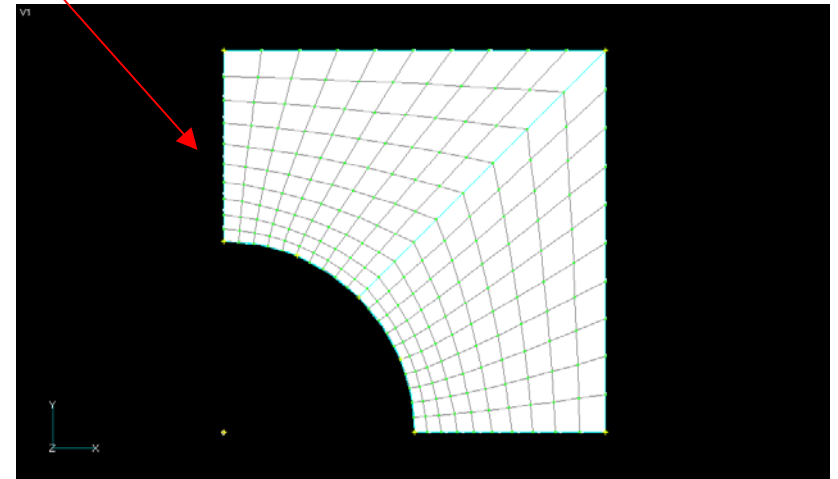
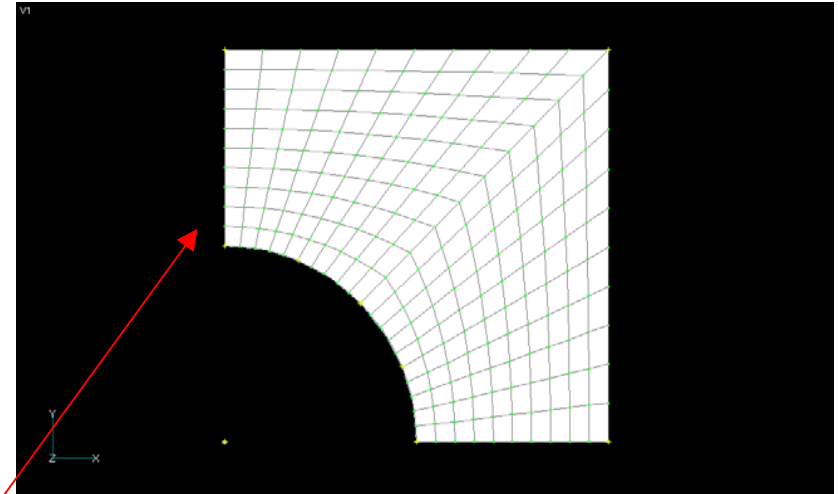
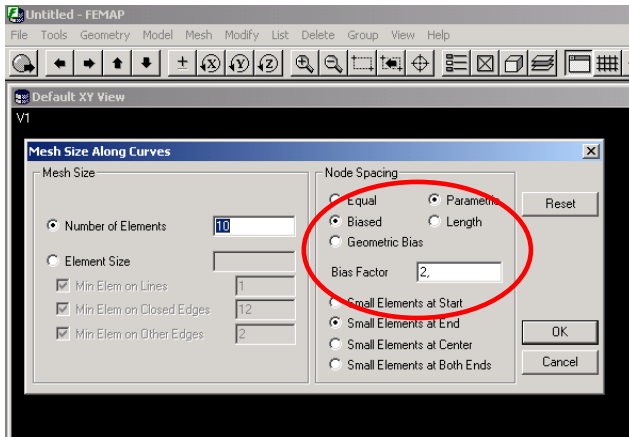
POLITECNICO DI MILANO



Progetto  
Aerospaziale

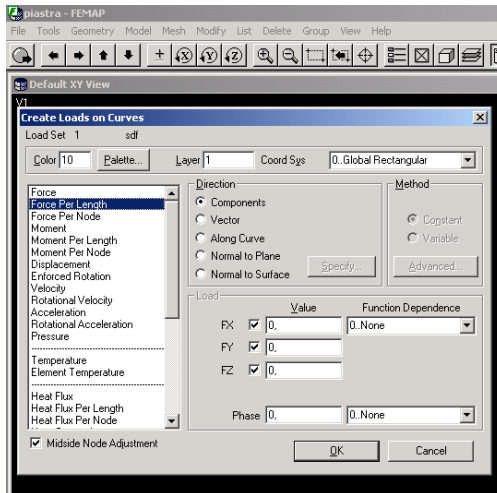
Esercitazione 3

Analisi di una  
piastra



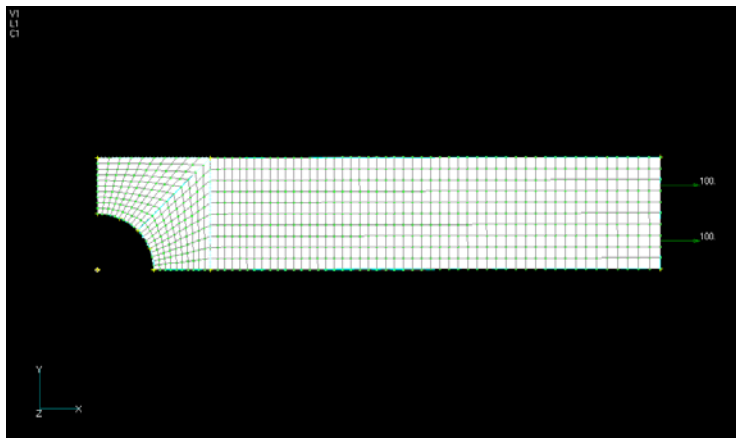
# Condizioni al contorno per il modello

- Le condizioni di vincolo vengono messe come fatto nelle scorse esercitazioni
- Il carico distribuito deve essere messo in modo consistente sui nodi



- 1 Menu:Model\Constraint\On Curve
- 2 Selezionare la curva contenente i nodi da caricare
- 3 Selezionare il carico `Force_per_length` ed inserire il valore del carico desiderato

- In questo modo il carico viene distribuito sui nodi degli elementi come previsto dal calcolo delle forze esterne (proiezione delle forze mediante le funzioni di forma)



- A questo punto il modello è pronto ed è possibile esportare il file per eseguire il calcolo
- Terminata l'analisi si controlla il file f06 e lo si carica in Femap

# Sistemi di riferimento per l'elemento di piastra

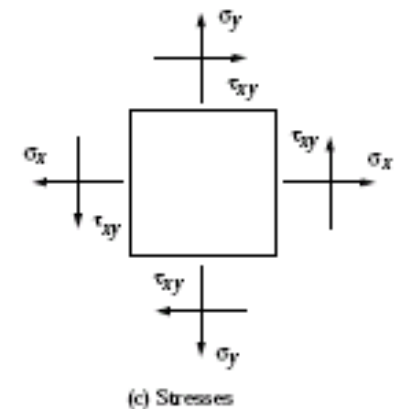
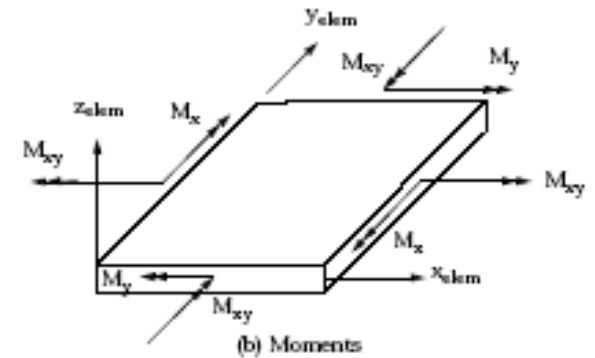
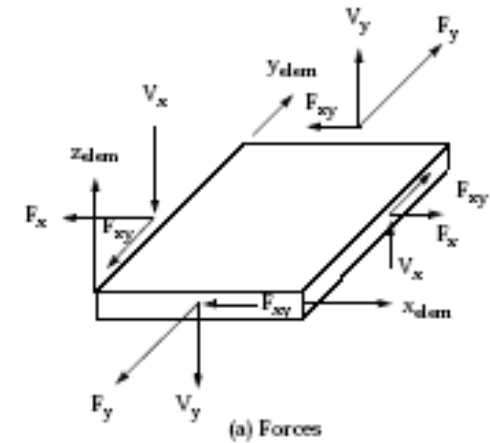
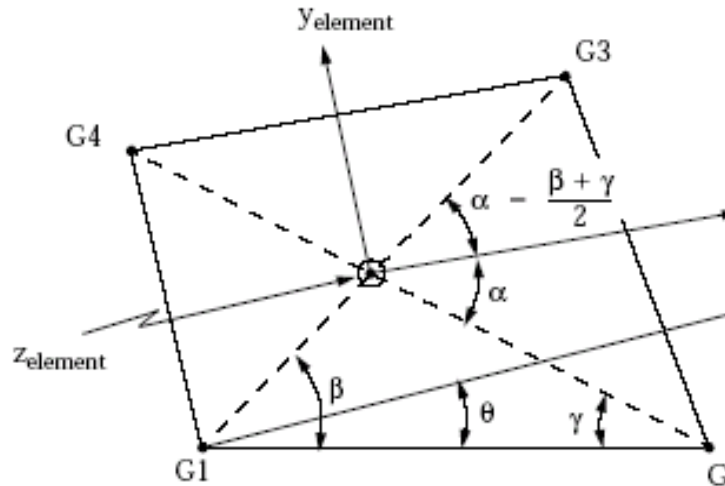
POLITECNICO DI MILANO



Progetto  
Aerospaziale

Esercitazione 3

Analisi di una  
piastra



# Confronto dei risultati con i risultati sperimentali

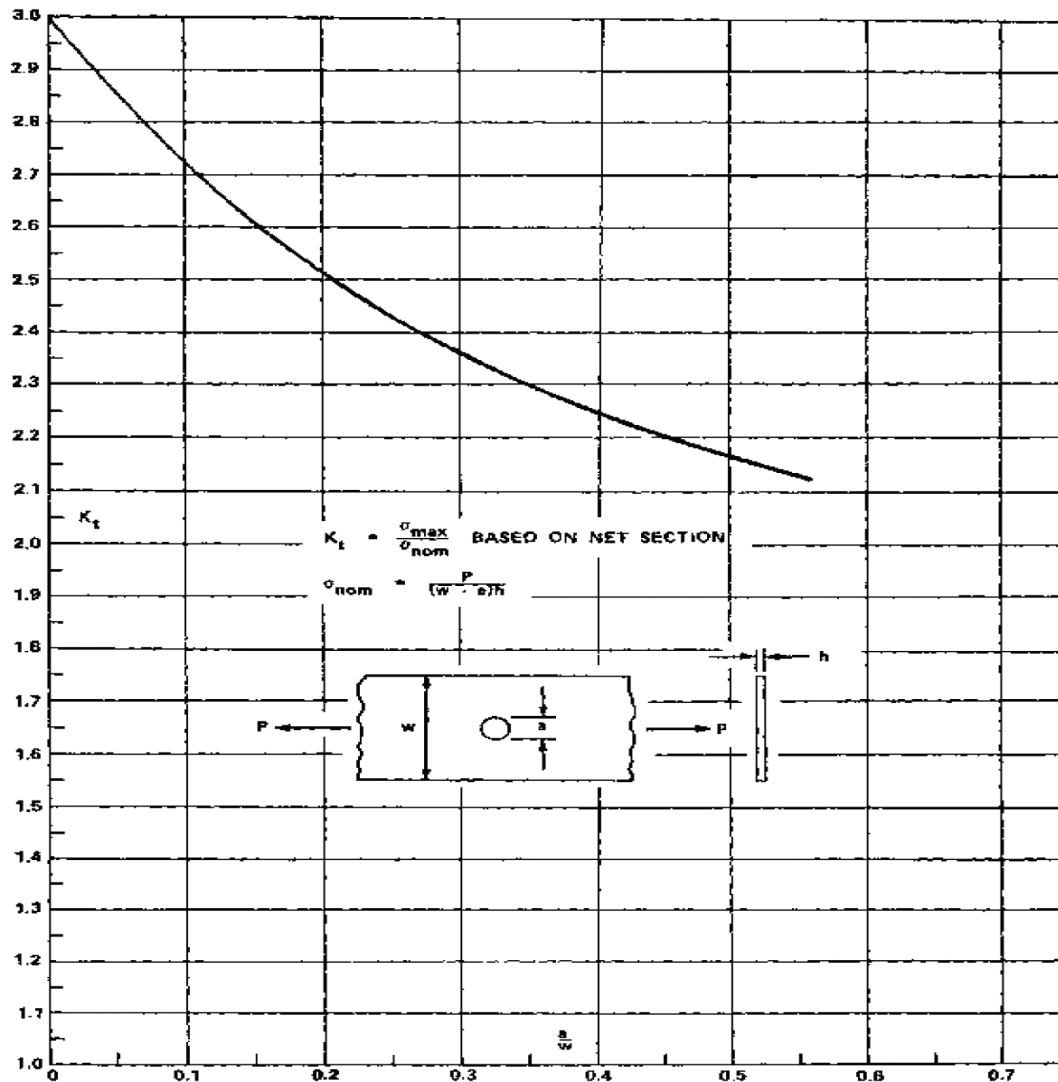
POLITECNICO DI MILANO



Progetto  
Aerospaziale

Esercitazione 3

Analisi di una  
piastra



STRESS CONCENTRATION FACTOR,  $K_t$ , FOR AXIAL  
LOADING CASE OF A FINITE-WIDTH PLATE WITH A TRANSVERSE HOLE.

## Ulteriori sviluppi

1. Eseguire una campagna di prove per verificare la convergenza della soluzione all'aumentare del numero di elementi
2. Provare ad utilizzare elementi parabolici

POLITECNICO DI MILANO



**Progetto  
Aerospaziale**

**Esercitazione 3**

**Analisi di una  
piastra**