

Università degli studi di Bergamo, Scuola di Ingegneria (Dalmine)

Corso di MECCANICA COMPUTAZIONALE DEI SOLIDI  
E DELLE STRUTTURE

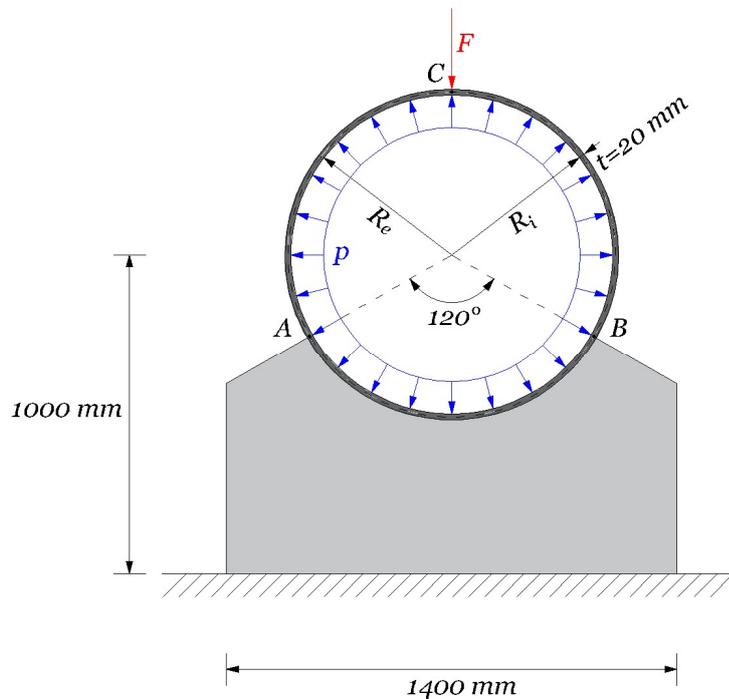
A.A. 2018-2019

Docente: Prof. Rosalba Ferrari

6 maggio 2019

Il modello in stato piano di deformazione rappresentato in figura, di spessore unitario (1 m) fuori piano, schematizza il tratto orizzontale di una condotta forzata in acciaio. La sezione della condotta oggetto d'analisi è posta alla quota di 770 m s.l.m e giace su di una sella in calcestruzzo. Il raggio interno e lo spessore della condotta sono pari rispettivamente a  $R_i = 500$  mm e  $t = 20$  mm (raggio esterno  $R_e = 520$  mm).

La condotta contiene acqua in quiete, la cui altezza geodetica raggiunge i 1150 m s.l.m.; pertanto, il sistema risulta sollecitato da una pressione idrostatica  $p$ , uniformemente distribuita lungo la sezione. Inoltre, in sommità della condotta è applicato un carico  $F$  di intensità pari a 30 kN/m.



Assumendo la sella in calcestruzzo come rigida, determinare la risposta tenso-deformativa della porzione superiore della condotta compresa tra i punti A e B (da considerarsi vincolati tramite incastro), supponendo un comportamento elastico, lineare e isotropo del materiale ( $E_{acciaio} = 207$  GPa,  $\nu_{acciaio} = 0.29$ ), assunto omogeneo, ed una cinematica linearizzata ("piccoli spostamenti"). Nei calcoli si consideri la pressione idrostatica  $p$  incrementata del 20%, per tenere conto del possibile manifestarsi del colpo d'ariete.

**Richieste:**

1) Utilizzare per l'analisi i seguenti approcci:

- considerando la sezione della condotta come una travatura reticolare, avente correnti superiori ed inferiori posti ad una distanza dalla circonferenza media pari a  $t/(2\sqrt{3})$ , e collegati tra loro mediante un sistema di elementi diagonali a croce di sant'Andrea. Per le varie aste della struttura risultante si considerino sezioni rettangolari, come di seguito descritto:

Elemento	Base	Altezza
Corrente	1 m	$t/2$
Diagonale	1 m	$\frac{5(3h^2 + t^2)^{3/2}}{24\sqrt{3}ht(1 + \nu)}$

ove  $h$  è la media delle lunghezze delle aste che definiscono i correnti superiore ed inferiore. Utilizzare per l'analisi un approccio con elementi finiti di biella;

- b. con elementi finiti di trave di tipo "Eulero-Bernoulli" e/o "Timoshenko", modellando con un numero adeguato di elementi, ciascuno con sezione rettangolare di altezza pari allo spessore della condotta (20 mm) e spessore unitario (1 m);
  - c. con elementi finiti piani in condizioni di deformazione piana ("plane strain").
- 2) Per ognuno degli approcci considerati, rappresentare graficamente lo spostamento verticale e la tensione normale orizzontale nel punto C al variare del numero di elementi finiti considerato. Commentare in modo critico i risultati ottenuti.

N.B.: Nelle modellazioni con elementi finiti di biella o di trave impiegare come modulo elastico il valore  $E^* = E/(1 - \nu^2)$ .

**Opzionale:**

- 3) Confrontare i risultati numerici con quelli ottenibili mediante un approccio analitico tramite PLV e/o Linea Elastica, modellando il sistema tramite un'unica trave curvilinea a sezione rettangolare di altezza  $t = 20$  mm e spessore pari a 1 m.
- 4) Analizzare il sistema modellando la sella in calcestruzzo tramite degli elementi finiti piani ("plane strain") con comportamento elastico, lineare e isotropo ( $E_{cls} = 25$  GPa,  $\nu_{cls} = 0.15$ ). Confrontare i risultati con gli esiti precedenti. Determinare i punti più sollecitati della condotta secondo il criterio di von Mises, distinguendoli da eventuali punti con singolarità di sforzo. Inoltre, supponendo, per semplicità operativa, di amplificare tutti i carichi applicati mediante un unico fattore moltiplicativo, calcolare il coefficiente di sicurezza rispetto al raggiungimento del limite elastico nel punto più sollecitato della struttura ( $\sigma_{lim} = 235$  MPa).