

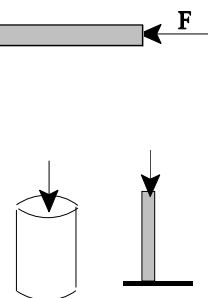
Introducción al pandeo

En ocasiones sucede que, al someter a una viga (columna) a fuerzas de compresión es decir en la dirección del axial, flexa antes de alcanzar la tensión admisible a la compresión.

A este fenómeno se denomina pandeo y deberemos evitar que se produzca en la viga o columna. El estudio del pandeo tiene por objetivo estudiar las condiciones extremas para que un sistema no colapse por pandeo.

La experiencia nos dice que el pandeo es más probable en columnas esbeltas siendo la esbeltez una medida de la relación entre la longitud y la anchura de la columna.

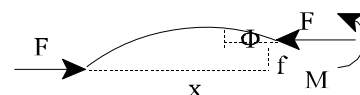
Ej: Una lata de bebida colapsa por pandeo al colocarnos encima.



Si sometemos una viga a fuerzas de compresión puede flexar al igual que al someterla a fuerzas perpendiculares a la viga y adoptar una forma como la representada en el esquema



Consideremos una viga de longitud L sometida a fuerzas F de compresión que la hacen flexar (pandeo) y apliquemos las condiciones de equilibrio al trozo de viga representado siendo f la flecha de un punto de posición x.



Ecuación de equilibrio $M + F \cdot f = 0$ que muestra que a mayor fuerza

F mayor es el momento flector y por tanto mayores las tensiones de tracción y compresión, aumentando el riesgo de colapso.

Resolviendo la ecuación geométrica de la viga y aplicando que el momento flector es $M = E \cdot k \cdot I_z$ resulta la ecuación de deflexión de una viga que es formalmente idéntica a la del movimiento armónico simple.

$$d^2f/dx^2 + F/(E \cdot I) \cdot f = 0$$

Ecuación de flexión de una viga

Fuerza crítica al pandeo

Se denomina fuerza crítica al pandeo(F_{cr}) al valor máximo que puede tomar F para que el equilibrio de la viga sea estable

Su valor resulta ser : $F_{cr} = \pi^2 \cdot E \cdot I / L_p^2$

Siendo E el módulo de Young del material, I el momento de inercia de la superficie con respecto al eje correspondiente a la fibra neutra y L_p la longitud equivalente al pandeo. Si la columna está articulada en sus extremos coincide con la longitud L de la misma, en los demás casos $L_p = \text{cte} \cdot L$ y conoceremos el valor de cte.

Las vigas sometidas a fuerzas de compresión permanecen rectas si ambas fuerzas están sobre la misma recta, pero una mínima variación o la acción de una pequeña fuerza perpendicular al eje permitirán que la viga flexe y cambie su forma.

La viga colapsará por pandeo si la fuerza aplicada supera la crítica $F > F_{cr}$

Por tanto será conveniente calcular la fuerza crítica de una viga o columna y diseñarla para que no la supere evitando el pandeo. Será conveniente asimismo introducir un coeficiente de seguridad.

$$F_{cr} = \pi^2 \cdot E \cdot I / L_p^2$$

Fuerza crítica al pandeo

Diseño de columnas

Para aumentar la resistencia al pandeo es conveniente aumentar el momento de inercia de la columna. Más resistentes al pandeo son las columnas gruesas pero implican el uso de más material con los problemas ecológicos, económicos y de peso que conlleva.

Las columnas esbeltas, largas y finas pandean más fácilmente.

Es preferible alejar el material del eje pero evitando la posibilidad de pandeos locales.

A veces, para prevenir el pandeo las columnas se ensanchan hacia la mitad de las mismas

Momentos de inercia y módulos de flexión de las secciones rectangular y circular

$$\begin{aligned} I_{\text{vigarect.}} &= b \cdot \frac{h^3}{12} & Z_{\text{vigarect.}} &= b \cdot \frac{h^2}{6} \\ I_{\text{vigacil.}} &= \pi \cdot \frac{d^4}{64} & Z_{\text{vigacil.}} &= \pi \cdot \frac{d^3}{32} \end{aligned}$$