

Pour l'ingénieur de bureau d'études, l'évaluation de la longueur de flambement d'une barre comprimée peut apparaître comme un problème relativement complexe à résoudre. Cet article propose une approche simple et pratique.

Domaine d'application

Cet article décrit la méthode pour évaluer la longueur de flambement d'une barre soumise à un effort axial variable par tronçons, certains tronçons pouvant être comprimés et d'autres tendus. Le problème se pose notamment pour le flambement latéral de la membrure comprimée d'une poutre treillis.

Principe de la méthode

Le principe consiste à modéliser la barre avec un logiciel de calcul de structure et à reproduire la distribution de l'effort axial pour la combinaison de charges étudiée. Après une analyse élastique linéaire de la barre, il convient de rechercher les modes propres d'instabilité élastique et de retenir le mode propre qui correspond au mode de flambement qu'on souhaite étudier. Le plus souvent, il s'agit du premier mode d'instabilité, c'est-à-dire celui qui donne le coefficient d'amplification critique, α_{cr} , le plus faible.

Note : la barre doit être discrétisée en un nombre d'éléments suffisant afin que le mode propre puisse se développer de manière satisfaisante.

Ayant déterminé le coefficient d'amplification critique, il est aisé de calculer l'effort normal critique, N_{cr} , par :

$$N_{cr} = \alpha_{cr} N_{Ed}$$

Où N_{Ed} est l'effort axial de compression maximal sur la longueur de la barre, pour la combinaison d'actions étudiée.

A ce stade, connaître l'effort normal critique est suffisant pour effectuer une vérification de la résistance au flambement selon la Partie 1-1 de l'Eurocode 3 [1] car l'élancement relatif $\bar{\lambda}$ dépend directement de l'effort normal critique (voir 6.3.1 de [1]).

Cependant l'estimation de la longueur de flambement présente l'intérêt de pouvoir mieux apprécier le résultat du calcul en la comparant à la longueur de la barre. La longueur de flambement, L_{cr} , peut être estimée à l'aide de la relation suivante :

$$L_{cr} = \pi \sqrt{\frac{EI}{N_{cr}}}$$

où :

E est le module d'élasticité longitudinale du matériau ($E = 210000$ MPa pour l'acier) ;

I est le moment d'inertie de flexion qui correspond à l'axe de flambement de la barre.

Autres approches possibles

Il existe d'autres approches pour estimer la longueur de flambement d'une barre comprimée avec effort axial variable. La plus connue est celle des abaques de Sahmel [3]. Il convient cependant de l'appliquer avec précaution – voir la référence [4] – et cette méthode a un domaine d'application limité. De plus, la lecture sur des abaques est parfois peu pratique.

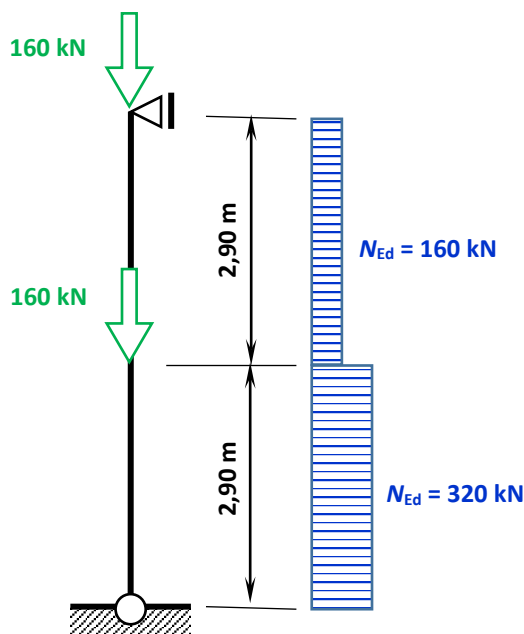
En revanche, la méthode proposée dans cet article a un caractère général bien qu'elle soit appliquée ici au cas d'une simple barre avec compression variable.

Exemple d'application

Données

Considérons un poteau de hauteur 5,80 m, constitué d'un profil creux 140x140x5 formé à froid, en acier de nuance S275. Ce poteau est articulé et bloqué en déplacement horizontal, en tête et en pied.

Ce poteau est soumis à un effort axial de compression de 160 kN en tête et à mi-hauteur, sous une combinaison d'actions pour les vérifications aux états limites ultimes (ELU).



Propriétés de la section :

Aire :

$$A = 26,36 \text{ cm}^2$$

Moment d'inertie de flexion :

$$I = 790,6 \text{ cm}^4$$

Figure 1 : Poteau avec effort de compression variable

Effort normal critique

Dans le cas présent, le mode propre d'instabilité élastique peut être déterminé à l'aide du logiciel *LTBeamN* [5]. Le premier mode correspond au coefficient d'amplification critique :

$$\alpha_{cr} = 2,016$$



Figure 2 : Représentation du mode propre d'instabilité élastique

L'effort normal critique de flambement est obtenu par :

$$N_{cr} = \alpha_{cr} N_{Ed} = 2,016 \times 320 \text{ kN} = 645,1 \text{ kN}$$

Longueur de flambement

La longueur de flambement peut être estimée par :

$$L_{cr} = \pi \sqrt{\frac{EI}{N_{cr}}} = \pi \sqrt{\frac{210000 \times 7906000}{645100}} \times 10^{-3} = 5,04 \text{ m}$$

Le coefficient de longueur de flambement est donc de 0,87.

Résistance au flambement en compression simple

Élancement réduit :

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} = 1,06 \quad (\text{§ 6.3.1.3 de [1]})$$

Courbe de flambement : courbe **c** (Tableau 6.2 de [1])

Coefficient de réduction : $\chi = 0,506$ (§ 6.3.1.2 de [1])

Résistance de calcul au flambement : $N_{b,Rd} = 366,7 \text{ kN}$ (§ 6.3.1.1 de [1])

La résistance au flambement est donc vérifiée : $N_{Ed} < N_{b,Rd}$

Références

- [1] NF EN 1993-1-1 : Eurocode 3 – Calcul des structures en acier. Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments. AFNOR. Octobre 2005.
- [2] NF EN 1993-1-1/NA : Eurocode 3 – Calcul des structures en acier – Annexe Nationale à la NF EN 1993-1-1:2005. Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments. AFNOR. Août 2013.
- [3] Delesques, R., Flambement des barres dont l'effort normal varie sur leur longueur. *Revue construction métallique* n°4-1972. CTICM.
- [4] Vernier, J.-M., Flambement des poteaux de portiques à section constante avec compression variable sur la longueur. *Revue Construction Métallique* n°4-2000. CTICM.
- [5] Logiciel *LTBeamN* Version 1.03. Disponible en téléchargement libre sur la site du CTICM à l'adresse : <https://www.cticm.com/logiciel/ltbeamn/>