Master MS2 - 5AG10 Pratique des codes de calcul : TP Cast3M

Examen 8 Novembre 2017

Exercice 1 : Dimensionnement d'un but de foot

Description du problème

On considère le but de foot schématisé sur la figure 1.a). Le but est représenté par un portique avec deux poteaux et une poutre transversale. La poutre est de longueur 7.32 m et les poteaux ont une hauteur de 2.44 m. La section de la poutre et des poteaux est un tube de diamètre extérieur $d_e = 65$ mm et intérieur $d_i = 55$ mm de sorte que le moment quadratique s'écrit $I = \pi(d_e^4 - d_i^4)/64$ et la section $S = \pi(d_e^2 - d_i^2)/4$. Le but est en aluminium de module d'Young $E = 69$ GPa, de coefficient de Poisson $\nu = 0.346$ et de masse volumique $\rho = 2700$ kg/m^3. On se demande si ce but résisterait à un joueur de 80 kg qui se suspenderait au milieu de la poutre transversale sachant que l'on ne veut pas que la flèche au centre de cette poutre dépasse 10 cm. On approximera le joueur par une charge ponctuelle et le poids propre sera négligé. On étudiera plusieurs cas de figure selon que l'on considère les éventuels effets inertiels ou encore les non-linéarités géométriques.

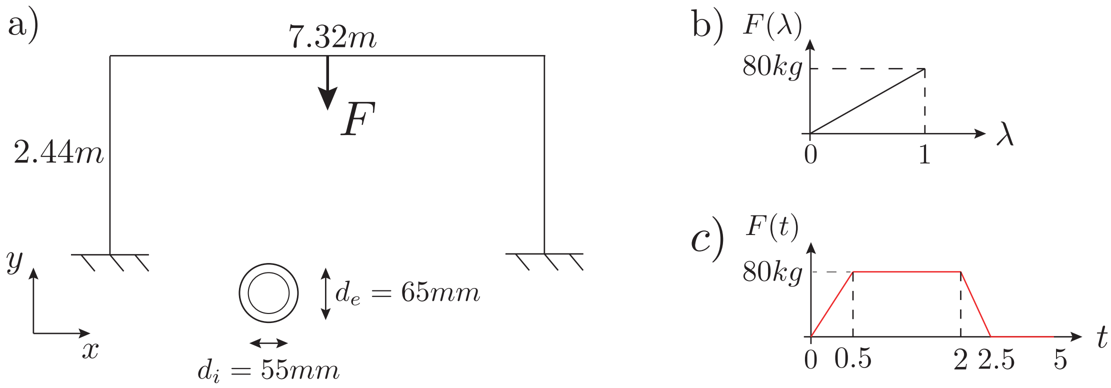

FIGURE 1 – But de foot soumis à différents types de chargements. a) Modèle simplifié du but. b) On applique de manière quasi-statique une charge transverse $F(\lambda)$. c) On applique une charge transverse dynamique en fonction du temps $F(t)$.

Analyse statique linéaire

1. Indiquer quel type de système numérique on doit résoudre.
2. Modéliser la structure de la figure 1.a) et réaliser le calcul élastostatique du but soumis à une charge verticale de 80 kg au centre de la poutre transversale. On prendra $g = 10$ m.s^{-2}.
3. Afficher sur un même graphe la configuration non déformée et déformée.
4. Dessiner l'évolution de la composante verticale du déplacement le long du portique. En quel point la flèche est-elle la plus importante ? Afficher et donner la valeur de cette flèche maximale.

Calculs de déflections non linéaires

On se demande maintenant si l'hypothèse des petites déformations faites précedemment n'est pas trop forte en prenant compte des effets non-linéaires géométriques. Pour ce faire, on augmentera le chargement ponctuel vertical au centre de la poutre transversale de manière quasi-statique jusqu'à atteindre 80 kg.

5. Indiquer quel type de système numérique on doit résoudre.

6. Réaliser le calcul non linéaire géométrique et quasi-statique avec le chargement représenté sur la figure 1.b) au moyen de la procédure PASAPAS.
7. Dessiner l'évolution entre la force imposée et le déplacement vertical de son point d'application sur la plage 0-80 kg.
8. Dessiner sur un même graphe la courbe force-déplacement obtenue avec un calcul linéaire et celle obtenue en tenant compte des non-linéarités géométriques. Comparer et commenter. L'hypothèse des petites transformations est-elle justifiée ?

Calculs dynamiques

Pour finir, on se demande quelle est l'influence des effets inertiels sur le dimensionement de notre but de foot. Cette fois, on va considérer que le joueur s'accroche à la barre transversale puis la relâche au bout d'un temps court. Le chargement équivalent peut être modélisé par l'évolution temporelle donnée sur la figure 1.c).

9. Indiquer quel type de système numérique on doit résoudre.
10. Réaliser le calcul dynamique linéaire avec le chargement représenté sur figure 1.c) au moyen de la procédure PASAPAS.
11. Dessiner l'évolution du déplacement vertical du point d'application de la force en fonction du temps (de 0 à 5 secondes). Commenter.
12. Reporter sur le graphe précédent la flèche constante obtenue par le calcul linéaire quasi-statique ainsi que celle obtenue par le calcul non-linéaire quasi-statique. Commenter.
13. Notre but de foot est-il bien dimensionné en statique et dynamique sachant que l'on ne voulait pas obtenir une flèche supérieure à 10 cm sous 80 kg ?

Exercice 2 : Optimisation d'une valve thermo-élastique

Description du problème

On considère un barreau parallélépipèdique, encastré en sa base, de largeur 10 cm et de hauteur 7.5 cm. Le solide est profond devant ses deux autres dimensions de sorte que l'on peut étudier le modèle $2D$ illustré sur la Figure 2. Le domaine matériel Ω que l'on étudie est un bouchon de silicone dont les caractéristiques matérielles sont données dans le Tableau 1. Sous l'effet d'un gradient de température imposée de 50 degrés (on pourra fixer 50 degrés sur la frontière du bas et 0 degrés sur celle du haut), le bouchon de silicone se dilate pour éventuellement entrer en contact avec un mur parfaitement rigide et ainsi réaliser un joint détanchéité. Pour un gradient de température de 50 degrés, on veut étudier l'influence du jeu initial J entre le bouchon et le mur parfaitement rigide sur la qualité du contact et donc la qualité de l'étanchéité.

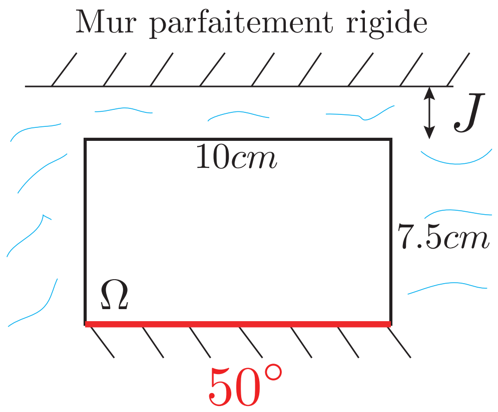

FIGURE 2 – Schéma du problème

	Bouchon de silicone
Module d'Young (MPa)	1.3
Coefficient de Poisson	0.45
Masse volumique (kg/m^3)	1000
Conductivité thermique (W/mK)	0.22
Coefficient de dilatation thermique (1/K)	3.E-4
Limite d'élasticité (MPa)	10

TABLE 1 – Caractéristiques matérielles

Analyse thermique

14. Résoudre le probème thermique stationnaire et afficher la carte de température sur le maillage.

Analyse thermo-élastique - Cas a. $J = 2$ mm

On considère d'abord le cas où le jeu J est fixé à 2 mm.

15. Définissez les conditions aux limites. Justifiez.
16. Créer le chargement lié à l'élévation de température.
17. Calculez la réponse élastique de la structure.
18. Tracez le maillage déformé et non-déformé.
19. Dessiner en bleu l'évolution du déplacement vertical le long de la frontière du haut.
20. Calculez les contraintes de Von Mises et les afficher.
21. Le bouchon de silicone est-il en contact avec le mur parfaitement rigide ?

Analyse thermo-élastique - Cas b. Trouver le jeu optimal

On cherche désormais à obtenir le jeu optimal pour lequel un gradient de température de 50 degrés engendrera une force résultante de réaction de contact avec le mur parfaitement rigide d'au moins 1000 N pour assurer l'étanchéité.

22. Créer une liste de réels pour faire varier le jeu de 2 mm à 0.5 mm (on pourra prendre un pas de 0.1 mm).
23. Avec une boucle, résoudre pour chaque jeu J, le problème de thermo-élasticité préalablement défini.

24. Pour chaque jeu J, tracez le maillage déformé et non-déformé.
25. Pour chaque jeu J, tracez les contraintes de Von Mises sur le maillage déformé.
26. Pour chaque jeu J, calculer le maximum de la résultante des forces de réactions de contact entre la frontière haute du bouchon de silicone et le mur parfaitement rigide.
27. Dessiner l'évolution de cette quantité en fonction du jeu J.
28. Pour quelle valeur de jeu J le bouchon de silicone entre en contact avec le mur parfaitement rigide ? A quelle endroit le bouchon de silicone entre en contact ?
29. Pour quelle valeur de jeu optimal J la fonction d'étanchéité est-elle acceptable ?