SDNL143 – Pile soumise à un champ de vagues

Résumé :

Ce test modélise la réponse d'une pile verticale à moitié immergée, soumise aux efforts hydrauliques de Morison en présence d'un champ de vagues régulières.

- Modélisation A : Dans cette modélisation, on teste le calcul des efforts de Morison sur des poutres soumises à un champ de vagues régulières.

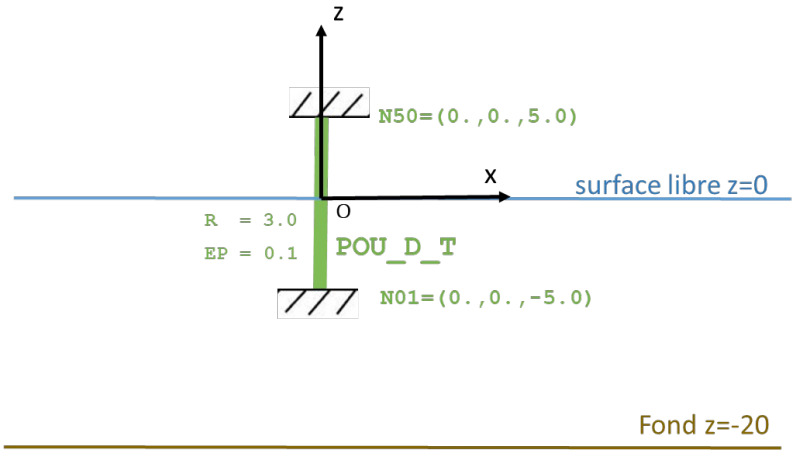
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie et conditions aux limites

La figure ci-dessous représente le problème de référence : une pile cylindrique creuse de longueur $L=10\,m$, de rayon extérieur $R=3.0\,m$ et d'épaisseur $ep=0.1\,m$. Celle-ci est à moitié immergé dans une colonne d'eau de hauteur $h=20\,m$. Les extrémités de la pile sont encastrées.

On note $S_w=\pi R^2$ la section hydraulique (vue par le fluide) transverse à la pile et $S=\pi\left(2.R.ep-ep^2\right)$ la section transverse réelle.



1.2 Propriétés de matériaux

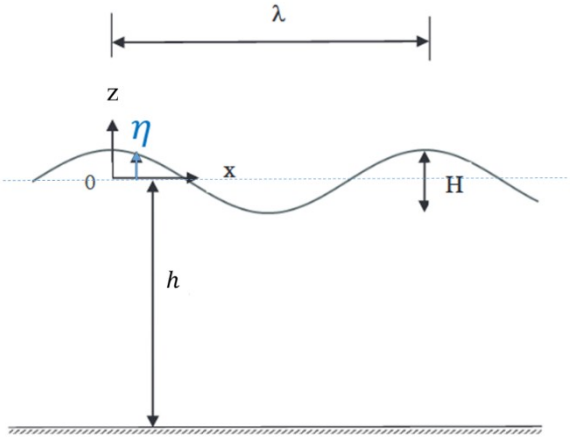
Le matériau a un comportement élastique isotrope :

Module d'Young	$20000\ GPa$
Coefficient de Poisson	0.3
Masse volumique de la pile ρ	$780\ kg/m^3$
Masse volumique eau ρ_w	$1000\ kg/m\,3$
Coefficient de masse ajoutée C_a	1.0
Coefficient de traînée C_d	0.6

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1.3 Cinématique de houle

On considère une houle régulière monodirectionnelle dirigée suivant l'axe $+x$, d'ordre 1 (houle d'Airy), de hauteur H, de période T et de longueur d'onde λ, voir schéma ci-dessous.



La surface libre η en fonction de l'espace x et du temps t s'exprime :

$$\eta(x,t)=\frac{H}{2}\cos(kx-\omega t) \tag{1}$$

avec $k=\frac{2\pi}{\lambda}$ le nombre d'onde et $\omega=\frac{2\pi}{T}$ la pulsation.

La vitesse du fluide $V_w=(u,v,w)$ est la suivante :

$$\begin{aligned} u(x,z,t)&=0\\ v(x,z,t)&=\frac{H}{2}\omega\frac{\sinh(k(h+z))}{\sinh(kh)}\sin(k.x-\omega t)\\ w(x,z,t)&=\frac{H}{2}\omega\frac{\sinh(k(h+z))}{\sinh(kh)}\sin(k.x-\omega t)\end{aligned} \tag{2}$$

L'accélération du fluide est notée $a_w=\frac{\partial v_w}{\partial t}$.

1.4 Chargements

La pile est soumise aux efforts de Morison induits par un champs de vagues régulières de hauteur $H=4\,m$ et de période $T=10\,s$. Notons que la poussée d'Archimède n'est pas prise en compte dans ce problème. Le poids est imposé mais n'a *a priori* pas d'influence sur la solution compte tenu des conditions d'encastrement.

Modélisation A

La pile est soumise aux efforts de Morison (terme de traînée et termes d'inertie) dans un fluide au repos.

$$F_{\text{mor}}=\frac{1}{2}C_d\rho_w S_w(v_w^{\text{ortho}}-v_s^{\text{ortho}})(v_w^{\text{ortho}}-v_s^{\text{ortho}})+\rho_w S_w a_w^{\text{ortho}}+C_a\rho_w S_w(a_w^{\text{ortho}}-a_s^{\text{ortho}}) \tag{3}$$

où v_w et v_s désignent respectivement la vitesse fluide et la vitesse solide (paramètre d'entrée du chargement mécanique FORCE_POUTRE. Le symbole ortho représente la projection dans la direction normale à la fibre neutre de la poutre [1]. On note que ce sont des efforts linéiques que l'on applique de façon répartie sur la poutre.

[1] Cette projection nécessite de passer également en paramètre d'entrée de FORCE_POUTRE l'orientation de la poutre.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Le premier terme correspond à l'effort de traînée, le second et le troisième correspondent aux termes d'inertie. L'accélération du solide étant nulle, ces derniers se réduisent aux termes portant sur l'accélération fluide.

Remarque: Les efforts de Morison dépendent de la position de la poutre, ils doivent être mentionnés comme chargements suiveurs dans les calculs.

2 Solution de référence

La solution de référence est basée sur les résultats du code de calcul CALHYPSO (interne EDF R&D) dédié aux interactions vagues structure.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation et maillage

- Pile : modélisation POU_D_T (49 mailles SEG2)
- Relation de comportement élastique linéaire.

3.2 Grandeurs testées et résultats

On compare les résultats avec le code CALHYPSO (code interne EDF R&D), ainsi que la non régression des REAC_NODA (DRY) : moment suivant Y du nœud 'N1' (bas de la pile).

Identification	Instant (s)	Type de référence	Valeur de référence	Tolérance (%)
REAC_NODA DRY ('N1') REAC_NODA DRY ('N1')	21.8 1.0	'AUTRE_ASTER' 'NON_REGRESSION'	277644.0	2.5

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Synthèses des résultats

Ce test valide les efforts de Morison appliqués sur un ensemble de poutres mais également les développements qui permettent de passer la vitesse et la position de la poutre en paramètre d'un chargement de type AFFE_CHAR_MECA_F/FORCE_POUTRE.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)