SDLS140 – Propagation d'ondes dans un canyon semi-circulaire

Résumé :

Ce test a pour but d'étudier la réponse transitoire d'un modèle 2D de canyon semi-circulaire soumis à un mouvement d'onde plane de propagation verticale selon les directions P (direction verticale de propagation) et S (direction horizontale normale à la propagation). Le mouvement imposé est un déplacement sinusoïdal en temps de pulsation 8.15 Hz.
La structure surfacique est maillée en triangles et on affecte sur ses bords inférieur et latéraux des éléments de frontière absorbante permettant d'appliquer le chargement par onde plane.
On compare pour chaque sollicitation les maximaux de déplacement horizontal et vertical le long du bord supérieur du canyon à ceux obtenus par une étude analytique fournie par la référence [bib1].
On utilise deux modélisations pour le chargement :
- la modélisation A où on applique un chargement onde plane sur toutes les frontières absorbantes, y compris sur les faces latérales.
- la modélisation B où on applique sur les faces latérales des charges sous formes de nappes de forces de type onde plane et force nodale issues de résultats d'un calcul sur un modèle auxiliaire de colonne de sol d'épaisseur unitaire par l'opérateur DEFI_SOL_EQUI.
La comparaison sur les allures et amplitudes spatiales le long du bord supérieur est assez satisfaisante pour les deux modélisations par rapport à la référence.
On complète la modélisation A pour introduire un chargement d'onde inclinée.

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

1 Description

1.1 Géométrie

Le modèle d'étude est un canyon semi-circulaire de rayon $R0=100\mathrm{m}$, prolongé horizontalement de part et d'autre de la même dimension et de profondeur verticale $H=200\mathrm{m}$ (cf. Figure 1.1).

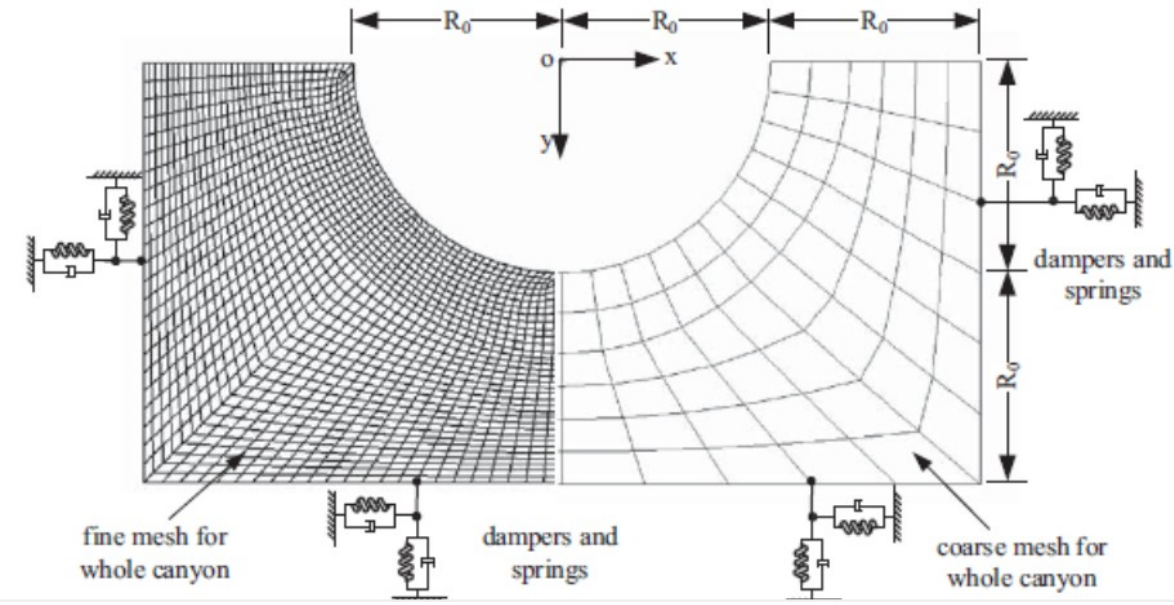


Figure 1.1 : géométrie et dimensions du canyon

1.2 Propriétés des matériaux

Les propriétés du sol pour la structure du canyon sont données dans le tableau suivant.

Matériau	Sol
Module d'Young	$1.88510^{10}\,Pa$
Coefficient de Poisson	0.33
Masse volumique	$2650\,kg/m^3$

1.3 Conditions aux limites et chargements

1.3.1 Conditions aux limites

Les côtés latéraux et inférieur n'ont pas de blocage mais présentent une condition de frontière absorbante par l'affectation d'éléments absorbants linéiques.

1.3.2 Chargement :

Le chargement consiste à appliquer un mouvement imposé d'onde plane sous forme de déplacement sinusoïdal en temps de pulsation 8.15 Hz (cf. Figure 1.3.2).

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

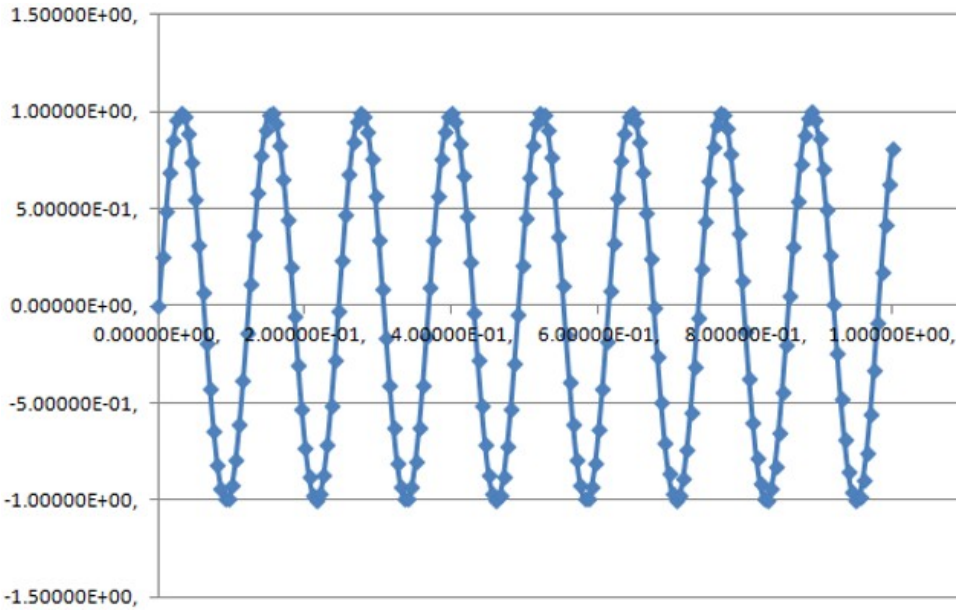


Figure 1.3.2 : mouvement de déplacement imposé de l'onde plane

2 Solution de référence

La solution de référence est donnée par une approche analytique extraite de la référence [bib1] et représentée sur la figure ci-dessous respectivement comme amplitudes des réponses à une onde P et une onde S sinusoïdales de fréquences 8.15 Hz le long du bord supérieur du canyon en fonction de l'abscisse horizontale (cf. Figure 2).

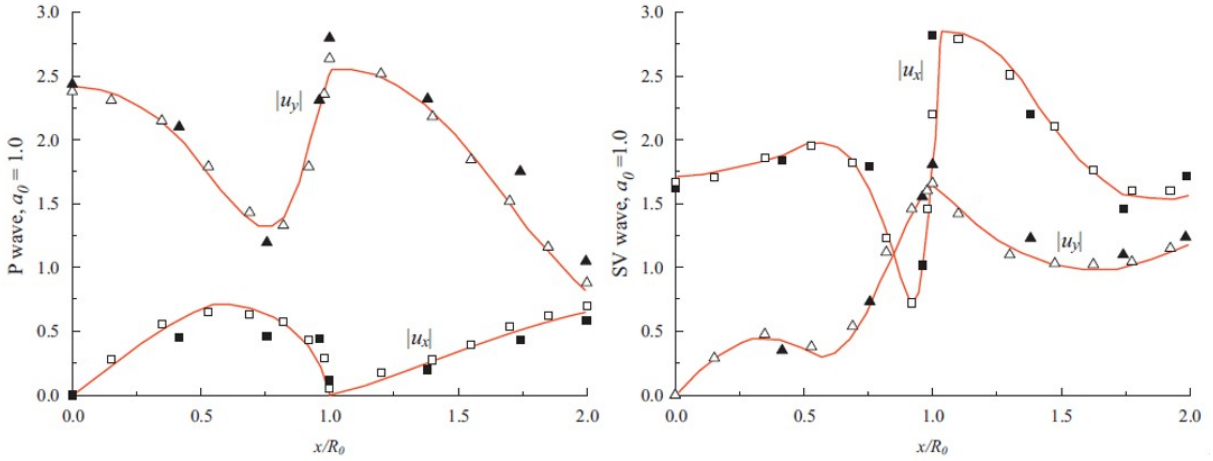


Figure 2 : réponses analytiques maximales en X et Y à l'onde P (gauche) et l'onde S (droite)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La structure est modélisée par 1496 mailles surfaciques de type TRIA3 modélisées en D_PLAN, ainsi que par 80 mailles de bord de type SEG2 modélisées en D_PLAN_ABSO (cf. Figure 3.1)

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

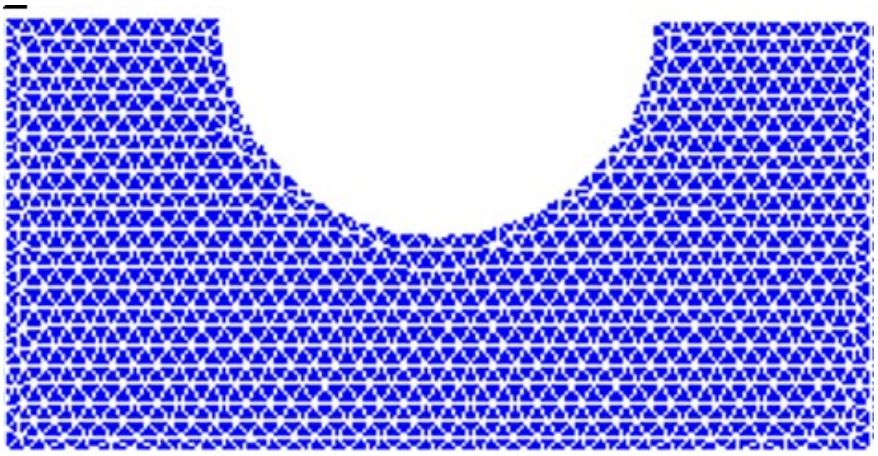


Figure 3.1 : maillage du modèle de canyon

3.2 Comparaisons et résultats

3.2.1 Comparaisons

On compare pour chaque sollicitation les maximaux de déplacement horizontal DX et vertical DY le long du bord supérieur du canyon en fonction de l'abscisse horizontale, à ceux obtenus par une étude analytique fournie par la référence [bib1].
La figure suivante (Figure 3.2.1) synthétise les 4 réponses (2 directions de sollicitation, 2 directions de réponse) à comparer à celles de la Figure 2.

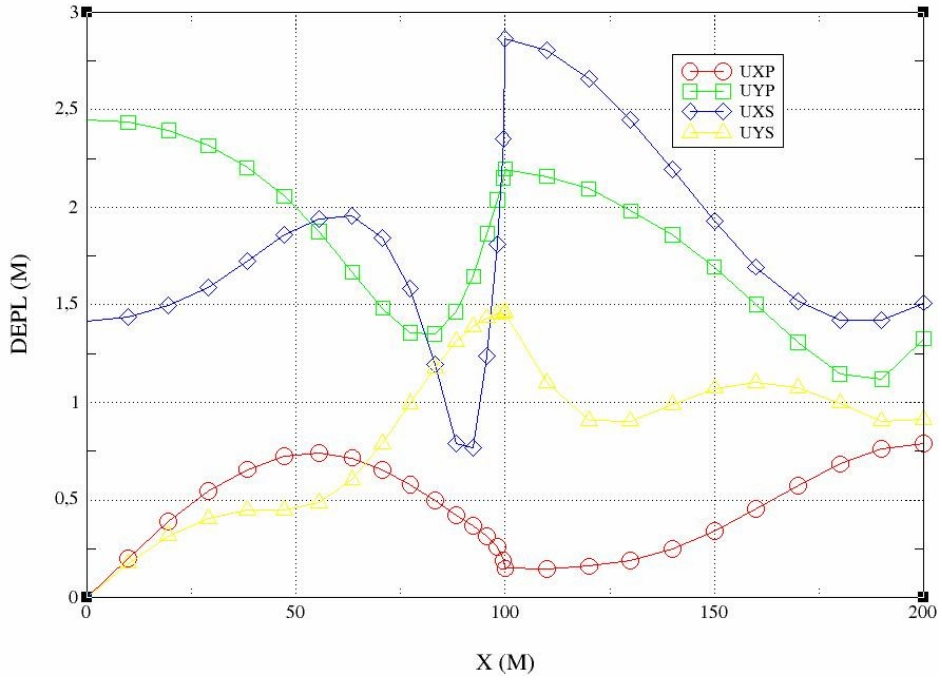


Figure 3.2.1 : réponses numériques maximales en X et Y à l'onde P et l'onde S

3.2.2 Résultats testés

Les résultats testés sont de non-régression et correspondent aux valeurs calculées pour chaque direction de sollicitation S et P et selon les composantes l DX et vertical DY aux nœuds d'abscisse horizontale 0 (centre du canyon), 100 (bord du canyon) et 200 (bord droit de la fondation).

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

Nœud	Direction	Composante	Absc.	Valeur (m)	Précision	Référence
N 785	P	DY	0	2.4492E+0	1.0E−6	NON_REGRESSION
N 408	P	DX	100	1.4916E-1	1.0E−6	NON_REGRESSION
N 408	P	DY	100	2.1960E+0	1.0E−6	NON_REGRESSION
N 775	P	DX	200	7.9120E-1	1.0E−6	NON_REGRESSION
N 775	P	DY	200	1.3270E+0	1.0E−6	NON_REGRESSION
N 785	S	DX	0	1.4154E+0	1.0E−6	NON_REGRESSION
N 408	S	DX	100	2.8660E+0	1.0E-6	NON_REGRESSION
N 408	S	DY	100	1.4620E+0	1.0E-6	NON_REGRESSION
N 775	S	DX	200	1.5104E+0	1.0E-6	NON_REGRESSION
N 775	S	DY	200	9.1092E-1	1.0E-6	NON_REGRESSION

3.3 Chargements d'ondes inclinées

On ajoute un exemple de chargement d'ondes S inclinées par rapport à la verticale de sinus valant 0,2. On teste ainsi également l'option de déphasage d'ondes dans le mot clé CONV_RESU de l'opérateur C REA _RESU .. On prend comme départ de l'onde le point inférieur de la structure de coordonnées (-200 -200).
Les résultats testés sont de non-régression et calculés selon les composantes l DX et vertical DY aux nœuds d'abscisse horizontale 0 (centre du canyon), 100 (bord du canyon) et 200 (bord droit de la fondation).

Nœud	Direction	Composante	Absc.	Valeur (m)	Précision	Référence
N 785	S	DX	0	1.2778E+0	1.0E−6	NON_REGRESSION
N 408	S	DX	100	2.3837E+0	1.0E-6	NON_REGRESSION
N 408	S	DY	100	2.0475E+0	1.0E-6	NON_REGRESSION
N 775	S	DX	200	1.0632E+0	1.0E-6	NON_REGRESSION
N 775	S	DY	200	8.8726E-1	1.0E-6	NON_REGRESSION

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

La structure est modélisée par 1496 mailles surfaciques de type TRIA3 modélisées en D_PLAN, ainsi que par 80 mailles de bord de type SEG2 modélisées en D_PLAN_ABSO comme dans la modélisation A (cf. Figure 3.1)
On utilise ici également un modèle auxiliaire de colonne 2D d'épaisseur unitaire généré par l'opérateur DEFI_SOL_EQUI avec les mêmes caractéristiques matériaux afin de générer les évolutions de déplacements, vitesses et forces nodales par niveau vertical obtenues pour une sollicitation d'onde de cisaillement S . ainsi que pour une onde de pression P .
L'intérêt de cette modélisation est de pouvoir appliquer des chargements sur les faces latérales sous formes d'ondes planes avec des sollicitations en vitesses et déplacement, ou bien sous formes de forces nodales. Les champs attendus sont donnés par des nappes extraites des fichiers résultats de type UNITE_RESU_TRAN obtenus par les appels à DEFI_SOL_EQUI. On utilise pour cela l'opérateur DEFI_CHAR_SOL.

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

On teste également l'utilisation de nouvelles options de l'opérateur CREA_RESU : KUCV pour convertir les chargement d'ondes planes en $Ka.U+Ca.V$ sur les frontières absorbantes, CONV_CHAR pour convertir les chargement d'ondes planes en évolutions second membre de type dyna_trans et CONV_RESU pour convertir ces évolutions second membre en charges d'évolutions evol_char.

4.2 Résultats testés

Les résultats testés sont de non-régression et correspondent, comme pour la modélisation A, aux valeurs calculées pour chaque direction de sollicitation S et P des maximaux de déplacement horizontal DX et vertical DY le long du bord supérieur du canyon en fonction de l'abscisse horizontale, aux nœuds d'abscisse horizontale 0 (centre du canyon), 100 (bord du canyon) et 200 (bord droit de la fondation).
Ces résultats sont un peu différents de ceux de la modélisation A mais tout aussi proches de ceux de la référence [bib1]. Les différences pouvant s'expliquer dans les deux cas par la très petite taille de domaine modélisé, soit moins d'un diamètre de canyon de part et d'autre de celui-ci dans la direction horizontale.

Nœud	Direction	Composante	Absc.	Valeur (m)	Précision	Référence
N 785	P	DY	0	2.5932E+0	1.0E−6	NON_REGRESSION
N 408	P	DX	100	1.9143E-1	1.0E−6	NON_REGRESSION
N 408	P	DY	100	2.3258E+0	1.0E−6	NON_REGRESSION
N 775	P	DX	200	8.3559E-1	1.0E−6	NON_REGRESSION
N 775	P	DY	200	1.3498E+0	1.0E−6	NON_REGRESSION
N 785	S	DX	0	1.4145E+0	1.0E−6	NON_REGRESSION
N 408	S	DX	100	2.8395E+0	1.0E−6	NON_REGRESSION
N 408	S	DY	100	1.4490E+0	1.0E−6	NON_REGRESSION
N 775	S	DX	200	1.5017E+0	1.0E−6	NON_REGRESSION
N 775	S	DY	200	9.2565E-1	1.0E−6	NON_REGRESSION

5 Synthèse

La comparaison qualitative et quantitative sur les allures et amplitudes spatiales le long du bord supérieur est assez satisfaisante pour les deux modélisations compte tenu de la faible dimension horizontale de la structure modélisée.
Un ajustement du paramètre matériau LONG_CARA représentatif d'une dimension caractéristique de la structure permettrait sans doute, en générant des raideurs ajoutées sur les éléments de bord absorbant, d'améliorer encore la concordance entre les valeurs analytiques et calculées.

6 Références

[bib1] « Influence of seismic input mechanisms and radiation damping on arch dam response ». Zhang Chuhan , Pan Jianwen, Wang Jinting . Soil Dynamics and Earthquake Engineering 2009 pp 1282-1293

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