

Un échantillon de sable sec ayant une masse volumique de 1800 kg/m^3 , est placé dans un moule oedométrique rigide de dimensions spéciales (voir figure I.2). Sous l'effet d'un choc en surface de l'échantillon, celle-ci subit une vitesse incidente de 50 mm/s . L'interprétation de l'accélérogramme a permis de mesurer un temps aller-retour de l'onde égal à 10^{-3} s . On demande de calculer :

- 1) la célérité C de l'onde incidente dans le sable,
- 2) le module E_s d'élasticité du sol,
- 3) l'impédance du sol au choc,
- 4) la contrainte verticale incidente dans le sable,
- 5) les contraintes transmises et réfléchiées à la base du moule,
- 6) les vitesses transmises et réfléchiées à la base du moule.

Solution :

1. $C_1 = 2H_0/t = 2 \times 60 \times 10^{-3} / 10^{-3} = 120 \text{ m/s}$.
2. $E_s = C^2 \rho = 120^2 \times 1800 = 25.92 \text{ MPa}$, soit de 26.0 MPa .
3. $Z = \rho C = 216000 \text{ kg/m}^2/\text{s}$.
4. $\sigma_i = Z v_i = 10.8 \text{ kPa}$.
5. $\sigma_t = 2\sigma_i = 21.6 \text{ kPa}$ (Car $Z_2 = \infty$) et $v_t = 0$.
6. $\sigma_r = \sigma_t - \sigma_i = 10.8 \text{ kPa}$ et $v_r = -v_i = -50 \text{ mm/s}$.

Problème : Polaires de choc d'une barre

Considérons une barre élastique très longue caractérisée par une impédance Z et recevant à son extrémité un choc sous forme d'une contrainte normale de compression de valeur σ_i constante pendant un laps de temps très bref. Sous l'effet du choc, les sections de la barre vibrent avec une vitesse incidente V_i .

- 1) A partir des polaires de choc, étudier le phénomène de transmission/réflexion à l'autre extrémité de la barre dans les cas suivants :

- a) extrémité libre,
 - b) extrémité encastree,
 - c) extrémité reliée à une barre identique caractérisée par une impédance égale à $Z/3$.
- 2) Application numérique: barre en béton $E=3000$ MPa, $\rho=2000$ kg/m³ , $\sigma_i=50$ kPa et $V_i=2$ mm/s.
- 3) Interpréter les résultats.

Solution :

1. a) Extrémité libre de la barre :

Le milieu air a une impédance nulle ($Z_{s2}=0$), donc la droite représentant les ondes transmises est l'axe des abscisses. Selon l'équation (4.14), la contrainte transmise est nulle. Le tracé des polaires de chocs sur la figure I.8 donne directement : $v_t= 2v_i$, $\sigma_r= -\sigma_i$ et $v_r= v_i$.

b) Extrémité encastree de la barre :

Le milieu encastrant a une impédance infinie, donc la droite représentant les ondes transmises est l'axe des ordonnées. Selon l'équation (4.14), la vitesse transmise est nulle. De la figure I.9 on obtient : $v_r= -v_i$, $\sigma_r= \sigma_i$ et $\sigma_t= 2\sigma_i$.

c) Extrémité liée à une autre barre :

En remplaçant Z_{s2} par $Z/3$ on obtient selon l'équation (4.20) :

$$v_t = \frac{3}{2} v_i \quad \sigma_t = \frac{\sigma_i}{2} \quad v_r = \frac{v_i}{2} \quad \sigma_r = -\frac{\sigma_i}{2}$$

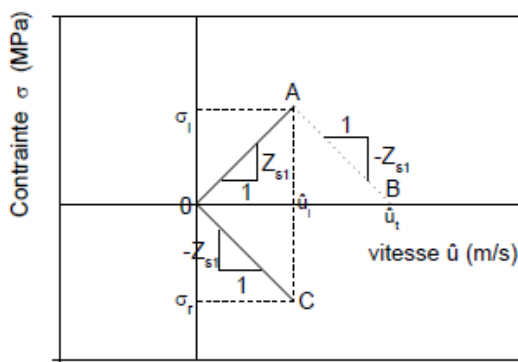
2. Application numérique:

- a) $Z \sqrt{E\rho} = 2.449 * 10^6$ kg / m² / s $v_t=4$ mm/s, $\sigma_r=-50$ kPa, $v_r=2$ mm/s.
- b) $v_r= -2$ mm/s, $\sigma_r= 50$ kPa et $\sigma_t= 100$ kPa.

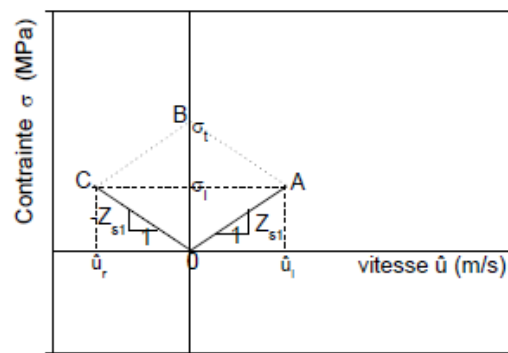
c) $v_t = 3 \text{ m/s}$ $\sigma_t = 25 \text{ kPa}$ $v_r = 1 \text{ mm/s}$ $\sigma_r = -25 \text{ kPa}$

3. En cas de barre d'extrémité libre, les ondes réfléchies induisent des contraintes de traction, ce qui peut présenter un risque de rupture en cas d'un matériau résistant mal à la traction, tel que le béton non armé.

En cas de barre d'extrémité encastree, le milieu 2 subit une contrainte double de la contrainte incidente, et il importe de vérifier sa résistance à la compression vis-à-vis de cette valeur de contrainte.

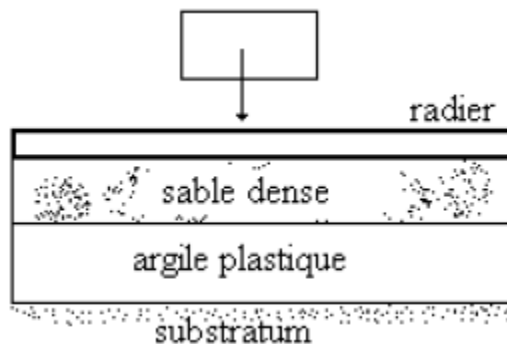


*Polaires de choc
(extrémité libre)*



*Polaires de choc
(extrémité encastree)*

Problème Onde de choc dans un radier



Un radier de grandes dimensions, caractérisé par un module d'Young de 35000 MPa et une masse volumique de 2500 kg/m^3 , est réalisé sur un sol bicouches schématisé à la figure I.4. La couche du sable dense est caractérisée par un module de déformation élastique dynamique de 65 MPa et une masse volumique de 1700 kg/m^3 et celle de l'argile plastique par un module de 33 MPa et une masse volumique de 1350 kg/m^3 ; le tout repose sur un horizon rocheux considéré comme un substratum.

L'épaisseur de chaque couche est négligeable devant les dimensions du radier.

Au cours du chantier de réalisation, une masse tombe en chute libre transmettant au radier une impulsion sous forme d'une pression verticale incidente de 85 kPa et une vitesse verticale incidente de 9.1 mm/s.

1. Quelle est la direction du déplacement de chaque couche ?
Pourquoi ?
2. Comment appelle-t-on ce type de déplacement ?
3. Calculer les impédances du radier et de chaque couche ?
4. Etudier le phénomène de la première transmission/réflexion des ondes à l'interface de la couche du sable et du radier.
5. Déterminer les caractéristiques de l'onde transmise à la couche d'argile.
6. Calculer la contrainte verticale transmise au rocher.

Solution