

CHAPITRE 3

MURS DE SOUTÈNEMENTS

CHAPITRE 3 - MURS DE SOUTÈNEMENTS.

1 – Généralités :

Pour le calcul des murs de soutènements, il convient de calculer les efforts s'exerçant sur le mur et de vérifier ensuite les différentes stabilités :

- vis à vis du renversement (O),
- vérification au glissement par rapport à la base (OB),
- vérification au poinçonnement,
- stabilité d'ensemble ou circulaire.

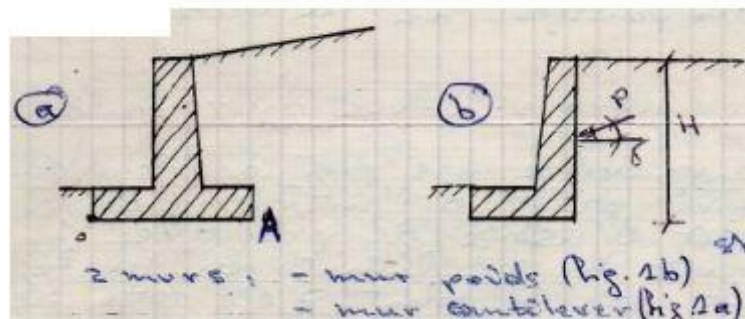


Figure1- Différents types de murs de soutènements.

2 – Hypothèses pour le calcul de la poussée et du poids :

Les principales hypothèses concernant la poussée porte sur son inclinaison sur le mur. On admet généralement qu'au contact sol-béton on a $\delta=2/3\varphi'$ (φ' angle de frottement effectif du sol)

- Pour les murs poids, la démarche est simple :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Calcul de la poussée sur H,} \\ \text{Inclinaison } \delta=2/3\varphi', \\ \text{Calcul du poids du mur.} \end{array} \right. \Rightarrow \underline{\vec{R} = \vec{W} + \vec{P}}$$

- Pour les murs cantilever où à talon, il faut considérer que le sol pris dans l'angle du talon et du voile ne peut glisser par rapport au voile et donc y exercer une pression.

On admet alors la démarche de calcul suivante :

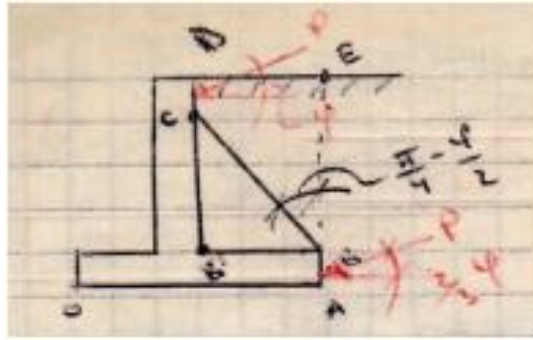


Figure2- Délimitation du coin de sol pour les murs cantilever où à talon.

On délimite le coin de sol par la droite inclinée de $\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}\right)$ par rapport à la verticale issue du point B. Sur AB et CD, on calcule la poussée avec une inclinaison $\delta = \frac{2}{3}\varphi$.

Il y a deux manières d'effectuer le calcul :

1. Le long de ABCD :

- Contrainte de poussée sur :
$$\begin{cases} AB \rightarrow \frac{2}{3}\varphi' \\ BC \rightarrow \varphi' \\ CD \rightarrow \frac{2}{3}\varphi' \end{cases}$$

- + Poids du sol =
$$\begin{cases} \text{Poids du mur} \\ + \\ \text{Coin de sol } BB'C \end{cases}$$

2. Le long de ABB'CD :

- Contrainte de poussée sur :
$$\begin{cases} AB \rightarrow \frac{2}{3}\varphi' \\ B'C \rightarrow 0 \\ CD \rightarrow \frac{2}{3}\varphi' \\ BB' \rightarrow \text{Contrainte verticale d'intensité } (\gamma.h) \end{cases}$$

- + $\vec{W} = \{\text{Poids du mur seul}\}$

Remarque : Si BC ne coupe pas le mur, on fait le calcul des poussées sur la verticale passant par B (AE).

3. Vérification de la stabilité :

a. Vérification du mur vis à vis du renversement :

Le mur ne se renverse pas si la résultante $\vec{R} = \vec{W} + \vec{P}$ passe à l'intérieur de la semelle. Cependant, il est d'usage de prendre une sécurité vis-à-vis du cas limite où la force \vec{R} passerait par le point O et cette sécurité est prise :



Figure - Vérification vis-à-vis du renversement

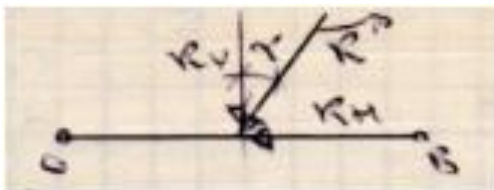
$$M_p \text{ (ou } M_r) < \frac{M_w \text{ (ou } M_s)}{1.5 \text{ à } 2}$$

- M_p désignant le moment moteur, le moment de la poussée P (ou M_r moment de renversement),
- M_w désignant le moment résistant ou stabilisateur c'est à dire celui du poids \vec{W} par rapport à l'axe passant par O, (1.5 à 2) est un coefficient de sécurité.

b. Vérification vis à vis du glissement :

Dans le cas général, on néglige la force de butée pouvant se développer en avant de la semelle du mur. On vérifie alors la sécurité au glissement sur la base en prenant un coefficient de sécurité de l'ordre de (1.5). Si on néglige la cohésion c' d'un sol frottant qui présente toujours un caractère aléatoire, on prend (1.2).

Ainsi dans le cas d'une semelle horizontale de largeur OB:



$$\text{tg}(\alpha) = \frac{R_H}{R_V} \quad \overline{OB} = B$$

On doit vérifier que :

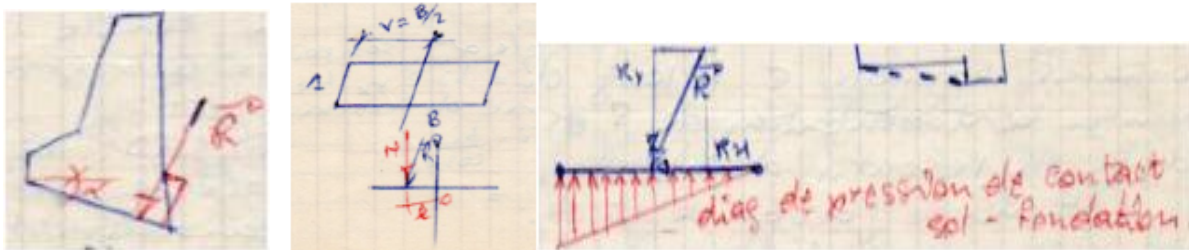
$$R_H < \frac{R_V \cdot \text{tg}(\varphi') + c' \cdot B}{1.5} \quad R_H < \frac{R_V \cdot \text{tg}(\varphi')}{1.2}$$

c. Vérification vis à vis du poinçonnement :

Dans le cas général où la butée est négligeable, on vérifie la stabilité de la semelle au poinçonnement sous la résultante \vec{R} rapporté au niveau de la base et à son axe médian cette force est excentrée et inclinée ce qui est défavorable pour la stabilité. Dans le cas rare où 1 butée \vec{p}_p est prise en compte, on vérifie le poinçonnement avec la force (\vec{R}, \vec{p}_p) .

Dans le cas de semelle avec la bêche, la vérification peut être effectuée sur 1 semelle fictive joignant l'extrémité de la bêche à l'arrêt opposée de la semelle.

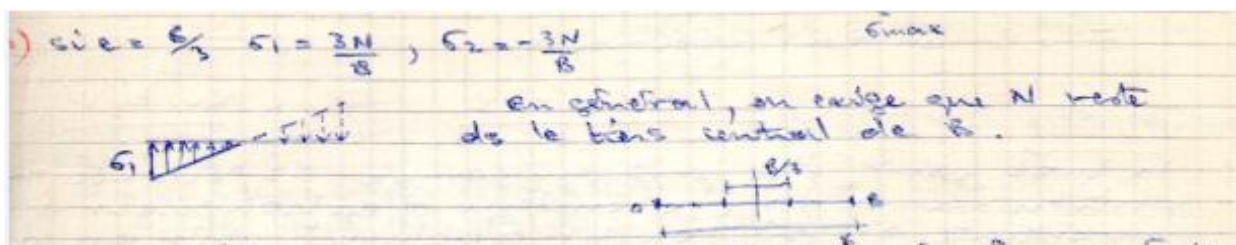
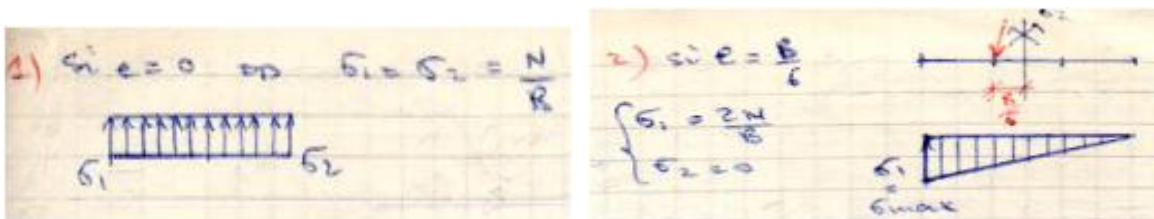
Pour les murs poids, le mieux serait :



$$\sigma = \frac{N}{B} \pm \frac{Mv}{I}$$

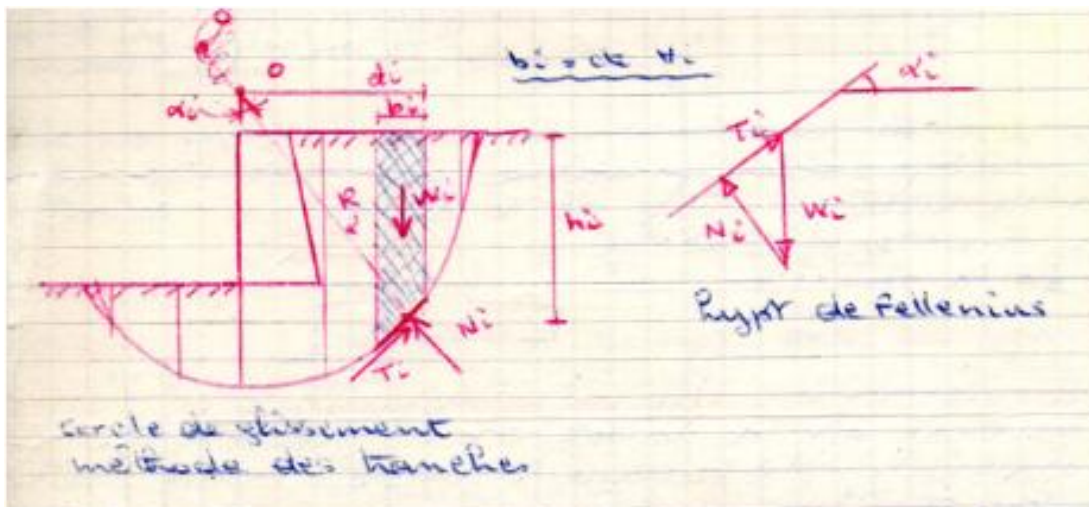
$M = N \cdot e$ $I = \frac{B^3 \cdot 1}{12}$ $\sigma_{1 \max} = \frac{N}{B} \left[1 + \frac{6e}{B} \right]$
 $v = \frac{M}{N}$ $\sigma_{2 \min} = \frac{N}{B} \left[1 - \frac{6e}{B} \right]$
 $(\sigma_1, \sigma_2) < \bar{\sigma}_{\text{admissible du sol}}$

D'où :



Dans le cas d'un mauvais sol, on exige que la force résultante soit au voisinage immédiat de l'axe de symétrie (à cause des tassements différentiels qui pourrait résulter dans le cas contraire).

d. Vérification de la stabilité d'ensemble ou circulaire :



Lors l'étude de la stabilité du cercle de glissement, on s'intéresse au rapport de 2 ms relatifs au centre O :

- le ms moteur: $M_M = m^e$ des poids des tranches = $W_i \cdot d_i$
- le ms résistant fourni par les contraintes de cisailie limite

$$M_R = \int c \cdot ds \cdot R \quad \text{avec} \quad \tau = c + s \cdot \tan \varphi$$

Le calcul de M_M est aisé (facile), il suffit de connaître le poids volumique des \pm intérieurement ds le cercle. Le calcul du 2eme terme M_R nécessite la connaissance des contraintes normales σ le long du cercle. Pour déterminer la distribution de σ ds le cas général on est obligé de recourir à diverses hypth.

Les méthodes de **FELLENIUS** et de **BISHOP** et ses dérivés recourent à 1 découpage du cercle en tranches verticales. La ieme tranche a les caractéristiques suivantes :

- 1 largeur b_i , 1 hauteur h_i , 1 angle α_i , son poids W_i
- $W_i = \gamma_i \cdot h_i \cdot b_i$ ou si sol homogène $W_i = b_i \int \gamma \cdot h \cdot dx$
- si il y a plusieurs sols (hétérogène), la force de contact sur la base: force normale $N_i = \sigma_i \cdot b_i = \sigma_i \cdot \frac{b_i}{\cos \alpha_i}$
- force tangentielle $T_i = \tau_i \cdot \frac{b_i}{\cos \alpha_i} =$
- ou $T_i = N_i \cdot \tan \varphi_i + c_i \cdot \frac{b_i}{\cos \alpha_i}$

φ_i et c_i étant les caractéristiques de résist. du sol à la base de la tranchée i .
d'où, $d_i = R \sin \alpha_i$

$$M_M = R \sum_i w_i \cdot \sin \alpha_i = R \sum_i x_i \cdot b_i \cdot h_i \cdot \sin \alpha_i$$

les méthodes divergent sur la manière de relier le poids w_i et la force normale N_i .

La méthode de Fellenius admet $\rightarrow N_i = w_i \cdot \cos \alpha_i$

d'où :

$$M_R = R \sum T_i = R \sum b_i \left[x_i \cdot h_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \tan \varphi_i + \frac{c_i}{\cos \alpha_i} \right]$$

donc on peut dire le coef. de sécurité :

$$F = \frac{M_R}{M_M} = \frac{\sum b_i \left[x_i \cdot h_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \tan \varphi_i + \frac{c_i}{\cos \alpha_i} \right]}{\sum b_i \cdot x_i \cdot h_i \cdot \sin \alpha_i}$$

Bien que fastidieux, le calcul peut se faire à la main. En général, on prend une valeur constante de $b_i = b$ et par exemple au droit du mur, le mur doit être englobé de 1 seul tranchée

Pour **BISHOP**, on arrive au coef. de sécurité pour 1 seule tranchée

$$F = \frac{(c \cdot b_i + w_i \cdot \tan \varphi_i) / \cos \alpha (1 + \tan \alpha \cdot \frac{\tan \varphi_i}{F})}{\sum w \sin \alpha}$$