

Chapitre 2 : Dimensionnement des Fondations Superficielles

Enseignant : Dr. Noui Abdelkader

*Institut des Séances de la terre et de L'univers, Université Batna 2
Batna 05078, Algérie*

Introduction

Ce chapitre traite de la justification géotechnique des fondations superficielles selon l'Eurocode 7. La section 6 de l'Eurocode 7 présente les différents aspects à prendre en compte pour le dimensionnement de fondations superficielles de bâtiments, de ponts, de murs, etc. Elle propose un nouveau format de vérification de la portance basée sur une justification en termes de force et une mise à jour des méthodes de calcul de la portance à partir de données pressiométriques et pénétrométriques. D'autres aspects du dimensionnement des fondations superficielles sont aussi abordés : le glissement, le renversement avec une limitation de l'excentrement, les liens avec les justifications sous charge sismique, etc.

1. États limites ultimes

Au paragraphe 6.2 de l'Eurocode 7, les états limites les plus courants de l'Eurocode 7 pour les fondations sont (Fig. 1) :

- instabilité d'ensemble ;
- défaut de capacité portante, rupture par poinçonnement ;
- rupture par glissement ;
- rupture combinée dans le terrain et dans la structure ;
- rupture de la structure du fait des mouvements de la fondation ;
- tassements excessifs ;
- soulèvement excessif sous l'effet du gonflement du sol, du gel ou d'autres causes ;
- vibrations inadmissibles.

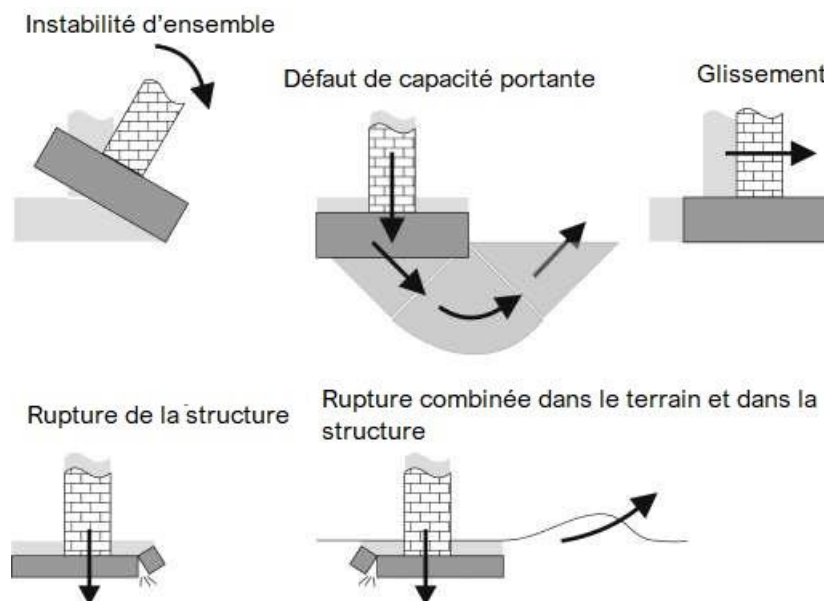


Fig. 1 Etats limites (d'après Bond et Harris, 2008)

Certains des états ci-dessus sont des états limites ultimes et d'autres sont des états limites de bon fonctionnement. La philosophie de conception de l'Eurocode 7 est que les deux types d'états limites doivent être considérés comme potentiellement critiques dans le choix des dimensions des fondations.

La relation à vérifier en ce qui concerne la portance est la suivante :

$$V_d \leq R_d \quad (1)$$

Avec:

- V_d : la valeur de calcul de la composante verticale de la descente de charge ;
- R_d : la valeur de calcul de la portance.

V_d doit inclure le poids de la fondation et tout remblayage sur elle. L'action de conception, V_d , comprend les charges verticales variables et permanentes ; cette dernière inclut toutes les actions qui sont (Fig. 2) :

- charge permanente supportée;
- poids de la fondation;
- poids du remblai;
- charges dues à la pression de l'eau ;
- soulèvement.

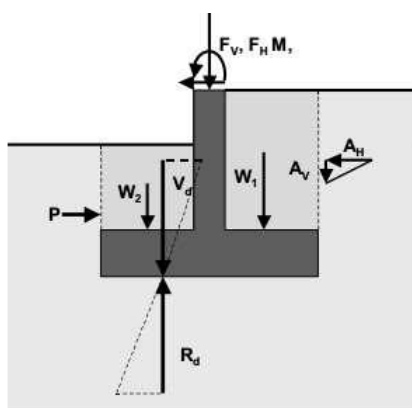


Fig. 2 Actions sur une fondation

Le calcul de la résistance au glissement s'appuie sur la relation 6.2 de la section 6.5.3 de l'Eurocode 7 – Partie 1. Il est effectué uniquement aux ELU et dans le cas des situations durables et transitoires, il met en œuvre l'approche de calcul 2. La relation utilisée est la suivante :

$$H_d \leq R_{h;d} + R_{p;d} \quad (2)$$

Avec:

- H_d : valeur de calcul de la force horizontale (ou parallèle à la base de la fondation) appliquée à la fondation superficielle ;
- $R_{h;d}$: valeur de calcul de la résistance au glissement à la base de la fondation ;
- $R_{p;d}$: valeur de calcul de la résistance frontale de la fondation.

On constate que les résistances équilibrant l'effort horizontal comprennent deux termes : l'un lié à la résistance au glissement à la base de la fondation et l'autre lié à la résistance frontale de la fondation. La résistance latérale mobilisable sur les côtés de la fondation est implicitement prise en compte dans la résistance frontale.

2. Formulaire pour le calcul de portance des fondations superficielles à partir de c_u , c et ϕ

Ce formulaire a pour objectif de synthétiser les principales relations pour le calcul des fondations superficielles. En conditions respectivement non drainées (Eq. 3) et drainées (Eq. 4), la valeur de la contrainte de rupture nette q_{net} est donnée par (Fig. 3) :

$$q_{net} = (\pi + 2)c_u b_c s_c i_c + q \quad (3)$$

$$q_{net} = c' N_c b_c s_c i_c + q'_0 N_q b_q s_q i_q + q N_q b_q s_q i_q + 0.5 \gamma' B' N_\gamma b_\gamma s_\gamma i_\gamma - q'_0 \tag{4}$$

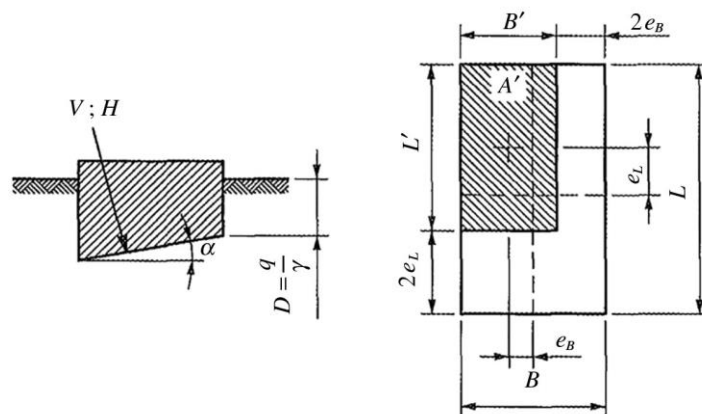


Fig. 3 Notations pour les méthodes de calcul de la portance à partir de c' , ϕ' et c_u (d'après l'Eurocode 7, CEN 2005)

Tableau 1 : Notations

| | |
|-----------|---|
| A' | valeur de calcul de la surface effective de la fondation; |
| b | valeur de calcul des facteurs pour l'inclinaison de la base de la fondation, avec les indices c pour la cohésion, q pour la surcharge et γ pour le poids volumique |
| B | largeur de la fondation |
| B' | largeur effective de la fondation |
| D | profondeur d'encastrement |
| c_u | valeur de la cohésion non drainée du sol d'assise de la fondation |
| ϕ' | valeur de l'angle de frottement effectif |
| c' | valeur de la cohésion drainée du sol d'assise de la fondation |
| e | excentricité de la résultante des actions, avec les indices B pour une excentricité par rapport à l'axe transversal de la fondation ou L pour une excentricité par rapport à l'axe longitudinal de la fondation |
| i | coefficients d'inclinaison de la charge, avec les indices c , q et γ |
| L | longueur de la fondation |
| L' | longueur effective de la fondation |
| m | exposant dans les formules de calcul du facteur d'inclinaison i |
| | $m = m_B = \frac{2 + B / L}{1 + B' / L'}$ si la composante horizontale de la charge agit dans la direction de B' |
| | $m = m_L = \frac{2 + L' / B'}{1 + L' / B'}$ si la composante horizontale de la charge agit dans la direction de L' |
| | $m = m_\theta = m_b \cos \beta + m_L \sin \beta$ si la composante horizontale de la charge agit selon une direction faisant un angle θ avec la direction de L |
| N | facteurs de capacité portante, avec les indices c , q et γ ; |
| q | pression de surcharge au niveau de la base de la fondation |
| q'_0 | valeur de calcul de la pression effective due au poids des terres au niveau de la base de la fondation |
| q_{net} | valeur de la contrainte associée à la résistance nette du terrain sous une fondation superficielle |
| s | coefficients de forme de la base de la fondation, avec les indices c , q et γ |
| V | charge verticale |
| α | inclinaison de la base de la fondation par rapport à l'horizontale |
| γ' | valeur de calcul du poids volumique effectif du sol sous le niveau de la fondation |
| θ | angle donnant la direction de H |

Tableau 2 : Coefficients b_c , s_c et i_c – méthode analytique en conditions non drainées

| Facteurs/coefficients | Symbole | Expression |
|---------------------------------------|--|---|
| Inclinaison de la base ^a | b_c | $1 - \frac{2\alpha}{\pi + 2}$ |
| Forme | s_c | $1 + 0.2 \frac{B'}{L'}$ |
| Inclinaison de la charge ^b | i_c | $\frac{1}{2} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A' c_u}} \right]$ avec $H \leq A' c_u$ |
| a | α est l'inclinaison de la base de la fondation par rapport à l'horizontale | |
| b | H est la valeur de calcul de l'effort parallèle au plan de la base de la fondation superficielle | |

Tableau 3 : Facteurs de portance, coefficients de base et de forme de la fondation, coefficients d'inclinaison de la charge-Méthode analytique en conditions drainées

| Facteurs / coefficients | Terme de surcharge ou de profondeur | Terme de cohésion | Terme de surface |
|---|--|---|---|
| Portance | $N_q = e^{\pi \tan \varphi'} \tan^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi'}{2} \right)$ | $N_c = \frac{N_q - 1}{\tan \varphi'}$ | $N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \varphi'$ |
| Forme ^a | $s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \sin \varphi'$ | $s_c = \frac{s_q N_q - 1}{N_q - 1}$ | $s_\gamma = 1 - 0.3 \frac{B'}{L'}$ |
| Inclinaison de la base ^b | $b_q = (1 - \alpha \tan \varphi')^2$ | $b_c = b_q - \frac{(1 - b_q)}{N_c \tan \varphi'}$ | $b_\gamma = (1 - \alpha \tan \varphi')^2$ |
| Inclinaison de la charge _{c,d} | $i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A' c' / \tan \varphi'} \right]^m$ | $i_c = i_q - \frac{(1 - i_q)}{N_c \tan \varphi'}$ | $i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A' c' / \tan \varphi'} \right]^{m+1}$ |
| a | Ces formules s'appliquent également au cas des semelles carrées ou circulaires en prenant dans ce cas $B' = L'$. | | |
| b | α est l'inclinaison de la base de la fondation par rapport à l'horizontale. | | |
| c | | | |
| d | V, H sont respectivement la valeur de calcul de l'effort normal et parallèle au plan de la base de la fondation superficielle. | | |

3. Tassement à partir de pression limite (p_{LM}) pour un sol homogène

Pour un sol homogène, le tassement final d'une fondation superficielle est calculé à partir de la formule suivante :

$$s_f = s_c + s_d \quad (5)$$

Avec :

- s_f : le tassement final (tassement estimé pour une échéance de 10 ans) ;
- s_c : le tassement sphérique (dû aux déformations volumétriques) ;
- s_d : le tassement déviatorique (dû aux déformations de cisaillement).

Les tassements sphériques s_c et déviatoriques s_d sont calculés selon les expressions suivantes:

$$s_c = \frac{\alpha}{9E_M} (q' - \sigma'_{v0}) \lambda_c B \quad (5)$$

$$s_d = \frac{\alpha}{9E_M} (q' - \sigma'_{v0}) B_0 \left(\lambda_c \frac{B}{B_0} \right)^\alpha \quad (6)$$

Avec :

- E_M : le module pressiométrique Ménard ;
- q' : la contrainte moyenne effective appliquée au sol par la fondation ;
- σ'_{v0} : la contrainte verticale effective au niveau de fondation ;
- B_0 : la largeur de référence égale à 0,60 m ;
- B : la largeur de la fondation ;
- α : coefficient rhéologique (dépendant de la nature du terrain) ;
- λ_c, λ_d : les coefficients de forme (fonction du rapport L/B).