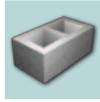


Cohésion apparente des sols non saturés

Les méthodes traditionnelles de dimensionnement des pentes, qu'il s'agisse de fouilles, de tranchées ou d'excavations soutenues, négligent l'effet de succion qui se manifeste dans les sols non saturés (au-dessus de la nappe phréatique et à l'abri des précipitations) et leur confère une cohésion apparente et une résistance au cisaillement complémentaires. Le présent article décrit comment prendre en compte l'effet positif de la succion dans le dimensionnement des fouilles et soutènements au travers d'un paramètre de résistance au cisaillement complémentaire appelé 'cohésion matricielle' ou 'cohésion apparente'.



↳ V. Whenham, ir., chef de projet, laboratoire 'Mécanique des sols & monitoring', CSTC
P. Ganne, dr. ir., chercheur, laboratoire 'Mécanique des sols & monitoring', CSTC
M. De Vos, ir., chef du laboratoire 'Mécanique des sols & monitoring', CSTC

1 DÉFINITION DE LA COHÉSION APPARENTE

La résistance au cisaillement complémentaire liée à la succion peut s'exprimer comme suit :

$$c_a = (u_a - u_w) \operatorname{tg}\varphi^b$$

où :

- c_a : la cohésion apparente liée à la succion [kPa]
- u_a : la pression atmosphérique [kPa]
- u_w : la contrainte interstitielle [kPa]
- $(u_a - u_w)$: la succion matricielle [kPa]
- φ^b : la variable caractérisant la relation entre succion et cohésion apparente liée à la succion [-].

En première approche, une valeur sécuritaire est obtenue par :

$$\operatorname{tg}\varphi^b = 0,5 \cdot \operatorname{tg}\varphi'$$

D'autres formules pour $\operatorname{tg}\varphi^b$ ont été suggérées sur la base du degré de saturation dans le sol et, éventuellement, de son indice de plasticité. Elles mènent généralement à des valeurs moins conservatives du paramètre $\operatorname{tg}\varphi^b$ et nécessitent une meilleure reconnaissance du sol en place. Le paramètre $\operatorname{tg}\varphi^b$ peut également être obtenu, pour un site donné, sur la base d'essais de compression simple sur échantillons non remaniés.

2 MESURE DE SUCCION IN SITU

La règle d'or pour prendre en compte l'effet favorable de la succion dans les calculs est de s'assurer de sa présence. Pour ce faire, l'option la plus sûre est de mesurer cette succion

Pentes maximales obtenues par calcul pour un facteur de sécurité égal à 1 et un angle de frottement effectif φ' de 34° (β = angle, L = longueur, cf. figure 1).

Hauteur h	5 m		7 m		10 m		15 m	
	β [°]	L [m]	β [°]	L [m]	β [°]	L [m]	β [°]	L [m]
Sans prise en compte de la succion : $c_a = 0$ kPa	34	7,4	34	10,4	34	14,8	34	22,2
Avec prise en compte de la succion : $c_a = 6,7$ kPa	65	2,3	60	4	50	8,5	45	15

in situ tout au long de la durée des travaux. Un aspect très important du phénomène est, en effet, que **la succion régnant dans un sol dépend de la teneur en eau de celui-ci et peut donc varier dans le temps**. Les mesures de succion peuvent être réalisées au moyen de capteurs peu coûteux et (quasi)autonomes (enregistrement et transmission automatiques des données). Leur installation *in situ* demande toutefois une certaine expérience du fait des précautions requises pour leur mise en œuvre. Le CSTC a acquis cette compétence grâce à une recherche financée par le SPF Economie et menée durant six ans, de 2003 à 2009, en collaboration avec R. Charlier (ULg), J.-C. Verbrugge (ULB) et J. Maertens (Jan Maertens bvba & KUL).

3 EXEMPLES D'APPLICATION

Considérant le cas du **talus de Gasthuisberg** (cf. figure 1), le tableau ci-dessus illustre l'effet de la prise en compte de la cohésion apparente de la succion mesurée dans le sol (20 kPa de succion mesurés sur une profon-

deur de 4 m à partir du sommet du talus) sur les pentes maximales obtenues par calcul, sans prise en compte d'un facteur de sécurité ni de la présence de surcharges et sur la base de paramètres intrinsèques estimés pour ce site à $\varphi' = 34^\circ$ et $c' = 0$ kPa. La cohésion apparente déduite des mesures de succion vaut ainsi :

$$c_a = (20 \text{ kPa}) \cdot 0,5 \cdot \operatorname{tg}(34^\circ) = 6,7 \text{ kPa}$$

Dans le cas de la **paroi berlinoise** (cf. figure 2), les calculs menés sans facteur de sécurité indiquent une économie potentielle de 35 % en poids des profilés en acier lorsque la cohésion apparente liée à la succion est prise en compte. Ce résultat est évidemment fonction des caractéristiques du site et ne peut pas être extrapolé pour d'autres chantiers sans que des mesures de succion ne soient réalisées. ■

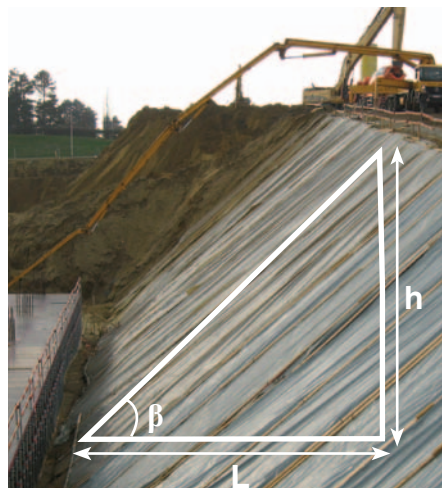


Fig. 1 Talus de Gasthuisberg (Leuven).



Fig. 2 Paroi berlinoise (Wetteren).



www.cstc.be

LES DOSSIERS DU CSTC N° 2/2010

La version longue de cet article peut être téléchargée sur notre site Internet.