Zeitschrift: IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte
Band: 60 (1990)

Artikel: Terres armées de cornières métalliques
Autor: Provost, M. / Devillers, J.J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-46536

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Terres armées de cornières métalliques

Durch Metallwinkel bewehrter Baugrund

Earth Reinforced with Metal Angle Sections

M. PROVOST
Ingénieur-Conseil
Bureau Bédrac
Bruxelles, Belgique

J.J. Devillers
Ingénieur-Conseil
Bureau Bédrac
Bruxelles, Belgique

RÉSUMÉ

Le renforcement des terres par des cornières métalliques suivant la technique du blindage hurpinois permet de réaliser des fouilles à parois verticales en évitant l'usage de talus. Toutefois, la prévision du comporrtement des parois ainsi armées est difficile en raison de la complexité du problème et du manque d'expérience. L'expérience d'un chantier à Bruxelles a permis de tirer des renseignements utiles et d'établir des abaques de prédimensionnement.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Bewehrung des Bodens durch Metallwinkel nach der Hurpinois-Verbaumethode ermöglicht Aushubarbeiten mit vertikalen Böschungen. Voraussagen zum Verhalten dieser Seitenwände sind eher ungewiss, da das Problem relativ komplex ist. Die Erfahrung auf einer Baustelle in Brüssel führte zu hilfreichen Informationen und zur Ausarbeitung von Dimensionierungsdiagrammen.

SUMMARY

The reinforcement of earth with metal angle sections according to the Hurpinois plating technique makes it possible to carry out excavations with vertical walls avoiding the use of slopes. Nevertheless, because of the complexity of the problem and the lack of experience, it is difficult to assess how walls which are so reinforced will behave. Experience gained from a site in Brussels has permitted us to gain useful information and to establish design charts.

Introduction :

Le blindage hurpinois consiste à excaver le sol en couches de 1 à 2 mètres d'épaisseur suivant la cohésion du sol, d'armer le terrain par des armatures métalliques inclinées forées ou battues et de protéger le parement vertical de la couche excavée par une épaisseur de béton projeté de 5 à 10 cm armé d'un treillis auquel est scellée l'extrémité de l'armature.

La stabilité de ce type de blindage est largement conditionnée par le frottement mobilisable entre les cornières et le sol, généralement difficile à déterminer. Seuls des essais d'arrachage de cornières permettent une évaluation convenable des efforts à considérer dans les calculs de dimensionnement.

Calcul du frottement :

Considérons une cornière ancrée dans un sol homogène à une profondeur Z et inclinée par rapport à l'horizontale d'un angle α. Nous distinguerons la longueur enterrée (le) et la longueur ancrée (la) au-delà d'une ligne de rupture présumée.

En un point P de la cornière, située à une profondeur Z', la contrainte verticale due au poids propre des terres vaut $\sigma v' = \gamma Z'$, tandis que la contrainte horizontale vaut $\sigma h' = k_0 \sigma_v' = k_0 \gamma Z'$ où k_0 est le coefficient de poussée.(fig. 1)

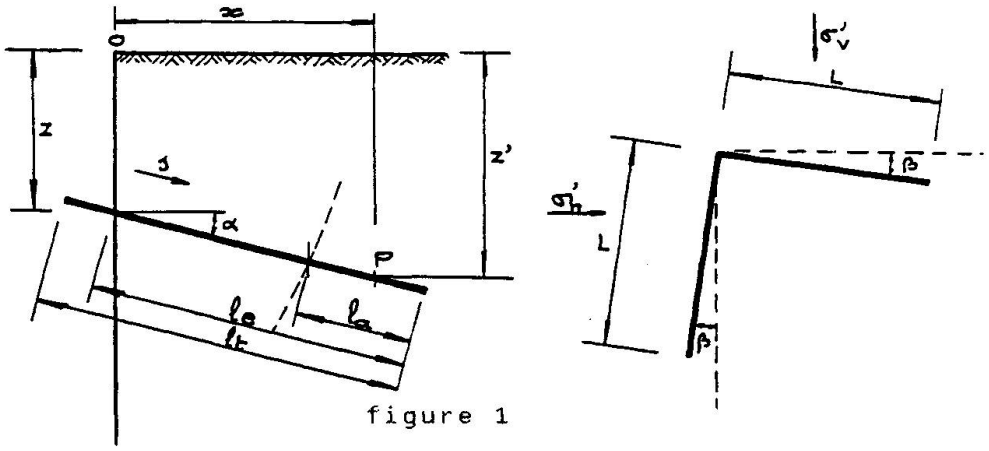

figure 1

En appelant L la largeur des ailes (supposées identiques) et Ψ l'angle de frottement entre les cornières et le sol, on obtient le frottement maximum pour toute la barre après intégration sur la longueur ancré la :

$$\boxed{T_f = f . \Sigma . l_a . \gamma Z} \quad \text{où} \quad \begin{cases} f = 2 L \, tg \Psi \, (1 + k_0) \\ \Sigma = 1 + \sin\alpha \, \dfrac{(l_e - l_a/2)}{Z} \end{cases}$$

La loi est linéaire (en sol homogène). A grande profondeur, le coefficient Σ est voisin de 1.

Lors d'un essai d'arrachage, le frottement se manifeste théoriquement sur la totalité de la longueur enterrée.

La relation précédente permet donc la détermination expérimentale des paramètres f et Ψ à partir de l'effort mesuré $[T_f]_{mes}$:

$$f = \frac{[T_f]_{mes}}{\gamma l_e \left(Z + \sin\alpha \frac{l_e}{2}\right)} \rightarrow \operatorname{tg}\Psi = \frac{f}{2L(1+k_o)}$$

Ce coefficient de frottement dépend de plusieurs facteurs tels l'état de surface des armatures, la nature du sol, la teneur en eau, le degré de compactage. Il ne peut excéder la valeur de l'angle de frottement interne du sol : $\Psi \leq \varphi$

Stabilité des parois :

Soit un sol homogène, isotrope, pulvérulent, hors nappe où on considère une paroi verticale du type hurpinois. Nous y définissons les caractéristiques suivantes (fig. 2) :

- γ , φ respectivement le poids spécifique apparent et l'angle de frottement du sol (la cohésion est négligée)
- l_t , l_e , l_a , α, n_1 respectivement les longueurs totale, enterrée et ancrée des cornières, leur pente par rapport à l'horizotnale et leur densité (nombre de cornières par mètre carré de paroi),
- Ψ le frottement moyen sol-cornières (voir précedement),
- H la hauteur de la paroi.

En outre, le choix de la ligne de rupture la plus défavorable est basé sur les hypothèses suivantes :

- les lignes de rupture ont une allure circulaire;
- elles démarrent du fond de fouille;
- elles recoupent le terrain naturel pratiquement à la verticale, à une distance du bord de fouille comprise entre 0,3 H et 0,7 H (H étant la hauteur de la fouille).

Considérons une ligne de rupture particulière dont on étudie la stabilité des terres comprises entre cette ligne, la fouille et le terrain naturel.

Les forces mises en jeu pour une lamelle de largeur δx sont :
- le poids propre des terres δW;
- les forces de résistance au cisaillement le long de la ligne de rupture $\delta F = \operatorname{tg}\Psi . \quad \delta N = \delta W . \cos\theta . \operatorname{tg}\varphi$
- les forces reprises dans les cornières et transmises au sol par frottement sur la longueur des cornières au-delà de la ligne de rupture. (δT_f)

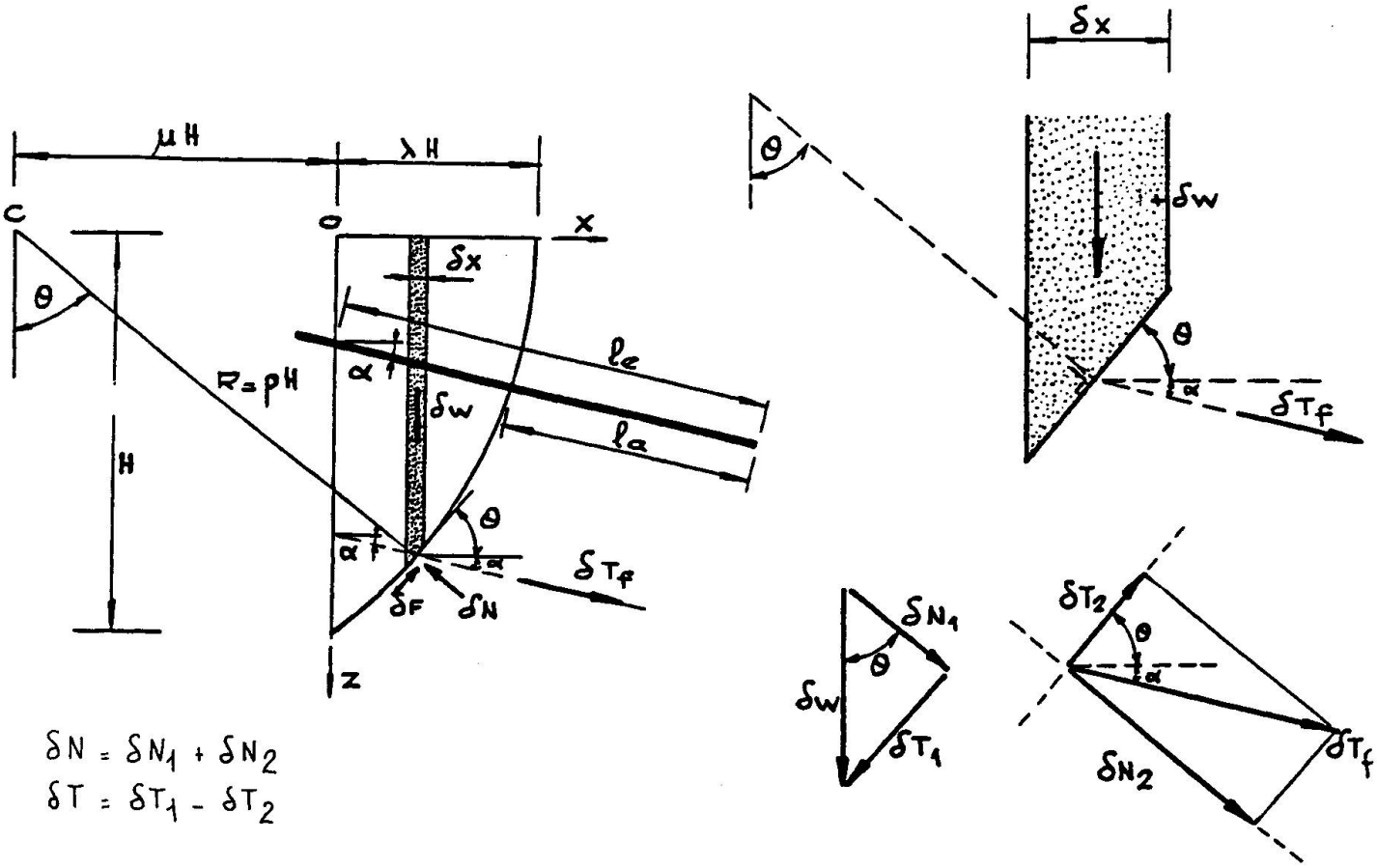

figure 2

Le couple renversant correspondant vaut $\delta Cr = R.\delta T$, et le couple stabilisant $\delta Cs = R.\delta F$.

Pour l'ensemble de la fouille, les couples seront integrés le long de la ligne de rupture depuis $x = 0$ ($Z = H$) jusque $x = \lambda H$ ($Z = 0$).

La sécurité de la fouille se définit par :

$$S = \frac{Cs}{Cr} = \frac{\operatorname{tg}\varphi \int [R \cos\theta\, \delta W + R \sin(\theta + \alpha)\delta Tf]}{\int [R \sin\theta\, \delta W - R \cos(\theta + \alpha)\delta Tf]}$$

Les paramètres μ, λ, ρ sont définis à la figure 2.

En introduisant les paramètres réduits ξ, η et f définis par

$$\xi = \frac{le}{H} \text{ et } f = 2L \operatorname{tg}\Psi (1 + k_\delta), \quad \eta = f.n1.H$$

et la sécurité réduite $Sr = \dfrac{S}{\operatorname{tg}\varphi}$,

on obtient après calculs la formulation suivante :

$$\boxed{Sr = \frac{F_1(\lambda) + 3\eta\, F_2(\lambda,\xi,\alpha)}{1 - 3\eta\, F_3(\lambda,\xi,\alpha)}}$$

où

$$F_1(\lambda) = \frac{\lambda}{2}(3+\lambda^2)$$

$$F_2(\lambda,\xi,\alpha) = \int_0^{\lambda}\left[(u+\mu)\cos\alpha + \left(\frac{Z}{H}\right)\sin\alpha\right]\left[\left(\xi - \frac{u}{\cos\alpha}\right)\left(\frac{Z}{H}\right) + \left(\xi^2 - \frac{u^2}{\cos^2\alpha}\right)\frac{\sin\alpha}{2}\right]\frac{(u+\mu)}{(Z/H)}\,du$$

$$F_3(\lambda,\xi,\alpha) = \int_0^{\lambda}\left[\cos\alpha\left(\frac{Z}{H}\right) - (u+\mu)\sin\alpha\right]\left[\left(\xi - \frac{u}{\cos\alpha}\right)\left(\frac{Z}{H}\right) + \left(\xi^2 - \frac{u^2}{\cos^2\alpha}\right)\frac{\sin\alpha}{2}\right]\frac{(u+\mu)}{(Z/H)}\,du$$

où $\left(\frac{Z}{H}\right)$ μ et ρ dépendent uniquement de λ

L'expression obtenue précédemment permet, après intégration, d'exprimer la sécurité relative Sr en fonction des paramètres λ, η, ξ, α.

La recherche de la valeur λ rendant la sécurité minimum permet d'identifier la ligne de rupture la plus défavorable et la sécurité correspondante qui dépend des données contenues dans les paramètres η, ξ, α.

Le résultat théorique de cette étude fait l'objet des abaques dressées ci-après donnant des courbes d'isosécurité relative en fonction des paramètres de densité et de longueur enterrée, pour différentes inclinaisons.

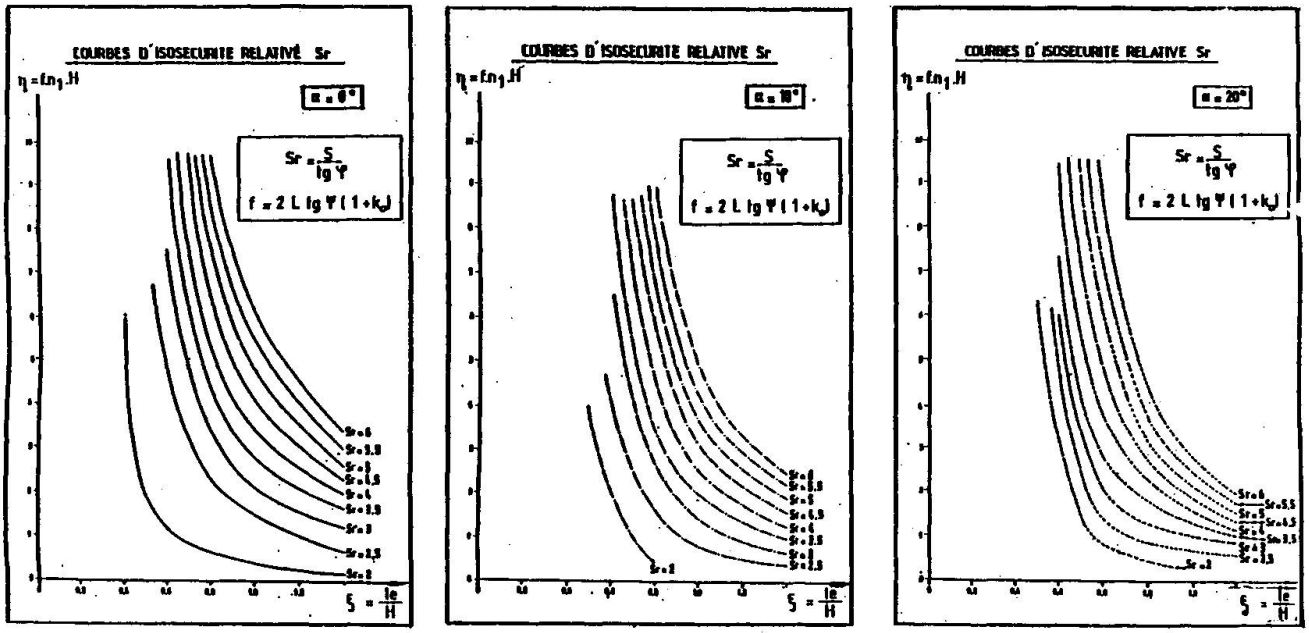

Figure 3

Application :

Deux tronçons du tunnel routier de l'axe Léopold II à Bruxelles ont été réalisés suivant la technique du blindage hurpinois en utilisant des cornières de longueur totale 6 mètres pour les unes, 8 mètres pour les autres.
Les terrains étaient de nature différente pour les deux tronçons : argileux dans la zone A, sableux dans la zone B.
Des essais d'ancrage ont été pratiqués sur un ensemble de cornières.

Ils ont montré que dans la zone A, les mesures sont nettement en-deçà de la loi théorique, alors que dans la zone B, au contraire, elles sont nettement supérieures et ne répondent pas à une loi linéaire.
Il semble donc que la cohésion en zone A ait une influence néfaste sur le frottement; lors de l'enfoncement des cornières, le sol avoisinant s'écarterait de la cornière et se maintiendrait ensuite "à distance" par effet de voûte. Le frottement deviendrait discontinu et le coefficient de frottement moyen en serait fortement réduit.

En zone B par contre (sol pulvérulent), il semblerait que lors de l'enfoncement des cornières, le sol réagisse en butée expliquant la présence d'un coefficient de poussée élevé. Dans ce cas, la loi théorique établie précédemment nous place du côté de la sécurité en faisant $\psi = \varphi$.

Dans la zone A, la réduction de frottement disponible décelée lors des essais d'ancrage a nécessité un renforcement du nombre de cornières après qu'une amorce de rupture soit apparue lors de l'exécution de la 3ième passe. L'utilisation des abaques précédents donne des coefficients de sécurité respectivement de 0.95 avant renforcement et de 1.10 après renforcement. Dans la zone B par contre, l'accroissement de frottement disponible décelé lors des essais d'ancrage a permis d'y réduire le nombre de cornières. L'utilisation des abaques donne des coefficients de sécurité respectivement de 1.91 avant réduction et 1.78 après réduction.

Conclusions :

Les abaques présentés dans cette communication conduisent à des coefficients de sécurité en concordance avec les constatations effectuées sur le chantier concerné. La connaissance du frottement mobilisable nécessite des essais d'arrachement dans les sols non parfaitement pulvérulents pour des raisons de sécurité. Ils sont toutefois souhaitables dans des sols totalement pulvérulents pour des raisons économiques. Les deux zones du chantier précité sont très illustratives à cet égard puisque les essais d'arrachement ont conduit à renforcer les cornières dans la zone A sans quoi un éboulement se serait sans doute produit tandis qu'ils ont permis de réduire le nombre de cornières dans la zone B.