

PROCEEDINGS OF THE TWELFTH
INTERNATIONAL CONFERENCE
ON SOIL MECHANICS AND
FOUNDATION ENGINEERING
RIO DE JANEIRO / 13-18 AUGUST 1989

EDITOR: PUBLICATIONS COMMITTEE OF XII ICSMFE

OFFPRINT

COMPTES RENDUS DU DOUZIEME
CONGRES INTERNATIONAL DE
MECANIQUE DES SOLS ET DES
TRAVAUX DE FONDATIONS
RIO DE JANEIRO / 13-18 AOUT 1989

EDITEUR: COMITE DES PUBLICATIONS DU XII CIMSTF

TIRE-A-PART



A.A.BALKEMA / ROTTERDAM / BROOKFIELD / 1989

Une optimisation du dimensionnement d'ouvrages en sols renforcés

Optimization of reinforced soil structures design

A. ANTHOINE, C.N.R.S., Laboratoire de Mécanique des Solides, Palaiseau, France
 J. SALENÇON, Professeur, Ecole Polytechnique, Laboratoire de Mécanique des Solides, Palaiseau, France

RESUME: STARS (STability Analysis of Reinforced Soils) est un programme informatique pour le dimensionnement d'un talus en sol renforcé par des inclusions uni- ou bidimensionnelles (terre armée, clouage, géotextile). Il est basé sur la méthode cinématique du calcul à la rupture et fonctionne en mode interactif sur micro-ordinateur. STARS se présente comme une aide à la conception de l'ouvrage. L'utilisateur dispose à tout instant d'une évaluation du facteur de stabilité et du mécanisme potentiel de rupture associé ce qui lui permet de concevoir un dimensionnement puis de l'optimiser selon les critères qu'il aura choisis. Un exemple est présenté à titre d'illustration.

INTRODUCTION

Dans un talus en sol renforcé par des inclusions uni- ou bidimensionnelles (terre armée, clouage, géotextile), la longueur, la position, l'inclinaison et les capacités de résistance des inclusions ainsi qu'éventuellement la géométrie de l'ouvrage sont autant de caractéristiques susceptibles d'être optimisées. D'après la théorie du calcul à la rupture (Salençon, 1983), à chaque configuration correspond un facteur de stabilité qui indique si l'ouvrage est ou n'est pas potentiellement stable sous un chargement donné. Une estimation par excès de ce facteur peut être obtenue par l'approche cinématique.

On présente un programme informatique conçu pour exploiter de manière systématique les possibilités offertes par cette méthode de calcul. Il fonctionne en mode interactif sur micro-ordinateur et permet à l'utilisateur de concevoir l'ouvrage, de contrôler son facteur de stabilité et surtout d'optimiser son dimensionnement par approximations successives.

PRINCIPE DU PROGRAMME

Il est fondé sur l'approche cinématique du calcul à la rupture en déformation plane et pour une modélisation mixte du sol renforcé: les inclusions sont représentées par des milieux continus généralisés unidimensionnels plongés dans un milieu continu bidimensionnel, le sol.

Les données: Les caractéristiques géométriques introduites sont celles de l'ouvrage à réaliser (hauteur et inclinaison du talus) et celles du renforcement choisi (position, longueur et inclinaison de chaque inclusion). Le chargement peut être constitué par des forces de pesanteur et des charges réparties ou concentrées. Le sol peut être frottant et cohérent. Le critère de résistance des inclusions s'exprime en fonction des efforts généralisés (effort normal, effort tranchant, moment fléchissant). Enfin l'interface sol-inclusion est supposée être à adhérence totale.

Le calcul: Les mécanismes potentiels de rupture testés sont des blocs rigides en translation ou en rotation séparés du reste du massif:

a) soit par une ligne de discontinuité des vitesses (mécanismes classiquement utilisés pour les talus non renforcés),

b) soit par une bande de transition où la vitesse décroît linéairement en fonction du rayon vecteur.

Ce deuxième type de mécanisme permet d'améliorer sensiblement l'estimation du facteur de stabilité lorsque le critère de résistance des inclusions ne dépend pas uniquement de l'effort normal (Anthoine, 1987).

Un mécanisme est dit sous-critique s'il est le plus pénalisant parmi ceux qui débouchent sur le parement soit au pied du talus, soit au niveau d'une même inclusion. Le mécanisme qui conduit à la meilleure estimation du facteur de stabilité est à rechercher parmi les mécanismes sous-critiques.

Les résultats: Pour une configuration donnée, le programme STARS fournit l'estimation par excès du facteur de stabilité associée à chaque mécanisme sous-critique. La plus petite de ces estimations caractérise la stabilité globale du talus. Les autres valeurs et les autres mécanismes indiquent où et comment modifier le renforcement soit pour augmenter un facteur de stabilité insuffisant, soit pour diminuer un renforcement surabondant. L'exemple présenté ci-après en est une illustration.

EXEMPLE DE MISE EN OEUVRE

Pour cet exemple, le nombre de paramètres de dimensionnement a volontairement été restreint, le but recherché étant avant tout de montrer le principe de fonctionnement du programme. On a choisi d'étudier un talus vertical soumis à son seul poids propre et susceptible d'être renforcé par une seule couche d'inclusions horizontales dont la résistance par mètre linéaire transversal \bar{N} est la même en traction et en compression. Un certain nombre de paramètres étant fixés a priori (figure 1), on se propose de déterminer:

a) la profondeur à laquelle doit être placé le

renforcement pour que le facteur de stabilité soit maximal,
 b) la longueur minimale que peuvent avoir les inclusions sans que ce facteur de stabilité soit affecté.

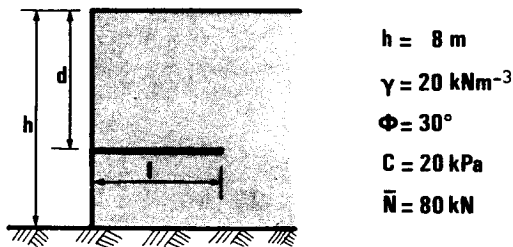
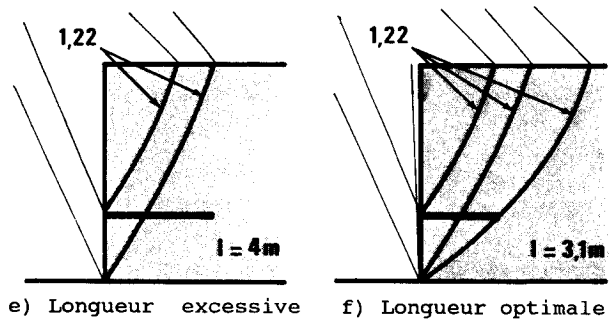
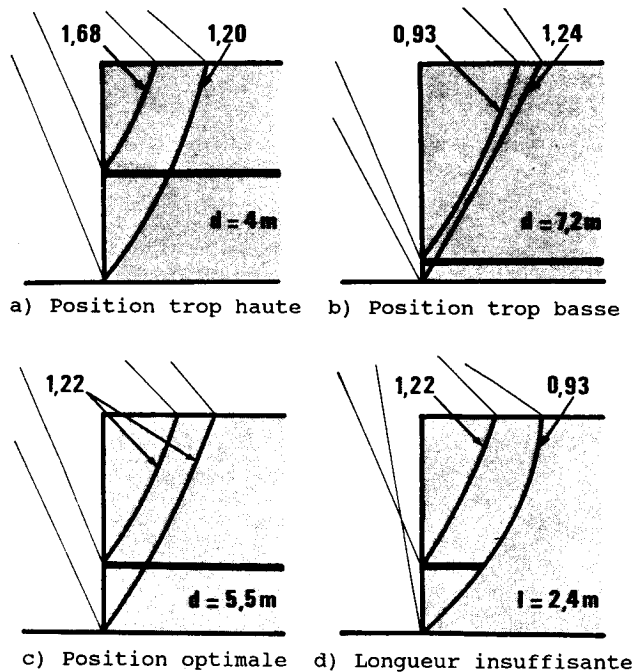


Figure 1: le talus étudié.

Parmi les passages informatiques effectués, six ont été sélectionnés pour leur caractère représentatif. On a reproduit les résultats tels qu'ils apparaissent à l'utilisateur du programme: sur un schéma de l'ouvrage sont représentés à l'échelle les mécanismes de rupture sous-critiques et les facteurs de stabilité correspondants.

Dans un premier temps (figures 2a à 2c), les inclusions sont choisies très longues afin d'éviter toute interférence entre les deux étapes d'optimisation (recherche de la position puis de la longueur optimale). Ensuite, la position du renforcement étant fixée à sa valeur optimale, on cherche à minimiser la longueur des inclusions sans modifier le facteur de stabilité. Il est question ici de la longueur utile des inclusions: pour obtenir la longueur réelle, il faut ajouter la longueur d'ancrage nécessaire pour que l'effort limite de traction puisse être effectivement mobilisé.

Figure 2



CONCLUSIONS

Toutes les caractéristiques d'un talus en sol renforcé peuvent être optimisées de manière analogue. Les passages informatiques nécessaires sont d'autant plus nombreux que le nombre de paramètres à optimiser est important, d'où l'intérêt d'un programme interactif et rapide tel que STARS. Chaque utilisateur procédera de manière différente suivant sa propre expérience et les critères d'optimisation qu'il aura choisis.

Le programme permet également de vérifier le facteur de stabilité du talus au cours des différentes phases de construction.

D'autres options telles que la prise en compte d'un critère de rupture de l'interface sol-inclusion seront disponibles.

La validation du programme peut être abordée soit par voie expérimentale, soit par comparaison avec d'autres programmes existants (Blondeau et al., 1984), (Delmas et al., 1986). Dans le premier cas, les moyens mis en oeuvre sont très importants (essais in situ ou en centrifugeuse). Dans le second cas, il est souvent difficile de faire une comparaison objective car la nature des données et des résultats varie d'un programme à l'autre. Des comparaisons peuvent aussi être faites avec des méthodes de calcul fondées sur l'approche par homogénéisation (de Buhan et al., 1987).

REFERENCES

- Salençon, J., (1983). Calcul à la rupture et analyse limite, Presses de l'E.N.P.C, Paris.
- Anthoine, A., (1987). Stabilité d'une fouille renforcée par clouage. 4^e Coll. Franco-Pol. de Méc. des Sols Appl., Grenoble.
- Blondeau, F., Christiansen, M., Guilloux, A., Schlosser, F., (1984). Talren : méthode de calcul des ouvrages en terre renforcée. Coll. Int. Renf. des Sols en place, Paris, pp.219-224.
- Delmas, Ph., Berche, J.C., Cartier, G., Abdelhedi, A., (1986). Une nouvelle méthode de dimensionnement du clouage des pentes : programme Prosper. Bull. Liaison Labo. P. et Ch. 141, pp.57-66.
- de Buhan, P., Salençon, J., (1987). Analyse de stabilité des ouvrages en sols renforcés par une méthode d'homogénéisation. Revue Française de Géotechnique n° 41, pp29-43.