
Etude comparative de l'influence de la méthode de construction d'un talus sur sa stabilité

Lafifi Brahim¹, Nouaouria m/Salah¹

¹Laboratoire de Génie Civil et Hydraulique (LGCH), Université de Guelma, Algérie

Résumé : L'analyse de la stabilité des pentes est l'un des plus vieux sujets de recherche dans le domaine de l'ingénierie géotechnique. La modélisation de ces instabilités est complexe et demeure encore aujourd'hui un thème de recherche important et inachevé. Le but de ce travail est d'étudier, l'influence de la variation du champ des contraintes initiales sur la stabilité des pentes par la méthode des éléments finis. La stabilité d'un talus construit par trois configurations différentes sera étudiée à travers le calcul du coefficient de sécurité, en utilisant le logiciel Plaxis. La première façon de créer un talus consiste en une mise en charge progressive du poids propre du talus grâce à un coefficient multiplicateur, les deux autres méthodes, prennent en compte la chronologie des événements et consistent en la réalisation d'un talus par déblai ou par remblai. Enfin une comparaison sera faite sur les résultats des trois cas étudiés.

Mots-Clefs : Stabilité des pentes - Conditions initiales - Méthode des éléments finis - Coefficient de sécurité - Plaxis.

Abstract : The analysis of slope stability is one of the oldest research subjects in the geotechnical engineering field. The modelling of this stability is complex and remains a significant and unfinished research topic. The goal of this work is to study the influence of the variation of the initial stress field on the slope stability by the finite element method. The stability of a slope built with respect to three different configurations will be studied through calculation of the safety factor using the Plaxis software. The first way of creating a slope consists of a progressive loading of the slope weight by a multiplying coefficient, the two other methods, take into account the chronology of the events and consist of realizing cut slopes or fill slopes. Finally a comparison will be made on the results of these studied cases.

Key-Words: Slope stability - initial stress - Finit element method - Plaxis - Safety factor.

1. Introduction

Le glissement de terrain est défini comme le déplacement d'une masse de terrains meubles, ou rocheux le long d'une surface de rupture par cisaillement qui correspond souvent à une discontinuité préexistante. Le mouvement est engendré par l'action de la gravité, des forces extérieurs (hydraulique, ou sismique), ou d'une modification des conditions aux limites.

2. Notion de facteur de sécurité

Si les données géotechniques nécessaires sont définies, le calcul de la stabilité des pentes peut être effectué à l'aide d'une des méthodes de calcul connues. Le principe de calcul consiste à déterminer le facteur de sécurité F_s par lequel il faut diviser la résistance de la surface de glissement pour que la masse potentiellement stable soit à la limite de l'équilibre.

3. Utilisation de la méthode des éléments finis

La méthode à l'équilibre limite repose sur le fait de choisir arbitrairement une série de surfaces de glissement et de définir celle qui donne la valeur minimale du coefficient de sécurité. Mais depuis un certain temps, nous assistons à une utilisation intensive de méthodes d'analyses numériques donnant accès aux contraintes et déformations au sein du sol. Pour y parvenir, il est nécessaire de connaître la loi de comportement pour le sol considéré; ensuite, le volume de sol est divisé en éléments géométriques simples, chaque élément étant soumis à l'action des éléments voisins.

3.1. Méthode "c- ϕ réduction"

La méthode de diminution des propriétés mécaniques des matériaux (méthode c- ϕ réduction) permet de calculer des coefficients de sécurité. Cette méthode très approximative, utilisée dans l'étude de stabilité des pentes se base essentiellement sur le concept d'équilibre limite où ce dernier est étudié le long d'un cercle de glissement potentiel supposé. Dans cette approche, les caractéristiques $\tan \phi$ et c du sol sont réduites progressivement jusqu'à l'obtention de la rupture. Le coefficient M_{sf} permet de définir la valeur des caractéristiques du sol à une étape donnée de l'analyse :

$$M_{sf} = \frac{\tan \phi_{\text{donnée}}}{\tan \phi_{\text{réduit}}} = \frac{c_{\text{donnée}}}{c_{\text{réduit}}} \quad [1]$$

où les caractéristiques notées "donnée" font référence aux valeurs initiales des propriétés des matériaux et les caractéristiques notées "réduit" se rapportent aux valeurs réduites utilisées au cours de l'analyse.

4. Modélisation

Le but de ce travail est d'étudier, par modélisation en éléments finis, l'influence de l'état de contrainte et de l'état de déformation sur le coefficient de sécurité d'un point de vue purement mécanique. Pour ce faire, un talus sera réalisé de trois manières différentes grâce au logiciel PLAXIS.

La première façon de créer un talus consiste en une mise en charge progressive du poids propre du talus grâce à un coefficient multiplicateur. Les deux autres méthodes, plus physiques, prennent en compte la chronologie des événements et consistent en la réalisation d'un talus par déblai ou par remblai.

Le calcul de la stabilité se fera en deux étapes :

1. Création du talus suivant l'une de ces trois méthodes ;
2. Calcul du coefficient de sécurité à l'aide de la méthode $c-\phi$ réduction.

4.1. Modèle général

Nous considérons une coupe bidimensionnelle d'un talus constitué d'un sol homogène d'une hauteur de 10 m inscrit dans un rectangle de 60 m \times 15 m. Ce talus possède une pente de 25°. Les dimensions du talus sont déterminées de façon à limiter l'influence des bords sur la zone à étudier. L'analyse est réalisée dans le cadre des déformations planes, la géométrie et les conditions aux limites du modèle sont données sur la figure 1.

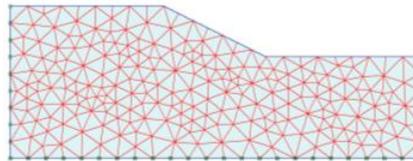


Figure 1. Maillage et conditions aux limites.

Le massif est discrétisé par des éléments triangulaires à 15 nœuds. Le comportement de ce massif sera modélisé avec le modèle élastoplastique de Mohr Coulomb. L'ensemble de paramètres du sol, est présenté dans le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques mécaniques du sol constituant le talus.

Densité sèche γ_d (kN/m ³)	Cohésion c' (kN/m ²)	Angle de frottement ϕ' (°)	Angle de dilatance ψ (°)	Module de Young (kN/m ²)	Coefficient de Poisson ν
17.0	1.0	34.0	0.0	60000.0	0.3

4.2. Phases de calcul

L'analyse de ce modèle se fait en deux étapes :

- La mise en charge du poids propre de façon progressive grâce à un coefficient multiplicateur pour simuler l'effet de la gravité.
- Calcul du coefficient de sécurité par la méthode « méthode $c-\phi$ réduction ».

5. Analyse des résultats

Le calcul du coefficient de sécurité nous donne une valeur moyenne de $M_{sf} = 1.43$.

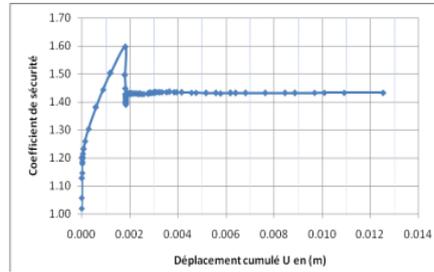


Figure 2. variation du coefficient de sécurité .

5.1. Modélisation du talus par déblai

Cette technique consiste en une excavation d'un massif de sol. Nous désactivons des groupes d'éléments de façon à créer un talus. Les conditions initiales sont imposées par le poids propre. Le modèle de départ est représenté par un rectangle de dimension 60 m × 10 m et 5 couches de sol sont enlevées en 5 étapes.

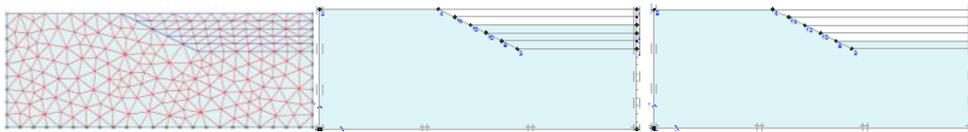


Figure 3. Construction du talus par excavation.

5.1.1. Analyse des résultats

La représentation de la variation du coefficient de sécurité, en fonction de la hauteur de l'excavation, nous montre une brusque diminution au début de l'excavation de sa valeur, puis sa valeur tend de se stabiliser à la valeur de 1.42 en fin d'excavation.

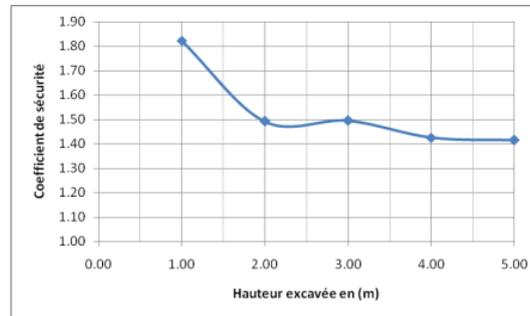


Figure 4. Variation du coefficient de sécurité au cours de l'excavation.

5.2. Modélisation du talus par remblai

Dans cette méthode, nous considérons une couche de sol sur laquelle viennent s'ajouter des strates de sol afin de réaliser un remblai. Les conditions initiales seront fixées par le poids des terres. La couche de départ est représentée par un rectangle dont les dimensions sont de 60 m × 10 m. Ce remblai est réalisé en ajoutant 5 couches de sol en autant d'étapes que de niveaux à ajouter.

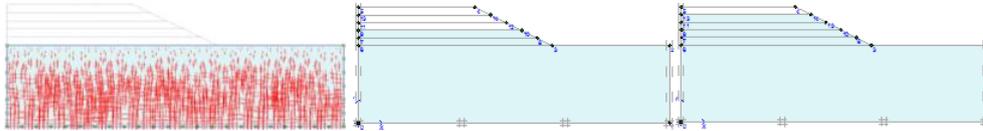


Figure 5. Construction du talus par remblai.

5.2.1. Analyse des résultats

La représentation de la variation du coefficient de sécurité, en fonction de la hauteur du remblai, nous montre une brusque diminution au début de la construction de sa valeur, puis sa valeur tend de se stabiliser à la valeur de 1.41 en fin de construction.

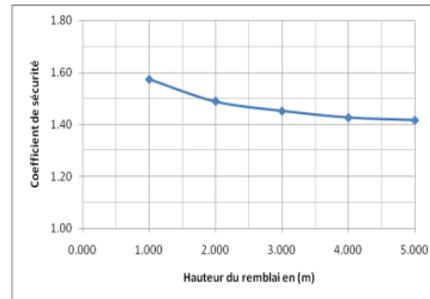


Figure 6. Variation du coefficient de sécurité au cours de l'excavation.

6. Conclusions

A travers de ce travail, nous avons, étudié trois méthodes de création d'un talus par la méthode des éléments finis. À la suite, des coefficients de sécurité ont été calculés pour chaque cas, et aucune différence, si ce n'est minime, n'a été observée pour les différentes modélisations. En conclusion, nous constatons, que la façon de mettre en place le talus n'influence pas le coefficient de sécurité et par conséquent, nous pouvons conclure que, la méthode dite du talus déjà en place, par sa simplicité, apparaît la mieux adaptée à l'étude de la stabilité des pentes.

7. Références

- [1] Borja R.I., Lee S.R. et Seed R.B. - Numerical simulation of excavation in elastoplastic soils. *Int. J. Numer. Anal. Methods Geomech.*, 13 (3), pp. 231-249, 1989.
- [2] Brinkgreve R.B.J and Bakker. H.L. Non-linear finite element analysis of safety factors. In *Computer Methods and Advances in Geomechanics*, Beer, Booker & Carter (eds), Balkema, Rotterdam, pages 1117–1122, 1991.
- [3] Dawson E.M., Roth W.H., Drescher A., 1999. Slope stability analysis by strength reduction. *Geotechnique*, v 49, n 6, Dec, p 835-840
- [4] Duncan J.M, Wright S.G. - *Soil Strength and Slope Stability*, John Wiley and Sons Inc., Hoboken, New Jersey, 2005.
- [5] Griffiths D.V. et Lane P.A. - Slope stability analysis by finite elements. *Géotechnique* 49 (3), pp. 387-403, 1999.