CALCUL DU POINT DE RUPTURE D'UNE AVALANCHE

Zhisheng Wang et Jian Liu
Institut des Sciences de la Circulation du Xinjiang
N° 17 Jingyilu, Urumqi, Xinjiang, Chine, 830000
Tél. : 86-991-5813414, fax : 86-991-5813882
E-mail : wangzhisheng@mail.xjjt.gov.cn

1. Introduction

La clôture de stabilisation de la neige est l'un des principaux outils de prévention des avalanches. La conception de ces clôtures et les espaces qui les séparent sont habituellement déterminés par l'expérience. Ces structures doivent donc varier selon les cas et il arrive souvent que la conception en soit imparfaite. Ce document, fondé sur les propriétés plastiques et adhésives de la neige, a tenté, à partir de la théorie de la dynamique des matériaux, d'établir un modèle de calcul du point de rupture critique sur les versants et a modifié ce modèle en fonction des nombreuses années d'expérience de son auteur en matière d'avalanches.

2. Modèle de calcul

La neige peut être traitée comme un matériau plastique et adhésif. Supposons que la chute de neige forme une courbe et que le bas de cette courbe soit tangent au versant, comme l'illustre la figure 1. Dans le cas d'une avalanche le long de la courbe BAC, selon le modèle de calcul d'un matériau adhésif lorsqu'il perd sa stabilité, lorsque la neige glisse, son poids et sa force de cisaillement le long de l'arc forment un système d'équilibre des forces.

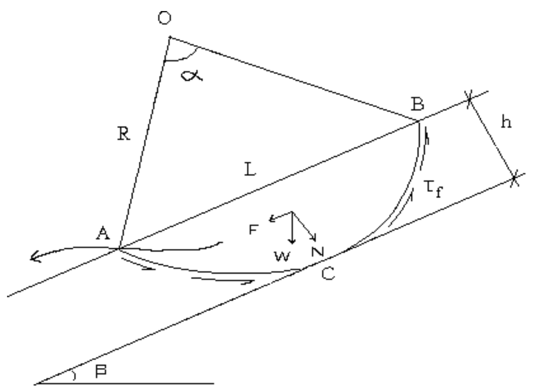

Figure 1 Modèle de glissement de la neige

2.1 Poids de la neige et ses composantes

Poids de la neige :

$$W = \int_o^a \int_{R-h}^{R} \gamma r dr d\theta = \frac{\gamma\alpha}{2} r^2 \Big|_{R-h}^{R} = \frac{\alpha\gamma}{2}\left[R^2 - (R-h)^2\right] \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

Centre de gravité de la matière neigeuse :

$$S_r = \int_o^a \int_{R-h}^{R} r r dr d\theta = \frac{\alpha}{3}\left[R^3 - (R-h)^3\right] \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (a)$$

$$S_r = \int_o^a \int_{R-h}^{R} r r dr d\theta = \frac{\alpha}{3}\left[R^3 - (R-h)^3\right] \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (b)$$

et les coordonnées :

$$r_c = \frac{S_r}{S} = \frac{2}{3}\left[\frac{R^3 - (R-h)^3}{R^2 - (R-h)^2}\right]$$

$$r_\theta = \frac{S_\theta}{S} = \frac{\alpha}{2}$$

Composantes de la force pondérale :

Le long du versant :

$$F = W\sin\beta = \frac{\alpha\gamma}{2}\left[R^2 - (R-h)^2\right]\sin\beta \cdots\cdots(3)$$

Norme le long du versant :

$$N = W\cos\beta = \frac{\alpha\gamma}{2}\left[R^2 - (R-h)^2\right]\cos\beta \cdots\cdots(4)$$

2.2 Force de cisaillement à la surface de la courbe

Selon la théorie de Moor-Kuer :

$$\tau_f = \sigma tg\phi + C \cdots\cdots(5)$$

Φ——angle de frottement de la neige

C——force d'adhésion de la neige

Ici :

$$\sigma = \frac{N}{AB} = \frac{\alpha\gamma}{2}\left[R^2 - (R-h)^2\right]\cos\beta/2\sqrt{R^2 - (R-h)^2} = \frac{\alpha\gamma}{4}\cos\beta\sqrt{R^2 - (R-h)^2} \cdots\cdots(c)$$

Mis en （5）:

$$\tau_f = \frac{\alpha\gamma}{4}tg\phi\cos\beta\sqrt{R^2 - (R-h)^2} + c \cdots\cdots(6)$$

2.3 Equilibre

En calculant le moment au point O, nous obtenons les équations d'équilibre :

$$F\gamma_c - R^2\alpha\tau_f = 0 \cdots\cdots(7)$$

$$F\gamma_c - \int_b^a \tau_f R R d\theta = 0$$

En intégrant (6)、（3） en (7), nous obtenons :

$$\frac{\gamma}{3}\sin\beta\left[R^3 - (R-h)^3\right] - R^2\left[\frac{\alpha\gamma}{4}tg\phi\cos\beta\sqrt{R^2 - (R-h)^2} + c\right] = 0 \cdots\cdots(8)$$

Dans la direction de la pente, la condition d'équilibre $\Sigma F_{AB} = 0$

C'est-à-dire:

$$\frac{\alpha\gamma}{2}\left[R^2 - (R-h)^2\right]\sin\beta - 2\sqrt{R^2 - (R-h)^2}\,\tau_f = 0 \cdots\cdots(9)$$

L'équation résolue, nous obtenons :

$$a = \frac{4C}{\sqrt{R^2 - (R-h)^2}\,(\sin\beta - tg\phi\cos\beta)\gamma} \cdots\cdots(10)$$

A partir de (8), nous avons :

$$\left[1-\frac{4C}{\sqrt{R^2-(r-H)^2}\,(\sin\beta-tg\phi\cos\beta)\gamma}\right]\cdots\cdots\cdots(11)$$

Et

$$R=\frac{1\pm\sqrt{1-\frac{4}{3}e}}{2e}h\cdots\cdots\cdots(12)$$

Ici :

$$e=1-\frac{C}{(\sin\beta-tg\phi\cos\beta)\gamma h}\cdots\cdots\cdots(13)$$

0 partir de R, selon la relation géométrique,

$$L=2\sqrt{R^2-(R-h)^2}\cdots\cdots\cdots(14)$$

β ——inclinaison； γ ——volume poids（g/cm^3）；

Φ ——angle de frottement interne ; C——adhésion de la neige（g/cm^2）；

h—— épaisseur de la neige （cm）

En modifiant（14）par la température, nous obtenons la longueur de rupture de la neige :

$$L=2K\sqrt{R^2-(R-h)^2}\cdots\cdots\cdots(15)$$

K——Indice thermique 1,85—2,35。

L'équation (15) peut servir à calculer l'espace utilisé pour les pare-neige et les murs de protection contre la neige. Il est à noter que la formule est influencée par les paramètres. Les paramètres de la formule ci-dessus proviennent de l'observation et d'une expérience antérieure en matière de structures de prévention des sinistres liés à la neige.

3. Comparaison des calculs de l'espace

Dans notre pays et au Japon, lorsqu'on calcule l'espace des constructions de stabilisation de la neige, la formule provenant de l'Institut fédéral pour l'Etude de la Neige et des Avalanches en Suisse est utilisée :

$$L=2\frac{2tg\beta}{tg\beta-tg\varphi}H$$

Ici

L—Espace entre les constructions （m）；

β —Pente du versant ;

H—Epaisseur de la couverture neigeuse （m）；

tgΦ —Indice de frottement entre le versant et la neige 0,5—0,7。

Cette formule provient d'une expérience, elle est issue de la régression des données des constructions expérimentales. A l'instar de la formule du présent document, cette formule est également très sensible aux paramètres. Le tableau 3-1 illustre la comparaison des données résultant de ces deux formules. Le résultat de la formule de l'expérience est évidemment irrationnel entre 35° ～40° lorsque des paramètres différents sont utilisés.

Tableau 3－1 Comparaison des calculs de l'espace

Formule / Pente	$L = 2K\sqrt{R^2 - (R-h)^2}$			$L = 2\frac{2tg\beta}{tg\beta - tg\varphi}H$			Commen-taire
	K=1,85	K=2,00	K=2,45	tgΦ=0,5	tgΦ=0,6	tgΦ=0,7	R=0,23 (g/cm^3) H=166cm
30°	25,3			24,8			
35°	13,4	14,5	17,7	11,6	23,2	11,2	
40°	9,1	9,9	12,1	8,2	11,7	20,0	
45°	7,3	7,9	9,7	6,6	8,3	11,1	C=6,5 (g/cm^3)
50°	6,2	6,7	8,2	5,7	6,7	8,0	
55°	5,2	5,7	6,9	5,1	5,7	6,5	

Le long de la nationale G312 à Guozigou, la pente moyenne du versant n° 1 en terre rouge était de 35° et les espaces calculés étaient de 13-16 m, tandis que la pente moyenne des versants n° 4 et 5 était de 38° et les espaces calculés étaient de 10-14 m

Le calcul de vérification en fonction de la pente, de la rugosité du sol, de l'épaisseur et de la densité de la neige et enfin du profil de l'avalanche a confirmé l'exactitude de ce modèle. De plus, ce modèle est plus pratique que les méthodes de calcul étrangères, tant par la précision que par la plage de calcul, et offre une base de calcul précise pour les projets de stabilisation de la neige en utilisant des pare-neige.

La formule suggérée ici a pris en considération les propriétés dynamiques et physiques de la neige et le résultat obtenu est raisonnable. La formule de l'expérience a surtout pris en considération l'indice de frottement, la pente du versant et l'épaisseur de la neige et ses résultats varient considérablement en fonction des conditions.

Ce modèle a été utilisé dans le projet de constructions contre les avalanches à Guozigou le long de la route nationale N° 312.