

III-A 214

粘着力に着目した斜面安定解析に関する一考察

鹿児島大学工学部 正員 北村良介
 鹿児島大学大学院 学生員 山田満秀

1. はじめに

鹿児島県では1993年夏に長雨と断続的な集中豪雨によって県内各地で斜面崩壊が発生し、人命や住宅等に多大な被害をもたらした。それらの斜面崩壊のほとんどがしらす斜面、あるいは、しらす以外の火山噴出物が堆積した斜面の表層すべり型崩壊¹⁾であった。現在に至るまで種々の斜面安定解析が提案されているが、しらす斜面には従来の斜面安定解析があまり役立たないことが明らかにされている²⁾。また、表層すべり型崩壊は雨水の浸透によってせん断強度パラメータである粘着成分が低下することによって崩壊が生じることが定性的に明らかにされてきている。しかし、土粒子レベルでの粘着力や降雨に伴う斜面の不安定化の定量的な評価手法は未だに確立されていない。このような認識に立ち、本研究室では、斜面崩壊予知を目指した研究を行っている^{3), 4), 5)}。本報告は、このような一連の研究の中にあり、土粒子レベルから粘着力を評価し、それをしらす斜面の安定解析に適用することにより若干の考察を行っている。

2. 粒子間力から粘着力の算定⁶⁾

Fig. 1は、半径rの2粒子の接触モデル（2粒子モデル）である。ここでは、含水比に対応したある厚さ Δr の水膜を有する個々の粒子が接触し、水膜の重なりあった部分と等しい体積のメニスカスが生じるものと仮定している。メニスカスの曲率半径をa及びr'とし、間隙水の内外の圧力差である間隙圧差（ $u_a - u_w$ ）は次式で表される。また、間隙圧差を（ $u_a - u_w$ ）= Su とおきサクションと呼び、Tは表面張力である。

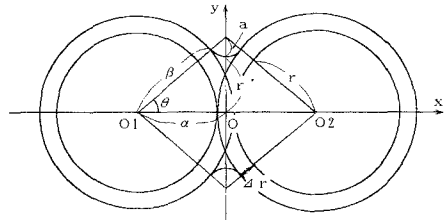


Fig. 1 2粒子モデル

$$Su = T (1/a - 1/r')$$

間隙水による粒子間結合合力Fiは、表面張力の効果とサクションの効果 considering 次式で表される。

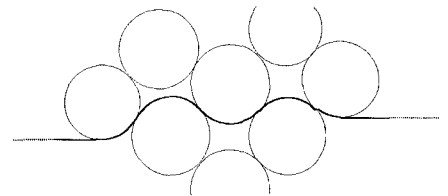


Fig. 2 仮想せん断面

$$Fi = 2\pi r' T + \pi r'^2 S$$

(1)式を(2)式に代入する。また、 $\alpha = r + \Delta r / 2$ 、 $\beta = r + \Delta r$ (Δr :水膜の厚さ)とする。

$$Fi = \pi r' T \frac{a + r'}{a}$$

ここで、 $a = (\alpha - \beta \cos \theta) / \cos \theta$
 $r' = \alpha (\tan \theta - 1 / \cos \theta) + \beta$

Δr は含水比 ω と粒子の半径r、比重Gsが分かれば求まり、 θ は水膜の重なり合った部分の体積とメニスカス部分の体積が等しいと仮定することで求める。 Δr と θ がわかれば1接点当たりの粒子間力Fiを(3)式より求めることができる。次に、Fig. 2に示した断面（せん断面を想定）での単位面積当たりの接点数をNcとすると、見かけの粘着力cを内部摩擦角 ϕ を使って、次式のように仮定した。

$$c = Fi * Nc * \tan \phi$$

Fig. 3は、(1), (3), (4)式を用いて計算したサクションと見かけの粘着力cとの関係を計算したものである。

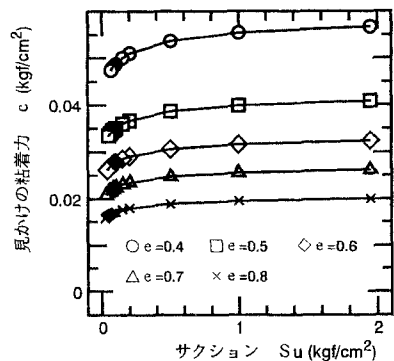


Fig. 3 見かけの粘着力-サクション関係

3. 粘着力と安全率の関係について

Fig. 4は表層すべり型崩壊のすべり面を想定した斜面を示している。Fig. 4に示すようにすべり面の上下端に非円弧すべり面を仮定し、平面すべり部分、非円弧すべり部分についてそれぞれ無限斜面法とJanbu法を用いて安全率を計算した。次式にそれらの安全率式を示す。また、安全率を計算するにあたって計算式中のせん断強度パラメータの内の粘着力は(4)式で求めたものを使用した。

$$\text{無限斜面法 } F = \frac{c + (W \cdot \cos \alpha - U) \cdot \tan \phi}{W \cdot \sin \alpha} \quad \dots (5)$$

$$\text{Janbu法 } F = \frac{\sum [(c \cdot b + (W - \Delta V - U \cdot \cos \alpha) \cdot \tan \phi) / m_j]}{\sum [\Delta E + (W - \Delta V) \cdot \tan \alpha]} \quad \dots (6)$$

$$m_j = \cos^2 \alpha + \sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot \tan \phi / F$$

ここで、F：安全率、c：見かけの粘着力、φ：内部摩擦角、W：スライス重量、α：斜面の傾斜角、b：スライス幅、V：スライス側面に働く鉛直方向の合力、E・U：スライスに働く間隙水圧の合力。

Figs. 5、6、7はA部分、B部分、C部分のそれぞれの粘着力と安全率の関係を示したもので、それぞれFig. 4で示している表層土厚hを変化させて計算している。また、計算に際して内部摩擦角φは35°（一定）とした。斜面安定解析で用いられている見かけの粘着力cは非常に重要なパラメータであり、cのわずかな差異が安全率を大きく変化させることがわかった。

4. あとがき

粒子間力から粘着力を算定し、その粘着力をしらす斜面の表層すべり型の安定解析に用いて粘着力と安全率の関係について若干の考察を行った。本研究の手法は改良の予知がまだあるが、しらす斜面崩壊機構の解明、予知に有用と考える。

【参考文献】

- 1) 春山元寿：豪雨による南九州しらすの斜面崩壊、自然災害資料解析、1、PP. 80～88, 1974
- 2) 土質工学会：1993年鹿児島豪雨災害調査委員会編：1993年鹿児島豪雨災害、1995.
- 3) 北村、福原、木佐貫：粒状体の崩壊・体積に関する数値力学モデルの提案、第30回土質工学研究発表会、PP. 1803～1804, 1995.
- 4) 北村、山田：しらす斜面の安定解析手法の開発、土木学会第50回年次講演会概要集第3部(A)、PP. 804～805, 1995.
- 5) 北村、福原、木佐貫、佐藤：斜面への不飽和浸透挙動の数値シミュレーション、地盤工学会不飽和地盤の透水に関わる諸問題シンポジウム、PP. 193～200, 1996.
- 6) 北村、山田、川口：表面張力に起因する粘着力の微視的考察、第31回地盤工学研究発表会、(投稿中)

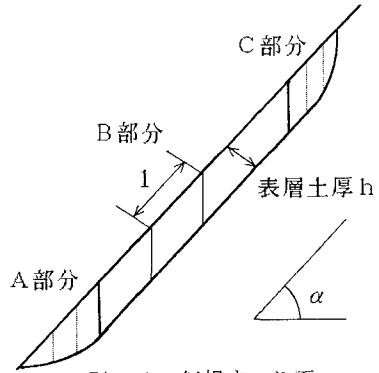


Fig. 4 仮想すべり面

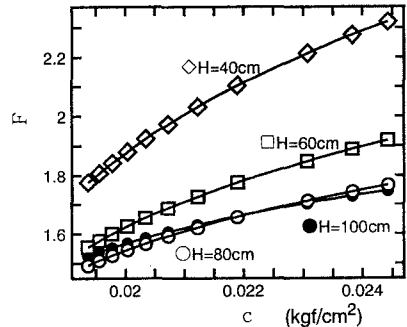


Fig. 5 c - F 関係 (A部分)

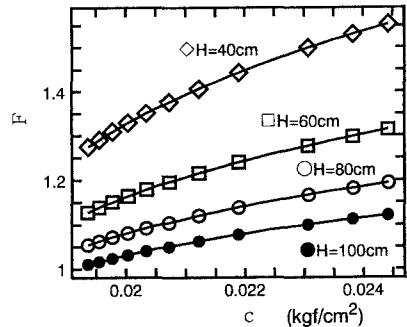


Fig. 6 c - F 関係 (B部分)

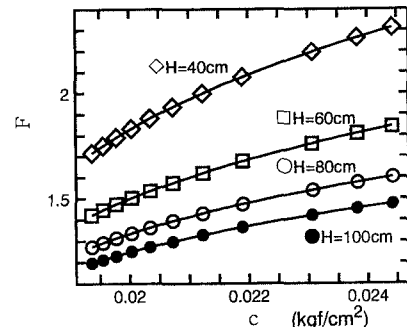


Fig. 7 c - F 関係 (C部分)