

III-314

斜面の3次元安定性

群馬大学建設工学科 正 鶴飼恵三、学 細堀建司
正 永瀬英生、正 榎戸源則

1. まえがき

筆者らは、斜面の安定性に及ぼす3次元効果（特に端部効果）について、主に理論解析の面から研究を行っているが^{1), 2), 3)}、粘性土斜面について一応の結論を得たので報告する。また、 $c\phi$ 斜面についても解析・実験の両面から研究を続けており、これまでの結果を合わせて報告する。

2. 粘性土斜面の3次元安定性

図. 1のような単純斜面を考える。土質は均質・等方とする。破壊幅が $2L$ に限定されるとして、最小な安定係数 N_{s3} ($=F_3 \gamma H/c$, F_3 は3次元安全率)を与える最も危険な3次元すべり面形状を、極限平衡法と変分計算に基づき決定した。この結果、すべり面の形状は断面が円弧であり、(1)中央の円筒面、(2)端部の鉛直平面、(3)両者をつなぐ曲面、の3部から成ることがわかった。図. 2は他の文献で提案されている3次元すべり面に基づく安定係数の値と本研究によるものとを、勾配 $\beta=90^\circ$ のケースについて比較したものである。これらの値が上界値であることを考えると本研究の結果が最も精度が良いことがわかる。この傾向は勾配が緩くなるとより著しくなる。図. 3は3次元の斜面安定図表であり底部破壊をも考慮した一般性のあるものである。 $L/H=\infty$ の線は2次元の値を示す。破壊幅(L/H)が少なくなるほど安定係数は大きくなることが明らかである。

理論計算より得られる3次元最危険すべり面形状の一例を図. 4(a), (b) ($\beta=30^\circ$, $L/H=2$, 底部破壊)に示す。図. 4(a)には断面形状を、(b)にはすべり面の半径 $R(y)$ と斜面軸方向の座標 y との関係を示した。(b)にはすべり面端部をだ円近似（破線）した場合も示した。近似度は比較的良好。そ

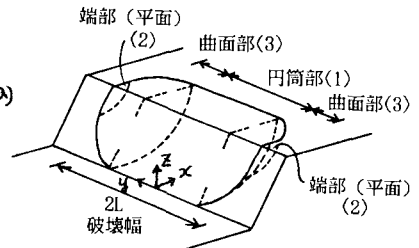


図. 1 粘性土斜面の3次元すべり面形状（斜面先破壊のケース）

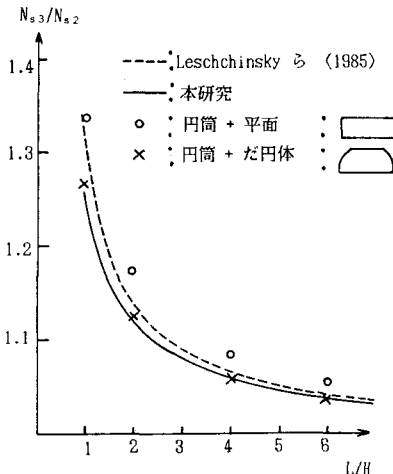


図. 2 いろいろなすべり面形状に関する安定係数の比較 ($\beta=90^\circ$)

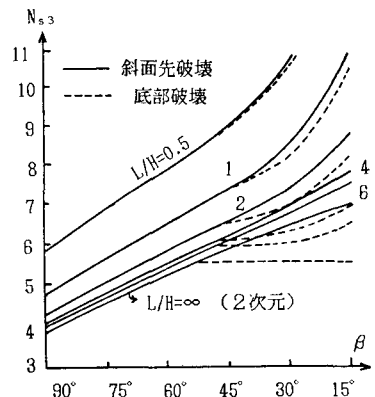


図. 3 粘性土斜面の3次元安定図表

こで、すべり面形状をだ円体面（端部）と円筒面（中央）との組み合わせと仮定して、最小の安定係数を計算した所、斜面先破壊の場合には、最大6%の誤差（ただし、 $\beta \geq 15^\circ$ 、 $L/H \geq 0.5$ ）しか生じないことがわかった。底部破壊のケースをも含めて近似度をより上げるには、すべり面形状を（1）中央の円筒面、（2）端部の鉛直平面、（3）両者をつなぐだ円体面、の3部から構成されると仮定すれば良いこともわかった。このような近似は実用上十分な精度を有し、計算量も大幅に削減される。

3. c ϕ 斜面の3次元安定性

実際の斜面は摩擦角 ϕ を有することが多い。そこで、3次元安定性に与える ϕ の影響を評価するため、新たに簡便分割法に基づいた安定解析を試みた³⁾。すべり面形状はだ円体面（端部）と円筒面（中央）の組み合わせとし、斜面先破壊のみを考えた。その理由は次のようである。（1）すべり面を円弧とする2次元解析によれば、 ϕ を有する斜面では底部破壊がおこりにくい。3次元効果はこの傾向を助長する。（2）前記2.より、粘性土斜面に対してこのようなすべり面形状は実用上十分な精度を有する。（3）計算が簡略化され計算量も少なくてすむ。図.5に N_{S3}/N_{S2} と L/H との関係を示す。ここで N_{S2} は2次元最小安定係数で $F_2 \gamma H/c$ （ F_2 は2次元安全率）に等しい。 $\beta=30^\circ$ のケースを示した。 ϕ を有する斜面では斜面軸方向応力（図.1で y 方向の応力）が端部効果に大きな影響を与える。本研究では、これを $\varepsilon \gamma h$ （ h は斜面表面からの深さ）で表示した。図.5より、 ε が大きいほど、また ϕ が小さいほど端部効果は大きいことがわかる。 ε をどのような方法で評価するかは今後の課題である。

ところで、 $c=0$ 斜面（砂質斜面）では3次元安全率が2次元安全率より小さくなるケースが存在することが、幾つかの論文^{4), 5)}で指摘されている。これに対し、Sarma⁶⁾は批判を加えている。筆者らの意見は次のようである。（1）最小安全率（もしくは安定係数）で比較すると3次元安全率の方が一般に大きい。（2）同一のすべり面（中央の円筒面部分が同一）について比較すると3次元安全率の方が小さくなる場合がある。従って、崩壊後の斜面の強度定数の逆算値を小さ目に見積る可能性がある。しかし、軸力係数 ε が大きい場合には（2）のケースもおこりえない。

以上のように、 ϕ を有する斜面については未解明の重要問題が幾つか存在する。今後の課題としたい。

参考文献

- 1) Ugai : S&F, 3, 1985.
- 2) 鶴飼 : 土論, 364, 1985.
- 3) 鶴飼他 : 第21回土質発表会, 1986.
- 4) Hovland : ASCE, GT9, 1977.
- 5) Chen他 : Geotech., 1, 1983.
- 6) Sarma他 : Geotech., 2, 1985.

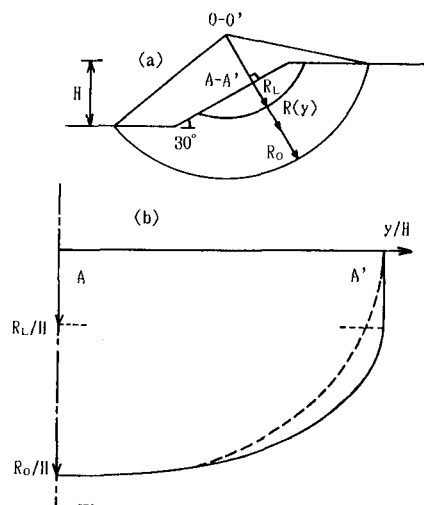


図. 4 3次元すべり面形状の例
（ $\beta=30^\circ$, $L/H=2$, 底部破壊）

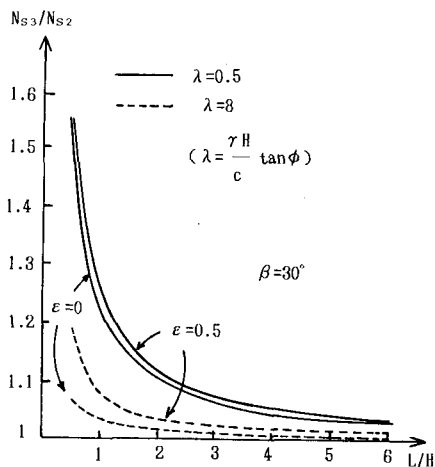


図. 5 c ϕ 斜面に対する端部効果