

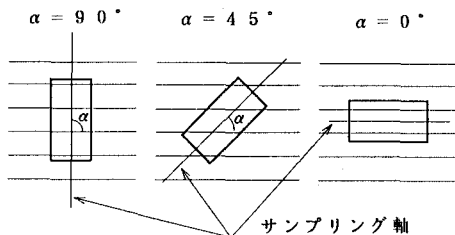
III-440

強度異方性を考慮した締固め地盤の安定解析法に関する研究

株式会社フジタ 正 会 員 ○山田得義
 徳島大学工学部 正 会 員 山上拓男
 徳島大学大学院 学生会員 板谷裕次

1. はじめに 筆者らは、数年前から現場規模や室内モデルの盛土構造物に対し数多くの破壊実験を行ってきた。これらの実験は、盛土の側方から斜め下方に向けて荷重を加え強制的にすべりを発生させるものであった。当初、すべり面は円弧を成し、盛土の比較的深部に出現すると予想されたが、実際のすべり面は多くの場合フラットで浅い所に出現した。この原因は、盛土の施工過程に生じる異方性がすべりに影響を及ぼしたためと考えられた。そこで本報告では、まず室内締固め地盤を作成し、これより角度を変えて採取した各供試体に対し飽和三軸圧縮試験を実施することによって締固め地盤の強度異方性を検討する。そして、得られた実験結果を基に異方性を考慮した斜面の安定解析を行う。

2. 実験方法¹⁾ 室内締固め地盤の作成は以下の通りである。①最大粒径を2mmとしたまき土を標準締固め試験から得られる最適含水比(約15%)に調整する。②まき出し厚が25mmとなるように土槽の中に試料を入れる。③小型ローラー(直径22cm, 幅18cm, 重さ44kg)を用いて6往復締固める。④これらの作業を最終高さ25cmまで繰り返す。このようにして作成した締固め地盤から角度を変えて供試体採取する。サンプリングはローラーの運動方向に対して垂直な方向から行う。本報告では、水平面とサンプラーの中心軸がなす角度を α と定義し(図-1)、水平から鉛直まで15°間隔、7方向でサンプリングを行っている。そして、同一方向から採取した各供試体に対し、異なる拘束圧の下で飽和三軸圧縮試験を実施する。飽和供試体の作成には、二重負圧法およびバックプレッシャー法($\sigma_{br}=1.0\text{kgf/cm}^2$)を適用している。試験は圧密排水条件で実施し、有効拘束圧 σ_3 は各 α とも0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 kgf/cm^2 の計6条件とする。

図-1 α の定義

3. 強度定数の決定 ここで、せん断面上の強度定数 c , ϕ の決定方法について説明する。一般に、等方性材料であればモール・クーロンの破壊規準により強度定数 c , ϕ が求められる。しかし異方性材料の場合には、供試体のせん断面が異方性の影響を受けると考えられるためモール・クーロンの破壊規準を適用するのは問題である。そこで本報告では、各供試体のせん断面の角度 β を分度器を用いて実際に測定した。そして、同一角度 α ごとに平均したせん断面の角度 β における応力点(最大主応力面より反時計回りに 2β 回転させた点)を全てのモール円上で決定し、これらの点について最小二乗法で直線近似したものを異方性を考慮した破壊線とした。(図-2)

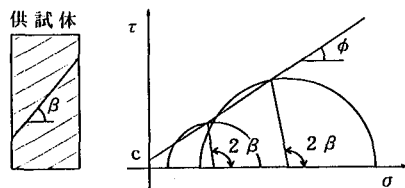


図-2 異方性を考慮した破壊線

4. 異方性を考慮した安定解析 こうして求めた強度定数を用いて異方性を考慮した斜面の安定解析を行う。ところで、斜面の安定解析へ異方性の概念を取り入れる場合に最も重要となるのは、せん断面が水平面(層)に対して何度傾いているかということである。そこで、各サンプリング角度 α で採取した供試体に対し、実測したせん断面の角度を基にせん断面と層のなす角度 θ を算出した。そして、先の方法で求めた強度定数を θ で整理し異方性を考慮した安定解析を可能にした。この関係を示したのが図-3である。ここで、図中においてマイナスの符号で表しているところは、供試体を受動せん断されているところである。²⁾

5. 解析方法 解析手法には簡便分割法を採用した。異方性を考慮した安定解析は、各スライス底面の角度

θ における強度定数を図-3の關係から決定し、次式により任意の円弧に対して安全率を算出する。

$$F_s = \frac{\sum \{ c_{\theta i} l_i + (W_i \cos \theta_i - u_i l_i) \tan \phi_{\theta i} \}}{\sum W_i \sin \theta_i}$$

図中においてデータのない所はそれぞれ両端の値を延長し、各値を得るものとする。

6. 解析結果 破壊実験を想定した盛土斜面に対して異方性を考慮した安定解析を行い、地山を等方性に見なした解析結果と比較・検討した。解析に用いた地山の強度定数は表-1に示す通りである。Case 1とCase 2はどちらも法面勾配1:1であるが、載荷面の角度 ϕ を代えて計算している。図-4は異方性の臨界すべり面を実線で、等方性のそれを点線で表したものである。また、最小安全率は表-2に示す通りである。解析の結果、Case 1（ $\phi = 32^\circ$ ）では、異方性と等方性の臨界すべり面の位置はほとんど一致した。

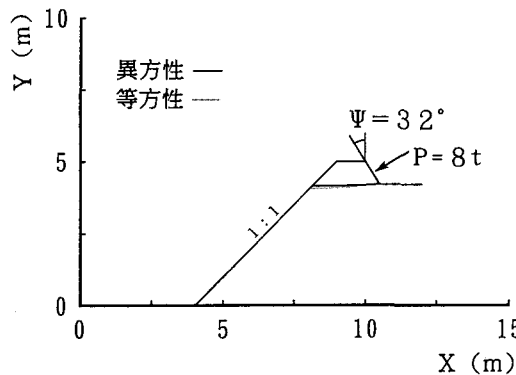
しかし、Case 2（ $\phi = 45^\circ$ ）では異方性の臨界すべり面の方が等方性のものよりも浅い所に出現した。最小安全率は、どちらのCaseにおいても異方性を考慮した解析の方が等方性の場合よりも小さい値を示した。

表-1 地山の強度定数

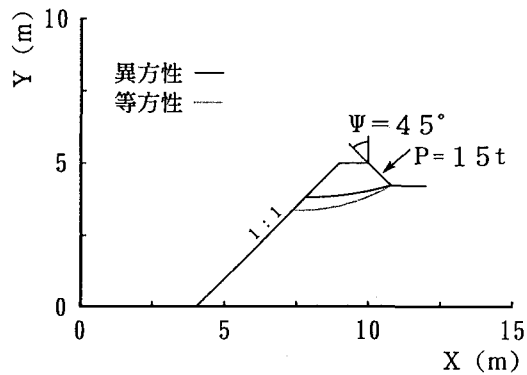
	等方性	異方性
粘着力 c (tf/m ²)	2.66	0.94~2.51
内部摩擦角 ϕ (°)	36.9	32.9~34.1
単位体積重量 γ , (tf/m ³)	1.8	1.8

表-2 最小安全率

	Case 1 ($\phi = 32^\circ$)		Case 2 ($\phi = 45^\circ$)	
	等方性	異方性	等方性	異方性
最小安全率	1.625	1.070	1.431	1.071
中心座標	(8.1, 21.1)	(8.8, 28.3)	(7.6, 9.8)	(7.9, 14.0)
半径	17.09	24.16	6.45	10.22



(a) Case 1



(b) Case 2

図-4 臨界すべり面

7. おわりに 本報告では、三軸試験の結果を基に異方性を考慮した安定解析を行った。解析モデルは破壊実験を想定した盛土斜面である。その結果、臨界すべり面の位置は外力の作用方向に影響を受け、 $\phi = 32^\circ$ ではすべり面は異方性も等方性もほぼ同じ所に発生したが、 $\phi = 45^\circ$ では異方性の方が等方性よりも浅い所に出現した。また、最小安全率は、いずれの場合でも異方性の方が等方性よりも小さい値を示すことがわかった。今後は、より精度の良い解析手法を用いて異方性を考慮した安定解析を行っていくことが重要である。

《参考文献》1) 山田・山上・中正・安芸：締固め地盤の強度異方性に関する研究，第45回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集，pp490~491，平成5年5月、2) 社団法人 土質工学会：土の強さと地盤の破壊入門，pp154~162。