

徳島大学大学院 学生会員 ○板谷裕次  
 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 岡崎清徳

1. はじめに 当研究室では数年前から、現場規模や室内モデルの盛土構造物に対して数多くの破壊実験を行ってきた。これらの実験は、盛土天端から斜め下方に外力を加え、強制的にすべり面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深部に発生すると予想された。しかし、実際のすべり面はフラットな形状で盛土の比較的浅い部分に発生した。これは盛土の施工過程に生じた異方性がすべりに何らかの影響を及ぼしたためと考えられる。そこで本報告では、現場施工を想定した室内締固め地盤の作成を行い、この地盤より角度を変えて採取した供試体に対し飽和三軸圧縮試験を実施し、異方性を考慮した強度定数を求める。そして、得られた結果をもとに異方性を考慮した斜面の安定解析を行う。

2. 実験方法 室内締固め地盤は現場施工に対応させるため小型ローラーを用いて作成した。地盤の作成手順は次のようである。①最大粒径を2mmとしたまさ土を、標準締固め試験より得られた最適含水比（13.56%）に調整する。②まき出し厚が25mmとなるように試料を土槽に入れる。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20回繰り返す。このようにして作成した室内締固め地盤より角度を変えて供試体採取した。供試体の採取にはサンプラーを用い、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より行った。本報告では、図-1に示すように成層方向とサンプラーの中心軸との成す角度を $\alpha$ と定義し、水平から鉛直まで15°間隔7方向でサンプリングを行った。そして、同一方向から採取した各供試体に対して、異なる拘束圧のもとで飽和三軸圧縮試験を実施した。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( $\sigma_{BP}=1.0\text{kgf/cm}^2$ )を適用した。試験は圧密排水条件で実施し、有効拘束圧 $\sigma_3$ は0.5, 0.75, 1.0(kgf/cm<sup>2</sup>)の3条件で行った。

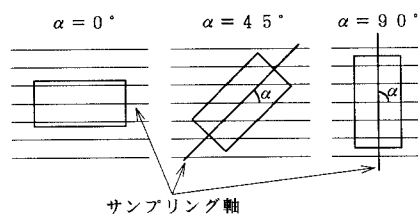


図-1  $\alpha$ の定義

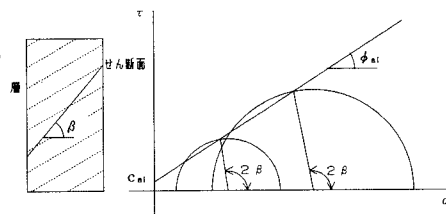


図-2 異方性を考慮した破壊線

3. 強度定数の決定 一般に等方性材料の強度定数はMohr・Coulombの破壊規準により求められる。ところが、異方性を持つ材料はせん断面が異方性の影響を受けると考えられるため、Mohr・Coulomb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、供試体のせん断面の角度 $\beta$ を実際に測定し、この角度 $\beta$ における応力点（最大主応力面より反時計回りに $2\beta$ 回転させた点）をすべてのモール円上で決定し、これらの点について最小自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）このようにしてサンプリング角度 $\alpha$ に対する強度定数を求めた。

4. 異方性を考慮した安定解析 異方性の影響を安定解析に取り入れる際、最も重要となるのが層とせん断面との成す角度である。そこで、サンプリング角度 $\alpha$ と試験終了時の各供試体のせん断面の角度 $\beta$ をもとに、層とせん断面の成す角度 $\theta$ を新たに求めた。そして、実験により求めた強度定数を $\theta$ で整理し、安定解析に取り入れた。これらの関係を図-3に示す。ここで、図中 $\theta$ の値が大略40°と50°の間にしか存在しないのは、三軸試験ではこの範囲以外の $\theta$ が得られないためである。これは、異方性を持つ供試体の場合、せん断面が層の影響を受け常に弱い方向に発生するためである。また、 $\theta$ にマイナスの符号が付されているところ

は、供試体が受働せん断しているところである。

5. 解析方法 安定解析にはBishop簡便法の安全率算定式に異方性の影響を考慮できるよう改良したものを用いた。そして、各スライス底面の角度 $\theta$ における強度定数を図-3より決定し安全率を算定した。

6. 解析結果 本報告では、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、地盤を等方性と見なした場合の解析結果との比較を行った。解析に用いた強度定数を表-1および表-2に示す。また、斜面条件は法面勾配1:1、盛土高さ5m、天端長さ1mとし、載荷面の角度 $\Psi$ は $32^\circ, 39^\circ, 45^\circ, 51^\circ$ の4通りとした。図-4に $\Psi=32^\circ$ の場合の解析例を示す。解析の結果、安全率の比較では異方性の最小安全率が等方性のものに比べ小さい値を示した。また、強制外力の比較では、異方性の方が等方性としたものに比べ約半分の外力で破壊しており、臨界すべり面は異方性の方が等方性のものに比べ盛土の浅い部分でフラットな形状で発生した。

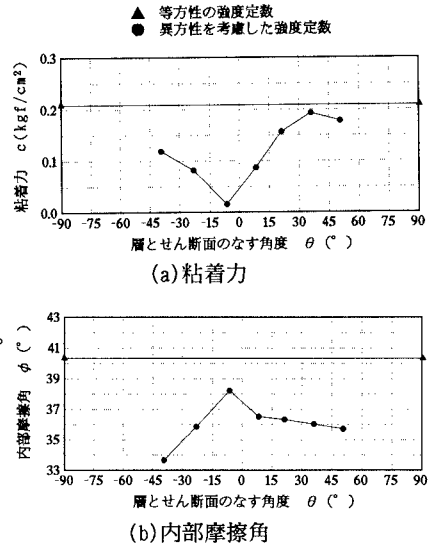


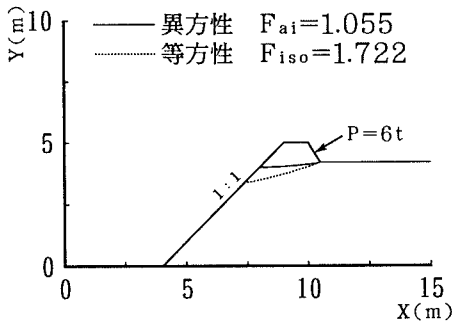
図-3 (a)(b) 強度定数の変化

表-1 異方性を考慮した強度定数

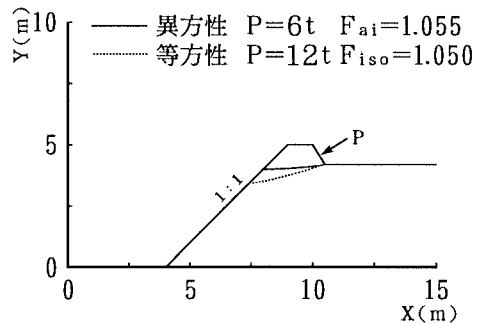
層とせん断面のなす角度 $\theta$ (°)	-39.5	-23.4	-6.6	8.0	20.9	35.6	50.1
粘着力 $c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.119	0.082	0.016	0.087	0.157	0.193	0.178
内部摩擦角 $\phi$ (°)	33.7	35.9	38.2	36.5	36.3	36.0	35.7

表-2 等方性の強度定数

粘着力 $c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	0.209
内部摩擦角 $\phi$ (°)	40.3



(a)安全率の比較



(b)強制外力の比較

図-4 (a)(b)  $\Psi=32^\circ$  の場合の解析例

7. 終わりに 本報告では、三軸試験の結果をもとに破壊実験を想定した盛土斜面の安定解析を行った。その結果、臨界すべり面の発生位置や最小安全率は地盤を等方性とした場合と異方性とした場合では大きく異なることが分かった。今後は、図-3において三軸試験で得ることのできない両端の値を、一面せん断試験を数多く実施する事によって補い、一般的な安定問題における異方性の影響を検討することが重要である。

《参考文献》1) 山田・山上・板谷: 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, 土木学会第49回年次学術講演会講演概要集 第3部(B), pp. 870~871, 平成6年9月、2) 社団法人 土質工学会: 土の強さと地盤の破壊入門, pp. 154~162