

締固め地盤の強度異方性に関する研究

徳島大学大学院 学生会員 ○山田得義
 徳島大学工学部 正 会 員 山上拓男
 新井組 正 会 員 中正康広
 仁田ワイロック(株) 正 会 員 安芸浩資

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、盛土天端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る。そこで本報告では、異方性を考慮した盛土斜面の安定解析を行う第一歩として、現場を想定した室内締固め地盤を作成し、サンプリングを行い、飽和三軸圧縮試験を実施する。そして、得られた強度定数 c 、 ϕ から、締固め地盤の強度異方性について検討と考察を加える。

2. 締固め地盤の作成 試料は最大粒径を 2mm としたまき土を用いた。図-1 に粒径加積曲線を示す。地盤の作成手順は次の通りである。1. 標準締固め試験から得られる最適含水比 (約 15%) に試料を調整する。2. まき出し厚が 2.5cm となるように木枠 (縦 22cm × 横 75cm × 高さ 2.5cm) 内へ試料を入れる。3. 小型ローラー (直径 22cm, 幅 18cm, 重さ 44kg) を用いて 5 往復締め固める。4. 新たに木枠を積み重ね 2, 3 の作業を繰り返す。このようにして、最終高さ 25cm の締固め地盤を作成する。

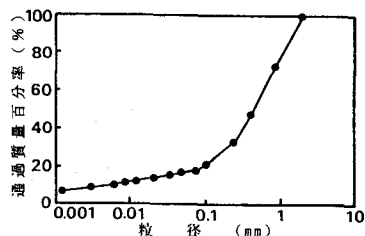


図-1 粒径加積曲線

3. サンプリング サンプリングは図-2 のように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 θ と定義し (図-3)、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。1 回の締固め地盤からは同一方向で 3 回のサンプリングを実施し、3 本の供試体を確保する。そして、3 本が同じ供試体であるものと仮定し、異なる拘束圧の基で三軸圧縮試験を行う。サンプラーは 直径 5cm、長さ 15cm の円筒型で、前後部の土を削り取ることで高さ 10cm の供試体を得ることができる。

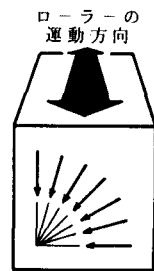


図-2 サンプリング方向

4. 試験方法 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 θ とともに 0.5, 1.0, 1.5 kgf/cm^2 の 3 条件とする。

5. 試験結果 まず、各 θ における応力～軸ひずみ関係を図-4 (a), (b) に示す。図からわかるように、 θ の違いによって異なった曲線となり、最大軸差応力に差が現れている。この差は明らかに異方性の影響によるものと考えられる。

次に、 θ とせん断面上における強度定数 c 、 ϕ の関係を示す。一般に、等方性地盤であれば、モール円の接線で示されるクーロンの破壊規準線からせん断面上での強度定数 c 、 ϕ が決定される。しかし、地盤内に異方性が存在する場合、実際のせん断面の角度 β は破壊規準線とモール円の接点で与えられる角度 β' (図-5) とは異なる。そこで本報告では、供試体のせん断面の角度 β をせん断終了後に分度器を用いて実際に測定した。そして、角度 β に

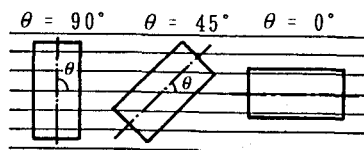


図-3 θ の定義

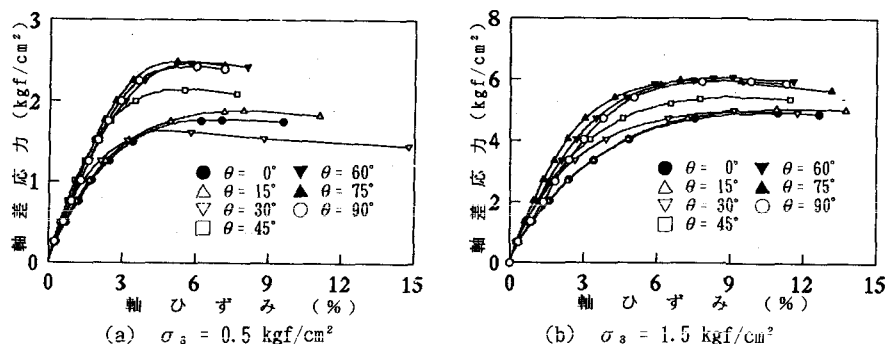


図-4 応力～軸ひずみ関係

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）をモール円上で決定し、各拘束圧で得られる3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-6、図-7に $c \sim \theta$ 関係および $\phi \sim \theta$ 関係を示す。接線より求めた強度定数を c_t 、 ϕ_t とし図中○印で、せん断面の角度を測定して求めた定数を c_{s1} 、 ϕ_{s1} とし●印で表す。図-6の粘着力では、 c_t および c_{s1} とも $\theta = 30^\circ$ で最小値となり、どちらもよく似た曲線となった。しかし、図-7の内部摩擦角をみると、接線から求めた ϕ_t の値は、 θ が $0^\circ \sim 90^\circ$ へと変化するにつれ若干増加しているもののほぼ一定であるのに対し、せん断面の角度を実測して求めた ϕ_{s1} の値は $\theta = 30^\circ$ で最大値となる、上に凸の曲線を示した。これは、異方性によってせん断面の角度 β が接線と与えられる角度 β' と異なることを示している。また、 $\theta = 30^\circ$ のときに c_{s1} 、 ϕ_{s1} の値が最小および最大となるのは、実測したせん断面の角度に関係があると考えられる。なぜなら、 $\theta = 30^\circ$ 以外のものは、供試体のせん断面の角度が 50° 前後であったのに対し、 $\theta = 30^\circ$ の場合には、せん断面が供試体内部の層（締固めの繰返しによって形成される）の方向に発生し、角度が約 60° となったからである。したがって、せん断面の角度は異方性の影響を受けると考えられるため、強度を検討する際にはせん断面の方向に十分留意する必要がある。

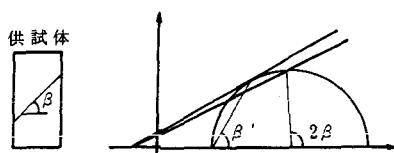
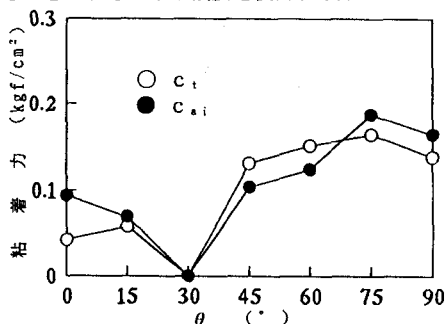
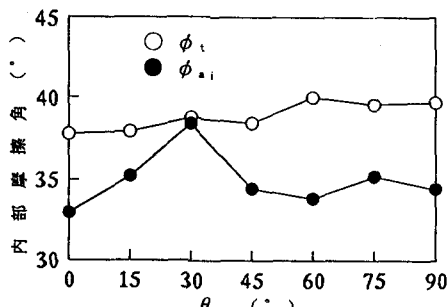


図-5 せん断面の角度

図-6 粘着力 $c \sim \theta$ 関係図-7 内部摩擦角 $\phi \sim \theta$ 関係

6. おわりに 本報告では、締固め地盤の強度異方性を三軸圧縮試験より検討した。その結果、応力～ひずみ曲線から締固め地盤に異方性が存在することを確認できた。また、供試体のせん断面の角度を実測することにより、強度定数 c 、 ϕ と供試体採取する方向との関係を知ることができた。しかし、供試体を作成するまでに労力を要するため試験回数が少ない。また、せん断面を実測することは非常に困難であり、より確かな測角方法の検討が必要である。今後は、精度の良いデータを数多く収集し、異方性を考慮した斜面の安定解析を行っていく予定である。