

第 部門

不飽和土におけるダイレイタンシー特性に関する一考察

立命館大学理工学部 学生会員 ○浅田信仁

立命館大学 COE 推進機構 正会員 安川郁夫

立命館大学 COE 推進機構 正会員 酒匂一成

立命館大学理工学部 正会員 深川良一

1. はじめに

2004 年、観測史上最多となる 10 個もの台風上陸を記録した。台風襲来期や梅雨期において集中豪雨が発生し、日本各地に多大な被害を与えた。特に降雨による斜面崩壊の被害が多数報告されている。降雨時の斜面崩壊の主要因として、雨水浸透による地盤の自重の増加とサクションの低下に伴う見掛けの粘着成分の低下、地下水位の上昇が挙げられる。これらの降雨浸透に伴うせん断強度の変化メカニズムの解明をめざし、その基礎的研究として含水比の異なる供試体に対して圧密定圧一面せん断試験を行い、そのダイレイタンシー特性について考察を行った。

2. 試験概要

試料は、危険性の評価を必要とする急傾斜地（以後、対象斜面）で地表面から深さ方向の 3 ヶ所から採取した土資料を用いた。試料の物理的性質を表 - 1、図 - 1 に示す。表 - 2 に試験条件を示す。一面せん断試験には、改良コンパクト型一面せん断試験機を用いた。試験機のせん断方式は上箱固定、下箱可動型である。

試験は、初期間隙比一定の条件で含水比を変えて圧密定圧一面せん断試験を行った。直径 6cm、厚さ 2cm の体積のせん断箱に同一の間隙比になるように、含水比ごとの質量を計算し、計量した試料をせん断箱に詰めた。同一の初期間隙比を得るため、締固めエネルギーに違いが生じている。それは締固めにおける含水比と乾燥密度の関係が締固めエネルギーの関数と考えられるためである。初期間隙比を一定にするために締固めた場合、最適含水比付近の供試体は締固めエネルギーが小さくなっていると想定される。このことから供試体の間隙比は一定だが締固めエネルギーが異なることによる土粒子骨格や構造形成の違いの可能性が推定される¹⁾。

表 - 1 試料の物理的性質

試料深さ	深さ50cm	深さ80cm	深さ110cm
含水比 $w(\%)$	18.4	20.5	20.6
土粒子密度 $\rho_s(g/cm^3)$	2.606	2.634	2.656
間隙比 e	0.952	0.811	0.742
最大乾燥密度 $\rho_{dmax}(g/cm^3)$	1.774	1.704	1.737
最適含水比 $w_{opt}(\%)$	16.5	18.5	18.0

表 - 2 試験条件

試験項目	土質名称	深さ50cm	深さ80cm	深さ110cm
供試体質量 $m_v(g)$		83 87.9 94.3	90.4 97.4 102.8	94.8 101.7 107.7
含水比 $w(\%)$		10.0 16.5 25.0	10.0 18.5 25.0	10.0 18.0 25.0
初期間隙比 e		0.952	0.811	0.742
直径 $D(cm)$		6	6	6
高さ $H_0(cm)$		2	2	2
断面積 $A(cm^2)$		28.27	28.27	28.27
圧密応力 $\sigma_v(kPa)$		30 60 100	30 60 100	30 60 100
せん断変位速度 (mm/min)		0.2	0.2	0.2
すき間の大きさ (mm)		1	1	0.5

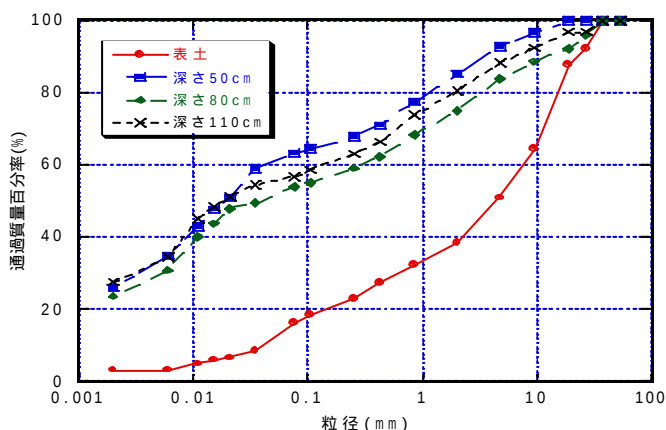


図 - 1 試料土の粒径加積曲線

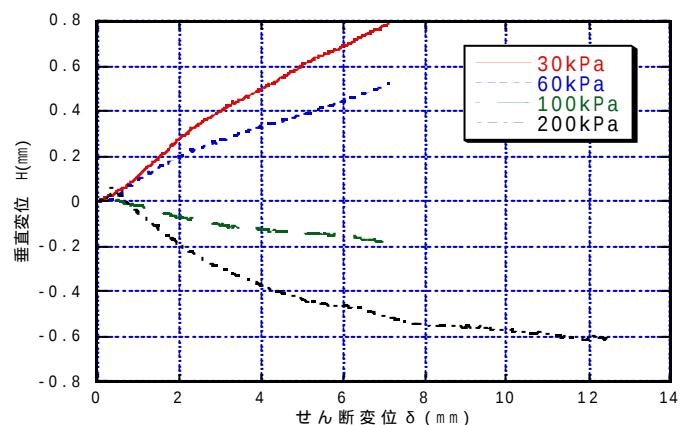


図 - 2 垂直変位 - せん断変位関係

(深さ 110cm, $w=18.0\%$)

3. 試験結果と考察

図 - 2 ~ 5 に、深さ 110cm から採取した試料を最適含水比に対応する $w=18\%$ にし、同一間隙比に作成した供試体のせん断過程における垂直変位—せん断変位関係、せん断応力—垂直応力関係、圧密時の $e-\log p$ 曲線、その試料の締固め曲線を示している。ゆるい砂や正規圧密粘土をせん断すると体積が減少し(負のダイレイタンスー)、密な砂や過圧密粘土は体積が増加する(正のダイレイタンスー)。用いた供試体の場合では、図 - 2 に示すように図 - 4 の圧密結果を反映した結果となっている。

図 - 4 より圧密降伏応力が 60kPa であり、飽和土と考えれば 100, 200kPa による圧密結果は正規圧密領域になる。図 - 5 に示す負のダイレイタンスーを示した供試体の試験前の乾燥密度から圧密後の乾燥密度への変化は大きく、飽和度が上昇していることが分かる。深さ 110cm 試料の供試体内、負のダイレイタンスー(収縮)を示した試験結果のすべてが、飽和度 70% 一定曲線とゼロ空気間隙曲線の間にプロットされていた。飽和した正規圧密土の圧密は、ゼロ空気間隙曲線上を進むことになる。飽和度が高くなると同じ挙動が考えられる。これに対し、正のダイレイタンスー(膨張)を示した供試体はすべて飽和度の低い状態にあり、圧密圧力が大きくても同じ挙動であった。

以上のことから、深さ 110cm では飽和度が 70% 以上でサクシオンが小さくなり、見掛けの過圧密状態から正規圧密状態に入り、正規圧密としての挙動を示したと考えられる。サクシオンの減少に対する不飽和土の体積変化の方向が、ある飽和度を境に反転することが言われている²⁾。飽和度が低いとサクシオンが大きくなり見掛けの正規圧密状態に対して、土は過圧密領域に位置することになり、過圧密と同様の挙動を示すと考えられる。これに対し飽和度がある限度以上になるとサクシオンが低下し、本来の正規圧密領域におかれることになると推定される。

4. おわりに

締固めた供試体による一面せん断試験では、サクシオンの効果で飽和度の高い領域では正規圧密土と同様の挙動を示すのに対し、飽和度の低い領域でのせん断では、垂直応力が大きくても過圧密土の挙動を示す。今回はせん断時のダイレイタンスー挙動のみに注目して考察した。斜面の安定評価の鍵となるせん断特性や強度の評価については、改めて発表する予定である。

5. 参考文献

- 1) 横山真之：一面せん断試験による不飽和土のせん断特性に関する実験的研究，平成 16 年度鹿児島大学大学院修士論文，pp.5-84，2004。
- 2) (社)地盤工学会編：不飽和地盤の挙動と評価，第 4 章 不飽和地盤の評価法 pp5-8，pp.115-138，2004。

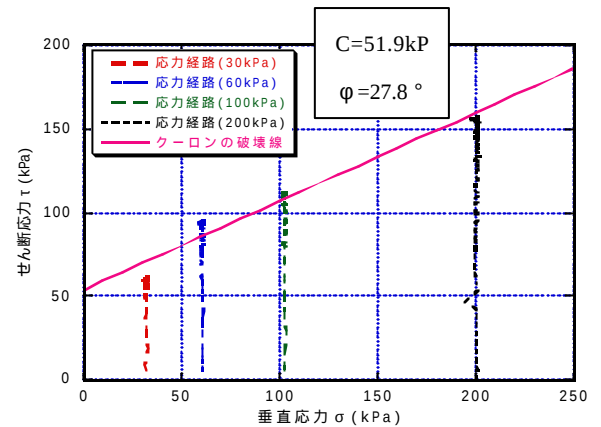


図 - 3 せん断応力 - 垂直応力関係
(深さ 110cm, $w=18.0\%$)

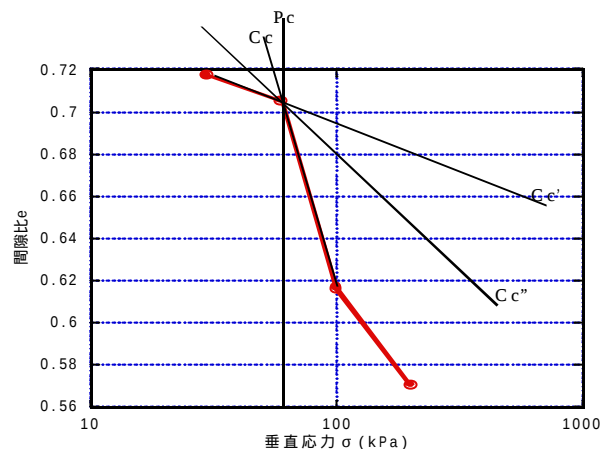


図 - 4 不飽和試料の $e-\log p$ 曲線(深さ 110cm)

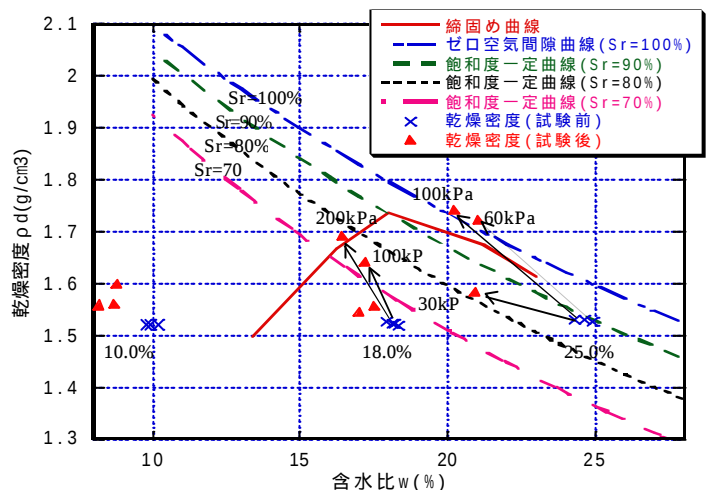


図 - 5 締固め曲線と圧密時の乾燥密度の変化