

北九州市で採取した土試料の飽和度に着目した一面せん断特性

九州大学大学院 学生会員 ○寺尾 昂
九州大学大学院 正会員 陳 光斉

九州大学大学院 フェロー 善 功企
九州大学大学院 正会員 笠間 清伸

1. はじめに

わが国では斜面崩壊が頻繁に発生しており，その被害は甚大なものとなっている．近年では地球温暖化に伴う集中豪雨の増加により，降雨の影響を考慮した斜面崩壊予測が活発に行われている．降雨時の斜面崩壊の要因のひとつとして，地盤の飽和度の増加に伴う，サクシヨンの低下に起因した地盤強度の低下が考えられる．そのため，地盤の飽和度と強度の関係を把握することは，斜面崩壊予測において非常に重要となる．これまでサクシヨンの土粒子間吸着力を見かけの粘着力として考え，地盤の飽和度と粘着力の関係¹⁾から，降雨に即した斜面崩壊予測モデルの検証が行われてきた²⁾．そこで，本文では降雨時の即時的な斜面崩壊予測を目的に，北九州市において採取した試料を対象に，定体積一面せん断試験を行い，飽和度に着目した地盤の強度特性を調べた．

2. 実験概要

対象地域は，斜面崩壊が多く発生する福岡県北九州市とした．図-1に北九州市における斜面崩壊ハザードマップに過去の斜面崩壊発生箇所をプロットしたものを示す．試料採取は，我々の研究グループで作成したハザードマップ³⁾と過去の斜面崩壊発生箇所をもとに図中に示す3地点で行った．本文では，崩壊確率が高く，過去に斜面崩壊のあった福岡県北九州市門司区の斜面(図中 A)における実験結果を示す．

試料採取のさい，豊浦砂を用いた砂置換法による現場密度試験を行い，自然含水比 w_n ，湿潤密度 ρ_t および乾燥密度 ρ_d を測定した．

試験に用いた試料は，現場で採取した試料を $850\mu\text{m}$ 以下のふるいにかけ，現場密度試験結果により得られた乾燥密度をもとに，飽和度の調整を行った．本文では，飽和度 $S_r=63\%$ (自然状態)，80%および100%の3パターンを目標に調整を行った．供試体は，飽和度と供試体体積から質量を算出し，所要の試料をモールドに詰め，直径60mm，高さ20mmとなるよう静的締固めにより作成した．図-2に示した試験機を使用し，一面せん断試験を行った．供試体をセットした後，鉛直応力を作用させ圧密を行った．鉛直圧密応力は，

30，60，90 および120kPaとした．
圧密終了時間は，3t法により決定した．圧密終了後，

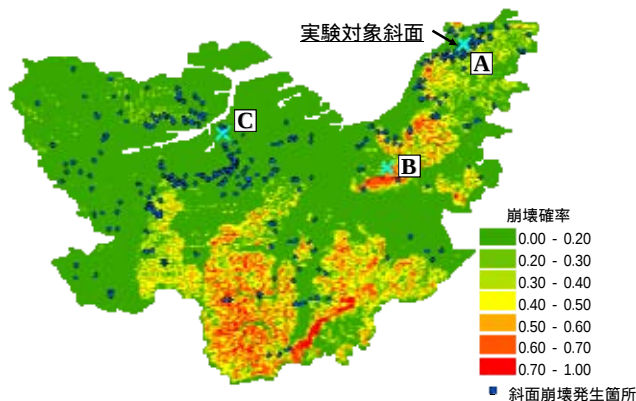
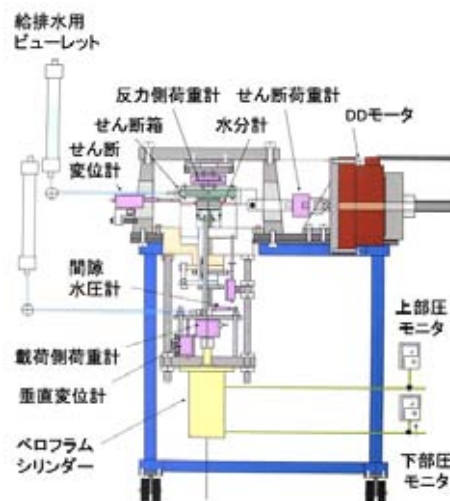
図-1 斜面崩壊ハザードマップ(北九州市)³⁾

図-2 一面せん断試験機

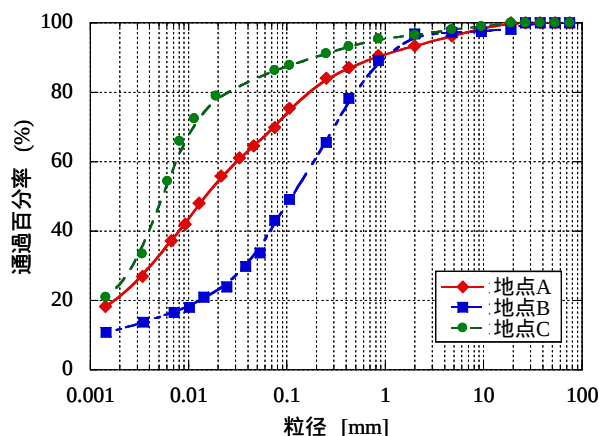


図-3 粒径加積曲線

表-1 物理特性および現場密度試験結果

試料	液性限界 w_L (%)	塑性限界 w_P (%)	塑性指数 I_P	土粒子密度 ρ_s [g/cm^3]	自然含水比 w_n (%)	湿潤密度 ρ_t [g/cm^3]	乾燥密度 ρ_d [g/cm^3]
地点A	46.6	31.3	15.3	2.70	23.63	1.661	1.344
地点B	46.3	28.5	17.8	2.71	17.72	0.821	0.697
地点C	43.9	33.5	10.4	2.72	19.68	1.702	1.422

0.2mm/min のせん断速度で、非排水条件で 7.0mm までせん断を行った。

3. 実験結果および考察

採取した試料の物理特性と現場密度試験結果を表-1 に、粒径加積曲線を図-3 に示す。本文で使用した地点 A の試料は低液性限界のシルト(ML)に分類された。

地点 A の水平変位とせん断応力の関係を図-4 に示す。いずれの飽和度、圧密応力においてもせん断初期に急激に増加したが、最大値を示さずにその後は一定の勾配で単調増加した。

各飽和度での圧密応力 60kPa における応力経路と破壊包絡線を図-5 に示す。応力経路に着目すると、 $S_r=66\%$ 、 $S_r=77\%$ ではせん断応力の増加に伴い、垂直応力が増加するといった、密な砂のものに類似する傾向を示した。一方、 $S_r=99\%$ ではせん断応力の増加に伴い、垂直応力が減少するといった、緩い砂に類似した傾向を示した。これは、飽和状態になることで、土粒子の滑動が容易になったためと考えられる。

各飽和度に対する粘着力 c' および内部摩擦角 ϕ' を図-6 に示す。内部摩擦角は、飽和度により若干の上下はあったが、大きな変化は見られなかった。 $S_r=77\%$ の時に最大となり、 $\phi'_{77\%}=36^\circ$ 、最小でも $S_r=66\%$ の $\phi'_{66\%}=33^\circ$ であった。このことから、内部摩擦角は飽和度による影響を受けず、概ね一定の値をとなることが分かった。一方、粘着力は飽和度の上昇に伴い、著しい減少が見られた。 $S_r=66\%$ で最大となり、 $c'_{66\%}=44\text{kPa}$ 、 $S_r=77\%$ では $c'_{77\%}=26\text{kPa}$ 、 $S_r=99\%$ では $c'_{99\%}=7\text{kPa}$ であった。自然状態に対して $S_r=77\%$ では約 59%、 $S_r=99\%$ の飽和状態では約 17%まで低下した。これは飽和度上昇に伴いサクションによる土粒子間吸着力が低下したためと考えられる。この結果から飽和度上昇に伴う見かけの粘着力の低下が確認できた。

4. まとめ

本文では、北九州市において過去に斜面崩壊が発生した実地盤で試料採取を行い、飽和度に着目した一面せん断特性を明らかにした。得られた結論を以下に示す。

- 1) 内部摩擦角は、飽和度による影響を受けず、概ね一定である。
- 2) 粘着力は、飽和度上昇に伴い著しく低下し、自然状態に対して $S_r=77\%$ では約 59%、 $S_r=99\%$ の飽和時では約 17%まで低下した。

<参考文献> 1) Julian K-M. Gan and D.G. Fredlund: Shear strength characteristics of two saprolitic soils, Canadian Geotechnical Journal, Vol.33, pp.595-609, 1996. 2) L.Montrasio and R.Valentino: A model for triggering mechanism of shallow landslides, Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol.8, pp.1149-1159, 2008. 3) 三角真貴子: 地理情報システムを導入した斜面崩壊リスクマップの信頼性評価, 九州大学卒業論文, 2008.

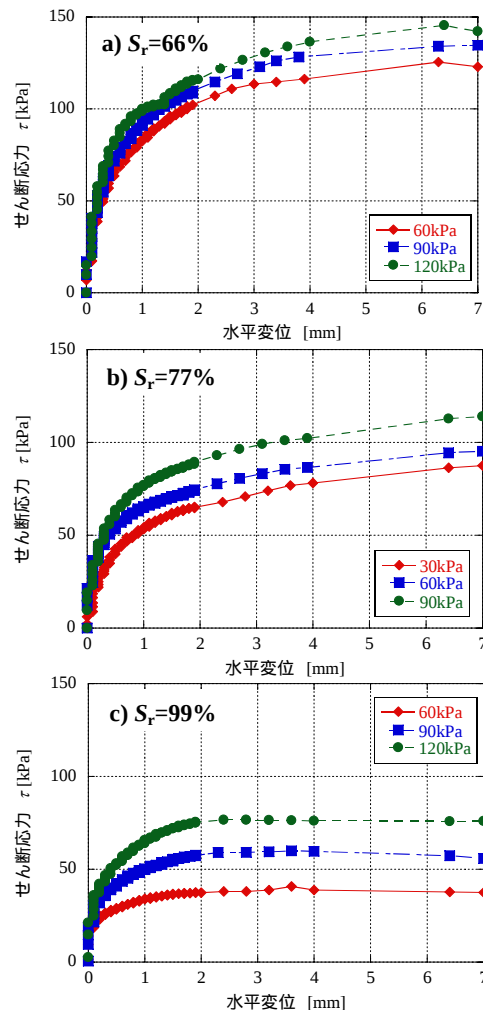


図-4 せん断応力と水平変位の関係

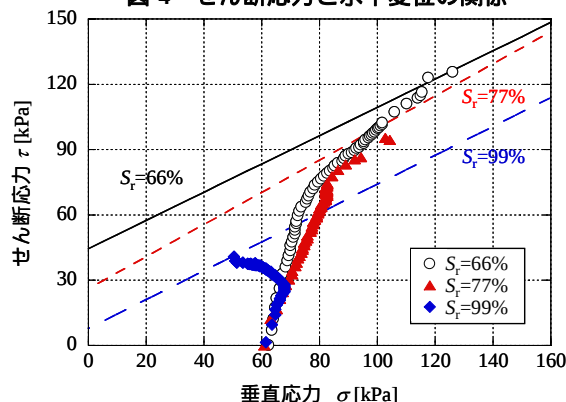


図-5 応力経路(60kPa)と破壊包絡線

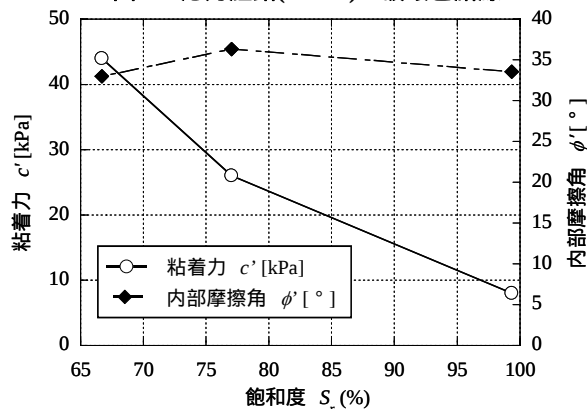


図-6 飽和度と強度定数の関係