

一面せん断試験機による砂質土の有効応力低下過程のせん断挙動特性

舞鶴工業高等専門学校 正会員 ○加登 文学
ケイコン(株) 非会員 北島 君則

1. はじめに

降雨に起因する斜面崩壊は、初期せん断の作用している地盤において、降雨による間隙水圧の上昇により有効応力が低下することで発生すると説明される。斜面の安定性は斜面安定解析による安全率で評価されるが、このとき用いられる土の強度定数が重要となる。一般的に、土の強度定数は三軸圧縮試験、一面せん断試験などの要素試験により求められるが、これらの実験方法では豪雨時の斜面の間隙水圧の上昇によって有効応力が低下していく応力経路が再現できておらず、また、強度を発揮するまでの変形量が考慮されていないといった問題がある。本研究では、豪雨時の斜面内部のすべり面において有効応力が減少していく過程を、一面せん断試験機により再現し、有効応力低下過程におけるせん断挙動について考察する。

2. 用いた試料

本研究では2種類の砂質土を用いて実験を行った。「由良川砂」($\rho_s=2.67\text{g/cm}^3$, $e_{\max}=1.05$, $e_{\min}=0.70$)と宮津市で採取された「まさ土」($\rho_s=2.74\text{g/cm}^3$, $e_{\max}=1.34$, $e_{\min}=1.09$)を用い、いずれも乾燥状態で実験を行った。試料の粒度分布を図1に示す。

3. 実験方法

実験に用いた一面せん断試験機は、垂直およびせん断方向の制御をそれぞれ直接駆動サーボモータにより行っており、独立して応力の制御が可能である。供試体寸法は直径6cm、高さ2cm

であり、上下せん断箱のすき間は0.5mmとした。供試体の乾燥密度 ρ_d は由良川砂で 1.5g/cm^3 、まさ土では 1.1g/cm^3 を目標に作製した。有効応力低下過程を再現した実験は、所定の垂直応力($\sigma_v=100\text{kN/m}^2$)と初期せん断応力($\tau_0=10,20,30,40,50\text{kN/m}^2$)を与えた状態を初期状態として、せん断応力を保ちつつ、垂直応力を一定の速さ(5N/min)で低下させて実施した。また、結果の比較を行うために定圧一面せん断試験も実施した。

4. 実験結果

有効応力低下過程を再現した実験結果を図2にまとめる。垂直応力の低下に伴うせん断応力とせん断変位の挙動を表わしている。図より両試料とも垂直応力を減少させていくと、ある時点でせん断応力が保てなくなり急激にせん断応力が低下し、その後は原点に向かっていく挙動を示すことがわかる。また、せん断変位は垂直応力の低下とともに徐々に発生していくが、その程度は由良川砂よりもまさ土の方が大きく、さらに初期せん断応力の大きいものほど緩やかに増加していることが分かる。

次に、図3にせん断変位と応力比(τ/σ_v)および垂直変位の関係を示す。図には有効応力低下試験の結果と定圧一面せん断試験の結果を示している。図より、由良川砂では実験経路や垂直応力の大きさによらず、せん断変位が1mmを越えたあたりで応力比のピークが見られ、その後、残留状態に至る挙動となっており、垂直変位の挙動は膨張傾向を示していることが見て取れる。一方、まさ土では定圧一面せん断試験の結果と有効応力低下試験の結果で明らかに違いがある。応力比のピークは明確には現れず、応力比が最大となるせん断変位量にも違いがある。また、垂直変位の挙動では高い応力域の結果ほど圧縮傾向を示し、応力レベルが小さいものは膨張傾向を示した。これはまさ土の圧縮性が高いことによるものと考えられる。

ここで、斜面の安定性評価に用いられる強度定数について考察する。図4はそれぞれの実験結果のピーク時

キーワード 一面せん断, 初期せん断, 有効応力低下過程, 強度定数

連絡先 〒625-8511 京都府舞鶴市字白屋 234 番地 舞鶴高専建設システム工学科 加登文学 kato@maizuru-ct.ac.jp

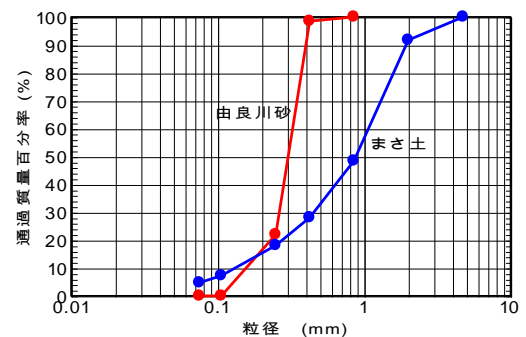


図1 試料の粒度分布

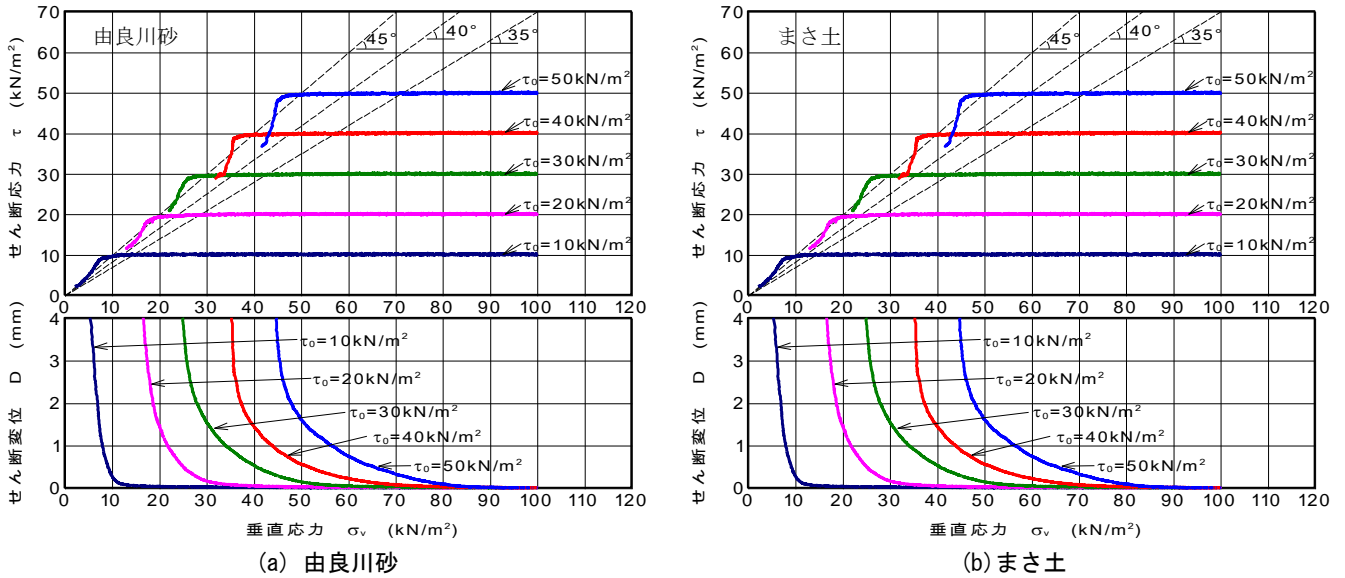


図2 有効応力低下過程におけるせん断挙動

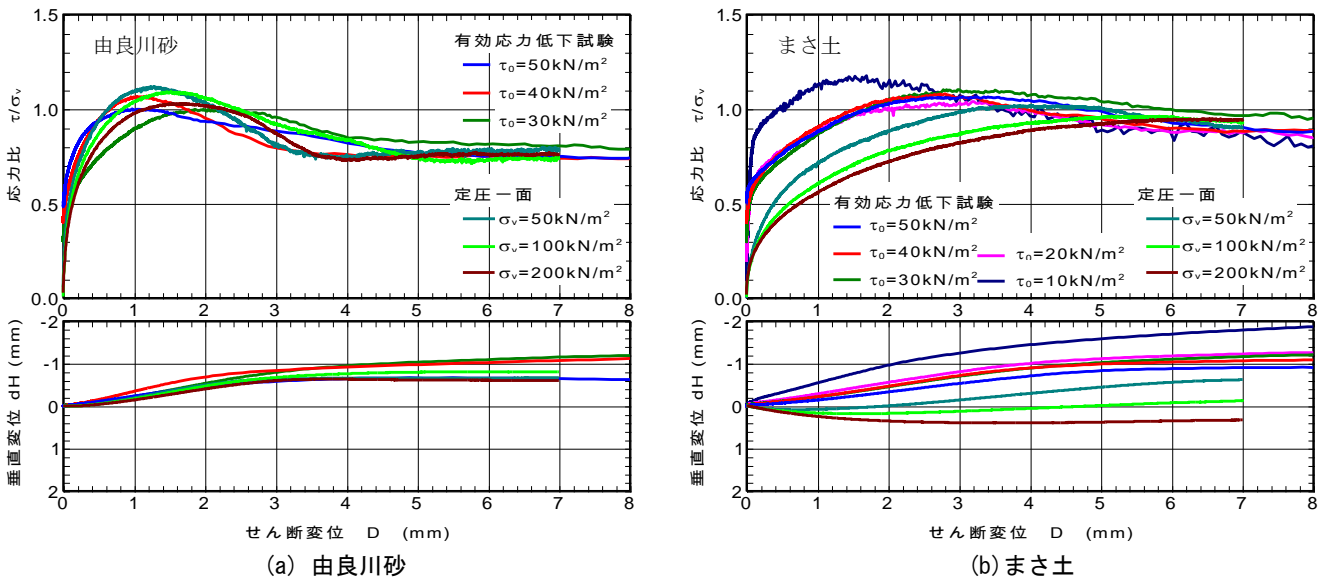


図3 せん断変位に対する応力比および垂直変位の変化

と残留時の応力比からセカントアンギュル $\phi_s (= \tan^{-1}(\tau/\sigma_v))$ を求め、垂直応力との関係でまとめたものである。由良川砂では垂直応力に依存した傾向は見られないが、

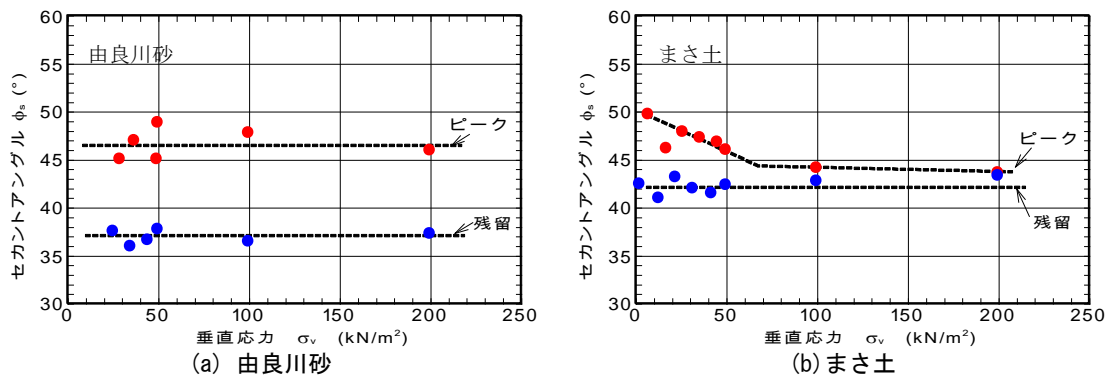


図4 セカントアンギュルと垂直応力の関係

まさ土ではピーク時の ϕ_s は垂直応力に依存して変化しており、特に低い応力域においてその傾向が顕著である。

5. まとめ

本研究では一面せん断試験機により初期せん断を与えた状態で垂直応力を減少させる実験を行い、有効応力低下過程におけるせん断挙動について考察した。その結果、均一な粒径の由良川砂では応力経路や応力域によらず、せん断挙動は変化しないこと、粒径幅の広く圧縮性の高いまさ土は応力レベルに依存してせん断挙動や強度定数に変化することがわかった。以上より、斜面安定解析に用いる強度定数はせん断破壊が生じる応力レベルを考慮して決定することが重要であるといえる。