

山口大学大学院
山口大学大学院
西日本高速道路（株）

学生会員 ○伊藤彰悟 中本昌希
正会員 中田幸男 兵動正幸
正会員 竹國一也

1. 序論

近年、花崗岩分布地域である西日本では、集中豪雨等により土砂災害が発生している。平成 21 年 7 月中国・九州北部豪雨などではまさ土斜面で表層崩壊が発生し多くの土石流が発生¹⁾していることから、降雨によるまさ土斜面での表層崩壊発生メカニズムを解明することは重要といえる。そこで、表層崩壊時のせん断挙動を把握するため、斜面表層の応力状態と地盤内の水分状態を再現する低圧単純せん断試験機の開発を行った。まず、低圧条件下で試験の実施のため、メンブレンの張力の補正方法を検討した。次に、開発した試験機の基本的な性能の確認を行うため、粒径の異なるガラスビーズ、豊浦砂、2 種類のまさ土を試料として圧密排水条件のもと異なる垂直応力でせん断試験を行った。

2. 開発した試験機の特徴

試験機の特徴は、写真-1 に示すようにせん断箱がローラーの組み込まれた 9 枚の積層板から構成されている点である。このため、せん断時に各積層板が独立してせん断方向に変位し、供試体に単純せん断変形を与えることができる。また、荷重計の最大容量が 500N のものを使用し、PC 制御によるモータを介して載荷軸の上下動で鉛直力载荷が行われ、低圧条件下での多様な垂直応力状態に対する試験が可能となっている。また、供試体上部から間隙空気圧を与えることによって、供試体の水分状態をサクシオン制御によって管理できる構造になっている。本試験機におけるひずみの定義として、せん断中の水平変位をせん断開始時の供試体高さで除したものをせん断ひずみ、せん断中の垂直変位を供試体高さで除したものを体積ひずみとしている。

3. メンブレン張力の補正

図-1 に示すように、高さ 20mm のメンブレンの上下をピストンと積層板下部に固定して、ピストンを上に持ち上げメンブレン張力を測定した。図-2 にメンブレンの引張り試験により求めたメンブレン張力とひずみの関係を示す。ここで、引張り中の垂直変位を引張り開始時の 20mm で除したものをひずみとした。試験中では、せん断変位と鉛直変位によるメンブレンの伸びひずみに対して図-2 の近似式を適用してメンブレン張力を求め、補正することとした。算出したメンブレン張力補正式の妥当性を検討するため、粒径 1.5mm の乾燥状態のガラスビーズに対し、メンブレンを装着した場合と非装着の場合でせん断試験を行った。垂直応力 σ



写真-1 せん断箱および積層板

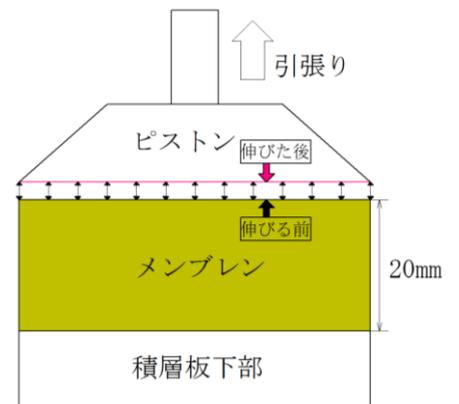


図-1 メンブレン張力の測定

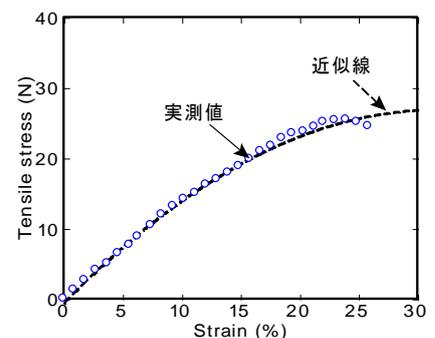


図-2 メンブレン張力とひずみの関係

=50kN/m²について、メンブレンの非装着の結果、メンブレンを装着した結果およびメンブレン張力を補正した結果を図-3 に示す。この結果から、メンブレン張力補正後の結果がメンブレンを装着していないせん断結果をおおよそ捉えていることがわかる。粒径0.1, 0.4, 1.5, 2.0mm の乾燥状態のガラスビーズに対し、垂直応力 $\sigma=10, 30, 50\text{kN/m}^2$ において、せん断試験を実施した。各垂直応力で圧密15分行った後、せん断速度0.2%/min でせん断を行い、せん断ひずみ26%到達までの最大せん断応力をせん断強度とした。図-4にメンブレン張力補正した上でのせん断強度と垂直応力の関係を示す。この図から各粒径における粘着力 c は0に近い値が得られたことから、メンブレン張力補正式が様々な粒径の試料に適用できることがわかる。また、せん断強度と垂直応力の傾きは粒径の影響をうけた。

4. 低圧単純せん断挙動

豊浦砂、福岡まさ土、周南まさ土を用いて圧密排水せん断試験を行った。各試料の平均粒径は、それぞれ0.2, 0.4, 0.8mmであった。豊浦砂では、自然乾燥状態のものを用い、乾燥密度1.587g/cm³となるようせん断箱の中に作製した。福岡、周南まさ土の供試体は、乾燥密度 $\rho_d=1.503\text{g/cm}^3$ となるように、含水比15.6%にした試料を5層に分け、締固め力1.18kNの静的な締固めにより作製した。供試体作製後、垂直応力 $\sigma=10, 30, 50\text{kN/m}^2$ で1時間圧密し、せん断速度0.2%/min でせん断を行った。ここでは、せん断ひずみが26%に到達するまでの最大せん断応力をせん断強度とした。図-5に各試料のせん断挙動を、また、図-6にせん断強度と垂直応力の関係を示す。この関係にクーロンの破壊基準を適用した結果、豊浦砂、福岡まさ土、周南まさ土のせん断抵抗角はそれぞれ $\phi=47.0, 24.1, 22.7^\circ$ となった。また、粘着力は、それぞれ $c=9.0, 20.7, 13.0\text{kN/m}^2$ となった。

5. 結論

本研究では、表層崩壊の発生メカニズム解明のために低圧単純せん断試験機を開発した。この中で、まず、メンブレンの引張り試験によって得られた張力とひずみの関係に基づいて張力補正方法を検討した。また、粒径の異なるガラスビーズと三種類の砂を用いてせん断試験を実施し、開発した試験機の適用性の確認を行った。その結果、今回開発したせん断試験装置は、採用した垂直応力の範囲において、適用可能であることを示した。

参考文献

- 1) 財団法人 砂防・地すべり技術センター：土砂災害の実態 2009. p.20, 2009.
- 2) 後田真理, 中田幸男, 兵動正幸, 吉本憲正：不攪乱まさ土のための低圧単純せん断試験機の開発, 63回土木工学会中国支部研究発表概要集, III-p.45, 2011.

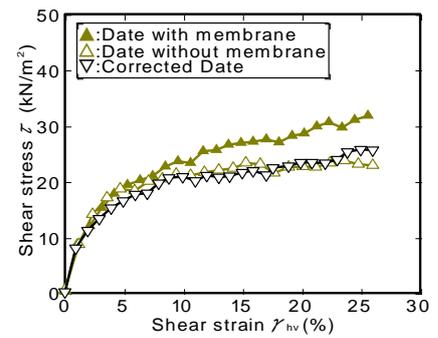


図-3 粒径1.5mmのガラスビーズに対する鉛直応力50kN/m²の試験におけるメンブレン張力補正

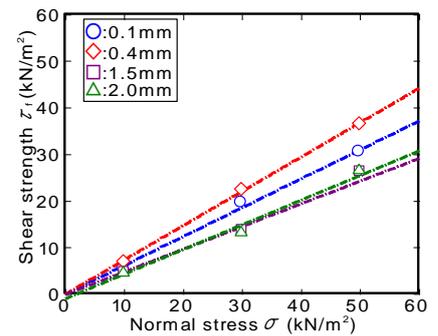


図-4 粒径の異なるガラスビーズのせん断強度と垂直応力の関係

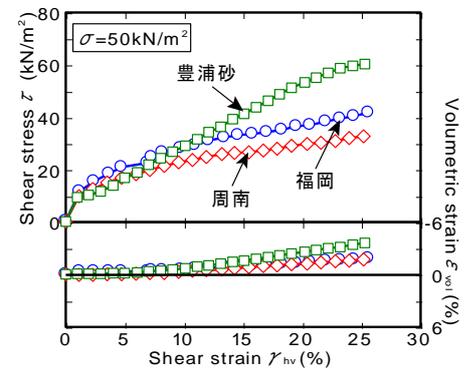


図-5 種々の砂質土のせん断挙動

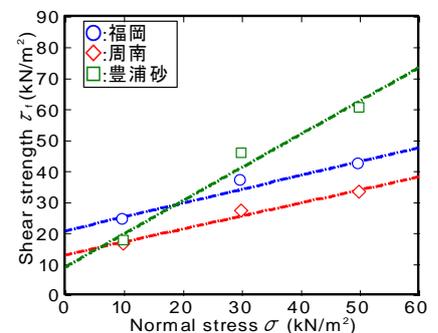


図-6 種々の砂質土のせん断強度と垂直応力の関係