山口大学大学院	学生会員	○伊藤彰悟
		中本昌希
山口大学大学院	正会員	中田幸男
		兵動正幸
		吉本憲正
西日本高速道路(株)	正会員	竹國一也

# 1. 序論

平成 21 年 7 月に発生した「中国・九州北部豪雨」の福岡県大野城市乙金 地区の九州自動車道沿いのまさ土斜面でみられたように表層崩壊が発生し, 甚大な被害を引き起こす事例が多発している<sup>1)</sup>. このため表層崩壊時のメ カニズムを明らかにすることが重要である.本研究では,斜面の強度変化 を把握するとともに表層崩壊時の斜面の水分状態と応力状態を再現する低 圧単純せん断試験機を用いて,まさ土のせん断挙動に与えるサクションの 影響を明らかにすることを試みた.

#### 2. 低圧単純せん断試験機の改良

本研究で用いた低圧単純せん断試験機<sup>2)</sup>を写真-1に示す.試験機の特徴 として、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、低圧での試験が可能 となっている. 昨年度からの試験機の改良点は, PC 制御によるモ ータの上下動による鉛直力の載荷である.これにより、多様な垂 直応力変位状態での試験が可能になり供試体寸法は直径 60mm, 高さ 22.6mm の円柱状である.供試体にメンブレンを覆って試験 を行うため、メンブレン張力補正を検討した.この張力補正量は、 ガラスビーズを用いて求めることとした. 粒径 0.1, 0.4, 1.0, 1.5mm の乾燥状態であるガラスビーズを用い,試験を行った.垂直応力 σ=10, 20, 30, 40, 50kN/m<sup>2</sup>として, 各垂直応力で圧密を 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%到達時にせん断を終了した. 図-1 はメンブレンを非装着状態 で行った試験結果,図-2はメンブレンを装着した場合の試験結果 である.これらの結果から、粒径による応力ひずみ関係の違いが ないことがわかる.図-3はメンブレン装着時と非装着時の比較を 示している.この関係から、メンブレン張力の影響は変位の増加 とともに大きくなっている. これらの差を二次近似曲線で表すこ とにし、各垂直応力のメンブレン張力補正式とした. 定式化され た補正量を用いて張力補正を行った結果、図-3に示すように、メ ンブレン非装着時と張力補正を行った結果がほぼ近い値となった.



写真-1 低圧単純せん断試験機



以後,このメンブレン張力補正式を用い,まさ土内に発生している せん断応力の値として検討に用いる.

### 3. まさ土の単純せん断強度に与えるサクションの影響

乾燥密度 ρ<sub>d</sub>=1.503g/cm<sup>3</sup>, 自然含水比である飽和度 S<sub>=</sub>54%の供試 体が作成された.供試体は、5層に分け、締固め強さ 1.18kN で静 的に締固めて作成した.図-4に示すまさ土の初期サクションと飽和 度の関係から, 飽和度 20, 40, 60, 80%のサクションがそれぞれ su=0.4, 1.9, 7.7, 34.9 kN/m<sup>2</sup>となることがわかる. 飽和度が増加するに従っ て、サクションが減少する一般的傾向を示す. せん断試験では、間 隙水圧 $u_w=0$ kN/m<sup>2</sup>として,供試体に間隙空気圧を加えることにした. 作成した供試体をセラミックディスクに設置後、供試体に間隙空気 圧 ua=0.4, 1.9, 7.7, 34.9 kN/m<sup>2</sup>を与え,供試体内部の水分量の変化 量が 0.02g/h 未満になった時,設定したサクション状態に到達した と判断した.その後,垂直応力 $\sigma=30$ ,40,50kN/m<sup>2</sup>で1時間圧密を し、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-5はせん断ひずみとせ ん断応力および体積ひずみの関係を示す.その結果,垂直応力  $\sigma$ =50kN/m<sup>2</sup> でサクションが増加するとせん断応力は大きくなってい る. また,供試体の体積は膨張傾向を示し,サクションが大きいほ ど,膨張傾向が大きくなった.これは、土粒子間の引力であるサク ションが大きいほど、多くの土粒子が引きつけあった状態でせん断 されたためである.図-6に示す垂直応力とせん断強度の関係には、 クーロンの破壊基準を適用した. その結果 ϕ =35.0°となった. 図-7 にサクションとせん断強度の関係を示す. 垂直応力 σ=30kN/m<sup>2</sup> で s<sub>1</sub>=0.4, 1.9, 7.7, 34.9kN/m<sup>2</sup>の時のそれぞれのせん断強度は, τ=23.96, 26.99, 37.18, 49.51kN/m<sup>2</sup>となり、サクションが増加するとせん断 強度が増加していることから、サクションはせん断強度に影響を与 えていることがわかる.また、図-7に示すサクションとせん断強度 の関係から、サクションとせん断強度は比例関係でないことがわか る.

#### 4. 結論

本研究では、改良した低圧単純せん断試験機を用いて、ガラスビ ーズを用いてメンブレン張力補正量を求めた.加えてメンブレン張 力補正式をまさ土に適用し、サクション変化がせん断強度に与える 影響を明らかにすることを試みた.その結果、垂直応力が同一の場 合、サクションが増加するとより膨張挙動を示し、せん断強度が増



図-5 せん断ひずみとせん断応力および 体積ひずみの関係



図-7 サクションとせん断強度の関係

加した.また、サクションとせん断強度は比例関係でないことがわかった.

## 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.