

PII-18 根系を含む一面せん断試料内部のひずみについてのモデル計算

東大院農 ○加藤誠章、執印康裕

1.はじめに

森林斜面の安定に寄与している根系の補強効果は根系の「曲げの抵抗」、「接線方向の摩擦力」、「根系の延びの抵抗」等により発揮されると言われている。従来、根系の補強効果を求める手法として一面せん断試験をはじめとするせん断試験が行われている。一面せん断試験は、実験が簡便でせん断強度を直接的に求めることができる反面、せん断試料内部の応力-ひずみ関係を知ることができないという欠点を持つ。また、降雨による表層崩壊の予測のためには、土壌水分条件が根系の補強効果に与える影響をとらえる必要があるにもかかわらず、実際に検討した例は非常に少ない。

本研究では、せん断試料内部のひずみを測定することが可能な一面せん断試験機を開発し、根系の挿入条件がせん断試料内部の変位に与える影響を評価を行った上で、せん断試料内部のひずみ条件の変化を視野に入れた根系の評価モデルを作成することを目的とした。

2.実験手法

本研究で用いたせん断試験機の模式図を図1に示す。せん断箱は縦横各20cm、高さ10cmからなるアクリル製で、上部5cmが可動部になっている。試料は豊浦標準砂で下部を定水位タンクと連続させた砂柱と連続させることで定水位タンクの水位変化によりサクション制御を可能にした。模擬根系は直径0.27cm、長さ10cmの竹串を用い、せん断面の上下5cmに鉛直に挿入した。竹串の強度は土体と比較したとき十分に強く、せん断変位を与えたときにせん断箱内で回転するものの、根系自身に曲げ等の変形は認められない。さらに、内部のせん断変形を把握する為に直径2mm、高さ約1.6mmの円筒形のアクリルビーズを垂直に試料内に並べて埋め込むことにより位置を確定した。尚、アクリルビーズの位置はせん断面をデジタルカメラで撮影した後に鉛直方向に5mm毎にアクリルビーズの横方向の座標を0.5mmの刻みで読み取った。また、横方向の座標の差が大きいところは鉛直方向に1.0mm毎に読みとった。

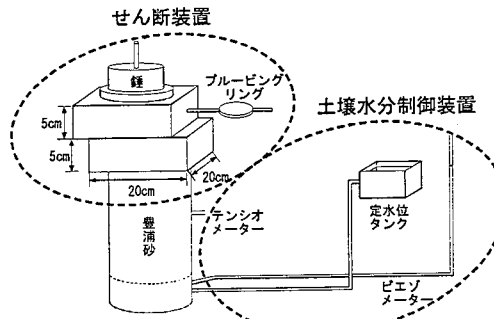


図1.せん断試験機の模式図

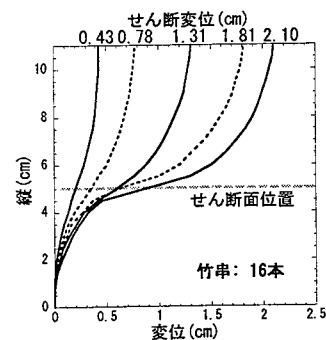


図2.せん断変位と内部の変位の関係

3.実験結果

3.1.せん断変位の進行に伴う内部の変位について

図2に一例としてサクションが30cmH₂O、垂直応力が74.50gf/cm²、挿入した竹串の本数が16本の時のせん断変位と内部の変位の関係を示す。せん断初期には鉛直方向に均等に内部のひずみが生じ、せん断が進行するとせん断面(図中の縦5cm)付近でひずみが卓越することがわかった。

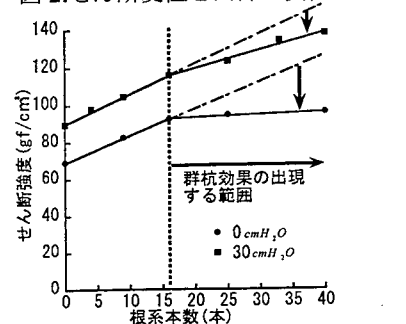


図3.根系本数とせん断強度の関係

3.2. せん断強度に与える模擬根系の本数の影響について

図3に根系本数とせん断強度の関係を示す。図より、根系本数が16本以上になると根系1本あたりの補強効果が減少すること(群杭効果)が確認された。また、図4より、せん断試料内部のひずみは、16本以下のときは根系が少ないほどせん断面付近に集中すること、16本以上では根系の本数によらず一定であることがわかった。また、観察の結果、根系が少なく、せん断変位が大きいときは土体と根系の変位は一致せず、土体が根系の周囲を回り込むことがわかった。

3.3. せん断強度に与える土壌水分条件の影響について

本研究ではサクションが0、30cmH₂Oの2条件で行った。結果、いずれのサクションにおいても群杭効果を示す根系本数は同じこと、0cmH₂Oの方が群杭効果による根系1本あたりの補強効果の低下の度合いが大きいこと、せん断試料内部のひずみが鉛直方向に分散することがわかった(図略)。

4. 数値解析

実験の結果、根系の変位と土体の変位が必ずしも一致しないこと、用いた模擬根系が変形しないこと、せん断試料内部のひずみ量の分布が根系本数により異なること、群杭効果を示す根系本数以上になったときにひずみが鉛直方向に均等に生じること等がわかった。本研究では、上記の結果を説明するために、根系の補強効果の要因として根系の横方向の摩擦力が主要なものである仮定し、せん断面については摩擦、根系の補強効果については横方向の摩擦のみを与え、数値解析を試みた。計算では、せん断試料を弾性体、根系を剛体で近似し、2次元の有限要素法を用いた。土体は弾塑性体として良好に近似可能であることが既存の研究により知られている。本実験では簡便のため砂を弾性体で近似したが、根系本数が多いとひずみが鉛直方向に均等に分散すること(図5)、根系は群杭効果を示すこと(図7)、群杭効果を示す根系本数以上になったときに、せん断箱の上下でせん断試料が連続であること(図6)が再現された。

5. まとめ

せん断面観察実験の結果、一面せん断試料内部の応力-ひずみ関係が明らかとなり、内部のひずみに対する根系の影響を検討することが可能になった。その結果、根系の補強効果は根系のみにより評価されるものではなく、根系の存在が土体のひずみに与える影響も評価することが必要であることがわかった。上記の実験結果を踏まえて、新たに根系の存在による土体の変形状態の変化を説明可能な根系評価数値計算モデルを構築することにより実験結果と同様の傾向が再現された。しかしながら、本研究においては試料を弾性体として近似しており、従来言われているように弾塑性体近似を行うことにより再現性が向上することが十分考えられる。今後は、弾塑性体と近似した再現計算を行う予定である。

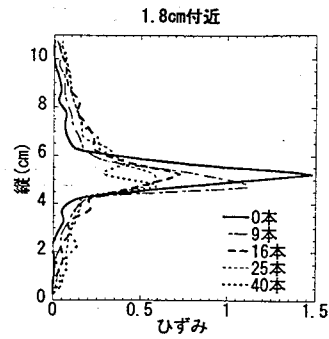


図4.せん断試料内部のひずみ

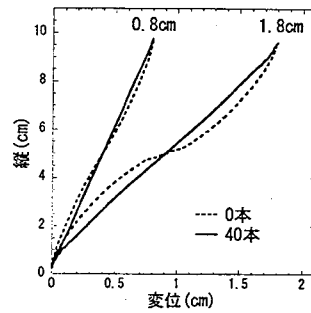


図5.内部の平均の変位(計算結果)

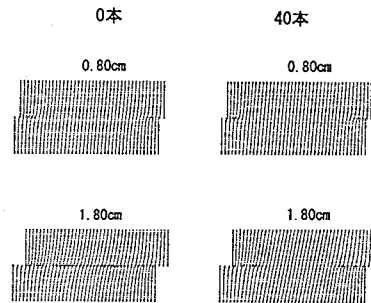


図6.試料内部の変位(計算結果)

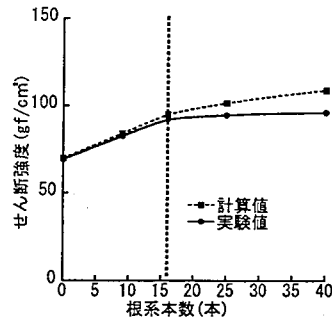


図7.根系本数とせん断強度の関係(計算結果)