

## 植生の根系を含む土供試体のせん断特性に関する基礎的研究

(独)国立高専機構 岐阜工業高等専門学校 専攻科 学生会員 ○寺戸 裕二 岩田 悠里  
(独)国立高専機構 岐阜工業高等専門学校 正会員 和田 清 稲葉 金正

### 1. はじめに

近年、短時間かつ局所的な集中豪雨により地盤の保水性が失われ、全国各地で土砂災害が生じている。一方土砂崩壊現場では、応急排水などの復旧工事が行われた後、法面の安定化を図るために法面緑化工、のり砕工、吹付工といった法面工事が行われている。法面に繁茂する草本類は、環境保全や景観保全の配慮のみだけでなく、表面温度の低減効果や根系による土砂災害防止機能を有しており、表層崩壊の抑制に貢献している。特に法面緑化に用いる緑化資材として、従来と比較し種子を作らず被覆性に優れ、雑草の侵入防止効果をもつイワダレソウが着目されている。そこで本研究ではイワダレソウに着目し、根単体における引張・せん断特性の把握およびイワダレソウの根系を含んだ土供試体の一面せん断試験から、法面保護性能や土壌の安定性について検討することを目的とする。

### 2. 研究方法

#### (1) 植生単体における根系の強度試験

図-1 に示す岐阜県産業技術センターの引張試験機 AGS-J (5kN) を使用し、イワダレソウの根元から 10, 20, 30cm の間隔で引張試験を行い、土中深さ方向の引張強度を算定した。その後、10cm 間隔の短冊状になったイワダレソウを 2 面せん断用治具を用いてせん断試験を行い、せん断強度を算定した。強度算定にあたり引張・せん断変形に関する変位速度は 20mm/min で計測を行い、それぞれの試験後に根径を測定して得られた試験力から強度を算定した。

#### (2) 根系を含む土供試体の一面せん断試験

根系を含めたせん断試験が行えるように、図-2 に示す従来よりも規模の大きい一面せん断試験機を試作し、イワダレソウの有無によって土壌のせん断強度がどの程度変化するかを検討した。まず初めに試験機の特性を把握するため、試料無し状態で一面せん断試験を行い、ベアリングおよびバネの初期特性を検討した。次に、標準砂、マサ土、黒ボク土の 3 種類の土を用いて土供試体における一面せん断試験を各サンプルで 3 回ずつ行い、試作した試験機における土の特性の検討を行った。実験条件として、せん断面が試験機の筒底から 4.3cm の位置にあるため、せん断面が中央になるように高さ 8.6cm の土供試体を作成し、9.8N (1kgf) の載荷荷重をかけて試験を行った。また、不純物を取り除くため、試料特性が保たれる範囲でふるい分け (< 6mm 以下) を行い、含水比は自然条件に近い状態にするため、採取した状態で計測した。これらの試験により基礎的な特性を把握した後、根系を含めた土供試体のせん断試験を行うため、試験機に合わせて高さ 300mm、直径 106.6mm でマサ土および黒ボク土にイワダレソウを植栽した供試体を 3 サンプルずつ作成した。また、植生業者により栄養素の高い畑土にヒメイワダレカツミ草を植栽した供試体が作成され、計 9 サンプルにおいて供試体の底面から 25mm 間隔でせん断試験を行い、深さ方向におけるせん断特性の把握および土壌のせん断強度との比較を行った。計測方法は、全ての一面せん断試験において変位速度 10mm/min で計測を行い、せん断試験機の荷重計と変位計から得られたデータを AD 変換し、解析した。

### 3. 結果および考察

図-3, 4 はイワダレソウの根単体における変位と引張・せん断応力の関係を示している。同図により、試験力から断面積を考慮した応力に換算すると、根の太さや長さによらずほぼ同程度の曲線を示すことがわかる。また、横軸の変位に着目すると、せん断試験はわずかな変位でせん断破壊が生じるが、引張試験ではせん断試験に比べ大きな変位が生じてから破壊する。さらに、最大応力の平均値を算定し比較した結果、引張応力は  $19.5\text{N/mm}^2$ 、せん断応力は  $30.4\text{N/mm}^2$  となり、せん断応力は引張応力の約 1.5 倍の強度があることがわかる。このことから、根単体における引張・せん断応力の特性を把握することができ、微小変位における



図-1 AGS-J(引張試験機)

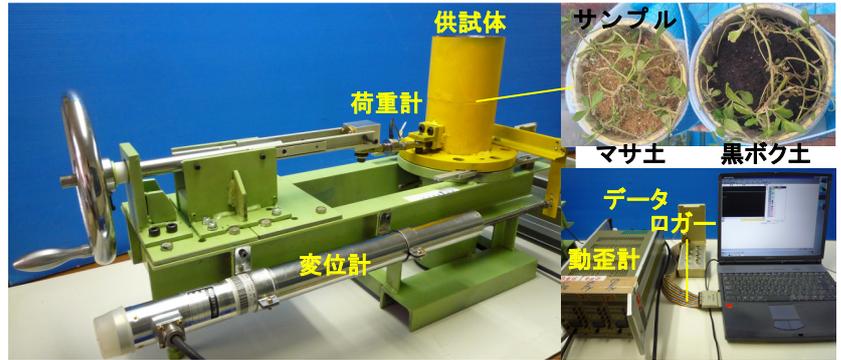


図-2 一面せん断用試験機(試作機)

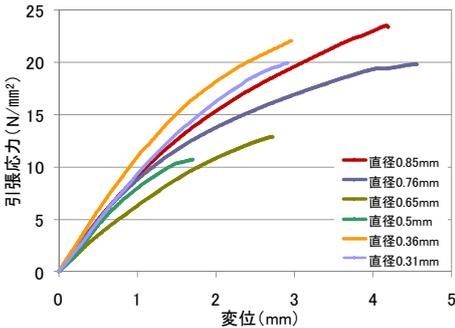


図-3 引張応力-変位曲線(根単体)

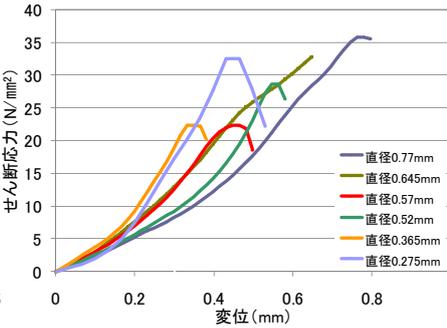


図-4 せん断応力-変位曲線(根単体)

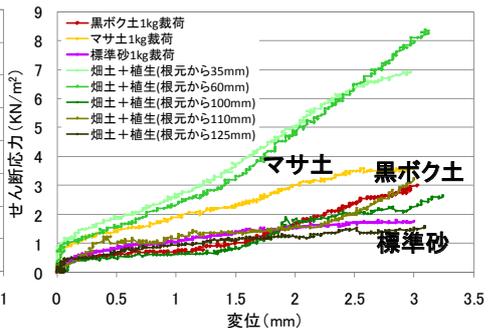


図-5 せん断応力-変位曲線(土, 土+植生)

根系を含んだ土供試体のせん断試験を行った場合、せん断強度が大きくなることが示唆された。

次に、標準砂、マサ土、黒ボク土の土単体における一面せん断試験を行った結果、図-5に示すようにマサ土が最もせん断応力が大きくなった。マサ土は、他の2種がクリープし始めようとしていても、まだ変位とせん断応力が比例した関係にあり、他とは大差で強度が大きいことがわかる。また、黒ボク土は他の2種よりも降伏点が低く、小さいせん断応力でも変位が生じやすいことがわかる。このことから、3種の粒度特性の違いによる強度の差を試作された試験機で明確に表現することができた。そこで、植生業者により作成された根系を含む土供試体のせん断試験結果を図-5に併記した。標準砂の結果を紫色、黒ボク土の結果を茶色、マサ土の結果を黄色で示し、根系を含む土供試体の結果を根元に近づくにつれ黄緑色になるように示している。同図からわかるように、根元から100mm以上離れている箇所でのせん断応力は、黒ボク土と同程度の形状を示し、根元に近づくにつれせん断強度が大きくなり、根元に最も近い35mmでのせん断応力は黒ボク土の3倍程度大きくなっている。これは根元に近づくにつれ根が太くなること、また密に根が伸びていたためであると考えられる。根元から100mm以上離れた箇所でのせん断結果が黒ボク土に類似したのは、植生業者により作成された根系を含む土供試体は畑土で構成されており、土質としては黒ボクに類似しているためである。また、根元から100mm以上離れた箇所では、根が伸びていても径が細いため根による強度増加が小さく、黒ボク土と同程度のせん断強度を示したと考えられる。また、せん断試験を行った後に根の状態を観察した結果、密に生長しておりせん断試験後の根を伸ばして長さを測定したところ、200mmであった。根径は太い茎で0.25~0.30mm、細い茎で0.10~0.15mm程度であった。供試体の高さが200mmであることから、それ以上に根が活発に生長していることがわかり、供試体の中で様々な方向に根が伸びていたことがわかる。

以上のことから、根元から離れている箇所では根が密であっても根が細いため、土壌単体と同程度のせん断応力度を示し、根が太い根元に近づくほどせん断応力度が大きくなることから、試作した一面せん断試験機を用いて根系による強度向上効果を定性的に示すことができた。

#### 4. おわりに

根系を含む土供試体と土壌単体の供試体を比較した結果、根が太い根元に近くなるほど土単体よりもせん断応力度が大きくなることが示唆されたが、3サンプルにおける比較であるため、マサ土および黒ボク土にイワダレソウを植栽した土供試体においても同様にせん断試験を行い、比較検討を行っていく。