

抜根試験機による根-土接触面のせん断挙動の把握及びモデル化

Shear Tests and Modeling of Root-Soil Contact Interface by Using Novel Pullout Test

友部 遼・藤澤和謙・村上 章

Haruka Tomobe, Kazunori Fujisawa, Akira Murakami

1. 緒言

根混じり土は、堤体や斜面、山林などに広がれば表層崩壊防止機能や侵食防止機能を発揮し、国土保全機能や水資源の涵養機能を発揮する。また、圃場へ目を向ければ、根混じり土は作物体を支持することで圃場の作物生産機能を支えている。だが、前者においては根による土の補強効果が生じるメカニズムが明らかでないこと、後者においては転び型倒伏の予測に適用可能な根混じり土の力学モデルが存在しないことが課題である。これらは、根混じり土の力学挙動を構成する微視的（根、土、根-土接触面）力学挙動に関して知見が不十分であることによる。発表者らは、根-土接触面の力学挙動を実験と理論の両面から明らかにするため、抜根試験機の開発、オオムギ根と圃場土を用いた抜根試験の実施、および接触力学に基づいて実験結果の数理モデル化を行った。

2. 材料・方法

図1に抜根試験機の概要を示す。抜根試験の目的は、根-土接触面における変位-せん断応力関係および垂直応力-せん断強度関係を得ることにある。供試オオムギ根を抜根穴に通し、麻紐により根とロードセルを繋いだ上で、含水比、質量を調整した現地水田土試料をせん断箱に入れ、供試体上部をソイルナイフにより水平に整え、供試体上部にアクリル板を載せ、その上に金属製のおもりを順に載せた。载荷後、20分程度経過したのちに0.1 mm/minで抜根を開始し、およそ1時間をかけて6.0 mm引き抜き、その際の水平土圧、引き抜き抵抗、水平変位を計測した。試験結果の整理のため、引抜き材と土の接触面での垂直応力 σ とせん断応力 τ を算定する。接触面に作用する垂直応力 σ は次式で計算できる。

$$\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \quad (1)$$

$$\tau = \frac{S}{2\pi rL} \quad (2)$$

ここに、 σ_1 は鉛直载荷圧、 σ_3 は土圧計により計測された水平土圧、 τ はせん断応力、 S は測定された引抜き抵抗、 A は土の接触面積、 r と L はそれぞれ引抜き材料の半径と土との接触長さである。なお、供試根としてオオムギ根を、供試土として根採取地点の水田土を用いた。

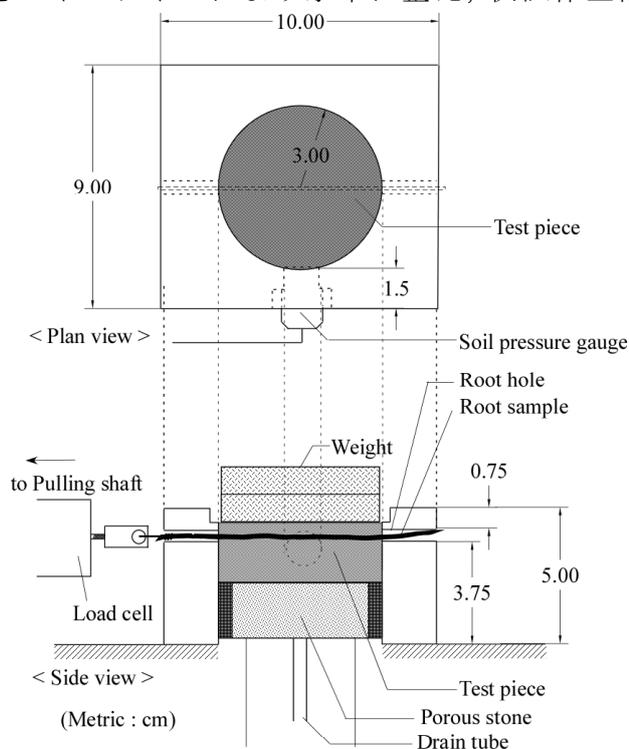


図1 抜根試験機
Geometry of pullout test

3. 結果及び接触力学による整理

せん断応力-変位関係を図 2 に示す。ピーク強度に至るまでの傾きは一定であるが、ピーク強度付近からピーク強度以降にかけてはせん断応力が振動しつつ減少した。

根混じり土の挙動を予測するため、本試験結果により得られた根-土接触面における変位-せん断応力関係を接触力学に基づきモデル化を行った。これまで、異種材料間の接触面における変位-せん断応力関係をモデル化する代表的な手段として、接触力学の観点から弾塑性論のアナロジーを用いた定式化が行われてきた (e.g., Wrigger, 2002)。接触力学において、典型的な接触面の摩擦は図 3 に示されるようになる。接触面での変位 u が小さい場合、せん断応力は変位とともに直線的に増加するが、変位がある大きさになると降伏点に至り、せん断応力はそれ以上増加しなくなる。変位を低下させた場合は、直線的にせん断応力が減少し、再び変位を増加させるとせん断応力は上述と同様の变化を示す。この変位とせん断応力の関係は、弾塑性体の応力-ひずみ関係と類似する。

本定式化を試験結果に適用したフィッティング結果は図 2 の通りである。ピークに至る領域で、概ね良好に変位-せん断応力を表現できた。

4. 結論

根-土境界面の力学挙動に対して接触力学に基づく力学モデル化が適用できることが示された。今後は、実際の圃場および植生への適用を目的に、FEM による数値シミュレーションを行う予定である。

謝辞

本研究の遂行にあたり快く供試材料をご提供頂きました、本学農学専攻作物学研究室の皆様へ感謝致します。

参考文献

- 1) B.B. Docker, T.C.T. Hubble (2008) : Quantifying root-reinforcement of river bank soils by four Australian tree species, *Geomorphology*, **100**(3), 401-418.
- 2) S. M. Hejazi, M. Sheikhzadeh, S. M. Abtahi, A. Zadhoush (2012) : A simple review of soil reinforcement by using natural and synthetic fibers. *Constr. Build. Mater.*, **30**, 100-116.
- 3) C-S. Tang, B. Shi, L-Z. Zhao (2010) : Interfacial shear strength of fiber reinforced soil, *Geotext Geomembranes*, **28**, 54-62.
- 4) P. Wrigger (2002) : *Computational contact mechanics*, Springer, 69-93.

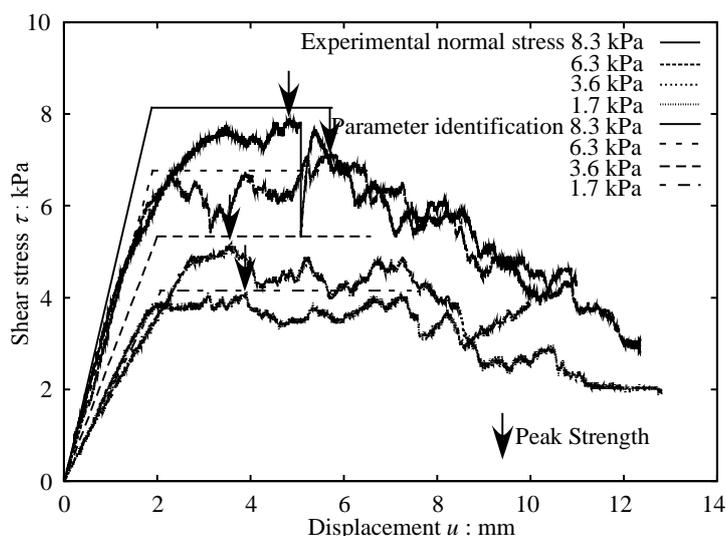


図 2 試験により得られた変位-せん断応力関係およびフィッティング結果
The result and fitting of relationship between shear stress and displacement

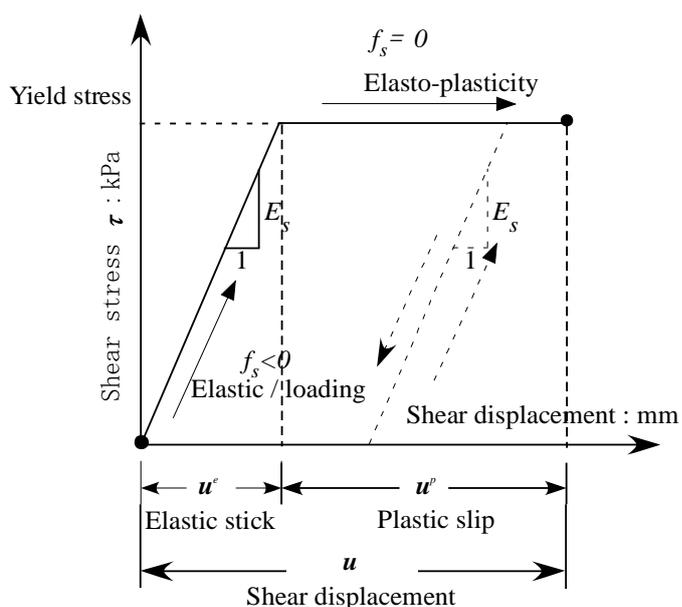


図 3 接触力学による摩擦モデル
The model of frictional contact