

根-土境界面におけるせん断挙動に関する実験的研究

An Experimental Study of Shear Behavior on the Root-Soil Boundary

友部 遼*・藤澤和謙*・村上 章*

Haruka Tomobe, Kazunori Fujisawa, Akira Murakami

1. 緒言

人類の調和ある生存を目指す上で、作物単収の維持・向上は必要不可欠である。その重要な論点の一つとして、根と土の入り交じる領域、すなわち根混じり土の力学挙動がある。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ことで作物生産を支えている。また、畑や水田に広がる根混じり土はその力学的強度により、風雨に際して作物体を支持し、転び型倒伏を防ぐことで、作物単収および収穫効率の重要な要因となっている。その両方において共通する未解明な課題として、根と土の境界のせん断挙動がある。本研究では、根の分布する低拘束圧領域を再現した室内抜根試験器の開発を行い、本試験機を用いて、根と土の境界面のせん断挙動の把握を試みた。

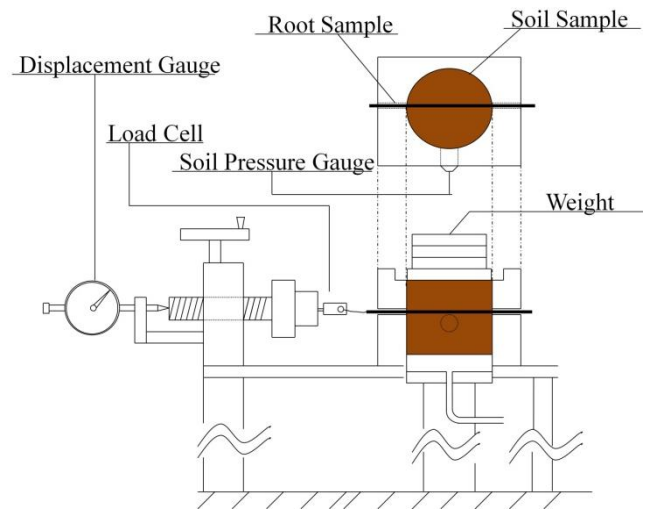


図1 抜根試験器の概要

Fig.1 Pull-out test apparatus

2. 材料・方法

2.1 新型室内抜根試験器の概要

図1に抜根試験器の概要を示す。室内一面せん断試験器(MARUI MIS-233-1-60)に、以下7点の改良を行い作成した。1. 上下せん断箱を繋げたせん断箱に、水平方向に直径5mmの穴を貫通した。2. 穴と直交する方向に水平に土圧計を設置した。3. 変位計を、スクリューギアの左端に設置した。4. 水平ロードセルを高精度ロードセルに変更した。5. 反力板および鉛直ロードセルを外し、直径60mmの亚克力板を載せた上に重りを載せることで鉛直载荷を行った。

2.2 材料特性一覧

供試根としては、鉄釘、バルサ丸棒および、オオムギ根をそれぞれ用いた。供試土としては、ケイ砂6号および水田土を用いた。そのうち、オオムギ根および水田土は、京都大学大学院農学研究科附属京都農場よりご提供頂いた。また、ケイ砂は乾燥状態で供試した。

2.3 抜根試験

抜根試験においては、データ収集を開始した後に、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、同含水比、同質量の土をせん断箱に入れ、供試体上部をソイルナイフにより水平に整え、供試体上部に亚克力板を載せ、その上に金属製のおもりを順に載せた。载荷後、ケイ砂の場合は5分程度、水田土の場合は20分程度経過したのちに0.1mm/minで抜根を開始し、およそ1時間をかけて6mm以上引き抜

*京都大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University

Key words: 土壌環境と植物根, 斜面安定・土圧・支持力, 緑化

き、その際の水平土圧(kPa), 引き抜き抵抗(N), 水平変位(mm)を計測した。今回は、鉄釘-ケイ砂, バルサ-ケイ砂, およびオオムギ根-現地土壌の3種類の組み合わせによる試験を行った。

3. 抜根試験結果

抜根抵抗力-変位関係からピーク強度を求め、そのときの静止土圧係数, 根の形状, 垂直応力から式(1)及び式(2)によって、それぞれピーク時の平均せん断応力 τ (kPa)と平均垂直応力 σ_N (kPa)との関係を求めた。

$$\tau = \frac{S}{2\pi rL} \quad (1)$$

$$\sigma_N = \frac{\sigma_1}{2}(1+K_0) \quad (2)$$

ただし, S (kN)はピーク時の抜根抵抗力, r (m), L (m)はそれぞれ根の半径および引き抜き長さ, K_0 は静止土圧係数, π は円周率である。 K_0 は加えた鉛直荷重と抜根中に計測された水平応力から計算した。一例として、オオムギ根-現地水田土抜根試験結果を示す。変位-抜根抵抗力関係は図2のようになった。また、面積あたりの垂直応力-せん断応力は第5図のようになった。せん断応力が垂直応力に比例する Mohr-Coulomb 型の破壊線が得られた。

4. 結論

Mohr-Coulomb の破壊条件が、根-土境界面の破壊条件に適用できることが示された。今後は、引き続き不飽和領域においてサクシオンによる抜根抵抗力の変化を調べるとともに、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いたいと考える。

謝辞:本研究の遂行にあたり、快く供試材料をご提供して下さい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*, pp.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*, pp.100-116.
- 3) C-S. Tang, B. Shi, L-Z. Zhao (2010): Interfacial shear strength of fiber reinforced soil, *Geotext Geomembranes*, pp.54-62.

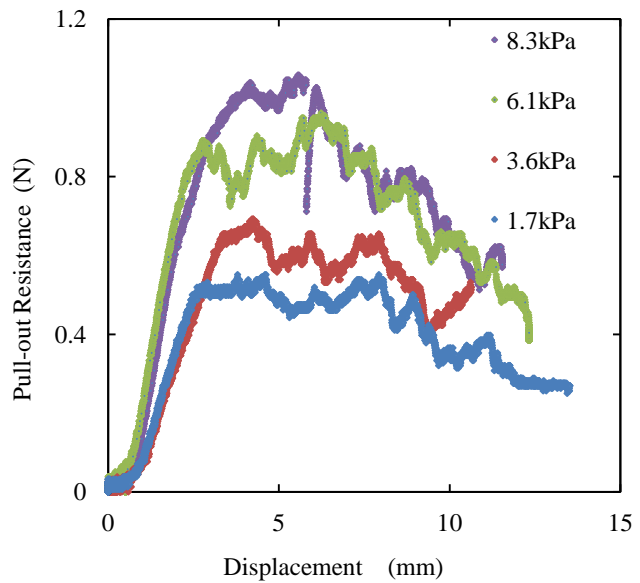


図2 オオムギ-現地水田土 変位-抜根抵抗力関係
Fig.2 Relationship between pull-out resistance and displacement on Barley root-paddy soil boundary

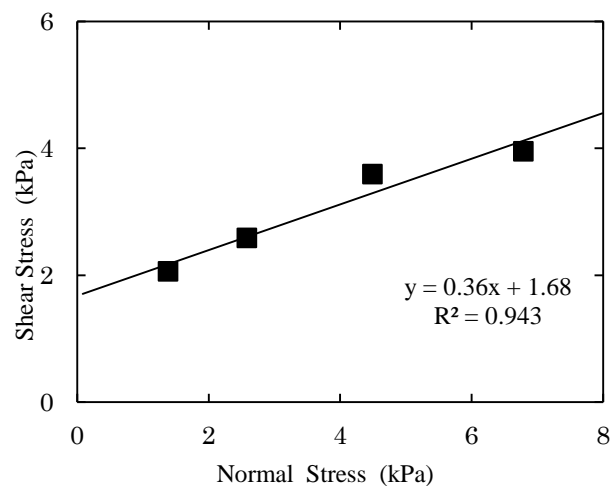


図3 オオムギ-現地水田土 垂直応力-せん断応力関係
Fig.3 Relationship between normal stress and shear stress on Barley root-paddy soil boundary