

43 根系の土質強度補強効果に与える土壌水分の影響

東京大学農学部 ○執印康裕 鈴木雅一 太田猛彦

1.はじめに

本研究の目的は、降雨を誘因として発生する表層崩壊に対し根系が有する土質強度補強効果を、降雨の飽和—不飽和浸透に伴う土壌水分変化に対応させて実験的に評価することにある。根系のもつ表層崩壊防止機能を、モール・クーロンの破壊基準式で表現した場合、以下の式によって示される。

$$\tau = \sigma \tan \phi + c \quad (\text{土のみ})$$

$$\tau = \sigma \tan(\phi + \Delta \phi) + c + \Delta c \quad (\text{根系+土})$$

ただし τ : せん断応力, σ : 垂直応力, ϕ : 内部摩擦角, c : みかけの粘着力

$\Delta \phi$, Δc : 根系による土質強度定数の増分

これまで根系による土質強度の増分 $\Delta \phi$, Δc を評価するため、一面せん断試験機を用いた土質強度試験が行われてきているが、その殆どが飽和水分条件下で実施されている。この背景の一つとして表層崩壊が最も発生しやすい状態での根系の土質強度に与える影響を把握することが重要であるという考え方がある。しかしながら通常自然斜面の大半は不飽和の状態にあることから、表層崩壊発生短時間予測の精度向上のためには、斜面土層が不飽和から飽和状態へ変化していくことに対応する、根系の土質強度補強効果の定量的評価が必要である。ここで根系の補強効果が斜面の水分状態によらず一定の値を示すのであれば、前述の評価は必要ないことになるが、実際には自然含水比（不飽和）と飽和状態とで根系の土質強度補強効果を比較したこれまでの実験的研究は、両水分条件の違いが根系の土質強度補強効果に影響を与えていることを報告している。ここで水分条件の違いが根系の土質強度補強効果に与える影響を実験的に評価することを考えた場合これまでの一面せん断試験における実験的研究は、せん断面上における土壌水分の制御が困難であることから、単に自然含水比と飽和の2条件の違いを比較して根系の補強効果に与える影響を論じたものが殆どである。

本研究はせん断面の土壌水分制御が可能な一面せん断試験機を用いて、水分状態の変化が根系の土質強度補強効果に与える影響を系統的に初めて論じたものであり、ここに報告するものである。

2.実験手法

使用したせん断試験機は、内径 19.8cm 塩ビ管からなり、高さ 50cm の固定部分と、その上の高さ 5cm の可動部分を基本構成要素としている。用いた試料は豊浦標準砂であり、その中に模擬根系としての竹串及びナイロンネットをせん断面（試験機の固定部分と可動部分の境界）に鉛直に挿入して実験を行った。図-1に

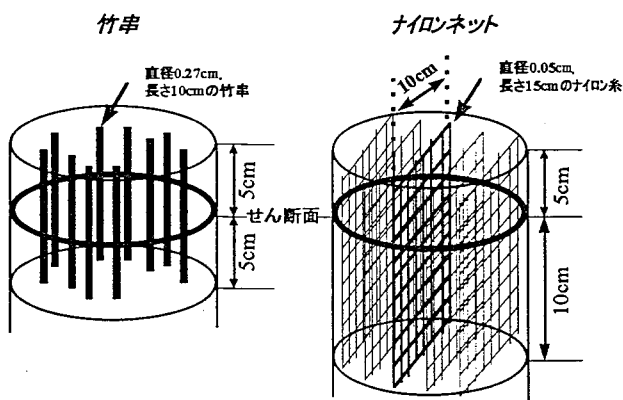


図 1 : 模擬根系の挿入模式図

模擬根系の挿入模式図を示す。竹串は直径 0.27cm、長さ 10cm のものを 24 本挿入し、ナイロンネットは幅 10cm 厚み 0.05cm 長さ 15cm のものを 5 枚挿入した。ナイロンネットは図 1 に示すように縦糸と横糸から構成され、せん断面に直交する縦糸に着目すると、直径 0.05cm 長さ 15cm のナイロン糸が 300 本挿入されたことになる。せん断面に与えた垂直応力は 42 から 139g/cm² までの範囲（表層崩壊に対応した低垂直応力）である。土壌水分制御はせん断面に所定のサクシオン（範囲 0 から -50cmH₂O）を与えることで実現した。

3. 実験結果

一面せん断試験結果の一例を図2に示す。図2は垂直応力 139g/cm^2 、せん断面のサクシオンが $0\text{cmH}_2\text{O}$

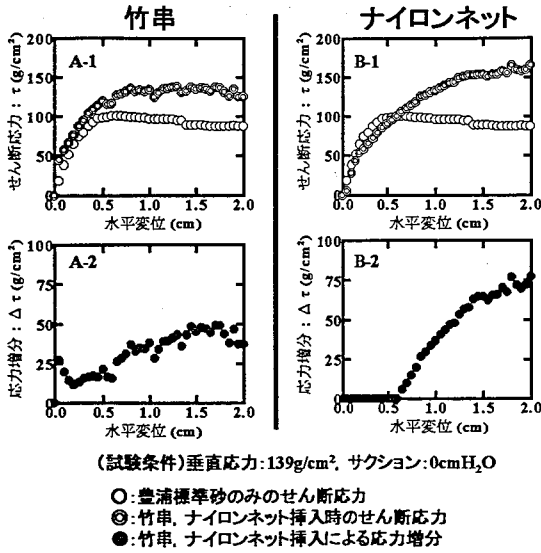


図2：一面せん断試験結果の一例

増分は、せん断面のサクシオンが -30 から $-40\text{cmH}_2\text{O}$ の範囲で最大値を示す上に凸な曲線を示すことが分かる。

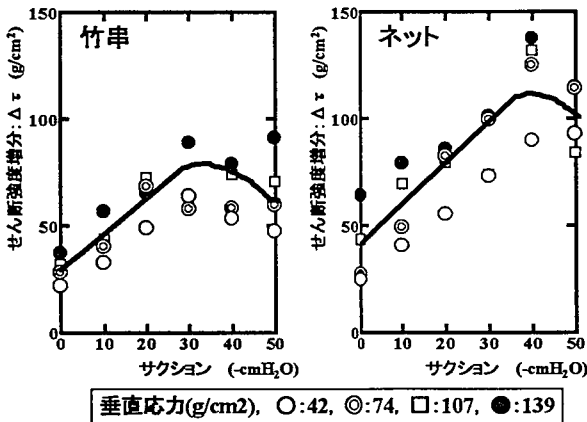


図3：せん断強度増分とサクシオンの関係

示している。図4はせん断面のサクシオンに対応した模擬根系挿入時の土質強度定数（内部摩擦角 ϕ 、みかけの粘着力 C_{ap} ）の値を示したものである。なお図4には比較のために標準砂のみのせん断試験で得られる土質強度定数の値を併記してある。図4より、①竹串、ネットの両模擬根系の挿入によって、内部摩擦角が増大しているが内部摩擦角の増分はサクシオン変化によらず、ほぼ一定の増分を示していること、②みかけの粘着力変化は、竹串の場合でサクシオン $-30\text{cmH}_2\text{O}$ 付近で最大値をもつ上に凸な曲線型を示し、ネットの場合、サクシオン $-30\text{cmH}_2\text{O}$ 付近までは直線的に増加し、以後増加割合が緩やかになっていく傾向をもつことが分かる。

4. まとめ

模擬根系としての竹串、ネットの補強効果の違いは水平変位-応力増分関係に認められ、両模擬根系による土質強度補強効果に垂直応力及びせん断面のサクシオンの両成分が影響を及ぼすことが確認された。

の実験条件での、竹串、ネットを挿入したことによる水平変位-せん断応力関係（竹串が図2中のA-1、ネットがB-1）及び水平変位-せん断応力増分関係（竹串が図2中のA-2、ネットがB-2に対応）を示したものである。本図中のA-2、B-2より竹串、ネットの補強効果の違いが、水平変位-せん断応力増分関係に表れていることが分かる。すなわち竹串の場合、水平変位の初期から応力増分が出現しているのに対して、ネットでは水平変位が 5mm 以上に達してはじめて、応力増分が出現していることが分かる。この傾向は全ての実験条件下で確認された。次にせん断面のサクシオン変化が竹串、ネットの挿入によるせん断強度増分（水平変位-せん断応力関係から求まる最大せん断応力の増分）に与える影響を図3に示す。図3よりいずれの垂直応力条件下でも竹串、ネットの挿入によるせん断強度の増分は、せん断面のサクシオンが -30 から $-40\text{cmH}_2\text{O}$ の範囲で最大値を示す上に凸な曲線を示すことが分かる。また垂直応力とせん断強度の増分は、いずれの土壌水分条件においても、正の相関を有することが確認されたが、垂直応力に対するせん断強度増分の変化割合には土壌水分変化が与える影響は認められず、ほぼ一定の値を示すことが確認された（図略）。以上のことは、模擬根系の土質強度補強効果が、根系自体の抵抗力の他に、垂直応力成分、及び土壌水分成分の2つによって影響を受けていることを

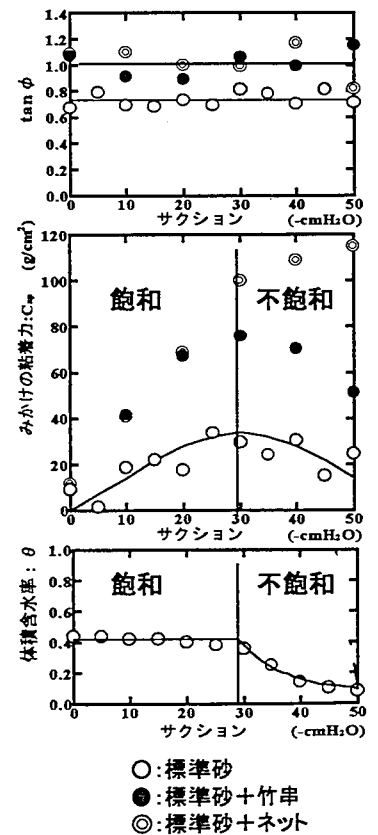


図4：土質強度定数とサクシオンの関係