

III-A 227

根系の斜面補強効果

鳥取大学大学院 学生会員 安達和徳
鳥取大学工学部 正会員 榎 明潔

1. はじめに

根系を含む自然斜面の多くは、表層土のすぐ下に基岩があり、そのほとんどが表層崩壊となる。また表層崩壊する斜面の上部にはテンションクラック（引張亀裂）がみられることがある。これらのことより斜面のすべり面には、図-1に示すようなテンションクラックの発生する引張り破壊領域、すべり面が土と基岩の間にあるせん断破壊領域、すべり面が土と土の間にあるせん断破壊領域があると考えられる。本研究では、実験により根系の斜面に対して及ぼす効果について考察する。

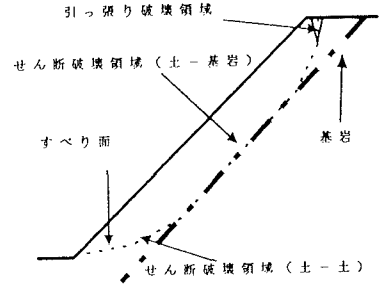


図-1 斜面の破壊領域

2. 根系を含んだ土の破壊様式

根系を含む砂をせん断すると、根系が引張られて切れるような引張り破壊、根系が切れずに引き抜かれるような引き抜き破壊、もしくはそれら両方が起こる場合が考えられる。せん断モデルとして図-2を示す。以下、 n ：根の本数、 t ：根の引張り応力、 κ ：根系とすべり面のなす角である。

根が引張り破壊する場合には、

$$\sigma_n = \sigma_{n0} + n t \sin \kappa \quad (1)$$

$$\tau = \tau_0 - n t \cos \kappa \quad (2)$$

$$\text{破壊条件式より} \quad \tau = \sigma_n \tan \phi \quad (3)$$

$$(1), (2), (3) \text{式より} \quad \tau_0 = \sigma_{n0} \tan \phi + n t \cdot \cos(\kappa - \phi) / \cos \phi \quad (4)$$

となり $\tau_0 = \sigma_{n0} \tan \phi + \Delta c$ とあらわすことができる。

根が引き抜き破壊する場合には、

引き抜き試験によりもとめられた根と土の摩擦の応力 s は

$$s = K_0 \sigma_{n0} \tan \delta \quad (\delta : \text{引き抜き試験による内部摩擦角})$$

$$\text{鉛直方向の応力の釣り合いより} \quad \sigma_n = \sigma_{n0} + n K_0 \sigma_{n0} \tan \delta \sin \kappa \quad (5)$$

$$\text{水平方向の応力の釣り合いより} \quad \tau = \tau_0 - n K_0 \sigma_{n0} \tan \delta \cos \kappa \quad (6)$$

$$\text{破壊条件式より} \quad \tau = \sigma_n \tan \phi \quad (7)$$

$$(5), (6), (7) \text{式より} \quad \tau_0 = \sigma_{n0} (\tan \phi + n K_0 \tan \delta \cdot \cos(\kappa - \phi) / \cos \phi) \quad (8)$$

となり $\tau_0 = \sigma_{n0} \tan(\phi + \Delta \phi)$ とあらわすことができる。

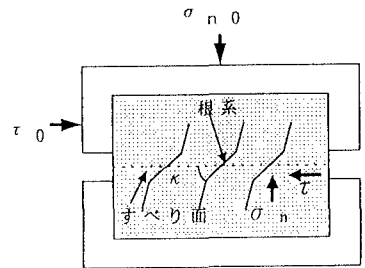


図-2 せん断モデル

3. 実験装置・実験方法

根系の効果を考察するために、実際に植物の根としてかわれ大根の根を用いて、引張り試験とせん断試験（せん断面が砂と基岩、砂と砂の場合）を行った。試料として鳥取砂丘砂（不飽和砂）を用い、含根率が3種類になるようにした。ここで含根率とは砂の乾燥重量に対する根の重量パーセントである。

引張り強度測定装置の概略図を図-3に示す。アクリル板で

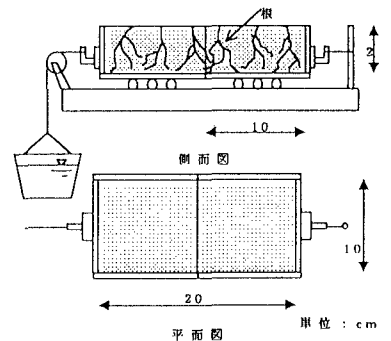


図-3 引張り強度測定装置

製作した枠に試料として鳥取砂丘砂を入れ（ $e=0.6$ 程度）かいわれ大根の種を0g、20g、40gに分けて植え、20℃の恒温室で6日程度育てる。そして容器に水を入れていき、枠が分離したときの水と容器の重量を引っ張り力とした。

せん断強度測定装置の概略図を図-4に示す。リングの中に試料として鳥取砂丘砂を入れ（ $e=0.6$ 程度）、かいわれ大根の種を0g、5g、10gに分けて植え、20℃の恒温室で6日程度育てる。そして垂直荷重を載荷してせん断リングをジャッキで押し、ロードセルでせん断力を測定する。せん断面が土と基岩の場合は基岩をイメージするためにサンドペーパー（#100）を貼りつけて行った。せん断面が土と土の場合は砂と砂でせん断できるように下部のせん断リングを固定し、上部のせん断リングをジャッキで押しせん断力を測定した。

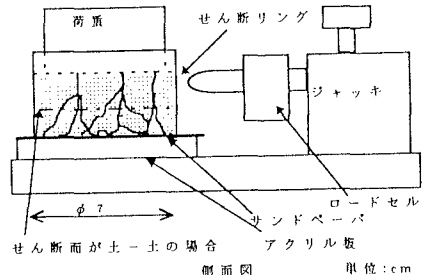


図-4 せん断強度測定装置

4. 実験結果及び考察

引っ張り試験の結果を図-5、砂と基岩のせん断試験の結果を図-6、砂と砂のせん断試験の結果を図-7に示す。

引っ張り試験の結果より含根率が0%の場合でもサクシオンにより引っ張り強度がみられた。又、含根率の増加により引っ張り強度が増加したが、比例関係はみられなかった。これは砂の中での根の分布状態、長さ、太さが均一でなかったからであると考えられる。

せん断試験の結果よりせん断面が砂と基岩の場合には ϕ が増加する傾向がみられた。これはせん断面で根系の引き抜き破壊がおきたためと考えられる。せん断面が砂と砂の場合には c が増加する傾向がみられた。これはせん断面で根系の引っ張り破壊がおきたためと考えられる。

5. おわりに

含根率の増加により引っ張り強度、せん断強度の増加がみられた。これにより根系の斜面補強効果としては、引っ張り破壊領域ではテンションクラックの発生を抑制し、すべり面が土と基岩の間にあるせん断破壊領域では ϕ が増加し、すべり面が土と土の間にあるせん断破壊領域では c が増加する効果があるといえる。

参考文献

1) 大塚俊二：砂質土斜面の安定性に及ぼす根系の効果に関する研究、愛媛大学工学部修士論文、1993。 2) 吉村知明：斜面における根系の補強効果、第47回土木学会中国支部研究発表会発表概要集、pp240-241、1995。

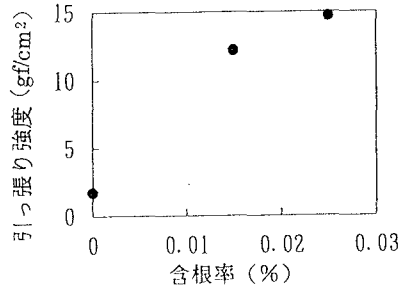


図-5 含根率と引っ張り強度の関係

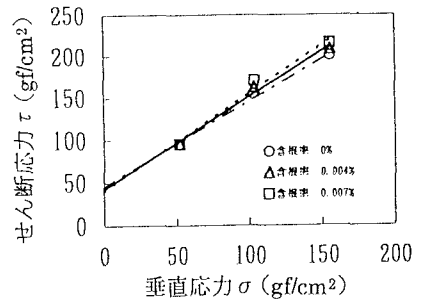


図-6 砂と基岩のせん断試験結果

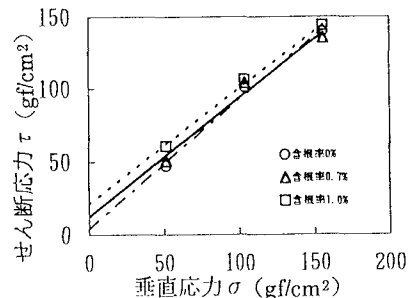


図-7 砂と砂のせん断試験結果