

根系混合土の引張強度特性 (その2)

山口大学大学院 学 ○伊丹結里

山口大学大学院 正 鈴木素之 山本哲朗

**1. はじめに** 植生工は、表層土の侵食防止に併せて自然環境の保全・復元効果、周辺景観との調和を目的として用いられている。近年では、地球温暖化防止や維持管理コストの低減などの面からも法面の樹林化が図られている。しかし、斜面表層部の安定性や侵食防止における根系の働きについては必ずしも十分に解明されていない。本研究では、根系の代替材として麻紐を混入した土の割裂引張試験を実施し、根系混合土のせん断強度の増加を引張強度の観点から検討した。

**2. 根系混合土の強度評価** これまでに一面せん断試験における土のせん断強度は根系を含むことによって高くなるという結果が得られている。矢田部ら<sup>1)</sup>は、根系と見立てた毛糸を混入した土の一面せん断試験結果から、根系を混入することにより、内部摩擦角はほぼ一定のまま、見かけの粘着力が増加することを示している。著者らもまた、**図-1**に示すように、根系および根系の代替材として麻紐を混入したまさ土の一面せん断試験結果から同様の傾向があることを確認している。そこで、**図-2**に模式的に示すように、クーロンの破壊規準において、破壊線を垂直応力 $\sigma$ が負の領域まで延長できるものと仮定して、 $\sigma < 0$ の領域で交わる点までの長さを見かけの引張強度 $\sigma_t^*$ と定義し、根系の混入による $\sigma_t^*$ の増加量を $\Delta\sigma_t^*$ として算出した。ただし、本来の引張強度 $\sigma_t$ は図示するように破壊規準線に内接するモール円の直径の左端の値として定義される。ここで $\sigma_t^*$ は各質量含根率について鈴木ら<sup>2)</sup>による圧密定圧一面せん断試験により求めた内部摩擦角 $\phi_d$ と見かけの粘着力 $c_d$ から求めたものである。なお、**図-1**に示した $c_d$ の増加は根系を混入することにより引張強度が生じ、それに起因して生じたものと考えた。

**3. 割裂引張試験** 根系を混入した土の割裂引張試験においては、供試体を**写真-1**に示すように軸圧縮速度1%/minで圧縮し、割裂引張強度 $\sigma_t$ を以下の式(1)から算出した。

$$\sigma_t = \frac{4P_{max}}{\pi(D_0 + D_f)l} \tag{1}$$

ここに、 $P_{max}$ ：最大割裂破壊荷重、 $D_0$ ：試験前の供試体の直径、 $D_f$ ：割裂破壊時の供試体の直径、 $l$ ：試験前の供試体の長さである。試料は0.85mmふるいを通したまさ土を用い、最適含水比に調整した。根系の代替材として2cmに裁断した麻紐を混入した。供試体は直径60mm、長さ20mmの円柱である。試験は根系の質量含根率 $C_{m1}$ を0%、1%、2%、3%、4%の5通りに変化させ、各 $C_{m1}$ について麻紐の混入方向がPの載荷方向に対して垂直になるように10回、 $C_{m1}$ が0%、2%、4%の3通りで不規則方向に5回実施した。最大圧縮荷重 $P_{max}$ を測定するまで圧縮し、供試体の間隙比については、根系を固体相とみなした場合の間隙比 $e_r$ を次の式(2)のように定義した。ここに、 $C_{rv}$ は体積含根率(= $V_r/V_s \times 100$ )である。

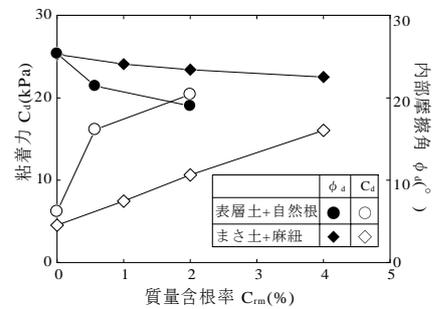


図-1 質量含根率の変化に伴う粘着力、内部摩擦角の変化

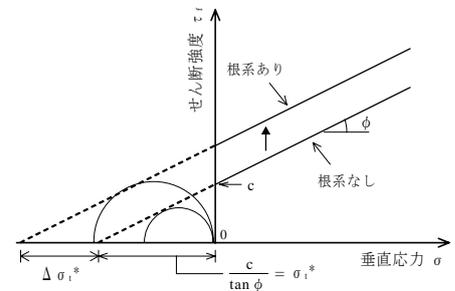


図-2 引張強度と粘着力の関係



写真-1 割裂引張試験の状況

キーワード：根系，引張強度，粘着力

〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院理工学研究科 鈴木素之 TEL 0836-85-9303.FAX 0836-85-9301

$$e_r = \frac{V_v}{V_s + V_r} = \frac{e}{1 + C_{rv}/100} \quad (2)$$

**4. 試験結果と考察** 図-3に  $C_{rm}=0, 1, 2, 3, 4\%$  の場合における割裂引張試験における軸変位  $\Delta h$  と軸圧縮力  $P$  の関係を示す。  $C_{rm}=0\%$  の場合、  $P$  はピークに達するとすぐに低下しているのに対して、  $C_{rm}=1\sim 4\%$  の場合、  $P$  はピークに達した後も残留している。これは根系を混入することにより、ピーク値は増加し、土と根系との間に摩擦抵抗が生じ、「粘り」がでたことにより土の脆性的挙動が改善されたと考えられる。  $P$  の残留量については、根系の混入量には大きく影響せず、各  $C_{rm}$  においても一定の傾向はみられなかった。これは供試体の成形状況や根系の配置などの違いによるものと考えられる。ここで、麻紐の混入方向が規則的な場合と不規則な場合の  $C_{rm}$  と根系混合供試体の  $\sigma_t$  の関係を図-4に示す。図中の2直線はそれぞれ各  $C_{rm}$  における  $\sigma_t$  の平均値を最小二乗法で近似したものである。2通りとも各  $C_{rm}$  において  $\sigma_t$  にはばらつきがあるものの、その平均値は  $C_{rm}$  が増すごとに直線的に増加する傾向にある。また、麻紐の混入方向が  $P$  の载荷方向に対して垂直にした方が  $\sigma_t$  の平均値は大きくなる。これは根系自体の引張強度が働いたと考えられる。  $\sigma_t$  のばらつきの原因として、根系を混入させた土の不均一性によることが考えられる。図-5に先に定義した  $e_r$  と  $\sigma_t$  の関係を示す。これより、  $e_r$  が小さくなると、ばらつきは大きいものの、  $\sigma_t$  が増加する傾向が見られる。ただし、現時点のデータから直ちに供試体の間隙比が引張強度に直接影響を及ぼしているとは断定できない。最後に、図-6に図-4に示した規則的な麻紐の混入方向である  $\sigma_t$  の平均値、  $\sigma_t^*$  および  $C_{rm}$  の三者の関係を示す。  $\sigma_t^*$  もまた  $C_{rm}$  の増加に伴って直線的に増加している。しかし各  $C_{rm}$  において  $\sigma_t^*$  は  $\sigma_t$  の平均値よりもはるかに大きく、図-2における  $\sigma_t^*$  の仮定の妥当性を今後検証する必要がある。  $\sigma_t^*$  と  $\sigma_t$  の増加量を直接比較することはできないが、両試験とも根系を混入することにより引張強度が発生し、根系の含有量が増すごとに引張強度が大きくなり、その結果として土のせん断強度を増加させると考えられる。

**5. まとめ** 本研究では、根系を混入させた土に対して割裂引張試験を実施して、割裂引張強度と質量含根率の関係を検討した。

- (1) 根系を含むと軸圧縮力はピーク強度に達した後も残留し「粘り」が生じ、土の引張強度における脆性的挙動が改善された。
- (2) 根系を混入することにより割裂引張強度は増加し、増加量には根系自体の引張強度が関係する。また、根系を固体とみなしたときの間隙比が小さくなると割裂引張強度は大きくなる。そして、質量含根率が高くなるにつれて割裂引張強度は増加する。
- (3) 根系混合土のせん断強度の増加は見かけの粘着力の増加によるものであり、粘着力の増分は引張強度増分に起因するものと考えられる。

**【参考文献】** 1) 矢田部龍一, 八木則男, 榎 明潔, 大塚俊二: 根系による土の補強効果, 第26回土質工学研究発表会発表講演集, pp.1625-1626, 1991. 2) 鈴木素之, 山本哲朗, 西村昌也: 根系を含む表層土の透水・強度特性, 第3回土砂災害に関するシンポジウム論文集, pp.35-40, 2006. 3) 土木学会編: 土木材料実験指導書 平成13年度改訂版, pp.95-97, 2001.

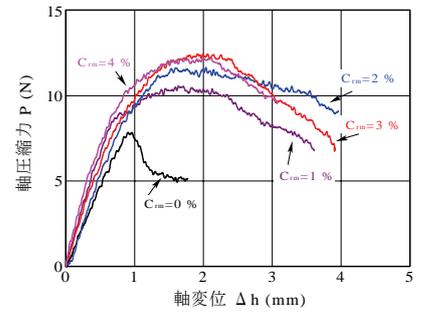


図-3 質量含根率が異なる場合の軸変位と軸圧縮力の関係

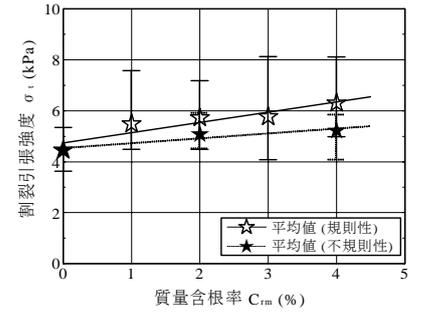


図-4 質量含根率と割裂引張強度の関係

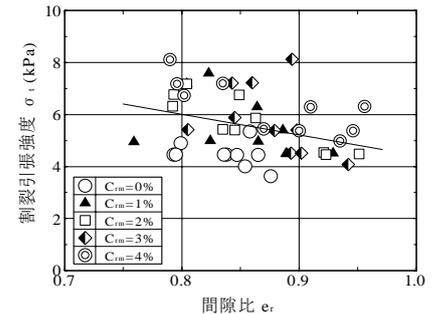


図-5 供試体の間隙比と割裂引張強度の関係

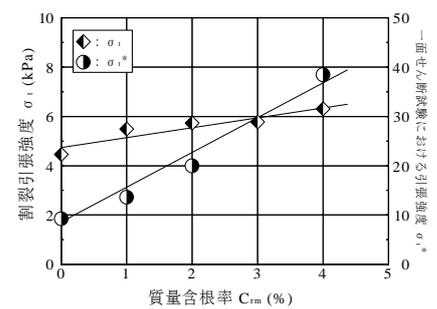


図-6 割裂引張強度と一面せん断強度での見かけの引張強度の関係