

スギ根系の地盤補強効果とせん断中の生体電位反応

九州大学院 学 ○松田昂大

九州大学院 正 笠間清伸 古川全太郎 八尋裕一

1. 目的

近年、山間部において豪雨や地震などによる斜面崩壊が増加傾向にある。1)本研究では、植物根系の地盤補強効果に着目し、原位置で実施できる一面せん断試験装置を開発した。本文では、開発した装置を用いた原位置一面せん断試験結果から、植物根系の地盤補強効果を定量化するとともに、阿部の根系補強モデル 2)との比較を行った。また、せん断試験中にせん断力を受けたスギ根系の生体電位と補強効果の関係についても考察した。

2. 実験概要

西日本に広く分布するまさ土を粒径5mm以下にふるったものを実験試料として用いた。まさ土の土質特性を表1に示す。最適含水比12.53%に調整したまさ土を、図1に示す原位置一面せん断試験用のせん断箱に乾燥密度1.55g/cm³(締固め度80%)で植物と共に締固めた。締固め方法は、質量2.5kg、落下高さ300mmのランマーを用い、各層20回で3層突き固めた。

表2にせん断試験条件と植物の生育条件を示す。実験には日本で最も広く分布しているスギを用いた。高さ約0.3mのスギの苗木を、14、28及び84日生育した後、一定の垂直荷重を載荷する定圧条件下でせん断試験を行った。また、高さ約1.0mの苗木を28日生育した条件についても同様の実験を行った。

生体電位の測定のために図1に示す塩化銀製電極を、苗木の1/2の高さにある葉、地表付近の茎、根系の最大伸長の1/2に位置する部分の3か所に貼り付けた。データロガー(DRA-70A)でせん断中の荷重、水平・鉛直変位、及び生体電位を記録した。実験は各条件下で3回ずつ行った。

3. 阿部の根系補強モデル 2)

阿部の根系補強モデル 2)は、1本の根の直径から補強強度を算出し、それらを根の数だけ合計する以下の式(1)で表される。以下、モデルと略する。

$$\Delta S = \sum 19.404 D_i^{1.6} (\cos \beta \tan \phi + \sin \beta) / 1000 \tag{1}$$

ΔS : 根系による補強強度 (kN/m²)

D_i : 根の直径 (mm) ϕ : 土の内部摩擦角 (°)

β : せん断によって変化した根の角度 (°)

4. 根系断面積と補強強度の関係

図2にせん断面での根系断面積と強度定数の関係を示す。近似曲線は根系断面積が0m²の時に根系なしの条件の強度定数 ($c=5.7$ kN/m², $\phi=40.1^\circ$) を通るものと仮定した。粘着力 c は、実験値において式(2)、モデ

表1 まさ土の土質特性

土粒子密度	g/cm ³	2.78
最適含水比	%	12.53
最大乾燥密度	g/cm ³	1.95
礫分, 砂分, 細粒分	%	14, 69, 17
土性区分	SF-G	

表2 実験条件

せん断試験条件		
せん断速度	mm/min	2.0
せん断変位	mm	30
鉛直拘束圧	kN/m ²	2.5, 5.0, 10.0
植物の生育条件		
初期高さ	m	約0.3, 1.0
生育期間	日	14, 28, 84

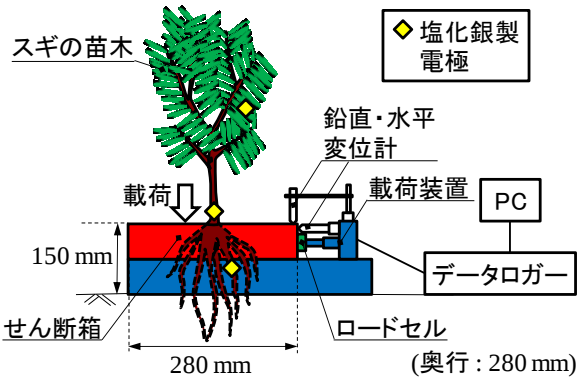


図1 原位置一面せん断試験機

キーワード 根系地盤補強

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744 九州大学 TEL 092-802-3384

ル値において式 (3) の関係があり、実験値とモデル値の近似曲線はほとんど一致した。

$$c=5.7e^{4186.3Ar} \quad (2)$$

$$c=5.7e^{4342.0Ar} \quad (3)$$

内部摩擦角 ϕ は、実験値において式 (4)、モデル値において式 (5) の関係となり、あまり相関がみられなかった。

$$\phi=40.1-42060.0Ar \quad (4)$$

$$\phi=40.1+38344.0Ar \quad (5)$$

5. せん断前後での根系の生体電位

図3にせん断前後での根系の生体電位をそれぞれ高速フーリエ (FFT) 解析して結果の一例を示す。実験を行った半分の根系でせん断後の平均振幅値の方が大きく、もう半分の根系ではせん断前の平均振幅値の方が大きくなり、一般性のある結果が得られなかった。

図4に根系の補強強度 ΔS とせん断前後の生体電位の平均振幅値の変化割合 Δv の関係を示す。 Δv は式 (6) で表される。

$$\Delta v = \{(v_1 - v_0) / v_0\} \times 100 (\%) \quad (6)$$

v_1 : せん断後の平均振幅値, v_0 : せん断前の平均振幅値

その結果、補強強度が大きい根系ほどせん断前後の平均振幅値の変化割合が増加傾向にあり、式 (7) の関係となった。

$$\Delta v = -165.2 + 321.5\Delta S \quad (7)$$

図5に補強強度とせん断後の平均振幅値に対するせん断前の平均振幅値の割合 v_0 / v_1 の関係を示す。補強強度 1.0 kN/m^2 未満の根系では 176.2~1927.4 %を示すのに対し、補強強度 1.0 kN/m^2 以上の根系では 7.3~164.3 %しか示さなかった。このことより、補強強度の小さい根系のせん断前の平均振幅値が非常に大きいため、図4では式 (7) のような関係になったことが示唆される。

6. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) せん断面での根系断面積は、粘着力については $c=5.7e^{4186.3Ar}$ (実験値) と $c=5.7e^{4342.0Ar}$ (モデル値) となり、非常に良い相関が得られたが、内部摩擦角とは関係性があまりみられなかった。
- 2) 根系の補強強度 ΔS とせん断前後の生体電位の平均振幅値の変化割合 Δv の関係は、 $\Delta v = -165.2 + 321.5\Delta S$ となった。

謝辞: 本研究は、JSPS 科研費 JP19K15089 の助成を受けたものです。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 大津宏康等：短期間集中豪雨に起因する斜面崩壊機構に関する研究、Journal of the Society of Materials Science、Japan、Vol.63、No.3、pp.271~278、Mar.2014
- 2) 阿部和時：原位置一面せん断試験によるスギ根系の斜面崩壊防止機能の研究、日緑工誌、22 (2)、95~108、1996

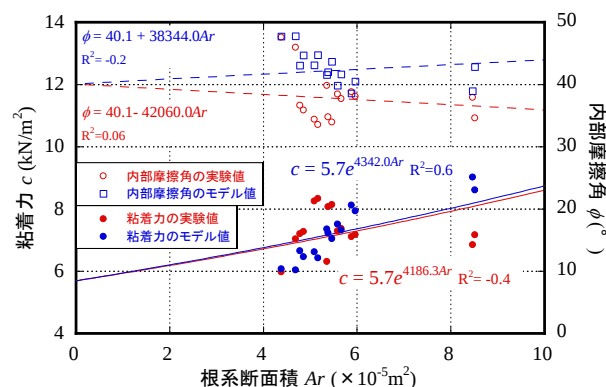


図2 せん断面での根系断面積と強度定数の関係

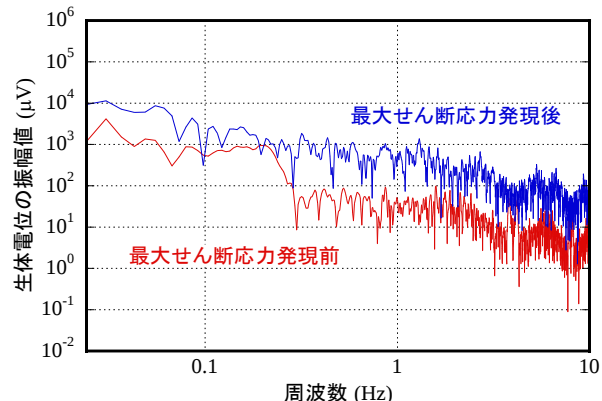


図3 せん断前後での根系の生体電位のFFT解析結果比較

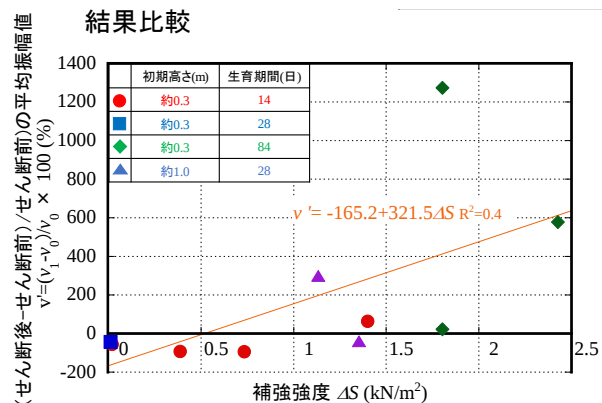


図4 補強強度とせん断前後の平均振幅値の変化割合の関係

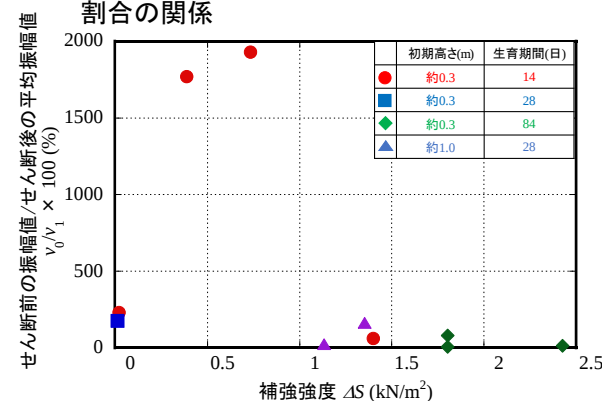


図5 補強強度とせん断後の平均振幅値に対するせん断前の平均振幅値の割合の関係