

樹木根系を含む再構成した関東ロームの非排水せん断強度特性

東海大学 学生会員 ○ 柚原 秀年
東海大学大学院 学生会員 福田 耕司
東海大学 正会員 杉山 太宏・赤石 勝

1. まえがき

樹木根系の緊縛力は、土との摩擦抵抗による引抜抵抗力、引張抵抗力、せん断抵抗力の3つが挙げられる。のり面を樹林化した場合、この緊縛力によって地盤を補強すると考えられるが、今のところ定量的な評価方法は無い。生物であるが故の不確定要素がその大きな要因であろう。著者らもこれまで、のり面緑化に関する工学的課題を図-1のように分類して、主に実験的検討を行ってきた¹⁾。本報告では、根系のせん断抵抗力による地盤の補強効果を室内三軸圧縮試験により調べた結果について報告する。既往の研究では、根系量をパラメータとした現位置せん断試験あるいは室内せん断試験が行われ、根系によって土の粘着力 c が増加する結果が多い中、せん断抵抗角 ϕ が増加するという報告もある²⁾。これらは、主に一面せん断試験から得られたもので、土試料は粘性土よりも砂質土が多い。粘性土の強度定数 c 、 ϕ は全応力と有効応力ならびに排水条件によって異なるので、この点を考慮して実根を設置した実験を行った。

2. 試料ならびに実験方法

2.1 樹種と土試料：試験には、根の張り方による分類からスダジイ、アラカシ、ドイツウヒの水平根（直径 1mm と 3mm）を使用した。表-1 は、三軸圧縮試験に先立ち行った各単一根の引張強度試験結果である。スダジイの強度は、他よりもかなり低い。土試料は関東ロームでその物性を表-2 に示した。これらの根と関東ロームは大学構内から採取したものである。

2.2 実験方法：液性限界の 1.5 倍の含水比で練り返した関東ロームを直径 20cm、高さ 30cm 予圧容器に投入し、40kN/m² の一次元圧密圧力で 2 週間予圧した試料から、直径 5cm、高さ 10cm の供試体を切り出して、非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験と圧密非排水(CU)三軸圧縮試験を行った。セル圧 σ_c は 40、80、120、160kN/m² で、CU 試験の背圧は 150kN/m² とした。根は、図-2 のように成形したロームを乱さないように注意して上下 2 分割した後、切断面に根の直径にあわせた十字の溝を付け設置した。ローム単体（根無し）では 2 分割しない試料でも各試験を行って、分割が強度に及ぼす影響を調べた。

3. 実験結果と考察

3.1 UU 試験：建設中あるいは建設直後のせん断強度として利用される UU 試験から得られた応力ひずみ関係の一例として、セル圧 σ_c が 40kN/m² と 160kN/m² の結果を示したのが図-3 である。2 分割したローム単体では分割による影響が顕著に現れ、主応力差ならびに初期剛性が大きく低下している。法面緑化工では、ポット苗などの施工時や根系の伸張が地盤を乱すと考えられる。そこで、根を設置した結果を 2 分割したローム単体と比較すると、根の補強効果によって主応力差すなわちせん断強度は増加することがわかる。モールの応力円としてスダジイとローム単体の結果を図-4 に、応力円から最小自乗法により計算した c_u 、 ϕ_u を比較した結果を図-5 に示した。 ϕ_u は 0° か 1° 程度で

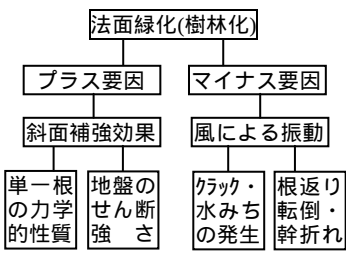


図-1 解明すべき法面緑化(樹林化)の力学的・工学的課題¹⁾

表-1 単一根の引張強度試験結果

樹種 直径	スダジイ (深根型)	アラカシ (中間型)	ドイツウヒ (浅根型)
1mm	9 ~ 14	40 ~ 62	34 ~ 63
3mm	6 ~ 10	11 ~ 16	18 ~ 34

単位 N/mm²

表-2 関東ロームの物理特性

G _s	w _n (%)	w _L (%)	w _p (%)	sand (%)	silt (%)	clay (%)
2.797	110.9	122.2	70.4	25	41	34

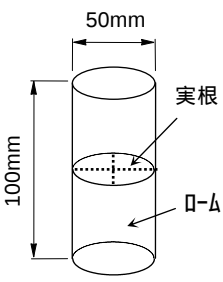


図-2 実根の設置方法

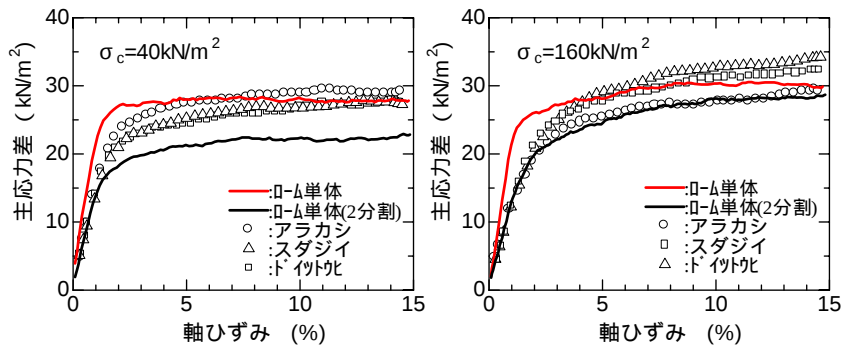


図-3 UU 試験の応力ひずみ関係有効応力経路の比較
(a) 根の直径 1mm (b) 直径 3mm

根の設置による増加は見られないが、 c_u は 1.3 ~ 2 倍ほどになり粘着力成分の増加が確認された。既往の研究では、現位置直接せん断試験による粘着力 c は樹種によってかなり異なり 2kN/m^2 から 12kN/m^2 とされているが、今回の結果ではそれよりもやや大きく、樹種や直径による明確な違いは見られなかった。

3.2 CU 試験：施工後地盤の有効応力が増加した長期安定問題のせん断強度として利用される CU 試験の有効応力経路(アラカシ)を示したのが図-6 である。根の設置によって飽和度の低下が懸念されたが、全ての試験において B 値は 0.98 以上であった。根を設置しても限界状態線に達するまでは破線で示したローム単体と同経路をたどるが、その後軸差応力が大きく増加し、限界状態線の傾きも大きくなることからわかる。根の緊縛力は、土のせん断変形が進行し破壊に近づくとき発揮されて地盤を補強するものと考えられる。

CU 試験の結果から、非排水せん断強度 $s_u (=q_{\max}/2)$ を求め圧密圧力との関係を示したのが図-7、各 s_u をローム単体の値で正規化したのが図-8 である。図-7 から s_u は圧密圧力の増加により直線的に増加すること、図-8 から根を設置した s_u は樹種や根の直径ならびに圧密圧力によらずローム単体の 5% ~ 10% 程度増加することがわかる。図-9 はせん断抵抗角 ϕ' を各条件で比較したものである。なお、粘着力 c' はいずれも 0 であった。 ϕ' も s_u と同じく 5% 程度増加している。

以上の結果から、根の設置はせん断時の排水条件によらず土のせん断強度を増加させることが明らかとなった。

5. あとがき

根の設置によって繰返した関東ロームのせん断強度は排水条件、樹種、根の直径に関係なく、最低でもローム単体の 5% は増加する結果が得られた。なお、本研究は平成 14 年度文部科学省科研費補助金(若手研究(B)13750478)を受けて行ったものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 杉山他：樹木根系の法面補強効果に関する一考察，第 29 回関東支部，pp.1042-1043, 2002.
- 2) 小橋澄治：斜面安定に及ぼす根系の影響についての最近の知見，緑化工技術，10-3, pp.14-19, 1983.

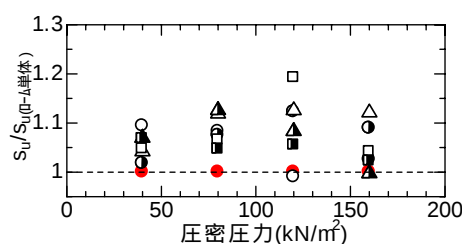


図-8 正規化した非排水強度と圧密圧力の関係

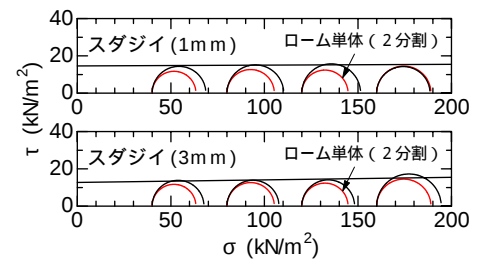


図-4 モールの応力円(スダジイ)

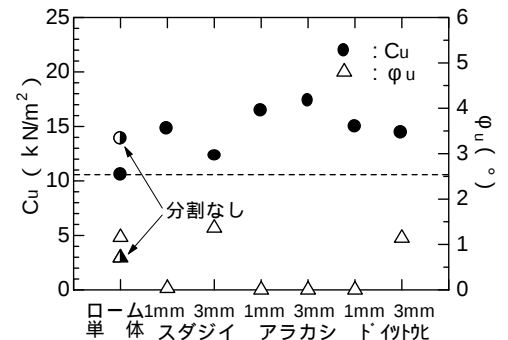


図-5 c_u と ϕ_u の比較

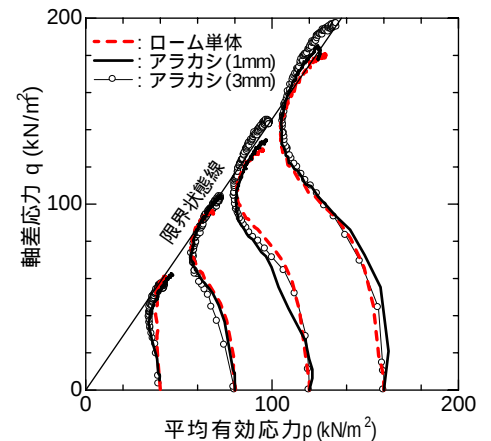


図-6 アラカシの有効応力経路

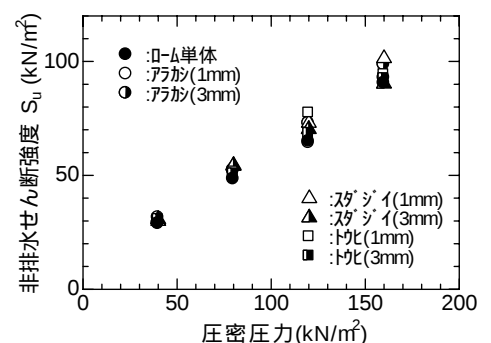


図-7 s_u と圧密圧力の関係

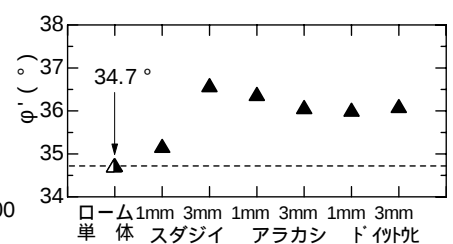


図-9 せん断抵抗角 ϕ' の比較