

根系を含む再構成ロームの三軸圧縮試験による強度特性

東海大学大学院 学生会員 ○大川 良輔

東海大学大学院 学生会員 柚原 秀年

東海大学 正会員 杉山 太宏・赤石 勝

1. まえがき

環境問題への取り組みとして道路法面の樹林化が進められている。樹林化の効果として、地球温暖化対策や景観の向上、表層の侵食防止や根系の緊縛力による地盤の補強などが挙げられる。補強効果については、主に砂質土を対象として室内一面せん断試験や現場一面せん断試験の結果が報告されている¹⁾²⁾。本研究では根を設置した再構成関東ロームのせん断強度を三軸圧縮試験より調べ³⁾、特に過圧密の補強効果の有無について検討している。

2. 試料および試験方法

2-1 試料

根は大学構内に生育する樹齢 30 年程度のスダジイ深根型から採取し、試験には直径 1mm と 3mm を使用した。再構成した関東ロームの物理特性は表-1 の通りである。

表-1 関東ロームの物理特性

$\rho_s(\text{g/cm}^3)$	$w_L(\%)$	$w_P(\%)$	Grading(%)		
			clay	silt	sand
2.797	122.2	70.4	34	41	25

2-2 試験方法

根は図-1 のように成形したローム供試体を乱さぬように二分割して、切断面に十字に設置した。ローム単体でも供試体を二分割し、根を設置した場合と同一条件で試験を行って、根の設置による強度定数を比較した。通常行うように端面摩擦を軽減するテフロンシートを設置して試験を行ったところ、破壊が分割した上部のみに現れた。そこで、テフロンシートを除去したところ⁴⁾、分割しない場合と同様の破壊形体となったので、全ての試験でテフロンシートは使用しなかった。なお、テフロンシートの除去により、非排水せん断強度は約 6% 増加した。

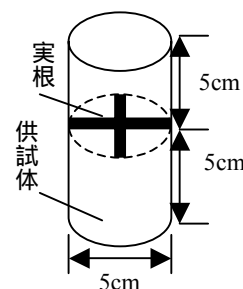


図-1 実根の設置方法

2-3 CU 試験

液性限界の 1.5 倍の含水比で練り返した関東ロームを 40kN/m^2 の一次元圧密圧力で 10 日間予圧し、これを正規圧密試料として直径 5cm、高さ 10cm の供試体を切り出し、 $40, 80, 120, 160\text{kN/m}^2$ の圧密圧力のもと、非排水せん断を行った。一方、 60kN/m^2 で予圧した試料を三軸セル内において 160kN/m^2 で圧密した後、 $40, 80, 120\text{kN/m}^2$ まで除荷させ、過圧密比の異なる ($\text{OCR}=1.33, 2, 4$) 試料を作製し、その後非排水せん断を行った。両試験において、背圧は常時 150kN/m^2 で行った。

2-4 UU 試験

あらかじめ 160kN/m^2 の一次元圧密圧力で予圧した試料から供試体を切り出し、 $40, 120\text{kN/m}^2$ で 30 分圧密させて過圧密比 1.33, 4 の試料を作製した。非排水で側圧のみ $40, 80, 120, 160\text{kN/m}^2$ に変化させて、過圧密土の UU 試験を行った。

3. 実験結果と考察

3-1 CU 試験結果

正規圧密と過圧密の有効応力経路を示したのが図-2、図-3 である。根の設置した正規圧密、過圧密の有効応力経路はローム単体と比較してもほぼ同様の経路を辿り、大きな違いは見出せない。しかし、根を設置した場合に

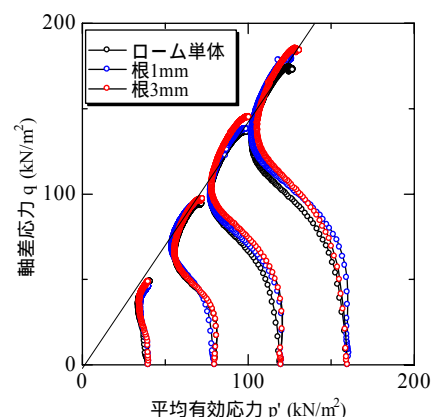


図-2 正規圧密の有効応力経路

【キーワード】樹林化、樹木根系、補強効果、非排水せん断強度

【連絡先】〒259-1207 平塚市北金目 1117 東海大学土木工学科 TEL 0463-58-1211

は、正規圧密ではダイレイタンシーが逆転する頃から、過圧密でもせん断途中から増加する傾向を示している。紙面の都合により、図示していないが応力ひずみ曲線から読み取った根の設置による軸差応力の増加は正規圧密で軸ひずみ 10%頃から、過圧密では 7%頃から顕著になることが確認された。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と考えられる。各試験のモールの応力円から最小二乗法により、せん断抵抗角 ϕ' を求めて比較したのが図-4 である。過圧密試料では c' が発生すると予想したが、最小二乗による結果はいずれも $c'=0$ であった。図から根の設置によって、両状態でせん断抵抗角 ϕ' は約 1° 増加し、根の直径に比例をして大きくなることわかる。図-5 は非排水せん断強度 $s_u(=q_{max}/2)$ と過圧密比 OCR の関係を示したものである。正規圧密の結果は $P=160\text{kN/m}^2$ で得られたものであるが、予圧の影響なのか $\text{OCR}=1.33, 2$ よりも小さな強度を示している。しかし、全てにおいて、直径と過圧密比が大きい程強度の増加が大きいことがわかる。

3-2 UU 試験結果

試験から得られた $\text{OCR}=1.33, 4$ の応力ひずみ曲線を示したのが図-6 である。線が重なっているため見にくいが $\text{OCR}=1.33$ と 4 を比較すると、軸ひずみが 2%程度までのせん断初期に違いが現われている。 $\text{OCR}=1.33$ では根の設置による強度の増加は CU 試験と同じく変形が進行してからであるのに対し、 $\text{OCR}=4$ ではせん断初期の剛性も増加している。過圧密比毎にまとめたモールの応力円が図-7 である。一般に UU 試験による関東ロームの強度定数にはせん断抵抗角成分 ϕ_u が生じることがあるが、今回の結果は図のように $\phi_u=0$ となった。図中には $\phi_u=0$ として求めた粘着力成分 c_u を示したが、根を設置することで c_u は増加し、過圧密比が大きいとその増加割合も大きいことがわかる。

4. まとめ

粘性土を対象とした根系の補強効果に関する報告が少ないことから、本研究では繰り返した関東ロームを対象に圧密条件、圧密状態ならびに根の太さをパラメーターとして三軸圧縮試験を行った。その結果、圧密条件、圧密状態によらず、強度定数はローム単体よりも 5～15%程度増加することが明らかになった。植栽される地盤は過圧密状態となる可能性もあるので過圧密試料の強度増加が認められた意義は高い。今後は、根の設置方法を工夫した室内試験に加えて、原位置試験も行っていく予定である。

参考文献

- 1) 小橋澄治：斜面安定に及ぼす根の影響についての最近の知見，緑化工技術，10-3，pp.14-19，1983。
- 2) 鈴木素之，山本哲郎：根系を含む土の一面せん断強度特性，第 30 回地盤工学研究発表会，pp.843-844，2004
- 3) 柚原秀年他：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，第 30 回関東支部，第 7 部門(CDROM)，2003。
- 4) 徳江俊秀，梅津喜美夫：補強土の強度・変形特性と補強材挿入角度，第 16 回土質工学研究発表会，pp.509-510，1982。

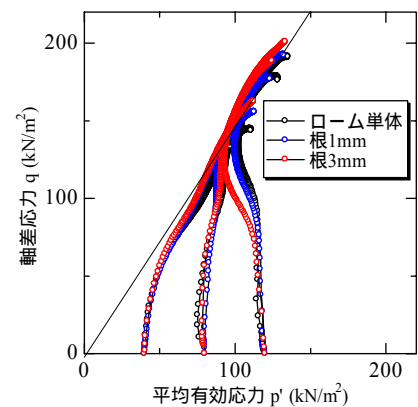


図-3 過圧密の有効応力経路

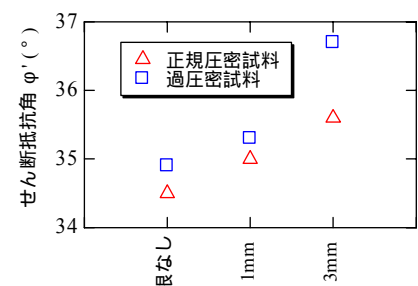


図-4 ϕ' と根の直径関係

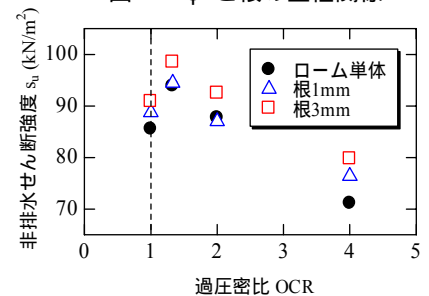


図-5 s_u と OCR 関係

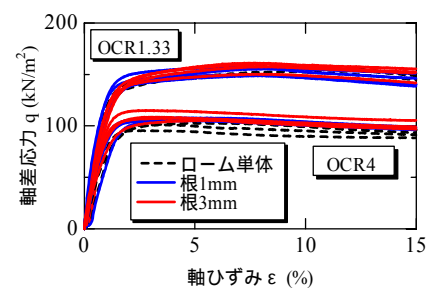


図-6 応力ひずみ曲線

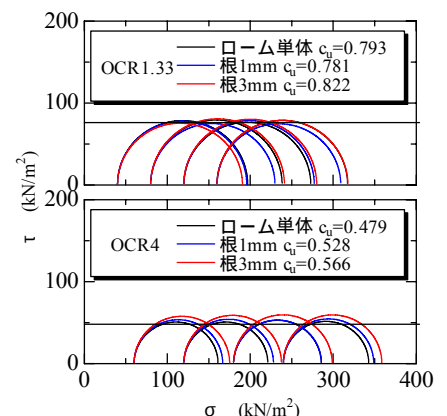


図-7 モールの応力円