

根系と斜面のせん断強度との関連についての一面せん断試験による基礎的検討

福井工業高等専門学校 正会員 ○辻子 裕二
 福井工業高等専門学校専攻科 谷川 直希
 豊橋技術科学大学 正会員 河邑 眞
 福井工業高等専門学校 正会員 辻野 和彦

1. 目的

林業の低迷に起因する従事者不足等の原因により森林の管理が充分に行われず、生育不足の密な林相が卓越している。この結果、集中豪雨等の誘因により、根系による斜面の緊縛効果や杭効果の阻害が原因と見られる斜面災害が確認されている。写真1は平成16年福井豪雨を誘因とした福井県鯖江市河和田地区の斜面崩壊箇所である。同写真中の崩壊が発生した林班では崩壊の約15年前に生育したスギが皆伐されていたことが判っている。同林班に隣接する領域では、植生以外で顕著な違いが確認されていない。これらの事実は、皆伐と植林を同時に実施した場合であっても、10年程度で斜面の安全率が最低となるとする既往の研究成果¹⁾に一致する。以上の背景から、本研究では根系の密度や管理状態による強度定数の比較を目的として、模擬根系を用いた一面せん断試験結果について報告する。



写真1 福井豪雨を誘因とした斜面崩壊

2. 実験概要

根系によって補強されるせん断抵抗力に関する既往のせん断試験では、草本種や2~3年生の木本種の根系が多く使用されている。このような草本は細く柔軟性に富み、実際の崩壊すべり面で崩壊防止機能を発揮すると考えられる木質化した樹木根系の性質や太さとは明らかな相違がある。この相違は実際に根が果たしている作用とは異なると考えられるため、本実験シリーズでは自立可能な程度に剛な木棒を用いた。なお、本研究では数種の実験シリーズを実施しているが、紙面の都合上以下ではその一部について報告する。

表1および図1、図2に実験ケースを示す。マサ土を試料としたせん断試験では直径200mm、高さ100mmの円筒形のせん断箱を用いた。一方、豊浦砂を試料としたせん断試験では直径50mm、高さ50mmの円筒形のせん断箱を用いた。両者ともに下箱は固定されており、上箱にせん断力を加えてせん断変位を生じさせる構造となっている。表層崩壊を想定する場合、垂直応力を0~40kN/m²程度とすることが好ましいと考えられるが、精度管理に配慮し、本試験では垂直応力を20~200kN/m²の間に設定した。

マサ土を用いた試験(シリーズT)では直径6mmのパイン材を模擬根系として使用し、模擬根系のサイズは一定として木棒の本数(0, 3, 5および9本)とせん断方向に対する配列を変えた。この際、試料土は1層あたり1900gを3層に突き固め、湿潤密度を $\rho_r=1.82\text{g/cm}^3$ に調整した。豊浦砂を用いた試験(シリーズS)では一辺1~2mmのバルサ材を模擬根系として使用し、模擬根系の密度(根密度)を生育したスギ林に相当する360g/m³となるよう調整した。この際、模擬根系の根密度は一定として模擬根系の断面と本数を変えた。

3. 結果および考察

林地斜面での斜面崩壊は根系の影響を含めた土のせん断現象と考えられるため、せん断される土の中で根系が発揮する土の補強強度のメカニズムや根系によって補強された強度(Δs)はモール・クーロンの破壊基準を変形させる形で表現され、 $s=c+\sigma \tan \phi+\Delta s$ とする考え方が一般的となっている。

キーワード 植生, 根系, 斜面安定, 一面せん断試験, 破壊基準

連絡先 〒916-8507 福井県鯖江市下司町 福井高専環境都市工学科 TEL 0778-62-8302

表1 実験ケースとその諸元ならびに実験結果

実験 シリーズ	実験 ケース名	せん 断箱	土質	模擬根系の数量	模擬根系 の密度※3 (%)	実験結果		備考
						粘着力 c (kN/m ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	
シリーズ T	T0	※1	マサ土(湿潤)	0本	0	15.3	34.9	模擬根系に はパイン材 を使用
	T3	※1	マサ土(湿潤)	D6mm×L50mm×3本	0.27	17.1	34.8	
	T5	※1	マサ土(湿潤)	D6mm×L50mm×5本	0.45	21.0	35.1	
	T9	※1	マサ土(湿潤)	D6mm×L50mm×9本	0.81	25.9	34.0	
シリーズ S	S0	※2	豊浦砂(乾燥)	0本	0	0.0	33.2	模擬根系に はバルサ材 を使用
	S4	※2	豊浦砂(乾燥)	D2mm×L40mm×4本	0.81	9.38	31.4	
	S16	※2	豊浦砂(乾燥)	D1mm×L40mm×16本	0.81	11.43	31.5	

※1: 直径20cm×高さ10cm, ※2: 直径5cm×高さ5cm, ※3: せん断箱断面積に対する木棒断面積の割合(%)

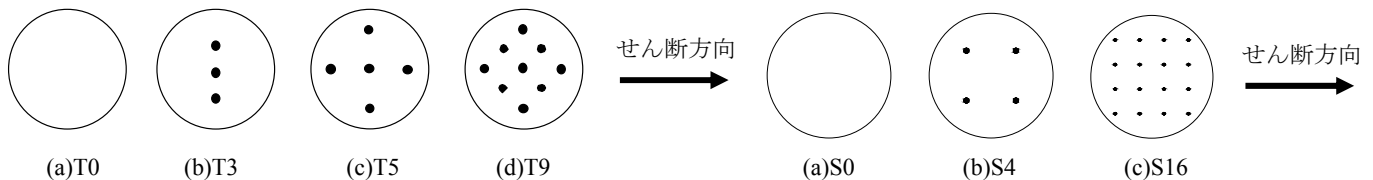


図1 マサ土を用いた実験ケース(せん断箱断面)

図2 豊浦砂を用いた実験ケース(せん断箱断面)

阿部¹⁾は実際にスギ根系を用いて試験を行い、根によって砂の破壊基準を上方向に押し上げる、すなわち粘着力の増大という形でせん断強度を増強していることを示した。また、執印ら²⁾は降雨の浸透に伴う斜面内土層水分状態の不飽和から飽和への時間変化に対応した根系の土質強度補強効果が、より厳密な斜面崩壊発生予測のためには必要と考え実験を行い、せん断面のサクションによらず内部摩擦角が一定であることを示した。これらの結果は、破壊基準の中で根系によるせん断強度の補強分 Δs が粘着力と同じく定数項として表せることを示している。表1ならびに図3に示されるように、本研究での実験結果からも両シリーズに共通して上述の既往成果と同様の結論が導き出された。小橋ら³⁾の研究では、土の密度が低くて土粒子間の間隙が多く根が多く発達する地表面近くにせん断面がある場合、上載荷重により土壌空隙は容易に圧縮され、さらにそこに発達している根は絡み合いの程度が強まるため、破壊基準では根による補強強度が内部摩擦角の増加として表れると報告している。しかしながら、本研究での実験結果からは両シリーズに共通して、根による補強強度が内部摩擦角を増加させる形で現れるような結果は確認されなかった。

図3において○で示される点は、太く疎な樹木(管理状態の良い林相; S4)と細く密な樹木(管理状態の悪い林相; S16)を想定し、その比較を目的として行った実験結果である。結果より、粘着力には若干の差異が見られるものの内部摩擦角に大きな差は見出されない。せん断強度の補強分は根系断面積に大きく依存することなく、根系の密度と関係が強いものと判断できる。しかしながら、実際に管理状態の悪い林相では根系の到達深度が異なることが予想され、本実験で設定していない根系深度をパラメータとした検討が今後求められる。

参考文献

- 1) 阿部和時: 樹木根系が持つ斜面崩壊防止機能の評価方法に関する研究, 森林総合研究所研究報告, No. 373, pp. 105-181, 1997.
- 2) 執印康裕, 加藤尚子, 鈴木雅一, 太田猛彦: 土壌水分変化が斜面表層土における根系の土質強度補強効果に与える影響—模擬根系を用いた一面せん断試験—, 砂防学会誌, Vol. 51, No. 1, pp. 23-30, 1998.
- 3) 小橋澄治, 西井洋史: 根系に似た材料を含む土の一面せん断試験, 第98回日林論, pp. 607-608, 1987.

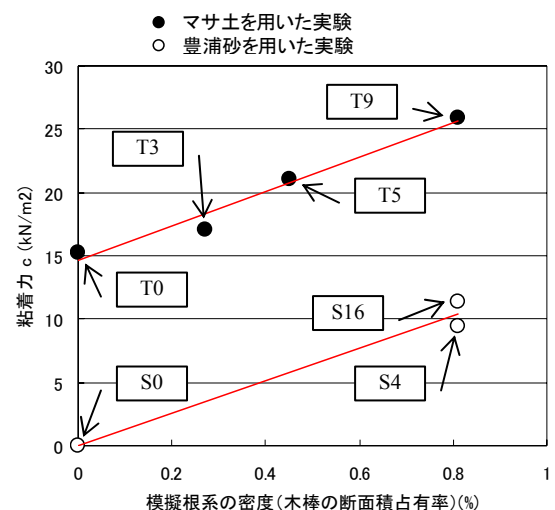


図3 模擬根系密度と粘着力との関係