

簡易一面せん断試験による根系を含む土のせん断強度

東海大学 学生会員 ○小島 敦史・吉野 隼人
東海大学 正会員 杉山 太宏

1. まえがき

法面緑化工法は、裸地法面に生じる浸食防止を目的として発達してきた。しかしながら、現在では環境保全工法としての意味合いが強くなっている。その理由としては、90年代初頭より環境・生態系への配慮を理由に法面緑化用植物として在来種と木本植物の利用が唱えられるようになったこと、2008年には「生物多様性基本法」が施行され、2015年には「自然公園における法面緑化指針」が策定されるなど、国内における生物の多様性を将来にわたって担保し環境保全施策の推進を義務つけられたことが挙げられる。このため、法面緑化には在来種の積極的利用が唱えられているものの、発芽率が低いことや生育速度が遅いことなどの理由から未だに外来種による緑化が主流である。ところで、草本や木本の根系には、その伸長により土を緊縛する効果があることが知られている。しかしながら、どの程度の補強効果があるのかは定量的に示されていないのが現状である。本研究では、松岡によって開発された簡易一面せん断試験用せん断枠^{1)~3)}を利用して、根系による土の補強効果を草本在来種と外来種、播種量の違いなどに着目した室内試験によって検討した。

2. 室内簡易一面せん断試験

2.1 試料と試験装置

土試料には、市販の家庭用培養土（プランターの土）を使用した。試験箱は、内径 154 mm の塩化ビニル管を高さ 85 mm と 50 mm にカットしたものを重ねて 135 mm の高さとした(写真-1)。試験箱に培養土を 135 mm まで詰めて、せん断時には高さ 50 mm の塩ビ管を外し、せん断枠を 85 mm の高さまで押し入れた。せん断枠は（株）誠研舎製で、写真-2 のように一辺が 10 cm の正方形で高さは 1.5 cm である。

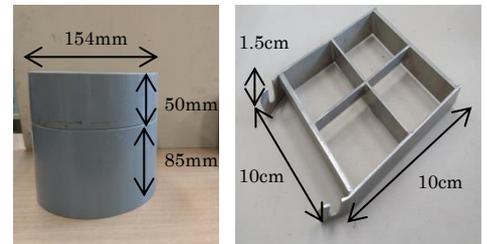


写真-1 試験箱

写真-2 せん断枠

2.2 試験条件と試験方法

以下3条件の試料を用意して、図-1に示した試験機により簡易一面せん断試験を行った。

試験 A：竹串（擬似根と呼ぶ）を根に見立て、太さ・本数・挿入角度を変化させた試料による試験。

試験 B：外来種（トールフェスク、ホワイトクローバー、むぎなでしこ）の播種量を変えて屋外で半年間育成した試料（写真-3）による試験。在来種（メヒシバ）は発芽率が低く現在育成中のため次年度持ち越しとした。

試験 C：大学敷地内に自生した外来種（セイタカアワダチソウ、メリケンカルカヤ）を不攪乱状態で採取した試料による試験。



写真-3 成長したトールフェスク

各試験の試験条件をまとめて表-1に示した。せん断試験は、試験機に試験箱をセットしせん断枠を試料上部に押し込んだ後、10 cm 四方で厚さ 1 mm の載荷板を介して4種類のおもり（荷重 3.8 kN/m²、6.1 kN/m²、10.0 kN/m²、12.1 kN/m²）を載荷後、直ちに 1 mm/min で水平変位 12 mm までせん断した。せん断終了後、試料の含水比、試験 B、C では土試料中に含まれている根の量を測定した。

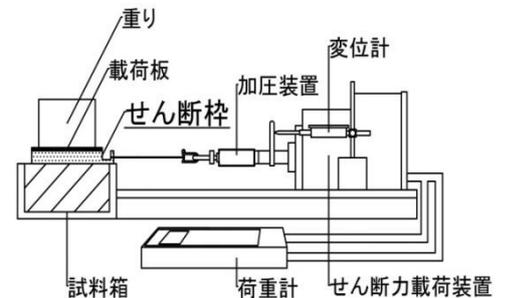


図-1 簡易一面せん断試験機の概略図

表-1 試験条件表

試験	試料名	条件		
		挿入角度		
A	擬似根(直径=d)本数	90度	75度	60度
	擬似根(3mm)×4本			
	擬似根(3mm)×8本			
	擬似根(6mm)×4本			
B	植物	播種量		
	トールフェスク	0.45g	0.60g	0.75g
	ホワイトクローバー	0.12g	0.24g	
	むぎなでしこ	4本	16本	
C	セイタカアワダチソウ	自生しているものを採取		
	メリケンカルカヤ	自生しているものを採取		
	培養土のみ			

キーワード 法面緑化, 在来種, 外来種, 簡易一面せん断試験

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 4-1-1 東海大学土木工学科 TEL:0463-58-1211 e-mail:sugi@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

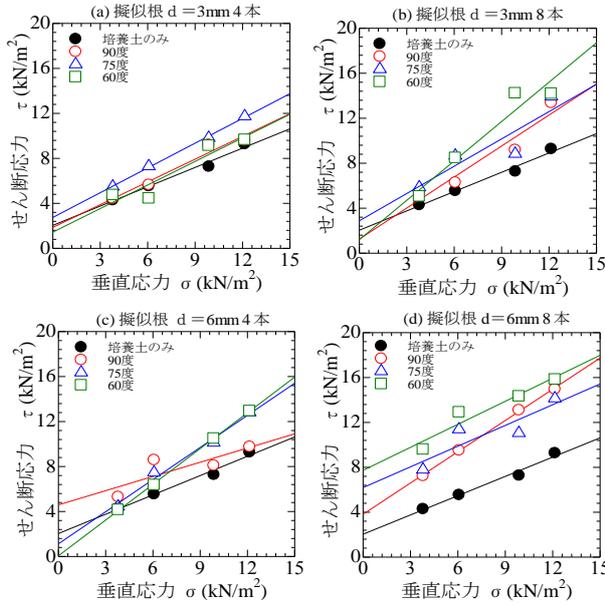


図-2 擬似根の簡易一面せん断試験結果

表-2 擬似根の c と φ

試料名	条件	c	φ	試料名	条件	c	φ
擬似根(3mm)×4本	90度	1.4	34.9	擬似根(6mm)×4本	90度	4.6	22.8
	75度	2.7	36.3		75度	1.1	43.6
	60度	1.9	34.0		60度	0.1	46.6
擬似根(3mm)×8本	90度	1.3	42.6	擬似根(6mm)×8本	90度	3.8	42.9
	75度	2.9	39.0		75度	6.2	31.6
	60度	1.2	49.4		60度	7.7	34.4

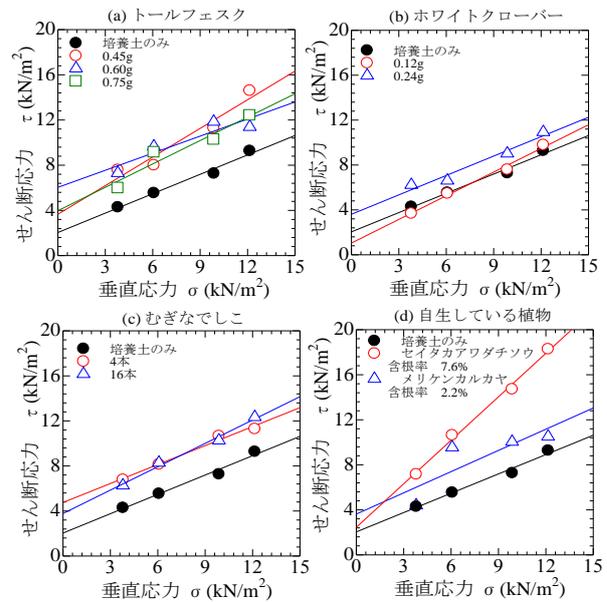


図-3 植物の簡易一面せん断試験結果

表-3 植物の c と φ

試料名	条件	c	φ	試料名	条件	c	φ
トールフェスク	0.45g	3.7	40.2	むぎなでしこ	4本	4.8	29.3
	0.60g	6.0	26.7		16本	3.8	34.6
	0.75g	4.0	34.6		セイタカアワダチソウ	2.5	52.2
ホワイトクローバー	0.12g	1.0	35.1	メリケンカルカヤ	3.6	32.1	
	0.24g	3.6	29.9	培養土のみ	2.0	29.8	

3. 試験結果と考察

3.1 擬似根による土の補強効果 (試験 A)

図-2(a)~(d)は、擬似根のせん断試験から得られた垂直応力 σ とせん断応力 τ の関係を擬似根の設置角度をパラメータとして、直径と設置した本数毎にまとめて示したもので、各結果から最小二乗法で求めた粘着力 c とせん断抵抗角 ϕ の値を整理したのが表-2である。図と表から、ばらつきはあるものの黒丸で示した培養土単体よりも擬似根を挿入した方が概ね強度は増加し、この傾向は直径が大きく本数が多いほど、根の設置角度が小さいほど顕著となることわかる。また、せん断強度の増加は、せん断抵抗角 ϕ よりも粘着力 c への寄与度が高いと言える⁴⁾。

3.2 草本外来種の根による土の補強効果 (試験 B, C)

図-3(a)~(c)は、播種して生長した根を含む土の垂直応力 σ とせん断応力 τ の関係で、表-3は最小二乗法で求めた粘着力 c とせん断抵抗角 ϕ である。根系を含む土の強度は、黒丸の培養土単体よりいずれも上方に位置し、根による補強効果は試験 A の結果と同様に粘着力 c の増加として現れている。しかしながら、今回設定した播種量と設置本数の差程度では、強度あるいは強度定数に顕著な違いは見出せなかった。図-3(d)は、学内に自生した外来植物 2 種の試験結果で、採取地の土質は「クロボク」であるため図中の培養土のみの結果は参考値であるが、試験 A や試験 B の強度定数と大差のない値を示した。今回採用したせん断枠による簡易一面せん断試験は、根系を含む土の強度定数評価に適した試験法と考えられ、せん断枠のサイズを大きくすることで現位置の試験にも適用できると考えられる^{2),3)}。

4. まとめ

植物の根には土を補強する効果があり、主として粘着力を増加させることがあらためて確認された。これは上載荷重の小さな斜面表層の補強としてはたいへん効果的である。津波対策としての緑化や河川堤防の補強効果が注目される中、根系の補強効果の定量化に向けて、室内のみならず現位置での試験も行いデータ収集する必要がある。

参考文献

1) Matsuoka, H. and Liu, S.H.: Simplified direct box shear test on granular materials and its application to rockfill materials, Soils and Foundations, Vol.38, No.4, pp.275-284, 1997. 2) 松岡元他：粗粒材の原位置大型一面せん断試験、第34回地盤工学研究発表会、D-6,229,pp.459-460, 1999. 3) 松岡 元：地盤工学の新しいアプローチ、京都大学学術出版会、2003. 4) 杉山太宏, 大川良輔, 福田耕司：根系を含む粘性土地盤材料の非排水せん断強度特性, 日本緑化工学会誌, Vol.32, No.1, pp215-218, 2006.