

III-304

大型現地一面せん断試験による樹木根系を含む土層のせん断強度特性(Ⅱ)

—— 土壌含水比の違いによる強度の比較 ——

国立林業試験場・防災部 正員 岩元 賢
国立林業試験場・防災部 阿部和時

1. はじめに

樹木根系網による土層のせん断強度の補強効果を検討するために、大型の現地一面せん断試験機による実験シリーズを継続した。今回は、試験地の土壌含水比を変化させて実験を行ない、含水比によるせん断強度の変化や土層の変位過程、根系分布形態とせん断強度の補強効果等について報告する。

2. 試験地および実験方法

試験地は、スギ苗畑で地質は関東ローム($d_{50}=0.007\text{ mm}$, $G_s=2.711$)、試験木は8年生のスギ($H=6\text{ m}$, $d=8\text{ cm}$)である。大型一面せん断試験機の諸元は前報に示す通りで、せん断面積は $1\text{ m}\times 1\text{ m}$ である(40回土木年講Ⅲ)。せん断方法は、非圧密非排水・応力制御方式で20分間隔で $100\text{ Kg}\cdot\text{f}$ 単位のせん断荷重を漸次増加させながら供試体の変位量を測定する。実験条件は表-1に示す通りで、せん断深さは根系分布の関係から 50 cm とした。土壌の含水比を変化させるために、供試体周囲に溝を掘って水を供給するとともに、上部からは散水する方式を24時間継続した。実験中の供試体内部の間隙水圧、変位量、せん断力等の変化は経時的に自動記録した。なお、裸地対照区でも同一条件の実験を行なった。

3. 結果と考察

表-1 実験条件 ($Z=50\text{ cm}$)

Kind of plot	Shear depth (cm)	Soil-block weight ($\text{kg}\cdot\text{f}/\text{m}^3$)	Additional load ($\text{kg}\cdot\text{f}/\text{m}^2$)	Normal stress ()	Soil moisture condition
Planted plot	50	900	0	900	Natural, Wet
		900	500	1400	
		900	1000	1900	
Bare plot	50	900	0	900	Natural, Wet
		900	500	1400	
		900	1000	1900	

(1) 土壌条件と根系

土層の仮想せん断面
深さ $Z=50\text{ cm}$ 地点の
土壌条件と根系分布状
況は次のようである。
自然含水比状態の林地
では含水比 $W=30\%$ 、
ベーンせん断抵抗力

$$\tau_v = 360\text{ Kg}\cdot\text{f}\cdot\text{cm}, 3000$$

根系は直径 $d=1\sim 10\text{ mm}$ の細根・小根が分布している。湿润供試体の含水比は $W=34.5\%$ である。なお、供試体を24時間冠水したにもかかわらず含水比が4%強しか増加しなかったのは、供試体の土質が堅くしまったローム質土壌であったために透水性が低かったことによるものと思われる。

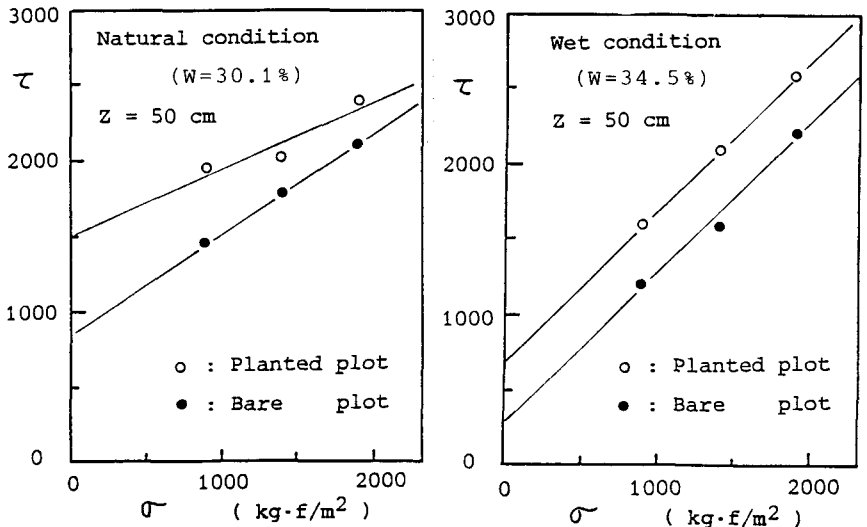


図-1 せん断抵抗力と垂直応力の関係

(2) せん断強度

図-1に、それぞれ $Z = 50\text{ cm}$ 地点における自然林地と湿潤林地におけるせん断試験の結果を示した。なお、図中には同一条件下における裸地対照区の結果も比較のために記入した。これらの関係は次式となる。

$$\begin{cases} \text{自然林地: } \tau = 1469 + \sigma \tan 24.7^\circ \\ \text{同・裸地: } \tau = 905 + \sigma \tan 33.5^\circ \end{cases} \quad \begin{cases} \text{湿潤林地: } \tau = 700 + \sigma \tan 45^\circ \\ \text{同・裸地: } \tau = 267 + \sigma \tan 45^\circ \end{cases}$$

これらによれば、自然林地および湿潤林地の場合でも、スギ林地のせん断強度は明らかにいずれも平均的に約15～30%程度、裸地よりも大きな値を示している。さらに、自然林地と湿潤林地を比較してみると、自然林地($\sigma = 900, 1900\text{ kg}\cdot\text{f}/\text{m}^2$)のせん断強度は同一条件の湿潤林地よりも約100 $\text{kg}\cdot\text{f}/\text{m}^2$ 大きい値を示している。さらに、林地の粘着力はいずれも裸地よりも大きく、これは土層中に根系が含まれたことによる見かけ上の粘着力の増加分と考えられる。しかし、これらの傾向は各式に示されるように、せん断応力式中の粘着力と内部摩擦角の変化が一定でないため、現時点では定量的評価は難しいようである。

(3) 変位特性

図-2に、各供試体のせん断に伴う変位量の経時的変化を示す。図によれば、土層変位は根系の有無と含水比の違いによって明らかな相違がある。すなわち、第1に根系を含むと破壊現象が起こるまでの変位量とせん断抵抗力がともに増大する。例えば、変位量20 mm前後で裸地はせん断されるが、根系を含むと30 mm以上でせん断される。第2に、根系を含む土層変位は弾性体としての挙動が顕著で、土の降伏値以上(塑性域)になってもなお土の強度は増大し続ける。第3に、土層の含水比がわずかでも増加すると、根系と土層の周辺摩擦力や土層自体の粘着力が急速に減少する。

(4) 根系によるせん断強度の補強効果

林地と裸地のせん断強度の差($\Delta\tau$)を根系による補強効果と定義すると、根系量と補強効果の関係は図-3となる。図中、 A_r :せん断面の根系断面積合計、 A :土層のせん断面積を表す。湿潤林地の根系面積率は自然林地の2～3倍も多いために、図-1から直接的に根系の補強効果を分離するのは難しいが、定性的には次の点が指摘できる。すなわち、各データともに根系の割合が多いほどせん断強度は増大している。一方、湿潤林地でも根系量が多い場合は、含水比上昇による粘着力の低下量よりも、根系量によるせん断強度の補強効果の方が卓越する場合もあるようである。

今後は、根系分布と含水比による関係を系統的に検討するとともに、根系の直接引張り試験と摩擦抵抗も検討したい。

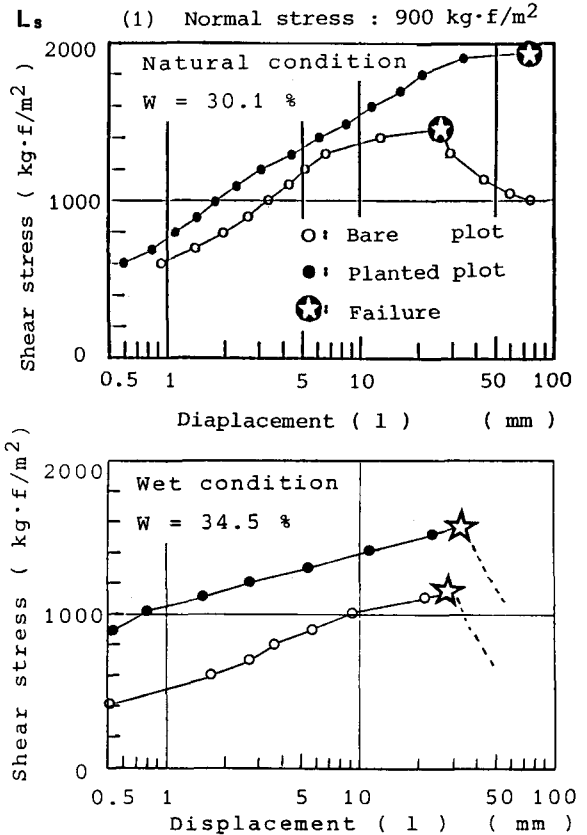


図-2 せん断荷重と土層変位の関係

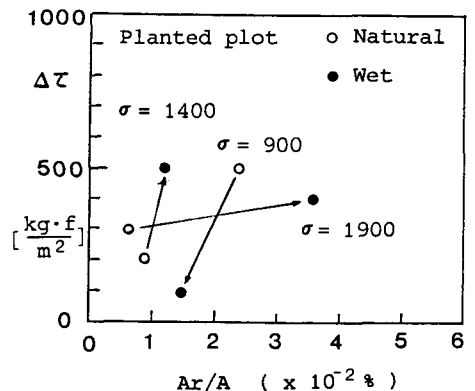


図-3 根系量と補強効果の関係