

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

森林の国土保全機能の1つとして、樹木の存在は蒸発散作用によって土壤水分を低下させたり、根系によって土壤のせん断抵抗力を補強したりするため、山崩れを抑止する効果があげられている。しかし、樹木の根系分布や形状等の生態的特性は林地の立地条件に影響され易いため、その効果を定量的に評価し難いことも指摘されている。本文では、樹根による土壤のせん断抵抗力の補強効果を把握するために、まず、現地での直接一面せん断試験の基礎資料用として、立地条件が均一な苗畑においてスギの単木における抜根抵抗力と根系分布ならびに土壤せん断抵抗力の関係を調べたので報告する。

2. 試験地および実験方法

試験地は、茨城県・千代田試験地内の精密苗畑で地質は関東ロームである。試験木はスギの6年生幼樹(樹高 $H=3.5\text{ m}$ 、胸高直径 $d=7.0\text{ cm}$ 、 1.5 m 方形植栽)で、スギ植栽区の隣りには対象地として裸地区が同一の立地条件で配置されている。抜根抵抗力 P は、試験木の根元にワイヤーロープをまきつけてチルホール($T-13$ 、横引き 2 ton)とH型動力計(東京衡機KK、 2 ton)で引抜いて測定した⁽¹⁾。土のせん断抵抗力 τ は、土層を乱さずに直接、根系の周辺で測定するために原位置ベーン試験機(谷藤KK製、 $TS-134$ 、トルクレンチ式、容量 $460\text{ Kg}\cdot\text{f}\cdot\text{cm}$ 、 $2\times 8\text{ cm}$ 刃)を用いて、根株から 7.5 cm 離れた地点で地表面から 10 cm 間隔で測定した。なお、根系量はベーン試験後に深さ 10 cm 間隔で $20\times 20\times 10\text{ cm}$ 土層に含まれる根系を採取して乾燥重量を求め、根系分布を調べた。

3. 結果と考察

(1) 抜根試験 図-1は、スギの抜根抵抗力と根株直径 d_0 の関係を示したもので、図中の直線は刈住や北村らが実際の山地において樹令が5~50年生($d_0=6\sim 60\text{ cm}$)スギについて抜根試験した結果である。図によれば苗畑のスギでも $d_0>5\text{ cm}$ であれば山地のスギとほぼ同様な傾向の抜根抵抗力を示すようである。これより、スギ立木における根株直径と抜根抵抗力の関係は、一般に両対数紙上で次の近似式で示される。

$$P = 0.045 d_0^{1.50} \quad (\text{ton})$$

(2) ベーン試験 図-2は、スギ植栽区と裸地区における土層の深さ別のベーンせん断抵抗力の平均値と間隙率の関係を示したものである。図によれば、スギ植栽区のせん断抵抗力はいずれの土層深においても裸地区より大きい傾向を示している。これは、一般に根系がよく発達した表層付近($Z<30\text{ cm}$)では微生物や有機物の影響で土壤の孔隙が多くなり、土自体のせん断抵抗力は低下するが、その反面、根系網の発達によって土のせん断抵抗力が補強されたものであろう。ここに、図-3はスギ植栽区における直径 $d<2\text{ mm}$ の細根の分布量と土のせん断抵抗力の関係を示したものである。図より細根量は土層が深くなると少なくなる傾向にあるがせん断抵抗力は逆に増大している。このことは、たとえ $Z>40\text{ cm}$ の土層でも細根が多少とも存在すれば、根による土壤の緊縛作用によってせん断抵抗力が増大することを示す1例であらう。以上より、本試験区の場合、根系によるせん断抵抗力の補強効果は土層深によつ

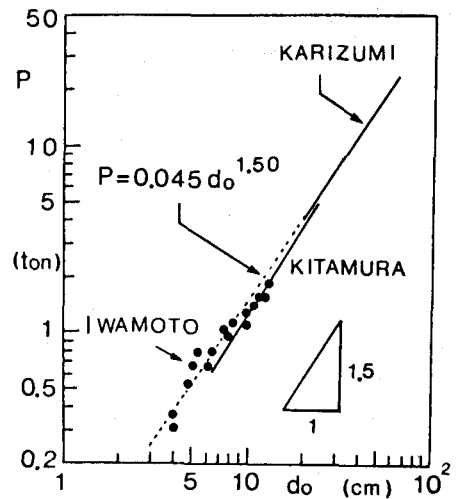


図-1 スギ(立木)の抜根試験結果

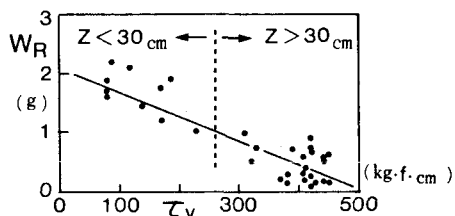


図-3 細根系量とせん断抵抗力の関係

て、間隙率等の土質条件も若干異なるが一応、 $Z < 50 \text{ cm}$ では $100 \sim 120 \text{ kg} \cdot \text{f} \cdot \text{cm}$ 、 $Z > 50 \text{ cm}$ では $150 \sim 240 \text{ kg} \cdot \text{f} \cdot \text{cm}$ 程度発揮されたようである。

(3) 根系分布

スギ植栽区における平均的な全根系量の分布は図-2に示したとおりで、 $Z < 30 \text{ cm}$ では根系が最も多く分布するが、 $Z > 40 \text{ cm}$ では漸減する傾向を示す。ここに、図-4は実際の山地における30～40年生スギ林分の根系密度分布を示したもので、細根($d < 2 \text{ mm}$)、小～中径根($2 < d < 20$)、大径根($d > 20$)およびこれらの全根系量の分布の最大出現頻度はいずれの場合も $10 < Z < 30 \text{ cm}$ に存在し、 $Z > 30 \text{ cm}$ になると根系量は漸減して根系の最大到達深さは約 130 cm となっている。一般に、樹木の根系分布は樹種・樹令および地質・地形・気象等の立地条件によって複雑に変化するといわれる。しかし、図-2、4から、細根～大径根の土層における分布特性は、立地条件が多少異っても植物生態学的には時間の経過と樹木の生長に伴って最終的にはその樹種固有の遺伝的形質、すなわち各直径級の根系分布、地上部の材積、樹冠量等の間には一定の関係が見い出されるものと思われる。

(4) 災害地における根系分布 図-5は、昭和47年7月豪雨で熊本県天草地区に山地災害が多発(総雨量 $300 \sim 400 \text{ mm}$ 、 $130 \text{ mm}/h_R$ 、地質：砂・頁岩、石英粗面岩、崩壊密度 $50 \text{ 箇所}/\text{Km}^2$)した際、激基地の竜ヶ岳町周辺の平均的林分で根系分布を測定した例である⁽⁴⁾。図より根系量は針葉樹>広葉樹>新植地、根系分布範囲は地下 $70 \sim 90 \text{ cm}$ である。このことは、針葉樹等の根系量はある程度発達していたが、根系の土層への貫入深度が浅かったため根系の山崩れに対する杭作用が十分に発揮されなかった一面もあることを示すものと思われる。

4. おわりに 今後は、山地土壌の土質特性と根系分布、ベーン試験特性と他試験との比較、苗畑での直接一面せん断試験、各樹種による根系分布ならびに災害地での関連調査を行なって樹木による山崩れの抑止効果の定量化を図りたい。 参考文献 (1) 岩元 賢：37回土木年講、1982 (2) 荻住 昇：樹木根系図説、1979 (3) 北村嘉一他：林試研報、313、1981 (4) 難波宣士他：昭47.7災害報告 林野庁 1975

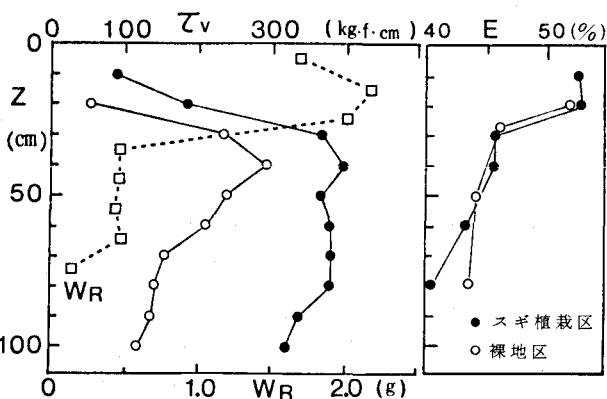


図-2 ベーンせん断抵抗力と根系分布・間隙率の関係

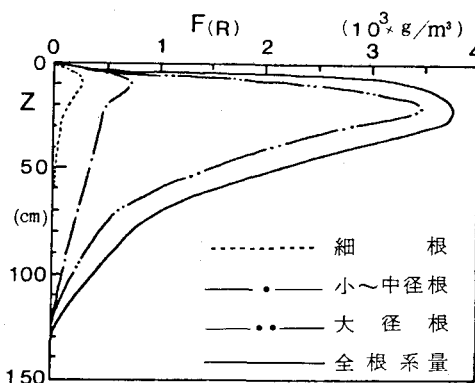


図-4 30～40年生スギ林分の根系密度分布

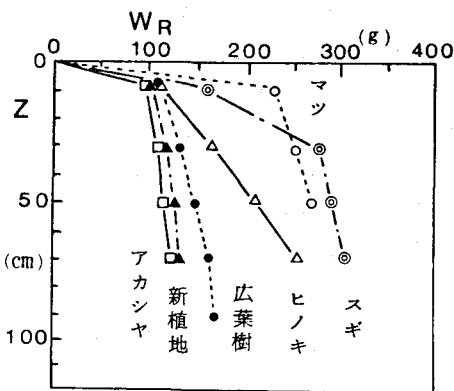


図-5 天草地区における各樹種の根系分布