

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

豪雨によって山崩れ・ガケ崩れ・土石流等の土砂災害が発生すると、マスコミ機関は森林の伐採や造林後の保育管理の不備だけを重点にして問題にする。とくに、この傾向は最近の長崎・島根両県の都市近郊型土砂災害の際に強調されている。しかし、森林の被害に関する全国的調査結果(難波・北村：林野庁, 1974)によれば、森林の存在は深さ1~2 m程度の表層崩壊の防止に関しては効果のあることが統計的に報告されている。そして、防災的に安全な森林施業や土地の高度利用のためには、まず、森林の存在すなわち樹木根系網によって土層のせん断強度がどの程度補強されて、表層崩壊を防止しうるのかを定量的に把握する必要がある。そこで、著者らは実際の林地で直接、根系を含む土層をせん断できる大型の一面せん断試験機を試作して予備実験を開始したのでその結果を報告する。

2. 試験地および実験方法

試験地は、茨城県・千代田試験地の精密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7年生のスギ($H = 5.0\text{ m}$, $d = 7.8\text{ cm}$)である(岩元: 38・39回土木年講)。試作した大型現地一面せん断試験装置の諸元は、せん断面積 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$, せん断深さは鋼製パネルの組み合わせ方式で任意に選定できる。装置の設定は、試験木の地上部を伐採除去した後、その周囲を掘削し、せん断用枠を供試体にとりつけてその上面に上載荷重を加え、前面から油圧ジャッキによってせん断するものである。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 Kg/cm^2 単位でせん断荷重を漸次増加させながら供試体の変位量を前・側面に設置した変位計で測定するものである。実験条件は、上載荷重は0, 500, 1000 Kgの3段階、せん断深さは30, 50 cmの2種類である。そして、林地の根系を含む土層のせん断強度を比較するために、隣接する裸地でも同一条件の実験を行なった。

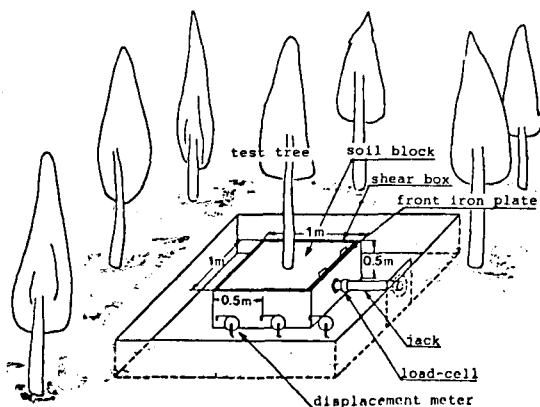


図-1 大型現地一面せん断試験装置

3. 結果と考察

(1) 根系分布と土壌条件

苗畑試験地の土壌条件と根系分布状態を把握するために、ベーンせん断抵抗(τ_v)と根系量の関係を測定した(図-2)。苗畑は均一に敷きならされてはいるが整地時の転圧度が異なるため、土層は $Z = 0 \sim 30\text{ cm}$: A層, $40 \sim 80\text{ cm}$: B層, $Z > 90\text{ cm}$: 整地前の埋設土層で、せん断抵抗も異なりこれに対応して根系網の発達も、 $0 \sim 30\text{ cm}$ で最も多く土層が深くなるにつれて根系量は次第に少なくなる傾向にある。

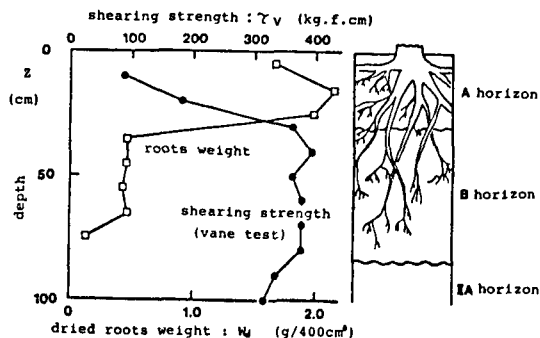


図-2 根系分布と土壌条件

(2) せん断抵抗力

図-3に、林地・裸地の $Z = 30, 50\text{ cm}$ 地点における一面せん断試験の結果を示す。(kg/m²)
裸地の結果は、 $30, 50\text{ cm}$ ともほぼ同値で大差はなく、土のせん断抵抗値は

$$\tau_{\text{non}} = 905 + \sigma' \cdot \tan. 33.5^\circ$$

となる。これに対して、林地の場合は値に多少のばらつきはあるが、いずれの値も裸地よりも大きい値を示して根系による補強効果がみられ、その割合は、林地の $Z = 30\text{ cm}$ で $13 \sim 42\%$ 、 $Z = 50\text{ cm}$ で $11 \sim 34\%$ の増加が示された。

(3) 変位特性

図-4に、 $Z = 50\text{ cm}$ の場合の供試体前面の変位過程を示す。図にみられるように、土層中の根系の有無によって変位の現われ方に明らかな相違がある。すなわち、第1に根系が含まれると破壊現象が起こるまでの土層変位量が増える点である。例えば、裸地では変位量 $15 \sim 20\text{ mm}$ で土層がせん断されるが、根系を含むと $25 \sim 40\text{ mm}$ でせん断されるようになる。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ている。なお、林地の $\sigma = 900\text{ kg}$ 実験で、破壊時変位量が他よりも大きいのは試験後のせん断面の根系分布調査によれば、 $Z = 50\text{ cm}$ 地点の残存根系量が最も多かったために根系による補強効果が大きかったためであろう。

(4) せん断抵抗力の補強効果と根系量の関係

裸地と林地のせん断抵抗力の差を根系による補強強度（ $\Delta\tau$ ）として、せん断面上の残存根系断面積合計（ A_T ）との関係を示すと図-5のようになる。両者の関係は、全体的には比例的な関係にあるが定かなものではない。これは、各試験木ごとに根系の分布形態が異なっているために根系が土層のせん断時に作用する形態がそれぞれ違ってくるためであろう。そこで、試験後の残存根系調査から土層せん断時の根系の作用形態として次の2種類が推測された。

引き抜き型……土層の変位に伴ってせん断面内に分布す

る根が引き抜かれる形態で、この時の抵抗力は主として根と土の周辺摩擦力に起因する。

引張りせん断型……土層の変位に伴って根系が引張り力によって切断される形態で、本実験では引張りによって切断された根系の直径は $3 \sim 9\text{ mm}$ 程度であった。

今回の試験では、 $Z = 30\text{ cm}$ は引き抜き型、 $Z = 50\text{ cm}$ は引張りせん断型に分類されるようであった。

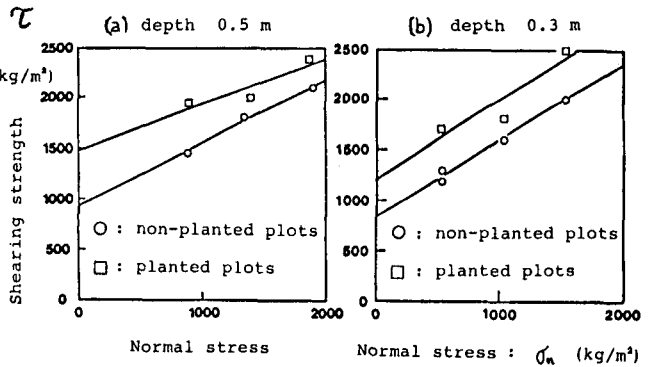


図-3 せん断抵抗力と垂直応力の関係

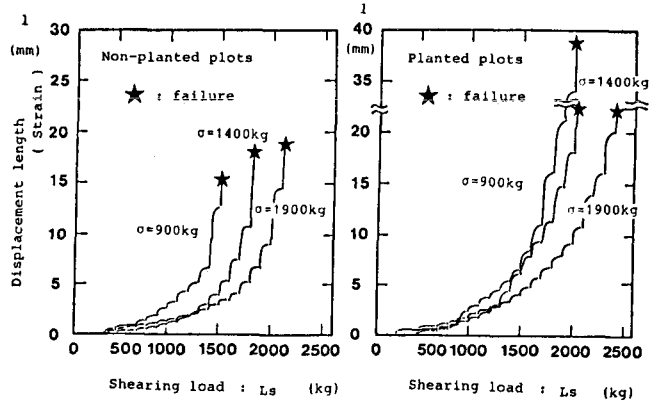


図-4 せん断荷重と土層変位の関係

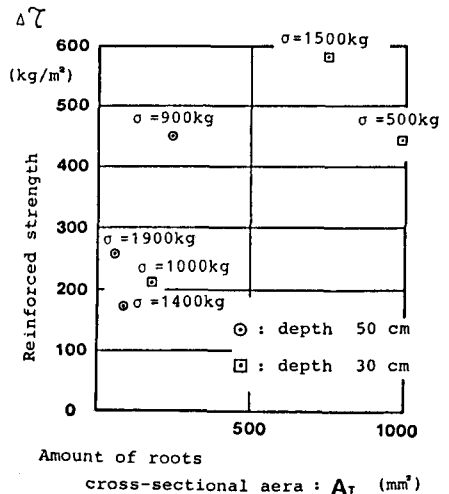


図-5 根系量と補強強度の関係