

大成建設(株)技術開発第2部 正会員 ○前田浩之助
東海大学工学部 正会員 杉山 太宏
東海大学工学部 正会員 赤石 勝

1. まえがき

著者らは、切土法面に自生した樹木の転倒危険度を評価するための一手法として、切土法面上に傾斜して自生した樹木の引抜き試験を行い、根系の引抜き抵抗力や抵抗モーメントについて調べた¹⁾。その結果、樹木の自重による転倒モーメントと、根系の抵抗モーメントから求めた転倒に対する安全率は4以上となり、根の緊縛力による抵抗効果が確認された。

この報告では、引抜き試験で抜根した根株を観察し、切断された根の直径と本数を調べるとともに、根の引張強度試験を行い単一根の引張抵抗力と引抜き抵抗力の関係について検討した。

2. 根系の引張強度に関する既往の研究

根の引張抵抗力を直接測定した例として、野々田らは表層崩壊直後のスギ林から採取した残存根の引張試験を行い、次式の関係を示している²⁾。

$$T = 2.754 \cdot d^{2.06}, 0.67 \leq d \leq 9.20 \text{ mm} \quad (1)$$

ここに、 T は単根の引張抵抗力(kgf)、 d は根の皮付き直径(mm)である。Wu らは、根系による地盤の補強効果として、根系を含む土の粘着力の増加分 C_R が、根の引張強度を含んだ次式で表されるとした³⁾。

$$C_R = 1.12 \cdot t_r = 1.12 \sum (T_i \cdot a_i \cdot n_i / A) \quad (2)$$

ここに、 t_r は、図-1のようにすべりに対する根系の補強効果を考えた場合の樹木根系に作用する力、 T_i は単根の引張り強度、 a_i は根の断面積、 n_i は根の本数、 A は対象土の断面積で、これらを測定すれば根系を含む土の C_R が求まることになる。しかし、地盤硬度や樹種により根鉢の形状は異なり、断面積 A を特定することは難しいので、この報告では単根の引張抵抗力と根の本数から引抜き抵抗力との関係について調べた。

3. 切断根の調査ならびに根の引張試験の方法

引抜き試験を行った根元直径の異なる樹木(イシテ7本、直径4.2~24.5cm)毎の根株を観察し、切断したと思われる根の本数を山側・谷川に分けて1mmから10mmまで1mmピッチで数えた。10mmまでとしたのは、斜面崩壊地の残存根を調査した既往の研究において、残存する根のほとんどが直径1cm以下で、数mm程度のものが卓越したという報告が多い⁴⁾ためである。

引抜き試験後の根株から10mm以下の根を約100本採取して、単一根の引張試験を行った。写真-1のように根の間隔が10cmとなるようつかみ部にセットし、引張速度10cm/minで引張力を加え、切断部の直径をノギスで測定した。

使用した試験装置は、島津製作所 AUTOGRAPH(AG-E 10t)である。つかみ部と根のすべりを防止するために、予め根の両端をエポキシ樹脂製の接着剤を塗布して固結させ⁶⁾1昼夜水中養生して試験に供した。

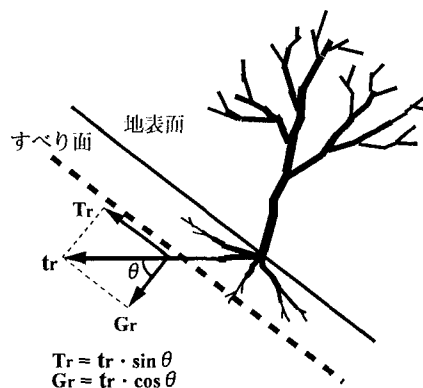


図-1 根の補強効果の模式図

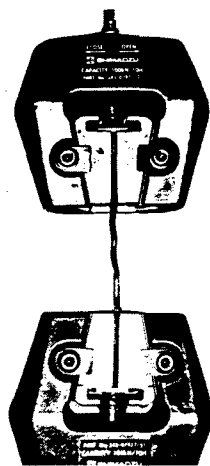


写真-1 引張試験装置のつかみ部

キーワード：樹木、根系、引張強度、引抜き抵抗力、切土法面

連絡先：〒169 東京都新宿区百人町3-25-1 大成建設(株) TEL 03-5386-7564 FAX 03-5386-7578

3. 実験結果と考察

図-2は、切断根本数の一例（根元直径 19.2cm）を示したものである。山側と谷川の切断根の本数に大きな違いはなく、また、切断根は 1 ～ 3mm に集中している。この傾向は、根元直径 10cm 以上の他の樹木でも観察された。図-3は、引張強度試験から得られた引張抵抗力 T と切断部の皮付き直径 d を対数紙上にプロットしたものである。7mm 以上の根のほとんどが試験中につかみ部から抜けてしまい、結果が得られなかったため、最終的な試験数は 6mm 以下の約 70 本である。ばらついたデータであるが、最小二乗法により次式で近似した。

$$T = 2.263 \cdot d^{1.282}, (r = 0.835) \quad (3)$$

図には、Abe ら⁶⁾によるスギと中根ら⁷⁾のアカマツの結果を点線と一点鎖線で併記したが、本試験のイヌシデはやや小まめの結果が得られた。

(3)式から直径毎に引張抵抗力を求め、測定した本数を乗じて足し合わせるにより、引抜き抵抗力 q に占める引張抵抗力 T の割合 $P (=T/q)$ を調べたのが表-1である。なお、根の本数は、引抜き抵抗力のほとんどを山側の根が負担するものとして²⁾、山側のみ合計を使用している。結果は 28%～160%とばらつきが大きく、現実にはあり得ない 100%を超えるものもある。この計算方法では、全ての根が同時に抵抗することになり、その結果として 100%を超えたものと思われる。樹木が引抜かれる過程は進行性の破壊と考えられるので、この点を考慮する必要がある。また、実際には周面摩擦力や曲げ強さも根の抵抗力となるので^{2), 7)} これらも取り入れて検討する必要がある。

4. あとがき

根の引張強度試験を行い、引抜き抵抗力との関係について調べた。樹木の根系は樹種毎に異なり、また生育環境にも影響されるため、今後はより多くのデータを収集し、根の法面補強効果について検討していく予定である。本研究の一部は、平成9年度文部省科学研究費（奨励研究(A)09750582）の補助を受けて行った。ここに謝意を表す。

—参考文献—

- 1) 前田浩之助, 杉山太宏, 赤石 勝: 切土斜面上に自生した傾斜樹木の引抜き試験: 土木学会第 52 回年次学術講演会(VII), pp.56-57, 1997.
- 2) 野々田稔郎, 林 拙郎, 川邊 洋: 根系の引張強度と曲げ強度から推定した樹木根系の斜面安定効果, 日本林学会誌, Vol.76, No.5, pp.456-461, 1994.
- 3) WU, T.H., MCKINNELL III, W.P. and SWANSTON, D.N.: Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island, Alaska. Can. Geotech. J. 16, pp.19-33, 1979.
- 4) 阿部和時: 森林の崩壊防止機能に関する現地調査, 治山, Vol.31, No.8, pp.217-221, 1986.
- 5) K.Abe and M.Iwamoto: An Evaluation of Tree-Root Effect on Slope Stability by Tree-Root Strength, J. Jpn. For. Soc. Vol.68, No.12, pp.505-510, 1986.
- 6) 中根周歩, 中川勝範, 高橋史樹: アカマツの山火枯死・腐朽に伴う引張強度の低下, 日本林学会誌, Vol.65, No.5, pp.155-165, 1983.
- 7) 塚本良則: 樹木根系の崩壊抑止効果に関する研究, 東京農工大学農学部演習林報告, No.23, pp.65-124, 1987.

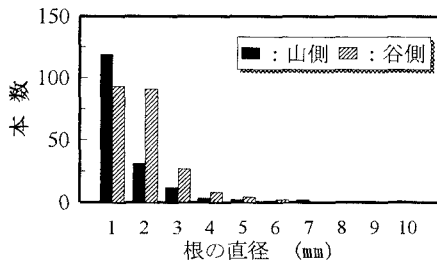


図-2 根の直径と本数の関係

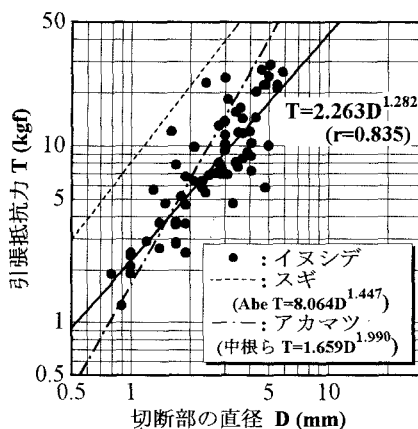


図-3 引張抵抗力と根の直径の関係

表-1 引張抵抗力と引抜き抵抗力

No.	根元直径 D (cm)	引張抵抗力 T (kgf)	引抜き抵抗力 q (kgf)	$\frac{T}{q}$ (%)
1	4.2	46	30	153.3
2	6.7	※ 132	100	132.0
3	10.2	635	400	158.8
4	15.1	1076	1650	65.2
5	19.2	596	2100	28.4
6	21.0	2850	2600	109.6
7	24.5	3234	3700	87.4

※ No.2 は、谷側のみ本数から計算