

東海大学 学生会員○福田 耕司

東海大学 学生会員 上杉 聡

東海大学工学部 正会員 杉山 太宏・赤石 勝

1. まえがき

根系の緊縛力には、根と土の摩擦抵抗力、根の引張抵抗力（切断に対する抗張力）ならびに伸張方向に直交するせん断抵抗力があり、これらが複合的に作用して地盤を補強すると考えられている^{1),2)}。法面の樹林化が推奨され導入されている昨今であるが、根系の伸張が生育環境（気象、地盤条件など）に影響されること、すなわち生物であるが故の不確定要素から、根系の補強効果を取り入れた設計は行われていない。根と土の複合材料としての力学的性質は勿論であるが、法面の補強材として根系自体の力学的性質を調べ、工学的な評価を行うためのデータ収集が必要である。

本研究では、樹木を根の張り方で3通りに分類し引張抵抗力を測定して、引張強度特性の違いについて検討した。

2. 根系による地盤補強効果

樹木根系による補強効果を、図-1のようなすべり面（層）に対する抵抗応力で考える³⁾。傾斜角 θ の無限長斜面にある樹木根系に作用する応力（強度） t_r は、すべり面方向とこれに直交する方向の応力として T_r と G_r に分解される。図から、根系を含む土のせん断強さ τ_f は式(1)で表されるので、根のせん断強さ C_R は式(2)となる。

$$\tau_f = c + T_r + (\sigma + G_r) \tan \phi = t_r (\sin \theta + \cos \phi \tan \phi) + c + \sigma \tan \phi \quad (1)$$

$$C_R = t_r (\sin \theta + \cos \phi \tan \phi) \quad (2)$$

一般に根系の C_R は、粘着力成分の増加とされることが多い。根系の強度 t_r が、どの程度なのかを知ることが重要である。

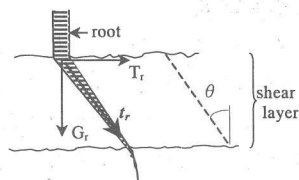
図-1 根系のせん断抵抗力²¹⁾

図-2 樹木根系引張抵抗力試験供試根

3. 樹種と引張試験方法

3.1 樹種の選定

菊住⁴⁾は、根の張り方によって樹木を分類している。本研究では、深根型、中間型、浅根型の3タイプに分類し、引張強度特性の差異について調べた。樹種は、スギ、アカマツ、クヌギ、ネミミチ（深根型）、ウバカシ、シカシ、アオギリ、コブシ、ヤマモ（中間型）、ヤナギ、トウカシ、モッコク、イシデ、黄金コナ（浅根型）の計14種である。いずれも大学構内に植樹されたもので、樹齢は25年から30年（黄金コナは市販の苗木）である。根元から1, 2mの地点をスコップで約50cm掘り返して根系を採取したので、ほとんどが水平根と考えられる。

3.2 実験方法

試験は、直径 $d=10\text{mm}$ 以下で長さ14cm以上の採取根を対象とした。根に付着した土を水で洗い落とし、両端の樹皮を剥いてドライヤーで乾かした後、接着剤を満たしたアルミパイプ（直径10mm、長さ3cm）に根を挿入して固結した（図-2）。写真-1のように供試根を試験器つかみ部にセットし引張速度 10mm/min で引張して、切断時の引張抵抗力、伸長量と切断部の皮付き直径を測定した。試験後、根を24時間炉乾燥して、すべての根の水分量を測定した。また、水分量と強度の関係を調べるために、根の採取直後と常温の部屋で1週間乾燥させた条件で試験を行った。

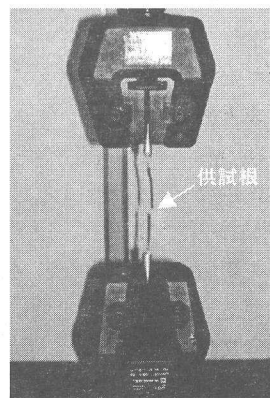


写真-1 供試根のセット（破断状況後）

キーワード：樹木根系、引張強度試験、根の太さ、引張強度、水分量

連絡先：〒259-1207 平塚市北金目1117 東海大学土木工学科 TEL 0463-58-1211 FAX 0463-50-2045

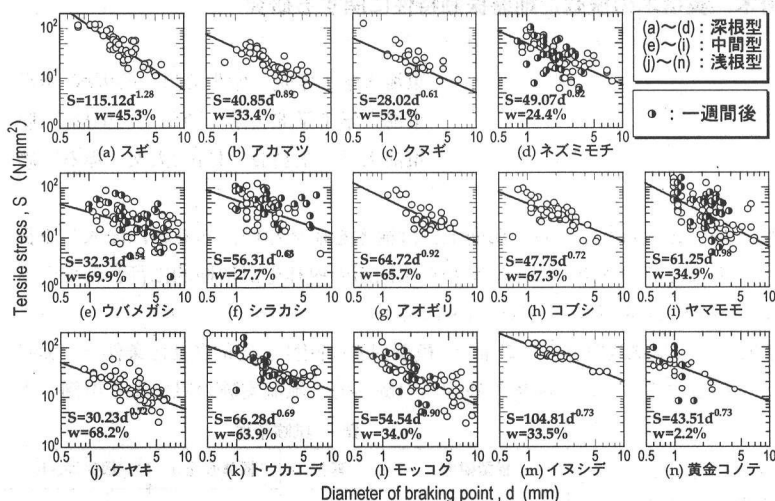


図-3 根系の引張強度 S と直径 d

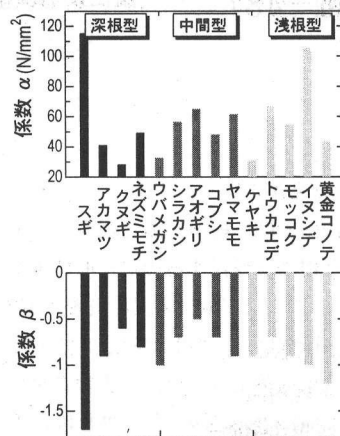


図-4 係数 α と β の比較

4. 実験結果と考察

破断時の引張力を破断した根の断面積で割って引張強度 S と定義し、直径 d との関係を示したのが図-3である。上段から深根型、中間型、浅根型の結果で、図中の w は試験後に測定した水分量の平均値、直線は引張強度の回帰結果($S = \alpha \cdot d^\beta$)である。引張強度は、 $3\text{N/mm}^2 \sim 150\text{N/mm}^2$ の範囲に広く分布し、全体的に相関性が高いとは言えない。しかしながら、直径の増加とともに強度が低下する傾向は全てに共通している。また、一週間放置後の強度は、採取直後と同程度かやや大きくなる。

回帰式の係数 α と β を棒グラフで比較したのが図-4である。直径 1mm の強度を表す α には、樹種により4、5倍の差があるのに対して、傾き β は α を除くと最大でも2倍ほどの差である。また、根の張り方によって特筆できるような傾向は見られず、これら14樹種の範囲では、引張強度と根の張り方の相関性は低いと考えられる。

図-5と図-6は、ネズミモチ、ウバメガシ、モッコクの破断時伸長量ならびに根の水分量と直径の関係を、採取直後と一週間後で比較したものである。ばらつきが大きいのが、破断時の伸長量は直径や樹種によらず平均的に7mm程度(ひずみで7%)で、一週間乾燥することで伸長量はわずかに低下する。水分量は、同じ樹木でも直径に比例して著しく増加している。この水分量の差が、図-3のように引張強度を変化させたものと推察される。

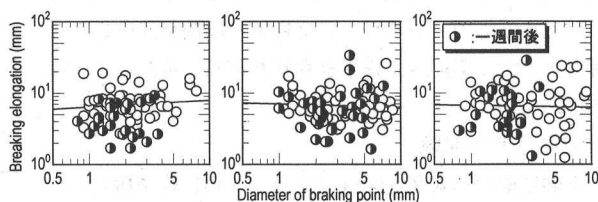


図-5 根の伸長量(破断時)と直径の関係

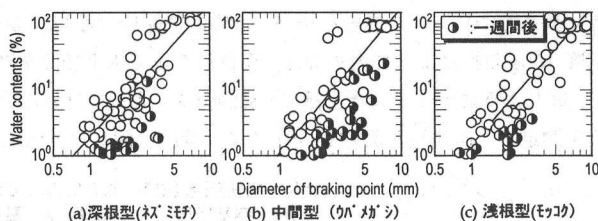


図-6 水分量と直径の関係

5. まとめ

根系の引張強度特性が根の張り方によって分類可能かどうかを調べたが、今回の14樹種では、明確な違いが見出せなかった。根系の強度特性を分類できる他のパラメーターの有無については更に調べる必要があるが、引張強度の最低もしくは平均値がわかれば、緊縛力を取り入れた設計法の進展に繋がる。より多くのデータ収集が必要である。

参考文献: 1) 塚本良則: 森林は斜面崩壊の抑止にどれだけ役立っているか, 森林科学, No.3, pp.45-51, 1991. 2) 阿部和時: 樹木根系が持つ崩壊崩壊防止機能の評価方法に関する研究, 森林総研研報, No.373, pp105-181, 1997. 3) Luckman, P.G., Hathaway, R.L. and Edwards, W.R.N.: Root system, root strength and slope stability, Water and soil conservation, Ministry of Works and Development, Internal Report, No.34. 31pp, Wellington, 1982. 7) 荻住 昇: 樹木根茎図説, 誠文堂, pp.101-111, 1980.