

P-7. 土壌含水比の変化がカラマツ立木の根鉢回転剛性に与える影響

○ 関矢陽、佃猛司、佐々木義久、小泉章夫（北大院農）

1. はじめに

台風などによる強風は、森林経営に大きな被害をもたらすことがある。被害の多くは根返り、幹折れ、枝折れである。根返りに対する根鉢の抵抗力は森林の風倒害防除、街路樹の安全な管理を行う上で、重要な指標となるものと考えられる。そのため、樹木の引き倒し試験によって、根返りに対する根鉢の抵抗力が、求められてきた。しかし、引き倒し試験では、風荷重のように樹木が繰り返し荷重を受けることによる根鉢の抵抗力への影響は考慮されていない。また、降雨による土壌水分の影響も考慮されていない。

そこで、本研究は、複数の異なった土壌含水比の条件において、繰り返し曲げ剛性試験を行うことにより、土壌含水比が立木の根鉢の回転剛性に与える影響を考察することを目的とした。

2. 試験方法

2. 1 载荷除荷繰り返し曲げ剛性試験

北海道大学札幌研究林札幌試験地のカラマツ6本を試験木とした。これらの試験木に対し、载荷除荷5回繰り返しで曲げ剛性試験を行った。荷役用スリングに連結したワイヤーを手動ウィンチで巻き上げて荷重を掛けた。実験は8~9月の期間に供試木1本あたり6~11回行った。荷重レベルは、風速10m/sの風によって、それぞれの試験木の根鉢が受けるモーメントとした。荷重(P)はスリングとワイヤーに連結したロードセルを用いて検出し、樹幹の水平変位(δ)は地上0.05mと1.3mの高さで計測した。荷重と変位はデータロガーに0.5秒間隔で記録した。この試験の概略図を図1に、試験木の形状、加力点高さ、試験木からアンカーまでの距離を表1に示す。

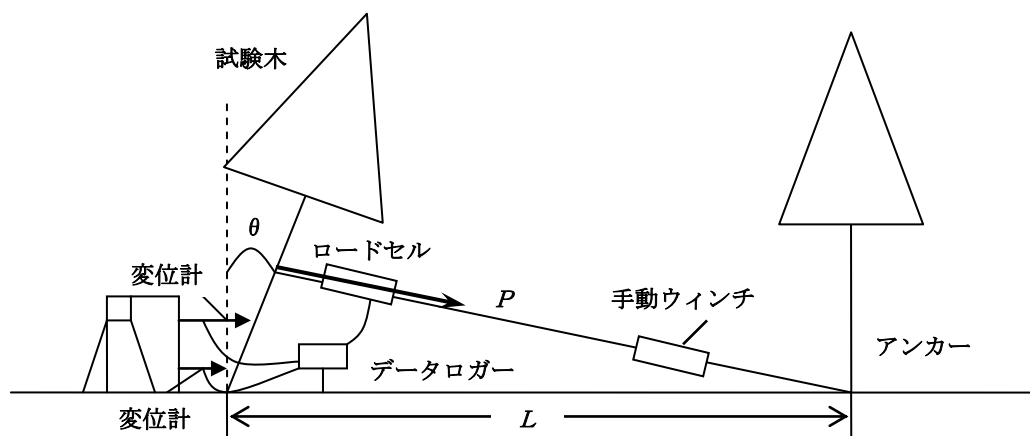


図1. 载荷除荷繰り返し曲げ剛性試験の概略図

表 1. 試験木の形状、加力点高さ、試験木からアンカーまでの距離

No.	D_B (cm)	H (m)	H_C (m)	B_C (m)	A (m^2)	H_P (m)	L (m)	P_W (kN)
1	16.7	13.6	3.0	4.8	25.4	2.4	11.1	762
2	20.3	10.8	2.4	3.7	15.5	2.5	12.0	465
3	12.7	10.4	2.2	2.5	10.3	2.5	12.1	309
4	23.2	18.9	8.4	2.9	15.2	2.5	11.9	456
5	33.9	19.5	14.3	8.5	22.1	2.5	10.2	669
6	25.0	22.2	7.4	3.3	24.4	2.5	10.2	732

D_B : 胸高直径 H : 樹高 H_C : 枝下高 B_C : 樹冠幅

A : 樹幹投影面積 H_P : 加力点高さ L : 試験木からアンカーまでの距離

P_W : 風速 10m/s の風によって樹幹が受ける風荷重計算値

樹冠の形状は三角形仮定、風圧力を受ける樹冠中心は樹冠高さの 3 分の 1 の位置として、風速 10m/s の風によって樹冠が受ける風圧力 (P_W) は (1) 式から求めた。

$$P_W = \frac{1}{2} \rho v^2 A \cdot C_D \quad (1)$$

ここで、 v は風速 (m/s)、抵抗係数 C_D は 0.5、空気密度 ρ は 1.20 kg/m³ とした。

2. 2 土壌含水比の測定

電極式土壌含水比計 (電極 : Delta-T Devices 社製 SM200 ロガー : Delta-T Devices 社製 HH2) を使用し地表面の土壌含水比 (%vol) をそれぞれの試験木の根本から 50cm 間隔で 3m まで計測した。この計測は曲げ剛性試験と同日に行った。

3. 結果と考察

それぞれの試験木の見かけの回転角 θ (rad) は (2) 式によって求めた。ここで回転中心は地表面にあり、樹幹の撓みは考慮しないこととした。

$$\theta = \arctan\left(\frac{\delta_{1.3} - \delta_{0.05}}{1300 - 50}\right) \quad (2)$$

$\delta_{1.3}$: 地上高 1.3m の樹幹水平変位 (mm)

$\delta_{0.05}$: 地上高 0.05m の樹幹水平変位 (mm)

荷重により根鉢に作用するモーメント M は (3) 式から求めた。このとき、荷重の水平成分のみを考慮し、樹幹が回転することによって生じる荷重の鉛直成分と樹冠重量による

付加モーメントは無視することとした。

$$M = P \cos \left(\arctan \left(\frac{H_p}{L} \right) \right) \cdot H_p \quad (3)$$

根鉢に作用するモーメントと見かけの回転角の一例を図2に示す。

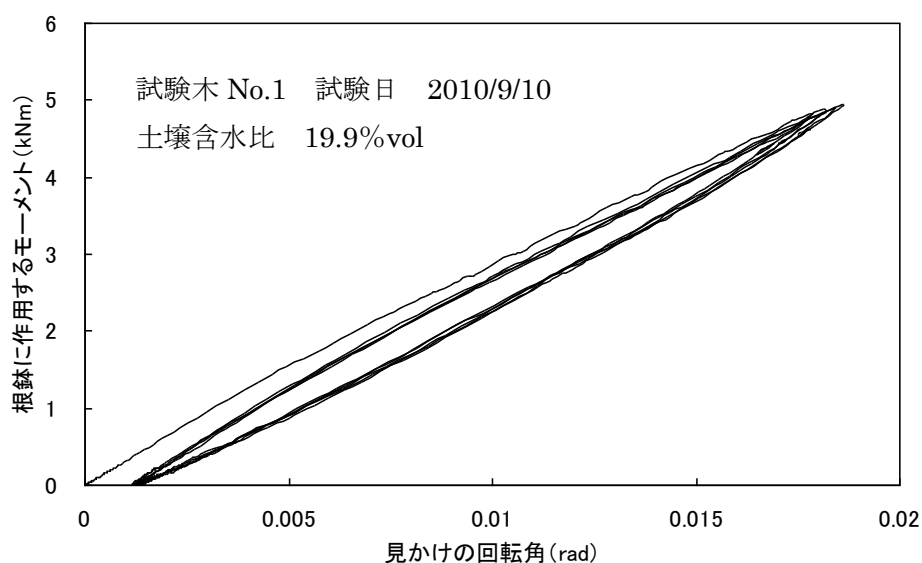


図2. 根鉢に作用するモーメントと見かけの回転角

1回目の荷重除荷では根鉢の回転が残留するが、2回目以降の荷重除荷ではほぼ同じ軌跡を描いている。1回目から2回目の見かけの回転角の残留が顕著なことに対し、荷重レベルでの見かけの回転角は1回目から5回目にかけてほとんど変化は見られない。それぞれのループの荷重開始時と除荷開始時の割線の傾きを根鉢の回転剛性と定義すると、上記の事柄からも回転剛性が2回目で顕著に増加したことがわかる。

この1回目の荷重除荷後の根鉢の回転の残留と回転剛性の増加は、土壌の塑性変形と、根系木部の遅延弾性の関与が考えられる。

試験木 No.1 の土壌含水比と一回目荷重除荷による根鉢の残留回転角の関係を図3に、土壌含水比測定日と土壌含水比を表2示すに示す。土壌含水比は樹木の根元での測定値を使用した。

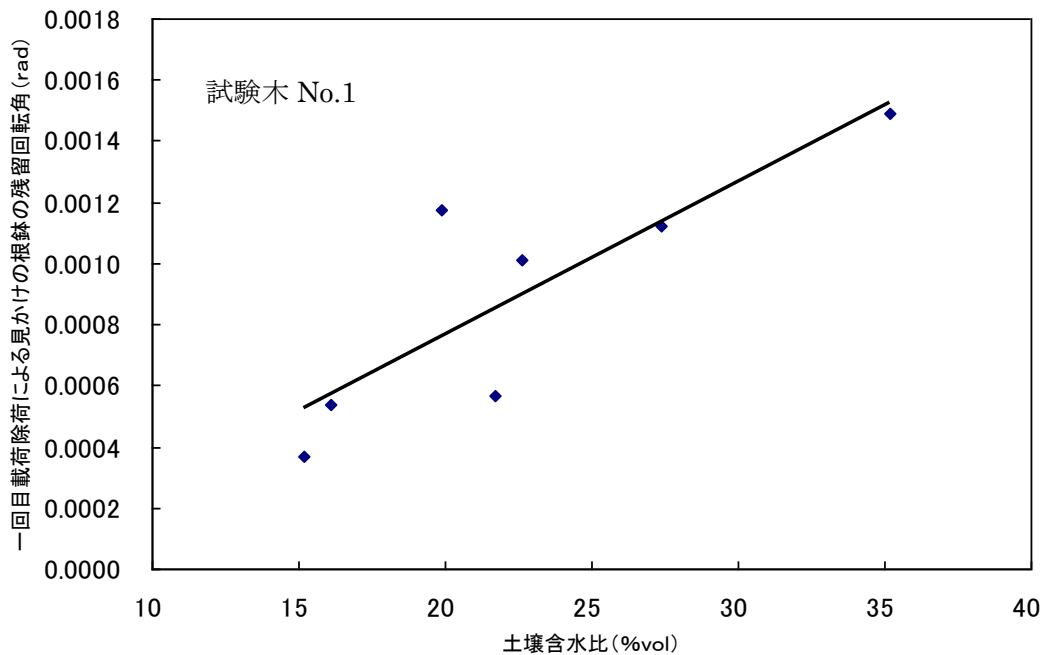


図 3. 土壌含水比と一回目載荷除荷後の見かけの根鉢の残留回転角の関係

表 2. 試験木 No. 1 の土壌含水比測定日と土壌含水比

測定日	8/9	8/21	8/22	8/24	8/31	9/7	9/10
土壌含水比 (%vol)	35.2	15.2	16.1	27.4	22.6	21.7	19.9

図 3 より、土壌含水比と根鉢の残留回転角には正の相関がみられ、土壌含水比が大きくなるにつれ、土壌が変形しやすく根鉢が回転しやすくなることがわかる。両者の関係の相関係数は 0.84 と大きかった。

これらの事柄が大雨と強風が同時に起こる場合の危険度にどれほどの影響を与えるのか今後の研究が必要である。

4. まとめ

- ・繰返し曲げ剛性試験では 1 回目の載荷除荷後の見かけの根鉢の回転角の残留が顕著であった。
- ・繰返し曲げ剛性試験では 2 回目以降の載荷除荷ではほぼ同じ軌跡を描くことがわかった。
- ・土壌含水比と 1 回目載荷除荷後の根鉢の見かけの残留回転角には正の相関があった。