

東海大学大学院 学生会員 ○大塚 泰洋

東海大学工学部 学生会員 上杉 聡

東海大学 正会員 杉山 太宏・赤石 勝

1. まえがき

法面では、樹木が風で揺すられて地盤を緩めるとの考えから、法面上には樹木を植えない、あるいは侵入し成長した樹木は伐採するのが一般的であった。近年では、盛土、切土に関わらず法面の樹林化が積極的に行われているが¹⁾、風による樹木振動と地盤の関係は、今のところ明らかにされていない。

本研究は、一昨年から行ってきた模型樹木による風洞実験²⁾の続報で、模型樹木の剛性を変化させた条件と、実樹木幼木（黄金コノテ）の実験結果について報告する。また、樹木の静的な引倒し力と風洞実験の風による引倒し力の関係について調べた結果を報告する。

2. 実験方法 2.1 風洞実験

風洞実験の試験条件を表-1に示す。実験方法はこれまでと同様³⁾、乱した風により風心点と地表面部の加速度を測定するものであるが、模型樹木では枝葉部材質の影響を調べた。実樹木は根巻きされた市販の黄金コノテである。

2.2 静的引倒し試験

実験装置の模式図が図-1である。土槽に模型樹木、あるいは実樹木を設置し、変位測定のため風心点横に金尺を設置する。風心点に釣糸でつり下げた容器を結び、段階的に鉛球（最初は 50g 毎、200g 以降 100g 毎）によって力を加え、引倒れるまで水平変位を計測した。また、同じようにセットした土槽に、風洞装置によって乱さない風を与え変位を測定し、次式から風力 w を求めて、静的引倒し力と比較した。

$$w = C_D \left(\rho_s \times \frac{v^2}{2} \right) \times A \cdots (1) \quad \begin{array}{l} C_D: \text{抵抗係数 (樹形、風力によって変化する係数)} \\ \rho_s: \text{空気密度, } v: \text{風速, } A: \text{風を受ける面積} \end{array}$$

3. 実験結果と考察

3.1 風洞実験

風荷重を受ける枝葉部の材質を変えた FFT 解析結果の一例(根鉢深さ $h=4.5\text{cm}$, 根鉢直径 $d=15\text{cm}$)が図-2である。風速 7m/sec 程度では材質の影響は少なく樹幹部、地表面部ともに 10Hz 前後の周波数が卓越している。しかし、15m/sec になるとベニヤ板の地表面が二次モードに移行するのに対し、プラスチックでは、樹幹部が二次モードとなり、地表面部は変化しないことが分かる。枝葉部材質の違いによる地表面卓越周波数と風速の関係をまとめたのが図-3である。ベニヤ板に比べて、剛性の低いプラスチック、テフロンシートの卓越周波数は、風速によらずほぼ一定値を示している。

剛性の低下により、風を逃がし、地盤への振動伝達が変わったものと考えられる。

キーワード：模型樹木、風荷重、風洞実験、加速度応答、引き倒し試験

連絡先〒259-1207 平塚市北金目 1117 TEL0463(58)1211 FAX0463(50)2045

表-1 試験条件

模型樹木	高さ	根鉢直径 d	根鉢深さ h
(ベニヤ板、テフロン、プラスチック)	43cm	10, 15, 20cm	3, 0.4, 5.6, 0cm
実樹木	高さ	根鉢直径 d	根鉢深さ h
(黄金コノテ)	50cm	18, 13cm	4, 5cm
地盤材料	関東ローム		
風速	7.0~25.0m/sec		

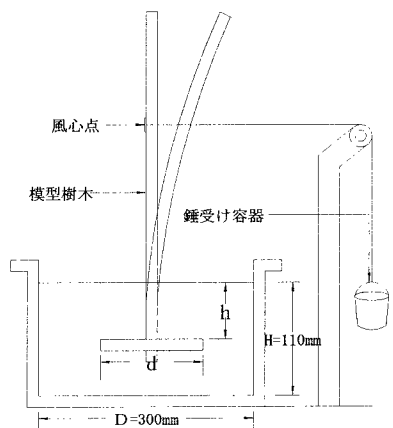


図-1 引き倒し試験装置模式図

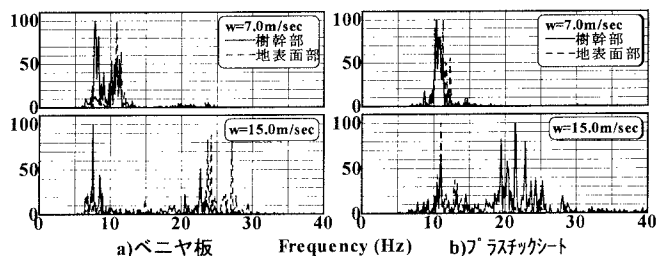


図-2 枝葉を変えた FFT 解析結果

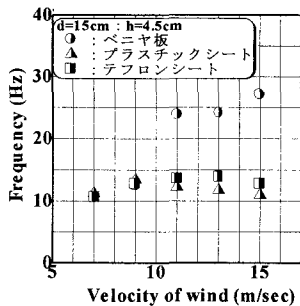


図-3 枝葉による地盤卓越周波数と風速の関係

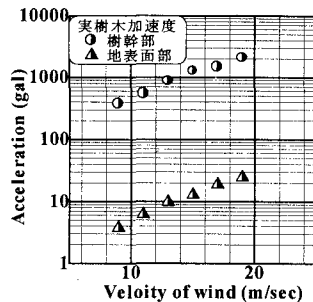


図-4 実樹木速度と最大加速度の比較

図-4 は実樹木で行った風洞実験の風速と樹幹部、ならびに地表面の最大加速度 $\alpha_{\max}$ の関係を比較したものである。図から、地表面部の $\alpha_{\max}$ は樹幹部の 1/100 程度ではあるが、いずれも風速の増加とともに $\alpha_{\max}$ は直線的に増加することが分かる。

実樹木の FFT 解析結果が図-5 である。風速によって地表面卓越周波数の変化が観察されたが、図-2 の結果と比較すると枝葉部の影響と思われる広範囲の周波数が存在している。

3.2 静的引倒し試験

模型樹木の静的引倒し試験から、模型樹木が倒れた抵抗力(錘荷重)と根鉢深さの関係を、根鉢直径毎にまとめて示したのが図-6 である。図から根鉢が大きく、深さが深いほど抵抗力は大きくなるが、根鉢深さは引倒し抵抗に対して、より大きな影響を及ぼす要因になることがわかる。

図-7 は、模型樹木(ベニヤ板, $h=4.5\text{cm}$)静的引倒し試験の抵抗力と水平変位ならびに風洞試験の結果を、根鉢直径 $d(10, 15, 20\text{cm})$ で比較したものである。風洞試験の抵抗力は式(1)によって換算した値で、式(1)中の C_D 値は既往の風洞実験のデータから 0.74 と仮定した。両試験において、抵抗力は根元を固定した片持ち梁の条件よりもかなり小さいが、 $d=20\text{cm}$ のばね定数はほぼ等しく、片持ち梁と同程度の抵抗力を示す結果となった。

図-8 は、図-7 の結果を直線で近似し、この傾きをばね定数 k と仮定して、根鉢深さとの関係を調べたものである。静的と風洞の結果は明らかに異なり、静的のばね定数は風洞の 1/4 に過ぎない。仮に抵抗力を静的=風洞とするには仮定した C_D 値を 1/4 にする以外に、模型形状から非現実的である。式(1)の適用性については議論の余地がありそうである。

4. まとめ

風による樹木振動と地盤の関係を調べるために、模型樹木、実樹木による風洞実験、静的引倒し試験を行った結果、模型樹木枝葉部の材質により、風を逃がし、地盤への振動伝達に変化することが分かった。実樹木は風力の増加とともに最大加速度が増加し、地表面卓越周波数の変化が観察された。また、静的引倒し抵抗力と風洞実験の結果は明らかに異なり、通常、風荷重計算に用いられる式(1)の適用には、議論の余地がありそうである。

参考文献

- 1) 社団法人 日本道路協会：道路土工 法面工・斜面安定工指針.2000.
- 2) 大塚南條, 杉山, 赤石：風荷重による樹木の振動が地盤に及ぼす影響, 第 27 回関東支部技術研究発表会(VII), pp.1114-1115, 2000.
- 3) 大塚, 杉山, 赤石：風洞による風荷重が樹木モデルの振動と地盤応答に及ぼす影響, 第 28 回関東支部技術研究発表会(VII), pp.2001

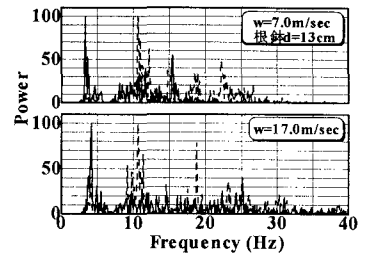


図-5 実樹木 FFT 解析結果

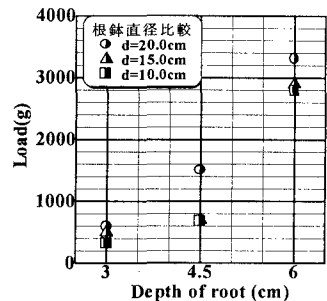


図-6 静的引き倒し試験の破壊荷重-根鉢深さ

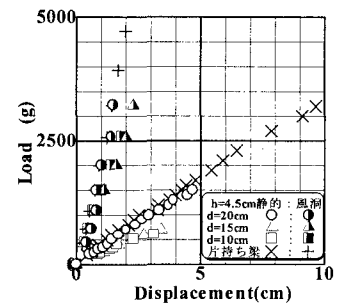


図-7 引倒し抵抗力と水平変位

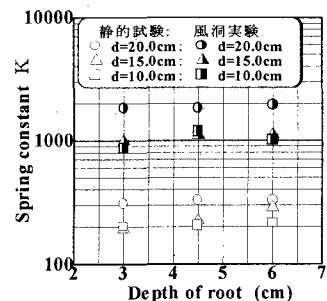


図-8 静的引倒し-風洞実験
ばね定数と根鉢深さの比較