

## (VII-1) 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

東海大学大学院 学生会員 ○大塚 泰洋  
東海大学 正会員 杉山 太宏・赤石 勝

### 1. まえがき

これまでの法面緑化工法に変わる景観に配慮した斜面補強工や、在来種による法面緑化技術（樹林化）の開発が盛んに行われている。著者らもりのり面の樹林化に関する基礎的研究として、根系の引張強度ならびに根系を含む土の強度を調べ、樹木根系による斜面補強効果について検討を行ってきた<sup>1),2)</sup>。また、風による樹木の振動が地盤を緩めるという概念を力学的に検証するため、土槽を用いた模型樹木の形状や地盤条件をパラメータとした室内単振動実験を行って模型樹木と地盤の加速度応答について調べている<sup>3)</sup>。

本研究では、振動特性をより実際に近い条件下で調べるために、大型低速風洞装置を利用して風に乱れを与え、模型樹木の形状、地盤条件ならびに風速を変化させた風洞実験を行って模型樹木と地表面の加速度応答を測定した。得られた加速度の大きさと FFT による振動モードについて検討を行った。

### 2. 実験方法

土槽、模型樹木は昨年と同じ装置<sup>3)</sup>で、実験方法は以下の通りである。

#### 2.1 風洞実験

風で揺れる樹木をモデル化するために、幹部には2倍発泡塩ビ製の角材（10mm, 12mm,  $E=18000\text{N/cm}^2$ ）を採用し、根系部は根鉢を形成し抵抗するものとして、直径、面積を変えたベニヤ板（厚さ 5mm）を使用した。角材とベニヤ板を強力接着剤で固定しこれを樹木根幹とみなした。

実験装置を模したのが図-1、図-2 である。樹木モデルを土槽（ $\phi 300\text{mm} \times h110\text{mm}$ ）に設置して、大型低速風洞装置（幅 150cm, 高さ 100cm, 最大風速 40m/sec）により一定風力を与えた後、樹木モデルの風心点に L 型アングル（幅 5cm, 長さ 200cm）を渡して人為的に風を乱した。風力による樹木モデルの振動を風心点と地表面に設置した加速度計で測定した。

計測時間は 8sec 間でサンプリングタイムは 2msec である。根鉢を模したベニヤ直径は  $d=10, 15, 20\text{cm}$  の 3 種類で、 $d=15, 20\text{cm}$  については図-3 のように切り込みを入れたものを使用した。根鉢深さは  $h=3.0, 4.5, 6.0\text{cm}$ 、樹幹部高さ 43cm 風速  $w=7 \sim 15\text{m/sec}$ （風速 2m/sec ごと）をパラメータとして測定を行った。

地盤材料は最適含水比で締固めた豊浦標準砂と関東ロームで突固め回数  $N=25$  回である。

#### 2.2 単振動実験

風洞実験と同じように、土槽に樹木モデルを設置し、風心点に釣糸でつり下げた 286g のおもり（風速に概算すると 5.7m/sec）で水平方向に初期変位を与えた後に釣糸を切断し自由振動させた。樹木モデル樹幹部と地表面に設置した加速度計で測定し、風洞実験結果と比較した。

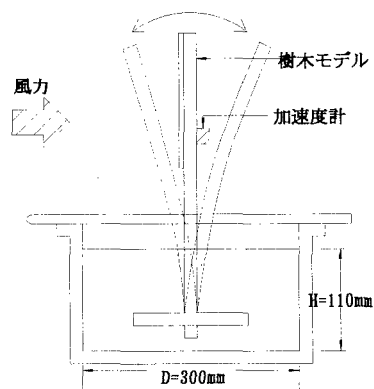


図-1 実験土槽側面図

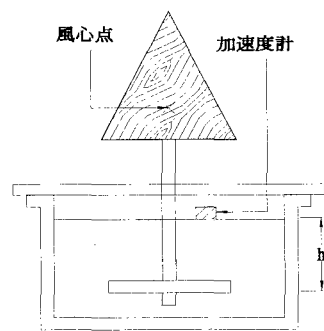


図-2 実験土槽正面図

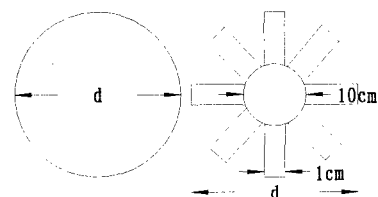


図-3 模型根鉢形状

キーワード：模型樹木，風荷重，風洞実験，加速度応答

連絡先 〒259-1207 平塚市北金目 1117 TEL0463(58)1211 FAX 0463(50)2045

### 3. 実験結果と考察

関東ロームで行った風洞実験結果の一例として根鉢深さ  $h=4.5\text{cm}$ 、根鉢直径  $d=15\text{cm}$  の加速度波形を示したのが図-4 である。上図は樹幹部風心点の加速度波形、下図は地表面加速度波形である。風を乱すことで樹幹部、地表面ともランダムな加速度波形が得られている。

図-5 は根鉢直径  $d=15\text{cm}$  で最大風速と地表面最大加速度の関係を、関東ロームと標準砂で比較したものである。風速の増加とともに最大加速度も直線的に増加しているが、総じて関東ロームの方が大きな値となっている。またロームでは根鉢深さ  $h$  の違いが顕著に現れている。

根鉢深さ  $h=4.5\text{cm}$  で根鉢直径  $d(15, 10\text{cm})$  と風速  $w(7, 15\text{m/sec})$  の異なる関東ロームの FFT 解析結果を比較したのが図-6 である。各図において実線が樹幹部、破線が地表面部を示している。樹幹部は根鉢直径の違いにより卓越周波数に若干の違いが認められる。また地表面では風速によって振動モードの違いが観察される。風速が大きくなると振動モードが1次から2次に変化するようである。なお  $d=20\text{cm}$  の時も同様の傾向であった。

図-7 は、 $d=15\text{cm}$  の風速と地表面の卓越周波数の関係を示したものである。関東ロームは根鉢深さ  $h$  に関わらず風速  $10\sim 13\text{m/sec}$  あたりで振動モードが1次から2次に変化する。標準砂も  $h=3.0, 4.5\text{cm}$  に関しては同様の傾向を示したが、 $h=6.0\text{cm}$  については風速によるモードの変化が観察されなかった。このような傾向は直径の異なる実験でも観察されたので、根鉢深さは地盤の振動に影響を与える1つの要因と考えられる。

図-8 は単振動実験で得られた樹幹部、地表面加速度波形の FFT 解析結果である。単振動実験結果は、風洞実験で得た図-6(a)  $w=7\text{m/sec}$  の結果とほぼ等しくなっている。したがって、今回の乱した風による風洞実験が、樹木モデルと地盤の振動特性をうまく捉えているものと考えられる。

### 4. あとがき

風による樹木の振動と地盤の応答を調べるために、模型による風洞実験を行った。この結果をもとに振動モデルを構築し振動解析を行うとともに、工学的立場で樹木振動による地盤振動特性について検討していきたい。

### 参考文献

- 1) 前田, 杉山, 赤石: 樹木の引抜き抵抗に占める根系の引張強度, 第25回関東支部技術研究発表会(VII), pp.1024-1025, 1998.
- 2) 前田, 杉山, 赤石: 関東ロームの切土斜面に侵入, 成長した傾斜樹木の引抜き抵抗力, 日本緑化工学会誌, 第25巻, 第4号, pp.311-316, 2000.
- 3) 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.

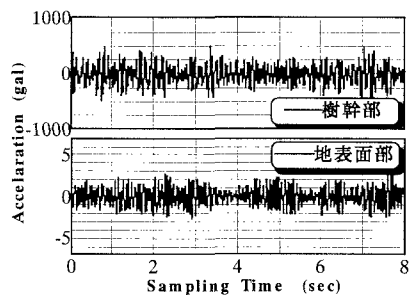


図-4 加速度生波形

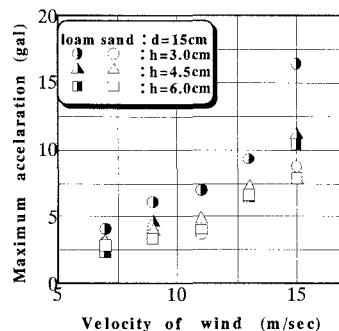


図-5 速度と最大加速度の比較

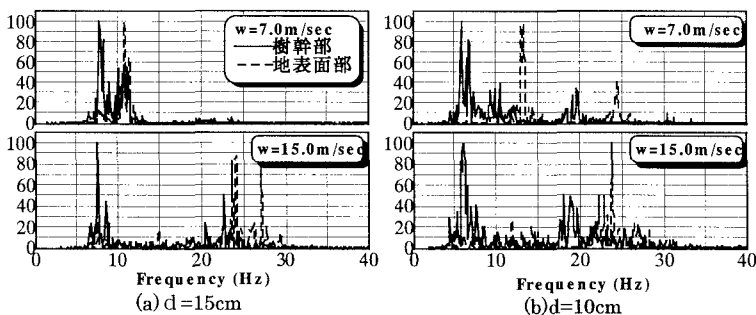


図-6 風速、根鉢直径による FFT 結果の比較 ( $h=4.5\text{cm}$ )

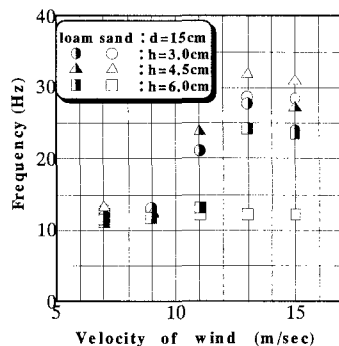


図-7 風速—卓越周波数の比較

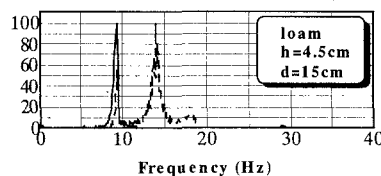


図-8 単振動実験の FFT 結果