

葉面積密度の空間分布を考慮した樹木の抵抗係数の算定に関する風洞実験

1963162 加藤 麻希 1963246 佐藤 宏樹
 指導教員 成田 健一

1. 研究目的

樹木の抵抗に関する風洞実験は、これまで主に強風を対象とした防風効果について検討され、抵抗係数は見付面積がベースで算出されてきた。しかしながら、この方法では風向方向の樹木の厚みは考慮されず、しかも全ての葉に外部風速が作用するという扱いがなされる。実際に数値計算で樹木の影響を検討するには、樹木を3次元で考える必要があり、そのパラメータとしての抵抗係数はセル毎の葉面積密度を考慮した定義に基づく算出が必要である。本研究では、樹木の数値シミュレーションモデルを作成するため、成木に近い樹形をもつ苗木を用いて風洞実験を行い、葉面積密度分布と気流性状の把握および葉面積密度をベースにした抵抗係数を算出し、設計資料を得ることを目的とする。



図1 風洞内の配置状況

表1 対象樹種および実験ケース

| ケース | 樹種 | 種類 |
|-----|-------|----------|
| 1 | サザンカ | 常緑広葉樹・中木 |
| 2 | サンゴジュ | 常緑広葉樹・中木 |
| 3 | シラカシ | 常緑広葉樹・高木 |
| 4 | ナツツバキ | 落葉樹・高木 |
| 5 | コブシ | 落葉樹・高木 |

2. 実験概要

(1) 対象樹木および実験ケース：表1に対象樹種および実験ケースを示す。住宅団地で使用される樹種について、葉の形状、つき具合、大きさの異なるものを選定した。いずれも樹高 (H) 1m、幅0.5~0.8mである。

(2) 実験気流：乱れの強さは、標準的な住宅団地を想定して10~25%とした。風速は、既往の研究例との整合性を考慮し、5m/sとした。

(3) 測定方法：風速分布の測定は、5cmスパンの3次元超音波風速計を用いて10Hzで30秒間測定した。測定ポイントは、樹木中心を原点に、主流方向をプラスとし、-1H~+4Hの範囲とした。また、特にサザンカにおいては、数値シミュレーションとの対応を考え、樹木周辺に3次的に測定点を設け、風速を測定した。抗力は樹木の根元を6分力天秤に固定し、荷重測定を行った。葉面積密度は、樹木を立体的に10cmメッシュに細かく区切り、メッシュ空間単位で葉面積を求めた。葉面積は、実験測定の後、メッシュごとに葉を刈り取り (図2) それをスキャナーで読み取り、ドット数を数えて求めた。枝はスキャンすることができないのでノギスを用いて面積を求めることとした。これにより、樹冠内部での葉の分布状況も明らかになった (図3)。また、樹冠内での風速分布を把握するために、無指向性サーミスタ風速計を樹冠内部に15ポイント設置し、測定を行った。サンプリング間隔は0.1秒で、200個の平均をとった。樹冠内部の風速および葉面積密度の分布を図4に示す。この内部の15ポイントと前後の風速分布から、各メッシュごとの風速を求め、抵抗係数 C_D の算出に用いた。



図2 メッシュ単位での葉の刈り取り

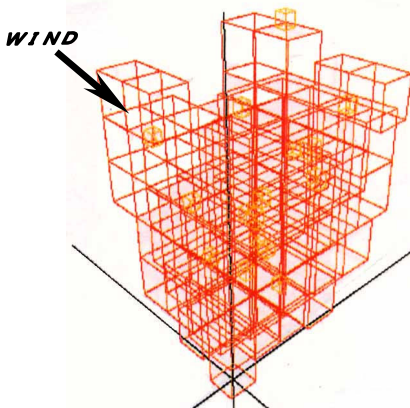


図3 樹木のグリッド (10cm角)

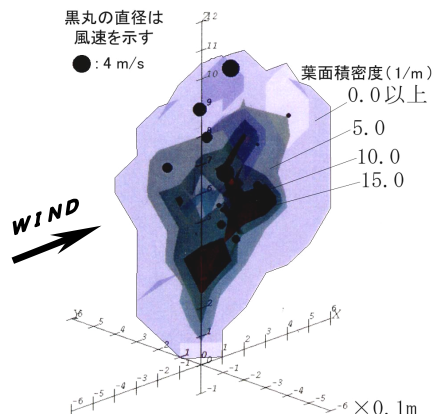


図4 樹冠内風速・葉面積密度分布

1963162 加藤 麻希 1963246 佐藤 宏樹

3. 実験結果 表2に測定結果と式1より算出した抵抗係数の結果を示す。また、抗力と風速変化との関係を検証するため、図5に樹木中心断面における樹高0.2H~0.8Hでの風速変化を示す。

今回の式1による算出方法において、抵抗係数に影響する要因としては、以下のような点が考えられる。まず、葉面積はすべて刈り取って評価しているため、測定時の風に対する葉の角度は考慮されない。従って、必ずしも風に対して正対していない葉も、全て正対している葉と同様な扱いを受ける。また、1枚の大きな葉の作用と同面積の小さな葉の集合による作用が同等に扱われる。さらに、風で樹形が「しなる」効果も抵抗係数に含まれる。実験結果を見ると、抵抗係数の最小値はサザンカの0.50、最大値はコブシの0.78となっている。コブシは、1枚の葉の大きさが実験対象樹木の中で最大である。サザンカと葉の形状などが一番近いシラカシは、0.59とサザンカに近い値となっている。ナツツバキは葉面積密度が、最も小さかったが、予想に反して抵抗係数はサザンカより大きくなった。これは、枝の広がりや他の樹種より極端に広く、葉を含むセルの総数が最も多くなったことが一因と思われる。サンゴジュについては、葉が肉厚でしかも堅く、付き方も密集していることから、妥当な抵抗係数が得られたと考えられる。

$$C_D = \frac{F_D}{\left(\frac{\rho}{2}\right) \Sigma V_i^2 A_i} \quad (\text{式1})$$

C_D : 抵抗係数 F_D : 抗力 (N)
 ρ : 空気密度 (kg/m³) V : 風速 (m/s)
 A : 葉面積 (m²)

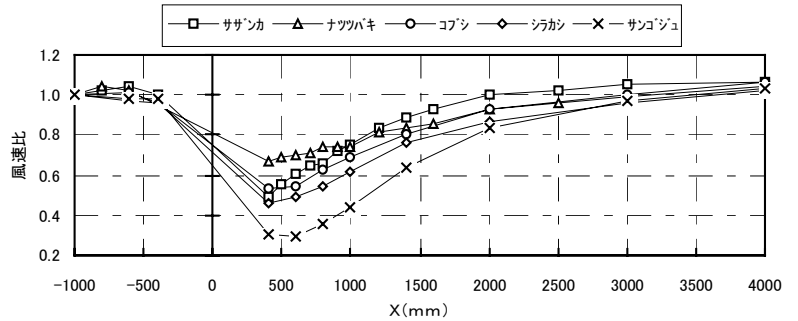


図5 中心軸上におけるZ=0.2H~0.8Hでの風速変化

表2 測定結果および抵抗係数算出結果

| 樹種 | 葉の特徴 | 総セル数 | 全セルの平均風速 [m/s] | 抗力 [N] | 全葉面積 [m ²] | 葉面積密度 [1/m] | 抵抗係数 |
|-------|-------------------|------|----------------|--------|------------------------|-------------|------|
| サザンカ | 大きさは約5cmで堅い | 112 | 2.87 | 1.343 | 0.598 | 5.34 | 0.50 |
| サンゴジュ | 大きさは約10cmで堅く厚い | 150 | 2.32 | 2.724 | 1.065 | 7.10 | 0.67 |
| シラカシ | 大きさは、約5cmで柔らかい | 132 | 2.48 | 1.656 | 0.738 | 5.59 | 0.59 |
| ナツツバキ | 大きさは約5cmでやや厚い | 221 | 2.59 | 2.146 | 0.798 | 3.61 | 0.63 |
| コブシ | 大きさは約10~15cmで柔らかい | 183 | 2.41 | 3.126 | 1.048 | 5.73 | 0.78 |

4. まとめ 今回の実験結果から抵抗係数の大小は、葉の大きさ、堅さ、形状、つき具合等の影響を受けていることが明らかとなった。また、今回の測定により求めた抵抗係数をもとに、樹木まわりの気流性状を数値シミュレーションにより再現することができれば、これまで風洞実験等によって検討されてきた樹木による建物周辺の風環境対策などを計算によって行うことが可能になる。実験結果と数値シミュレーションとの比較は本研究の範囲外であるが、求めた抵抗係数によりどのような数値シミュレーション結果が得られたかの一例として、サザンカの例を図6と図7に示す。今後、より精密な比較を行い、モデル係数の調整を行っていくことが今後の課題である。

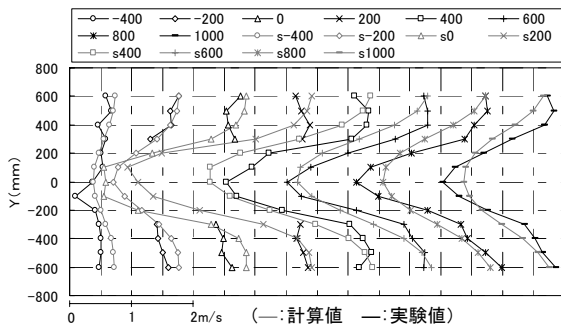


図6 水平断面Z=0.6Hでの風速分布の比較

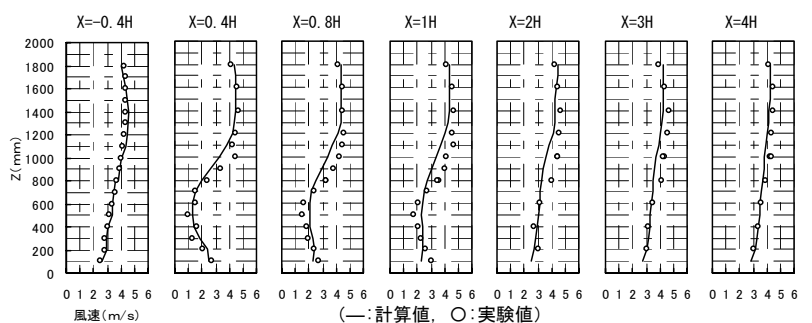


図7 樹木前後での風速鉛直分布の比較