

数値流体解析におけるマツ林の圧力損失係数の評価に関する研究

徳島大学大学院 学生会員 末廣 聖志 徳島大学 正会員 野田 稔
 徳島大学 非会員 新谷尚人 徳島大学 フェロー 長尾 文明

1. はじめに

防風林としてマツ林はよく利用されており、防風効果と潮風害の防止効果が期待されている。さらに2011年3月11日に発生した東日本大震災においてマツ林が津波の低減・遅延効果があることが注目されている。マツ林を数値流体解析で再現し、防風効果、津波の低減・遅延効果の定量的評価を行うことが必要となってくる。数値流体解析でマツ林は圧力損失を生む多孔質媒体（ポラス体）と考え、マツ林の上部（葉部分）と下部（幹部分）の違いを考慮しなければならない。本研究ではマツ林の葉部分の圧力損失を数値流体解析で再現するためにポラス体の空隙率 および代表寸法 d と圧力損失係数 C_p および I との関係について検討する。

2. マツ林の空隙率の評価

マツ林の葉部分の圧力損失係数を検討するため、図-1 に示す単体の松の鉛直面投影画像を元に空隙率の評価を行う。図-2 は葉の部分の二値化したものを示す、葉の存在する領域の幅、高さに合わせて矩形を評価範囲とする。評価範囲に対する空隙部分の面積比を空隙率と定義する。その結果、葉の部分の空隙率は64%を標準値として用いることにした。



図-1 マツの鉛直投影写真

3. 圧力損失測定実験概要

本研究は圧力損失係数の計測は図-3 に示す全長 1.2 m、0.2m × 0.2m の測定断面を有する風洞を用いて行った。測定胴の壁面に取り付けられた複数の圧力孔からポラス体として用いる格子模型を設置した場所の上下流の圧力分布を測定を行った。格子模型は線形 $d=1.5, 3.0, 4.5\text{mm}$ と変化させ、空隙率を64%、82%、88%と三段階に変化させたものを作成した。図-4(a) は風速 $U=6\text{m/s}$ において空隙率 =64%、線径 $d=1.5\text{mm}$ の格子模型を設置して行った測定結果である。横軸は、模型設置断面からの流れの方向の距離 x を断面寸法 D で無次元化した無次元座標であり、縦軸は各圧力孔の圧力とピトー管の静圧との差圧を速度圧で無次元化した無次元圧力である。図-4(a) における $x/D=-2 \sim 0$ までの圧力値と $x/D=0 \sim 4$ までの圧力値を直線近似し、切片の差によって圧力損失を求めた。全ての格子模型の条件において圧力損失を求め、圧力損失と風速の関係をプロットし、次式で定義される圧力損失式を近似式として取り入れることで、圧力損失係数 C_p 、 I を求めた。¹⁾



図-2 二値化した葉部分の写真

$$p = -(I \cdot \mu \cdot U + 0.5C_p U^2) \tag{1}$$

図-4(b), (c) は代表長 $d=1.5\text{mm}$ の格子模型を用いて、空隙率を64%、82%、88%と変化させた場合の風速と圧力損失の関係および空隙率と圧力損失係数との関係を示す。この結果より、 C_p は空隙率が増加にするとつれて、反比例的に減少していることが分かる。

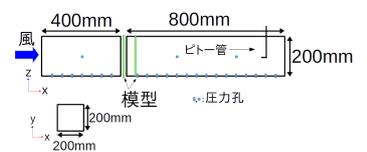


図-3 風洞実験概要図

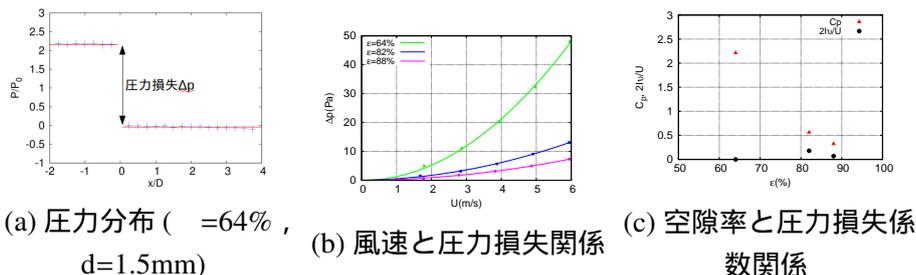


図-4 単層における圧力損失係数に対する空隙率の影響

4. 圧力損失係数に対する代表長の影響

図-5 に空隙率 =64%および82%の条件で代表長 $d=1.5, 3.0, 4.5\text{mm}$ と変化させたときの風速と圧力損失の関係および代表長と圧力損失係数の関係を示す。これらから、ポーラス体の代表長が3mm以上であれば、風速と圧力損失の関係は安定し、圧力損失係数の関係も代表長の影響をほとんど影響受けなくなることが分かる。

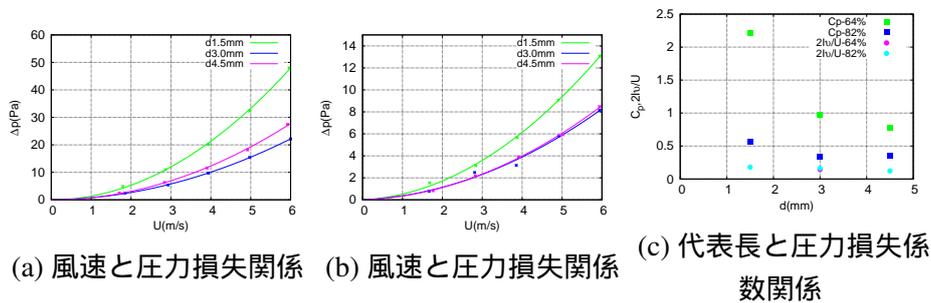


図-5 単層における圧力損失係数に対するポーラス体代表長の影響

5. 圧力損失係数に対する層間隔の影響

マツ林の厚みを表現するために、ポーラス体を複数並べたことを検討しなければならない。その時に、ポーラス体同士の位置関係が影響することを確認する必要がある。そのため、上下流を構成する格子が主流直交面に投影されたときに完全に重なる状態 (Overlap)、縦格子と横格子がいずれも上下流で交互に配置される状態 (Staggered)、一方の格子は完全に重なり、その格子と直交する格子は上下流で交互に配置される状態 (1side Staggered) の3つの条件について検討を行う。図-6 に空隙率 =64%のポーラス体を間隔 w で2枚平行に設置した場合の風速と圧力損失の関係および相対間隔と圧力損失係数の関係を示す。圧力損失係数は w/d が30を超えた所から C_p の値が一定値に収束し上下流の格子の位置関係の影響が無くなる事が分かる。

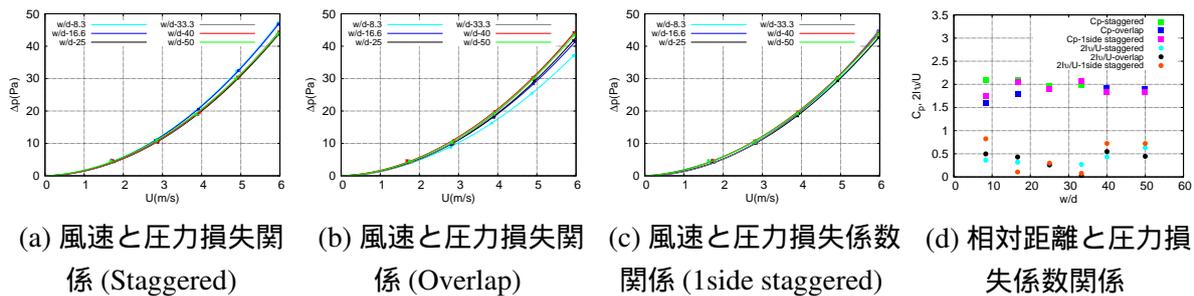


図-6 複層における圧力損失係数に対する層間隔の影響

6. 圧力損失係数に対する積層数の影響

$w/d=33$ とした格子模型について、層数を2層、3層に変化させた場合の風速と圧力損失係数および層数と圧力損失係数の関係を図-7に示す。層数の増加は圧力損失を増大させる効果を持っており、 C_p は層数に比例していることが分かる。

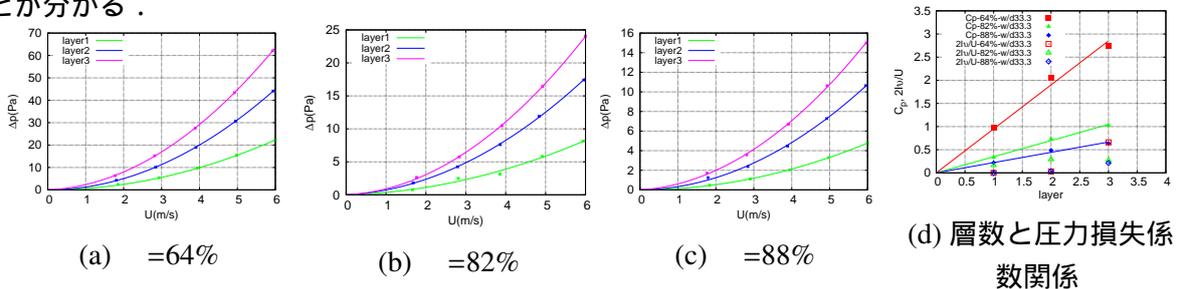


図-7 層間隔 $w/d=33$ における圧力損失に対するポーラス体層数の影響

7. おわりに

以上の事からマツ林を数値流体解析によってポーラス体として表現するために考慮すべき因子と圧力損失係数への影響が明らかになった。今後は、マツ林の下部(幹の部分)について、同様の実験を行い検証する必要がある。

8. 謝辞

本研究は、環境省の環境研究総合推進費(41504)により実施された。

参考文献

- 1) 野田稔,「CFDにおける防風ネットの圧力損失係数決定法に関する研究」,第23回風工学シンポジウム,2014.