

マツ林の単純化モデルによる減風・津波低減遅延効果の評価

高知大学 正会員 ○野田 稔 五洋建設 非会員 末廣 聖志
徳島大学 フェロー 長尾 文明 東京建設コンサルタント 非会員 後藤 力

1. **本研究の背景と目的** 日本の海岸線にはマツ林が多く存在し、例えば台風による被害を低減する効果を有している¹⁾。その一方で、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴って発生した津波被害から、海岸沿いのマツ林が津波の低減・遅延効果を発揮した例が確認された²⁾。防災、減災効果を有するマツ林であるが、維持管理計画を立てる上で、マツ林の植生に関する諸条件である葉密度や植生密度、マツ林幅が減風効果や、津波の低減遅延効果に対する影響を把握することが必要とされている。ここでは、マツ林を積層するポーラス体の集合体と捉え、ポーラス体に葉部分を表現する直交格子と幹部分を表現する平行格子を用いて、風洞実験を実施した。また、ポーラス体を圧力損失を生む面として取り扱い、風洞実験と同様の条件について、RANSモデルの数値流体解析を実施した。さらに、VOF法を使った数値流体解析により、ステップ関数状の水面形を有する津波モデルに対するマツ林単純化モデルの低減・遅延効果について検討した。

2. **風洞試験および数値流体解析 (1) 風洞試験概要** 図1に風洞実験の概略図を示す。ここでは、海岸における気流を想定し、スパイヤと人工芝を使って粗度区分IIIに相当する境界層高さ1.4m、べき乗数1/8の乱流境界層を生成した。マツ林の単純化モデルは、図2に示すように幹部分を表す円形断面平行格子と葉部分を表す直交格子で構成されており、幹部分および葉部分の高さは、実際のマツ林の平均植生密度を参考に、それぞれ79mm, 100mmとした全高 $H = 179\text{mm}$ である。標準状態として、幹部分は直径12mm, 空隙率は70%, 葉部分は格子幅3mm, 空隙率は64%とし、本研究では幹部分の空隙率の影響を検討する際には、図2に示すように丸棒を間引くことで空隙率を85%, 90%と変化させ、格子1枚の状態の後流の風速分布を計測した。積層間隔の影響を検討する際は、格子枚数を3枚に固定して積層間隔 w/H を0.27, 0.53, 0.80に変化させ、後流の風速分布を計測した。また、積層数の影響を検討する際には、積層間隔を $w/H = 0.27$ と一定に保ち、積層数 N を1~10枚に変化させて後流の風速分布を計測した。

(2) **数値流体解析概要** 本研究では、有限体積法を用いたOpenFOAM³⁾により数値流体解析を実施した。減風効果を検討する際は、標準 $k\text{-}\epsilon$ 乱流モデルを用いたSIMPLE法による定常解を求めた。この場合、マツ林単純化モデルは、別途実施した圧力損失計測試験の結果⁴⁾により得られた圧力損失係数を用いたゼロ厚圧力損失面として表現し、風洞試験と同様に空隙率、積層間隔、積層数を変化させてマツ林後流の風速分布を求めた。また、実スケールに直した同じ計算格子を用いて、VOF法によりステップ関数状に流入する自由表面流れを生成し、津波の低減遅延効果についても検討した。流入する津波の波高は、幹部分の1/2および1/4の3.85m, 1.93mとした。

3. **マツ林の減風効果に対する諸因子の影響** 図3に幹部分の空隙率を変化させた場合の $z/H = 0.06 \sim 0.44$ のマツ林後流端からの距離 x_1/H と風速比 $U(x_1, z)/U_0(x_1, H)$ を示す。ここで U_{H0} は模型のない状態での風速を表す。この結果から分かるように風洞試験結果, 数値流体解析結果のいずれにおいてもマツ林後流の風速分布に対して、幹部分の空隙率はあまり影響しない。一方、図4に示した積層間隔を変化させた場合の風速分布も大きな変化は認められない。しかし、図5に示すように、積層数を変化させた場合においては、実験, 解析の両方において風速分布が大きく変化しており、積層数の増加が減風効果を高めることが分かる。従って、実際のマツ林に置き換えると、積層数の増加、つまりマツ林幅が最も強く減風効果を支配することが分かった。

4. **マツ林の津波低減・遅延効果に対する諸因子の影響** 図6(a)にマツ林単純化モデル10層分の距離を津波を模したステップ関数状流れが通過する時間 t と津波がマツ林に到達してから50秒後の $x/w = 9.5$ の位置における水位に対する空隙率の影響を示す。ここで、 t_0 はマツ林モデルがない場合の同区間の通過時間である。この結果より、空隙率が低いとき、津波の通過時間は短くなり、水位は高まっていることから、空隙率の減少は津波遅延・低減効果を弱めることが分かる。一方、図6(b)に示した津波通過時間および波高への積層数の影響は、積層数

の増加とともに通過時間は増加し、水位は減少していることから、積層数の増加が津波遅延・低減効果を高めることが分かる。

5. まとめ マツ林単純化モデルを使ってマツ林の減風効果および津波の遅延・低減効果を検討した結果、基本的に積層数すなわちマツ林幅の影響が大きく、マツ林幅の増加が減風効果および津波の遅延・低減効果を高めることが確認された。今後は、入射波の形状等を変えてさらに詳しく検討を進める予定である。

謝辞 本研究は、環境省の環境研究総合推進費(4-1504)により実施された。ここに記し、感謝の意を表す。

参考文献 1) 伴, 高井, 「宮古島における防風林の役割と普及の取り組み」, 独立行政法人農畜産業振興機構那覇事務所, http://www.alic.go.jp/joho-s/joho07_000821.html, 2013, 2) 東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会, 「今後における海岸防災林の再生について」, 林野庁, <http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/tisan/120201.html>, 2016., 3) The OpenFOAM Foundation, “OpenFOAM”, <https://openfoam.org.>, 2017., 4) 野田ら, 「多層格子の圧力損失特性および原則効果の風洞試験～マツ林の流体力学的機能の基礎的検討～」, 第24回風工学シンポジウム論文集, pp.127-132, 2016.

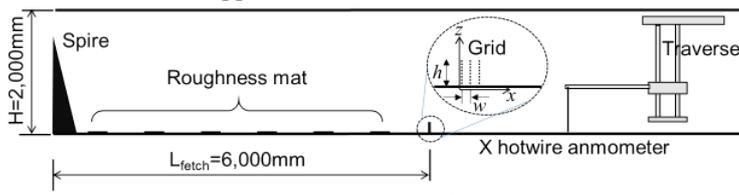


図1 風洞試験概要

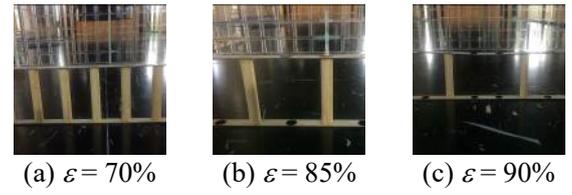


図2 各空隙率に対応する幹部分の模型

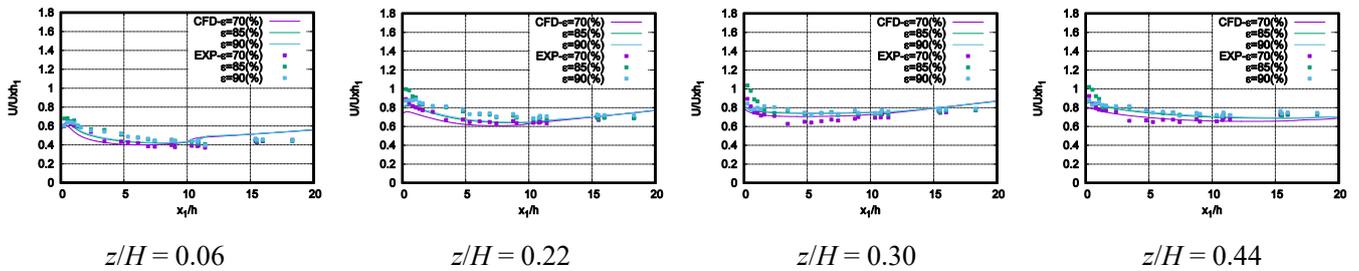


図3 幹部分の空隙率がマツ林後流の風速分布に及ぼす影響

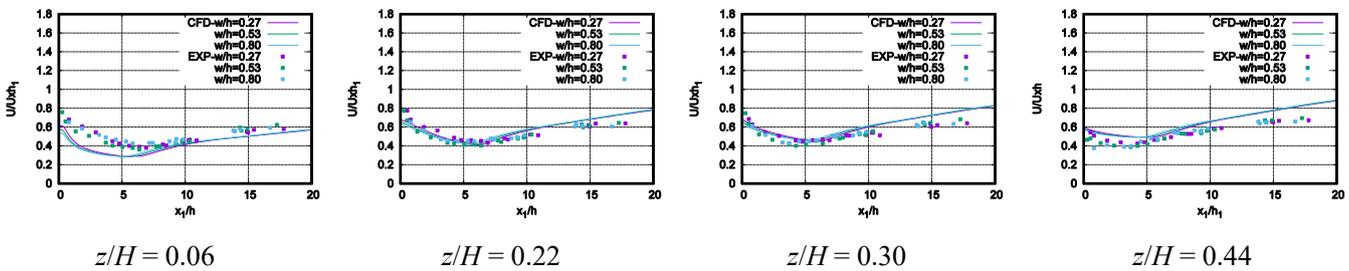


図4 積層間隔がマツ林後流の風速分布に及ぼす影響

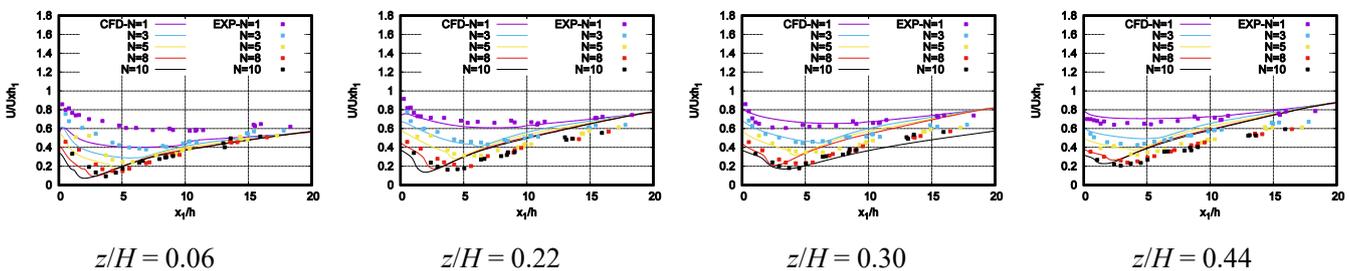
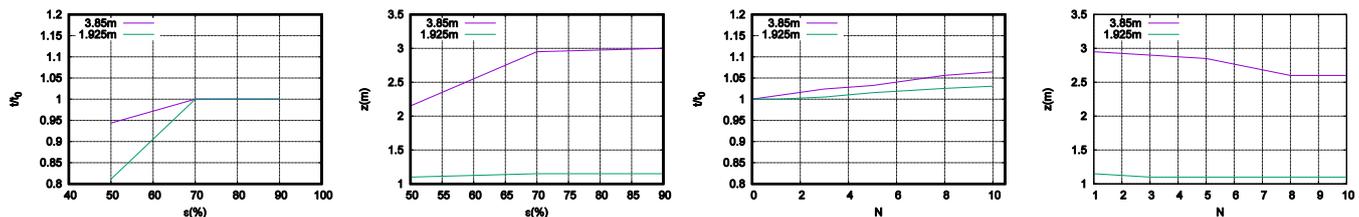


図5 積層数がマツ林後流の風速分布に及ぼす影響



(a) 空隙率の影響

(b) 積層数の影響

図6 幹部分の空隙率および積層数が津波の遅延・低減効果に及ぼす影響