

## 気根を有する樹木の鉛直構造がもたらす流速と抵抗力の変化

埼玉大学 学生会員 ○飯村 耕介  
 埼玉大学 正会員 田中 規夫

### 1. はじめに

海岸樹林帯による津波減災効果については、2004年のインド洋大津波に際して再認識され、熱帯の開発途上国における有力な津波対策の一つとして注目されており、数多くの研究が行われている。その中でも特に、気根を有し、密生するマングローブ林やアダンなどの減災効果の高さが確認された。このような研究の多くは鉛直方向に平均化したモデルを用いることが多いが、気根を有する樹木は鉛直方向に大きく構造が変化するため、その影響を適切に評価することが樹木の抵抗モデルの精度向上に必要となる。本研究では、気根層を再現した植生モデル（二層林）と鉛直方向に平均した植生モデル（一層林）を用いた水理模型実験を行い、流速や抵抗力への影響を明らかにすることを目的とする。

### 2. 実験方法

実験は造波水路に図-1(a)に示すような斜面模型を設置して行った。沖側の水深は21cmで、植生帯は水深3cmの水平部分に抽水状態で幅1mにわたって配置し、ここに周期12秒、波高5cmの非碎波の正弦波を1波造波する。また図中のG1~G14は測定点を表しており、水位は

容量式波高計でG1~G14、流速は電磁流速計でG9~G14、植生模型への作用力は分力計を用いてG9~G11でそれぞれ測定している。また、1/20の斜面上で遡上距離を測定している。図-1(b)~(c)には植生模型の配置方法を示す。二層林モデルでは樹高8mのマングローブ林(*Rhizophora apiculata*)の100分の1縮尺程度を参考に、高さの異なる直径2mmの木製円柱を組み合わせて、正三角形状に配置している。下層部分の高さは20mmで円柱の中心間距離は8mm、上層の円柱の中心間距離は24mmとなる。一方、一層林モデルは樹高8mのマングローブ林の投影幅の鉛直平均を考慮し、直径5mmの木製円柱を24mm間隔で正三角形状に配置した。多くの研究、特に樹木抵抗を考慮した解析では、樹木の抵抗は水深積分化されて導入していることが多く、本研究の一層林モデルも二層林を水深積分化して与えている。二層林の下層部分は正三角形配置なので、その投影幅は直径の6倍となり、投影幅を鉛直方向に平均すると4.5mmとなる。一層林ではこれとほぼ等価の幅を持つように5mm円柱を使用した。

### 3. 実験結果とその考察

図-2に最大水位の空間分布を示す。植生模型なしに比

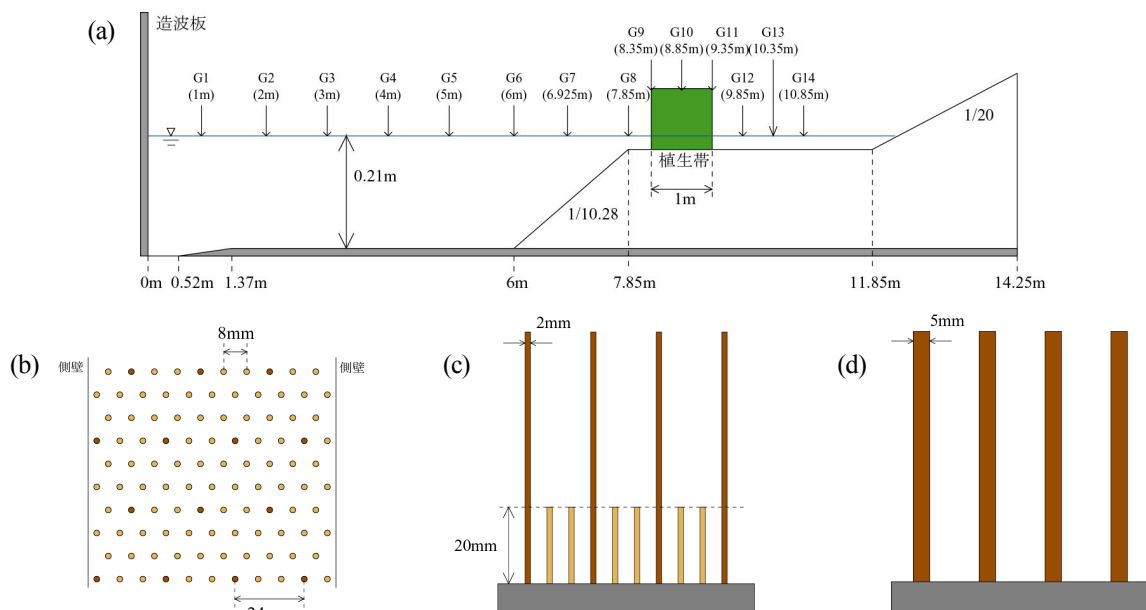


図-1 実験条件 (a) 実験水路の断面図 (b) 植生帯の平面配置方法 (c) 二層林の配置方法 (d) 一層林の配置方法

キーワード 津波, マングローブ, 二層林, 水理模型実験

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学大学院理工学研究科

べ、二層林・一層林ともに植生帯の前面で反射や堰上げにより最大水位が大きくなり、植生帯の背後で水位が低減している。二層林では下層部分に植生が偏って存在するため、一層林に比べて植生帯前面での反射・堰上げの効果が小さくなり、植生前面での水位が小さくなっている。図-3に最大流速の鉛直分布を示す。一層林・二層林ともに植生帯の前面部(G9)では0.3m/s弱程度のほぼ様な流れが植生帯に衝突しているが、植生帯の内部(G10)や背後(G11)では、一層林は植生模型が鉛直方向に一樣なため、流速分布も鉛直方向にほぼ一樣な流れになっている。一方、二層林の場合は、下層部の植生帯の密度が上層部に対して大きく、下層部を水が流れにくくなっているため、下層部で流速が低下し、上層部に回り込んだ流れが加速して流れるため、上層の流速は下層に比べて最大2.6倍となっている。図-4には植生模型への最大作用力の空間分布を示す。二層林については、円柱1本あたりに作用する力と、一層林と等価な投影面積を持つように下層部の投影幅を直径の6倍として求めた合成作用力(上層の作用力+下層の作用力の6倍)の2つを示している。一層林では、植生帯前面で波の反射によって水位が上昇するため、作用力も大きくなる。また、植生帯の内部や背後では水位や流速が低減するため作用力も小さくなっていることが分かる。円柱1本あたりの二層林の作用力は一層林に比べて全体的に小さくなっているが、これは二層林の円柱の直径が一層林に比べて小さいため

である。そこで、下層部の投影幅を直径の6倍として求めた合成作用力を確認する。植生帯前面では、水位の上昇が一層林に比べて小さいため、合成抗力も同様に二層林のほうが小さくなっている。植生帯の内部では、下層部の流速が低下し、下層部に作用する力も小さくなるものの本数が多いため、加速された上層部の作用力と合わせると一層林より若干作用力が大きくなるものの、植生帯全体における抵抗力は一層林のほうがわずかに大きい。最後に図-5に植生帯背後の低減効果として、無次元遡上高と無次元流速(G14)を示す。各値は植生が無いときの値で割って無次元化されている。植生帯前面での反射が大きく、抵抗もわずかに大きい一層林のほうが二層林に比べて背後における低減効果が大きくなる。遡上高では15%、流速では7%程度の差が出る。そのため、鉛直方向に平均化された植生モデルを用いることでマングローブ林などの低減効果をやや過大に評価する恐れがある。

4. おわりに

以上の結果から、本研究の範囲では鉛直方向に平均化された一層林モデルでは、マングローブ林などの鉛直方向に構造が大きく変化する樹木の反射・低減効果をやや過大に評価する恐れがあることが分かった。今後はフルード数や津波高さの影響を調べるとともに、上下層の流速や抵抗力を評価できるモデルの開発が必要となる。

謝辞：本研究の一部は、特別研究員奨励費からの研究助成を受けて行われました。ここに記して謝意を表します。

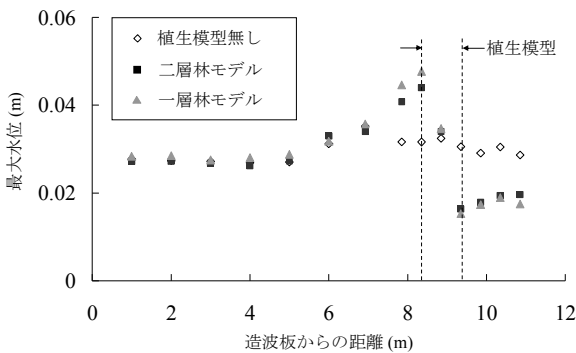


図-2 最大水位の空間分布

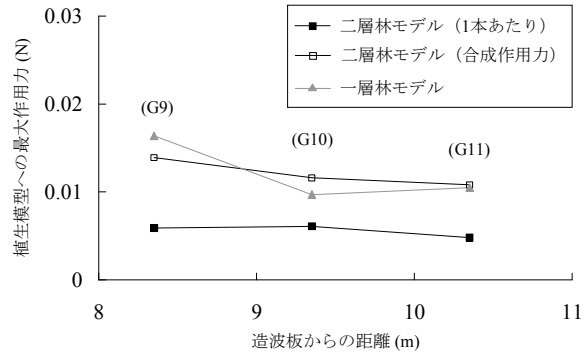


図-4 植生模型への最大作用力の空間分布

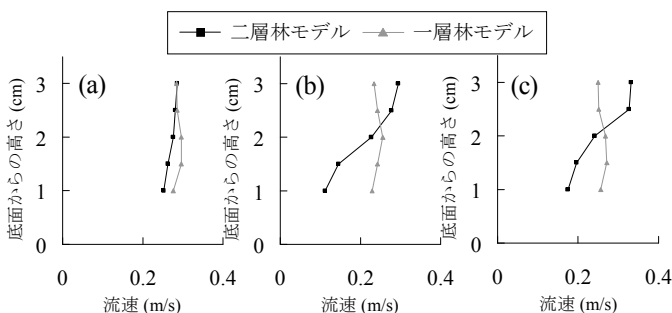


図-3 最大流速の鉛直分布 (a) G9 (b) G10 (c) G11

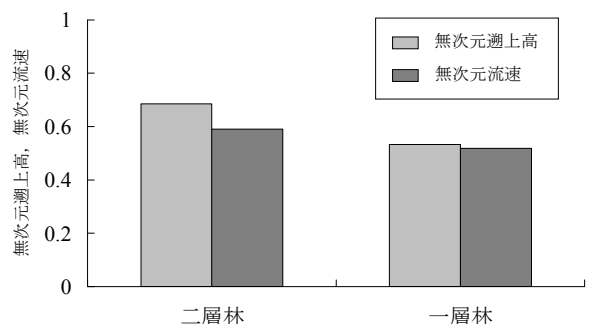


図-5 植生帯背後における低減効果