

若齢マングローブの波浪振動特性に関する現地調査及び水理実験

大成建設株式会社 正会員 ○白井 陸大
 (前東京工業大学修士課程)
 東京工業大学 正会員 高木 泰士

1. はじめに

マングローブは、津波や高潮の勢いを軽減する効果^[1]に近年期待が集まっており、グリーンインフラや生態系防災などと呼ばれている。このような防災および環境保全の観点からマングローブの植林活動が途上国を中心に行われているものの、世界的にはマングローブ林の伐採は急激に進んでいる状況にある。マングローブの植林は世界各地で取り組まれているが、苗が成木まで育つ確率は高くない。成功率を高めるため、植林地の海側に簡易的な石積み消波工を築く対策^[2]が提案されているが、その機能は十分に検証されていない。種を植えた直後の若齢マングローブは波により非常に揺れやすく^[3]、特に短周期(1秒以下)の波が作用すると、幹の固有振動周期と一致して共振が生じて、成長の妨げになる恐れがある。本研究では若齢マングローブの波浪に対する振動特性を詳しく調べるために、現地調査及び水理実験を行った。

2. 奄美大島での現地調査

自然環境下のマングローブの生育状況や成長過程を観察する目的のため、奄美大島で若齢マングローブの現地成長試験を行った。同時に、東京の実験室においても、採取したマングローブ種を水槽に植えて成長試験を行った。現地のマングローブは芽生えから半年で高さ約50cmに成長した。これに対して、室内では2か月で約30cm、半年で約40cmに成長した。

現地では若齢マングローブに対して簡易的な曲げ試験を行った。図1が示す通り、マングローブは根元を支点に強い負荷をかけると大きくしなったが、破断には至らなかった。このことからマングローブは高い弾性により、波や流れからの力を効果的に受け流すと予想される。また、手動により最大10cmの波高を造波して、現地の若齢マングローブに作用さ

せた実験でも、弾性的な振動が確認された。さらにその振動周期は非常に短いことが分かった。



図1 マングローブ曲げ試験:(a)直立時(b)曲げ後

3. 室内振動実験

若齢マングローブの振動特性を調べるため、水平自由振動試験によりマングローブの固有振動周期を測定した。若齢マングローブは最上端にのみ葉が生えているため、一質点系の自由減衰振動を考えた。振動実験には室内成長試験で育てた芽生えから約2か月、高さ33.5cmに育った個体を使用した。図2に若齢マングローブの振動曲線を示す。ほぼ同条件の振動実験を3回行った結果、固有周期は平均0.48秒であった。

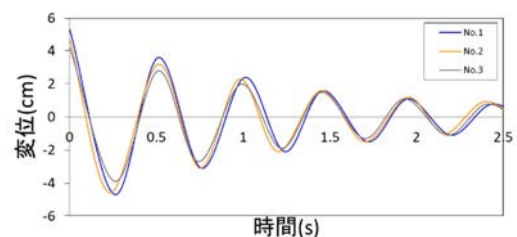


図2 若齢マングローブ振動曲線

4. 疑似マングローブ弾性モデル

マングローブを疑似する弾性モデルは、ゲル状のプラスチック粘土とステンレスバネ棒を用いて作成し、水理実験で使用した。弾性モデルはマングローブの固有振動周期(0.48秒)に近い固有周期となるように材料を調整し、全長も室内成長のマングローブに近い30.5cmとした(図3)。

キーワード マングローブ, 奄美大島, 生態系防災, 減衰振動, 波浪振動特性

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1 大成建設株式会社 土木設計部 MAIL: srirko00@pub.taisei.co.jp

弾性モデルに対して振動実験を3回行った結果、振動周期は平均0.35秒であった。弾性モデルの周期0.35秒とマングローブの周期0.48秒は、全く同じではないものの比較的近い値と考えられる。

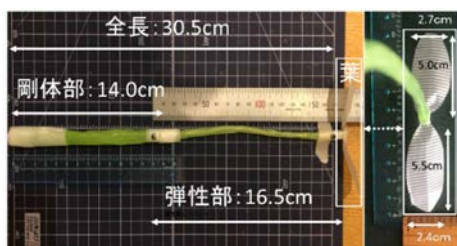


図3 疑似マングローブ弾性モデル

5. 水理実験

弾性モデルの波浪振動応答を検証するために水理実験を行った(図4)。弾性モデルを水槽に設置し、短周期の波を作用させ、ハイスピードカメラを使い60fpsでモデルの振動を撮影した。浅い水深で短い周期を起こす必要があるため、機械的に造波することは難しく、板を手動で前後させて造波を行った。周期は0.3秒から1.2秒の範囲で10パターン設定し、各周期3回ずつ造波した。

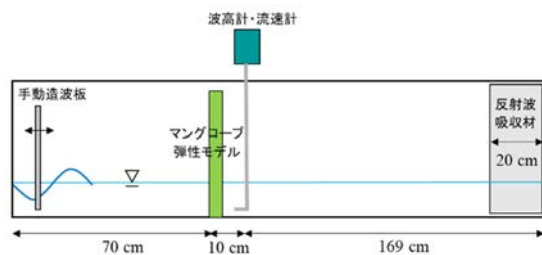


図4 水理実験概要図

図5は共振曲線で、入射波周期と弾性モデルの波進行方向への最大変位の関係を表す。なお、最大変位は波高で割って無次元化している。この無次元化により、周期を変えると波高も変化する影響がある程度平準化される。図中には水中振動における固有周期の1, 2, 3倍に一致する入射波周期を破線で表している。入射波の周期がこれらの値に近づくと最大変位のピークがあらわれていることが分かる。これは入射波周期が固有周期の整数倍のときに共振が起きるためと考えられる。

波の周期が固有周期に一致する場合が最も共振しやすく、順に2倍、3倍のときに共振しやすいことが分かった。これにより、若齢のマングローブを植林す

る際は設置箇所の波の周期がマングローブの固有周期の整数倍、特に基本固有周期と一致するような短周期になる場合に注意する必要がある。冒頭で述べたような簡易消波工を設置する場合、消波工が波が越波するような状況では、乱れにより陸側の周期が短くなる可能性があるため考慮が必要である。

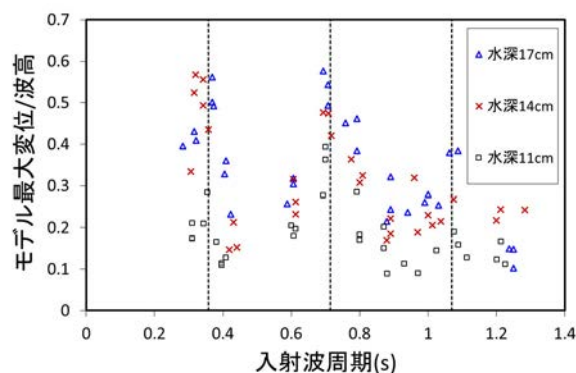


図5 共振曲線

6. おわりに

本研究では、以下の結論を得た。

- (1) 若齢マングローブは弾性振動体とみなせる。
- (2) 疑似マングローブ弾性モデルを作成し、水理実験で振動試験を行う方法を提案した。
- (3) 弾性モデルは固有周期の整数倍、特に基本固有周期に近い周期の波が作用すると共振が生じる。マングローブを植林する際には、設置箇所の波の周期が固有周期の整数倍、特に基本固有周期と一致しないよう設置すべきである。

7. 参考文献

- [1] 柳澤英明, 村越俊一, 宮城豊彦, 大家隆行, 今村文彦, 2007, -2004年インド洋大津波におけるインドネシア・パプアニューギニアでのマングローブ林の潜在的減災効果-, 海岸工学論文集, 54, PP.246-250
- [2] Hiroshi Takagi, "Adapted mangrove on hybrid platform"-Coupling of ecological and engineering principles against coastal hazards, Results in Engineering 4 (2019) 100067
- [3] Sindhu Sreeranga, Hiroshi Takagi, Rikuo Shirai (2020), Community-Based Portable Reefs to Promote Mangrove Vegetation Growth: Bridging between Ecological and Engineering Principles, Int. J. Environ. Res. Public Health 2021, 18(2), 590