

2011 年東北地方太平洋沖地震津波による海岸林の被災

秋田大学 学 直江和典 正 松富英夫 学 山口枝里子 静岡大学 正 原田賢治

1. はじめに 海岸林は津波の流勢次第で倒伏 (Lodging), 抜根 (Uprooting), 折損 (Breaking) する。したがって、海岸林の津波減勢効果をより正確に推定するには海岸樹木の被害限界を知る必要があり、今回は主に黒松を対象として現地調査・試験を行い、その結果を論じる。その際、インドネシアの *Sea casuarinas* に対する現地試験に基づいた倒伏と抜根の条件との比較・検討も行う。津波が巨大であったため、海岸林の多くで津波減勢効果を確認できなかったが、仙台海岸での効効果例を示す。

2. 現地調査と現地試験 海岸黒松の被害形態などに関する現地調査は岩手県野田村海岸から宮城県岩沼市海岸にかけて実施した。調査項目は樹高 H , 胸高直径 D , 浸水深 h と被害形態である。

海岸黒松の被害形態と被害条件に関する現地試験は宮古市田老字向山で実施した。測定項目は水平方向の力 F , 樹木の水平変位 δ , 胸高直径, 抜根時の根部の深さと幅 (短軸と長軸の2方向), 樹幹の比重である。

3. 検討結果 図-1 に 2011 東北地方太平洋沖地震津波における海岸黒松の胸高直径 D , 浸水深 h と被害形態の関係を示す。図から、被災したものと持ち堪えたものが胸高直径 D と浸水深 h で比較的良好に区分されることが判る。

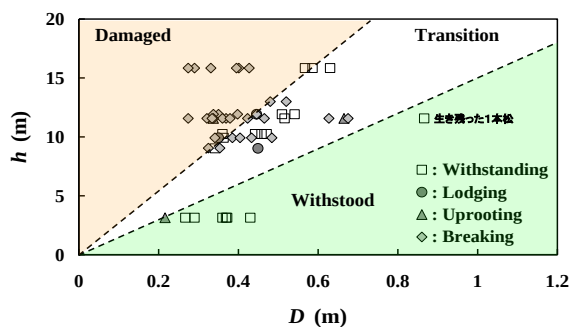


図-1 東北地方太平洋沖地震津波における海岸黒松の胸高直径 D , 浸水深 h と被害形態の関係

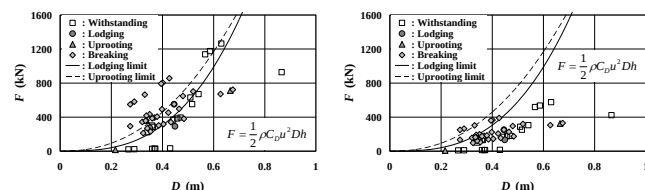


図-2 海岸黒松の胸高直径 D , 簡易汜濫流速評価式に基づく抗力 F と被害形態の関係 (左図は最大汜濫流速, 右図は平均汜濫流速を使用)

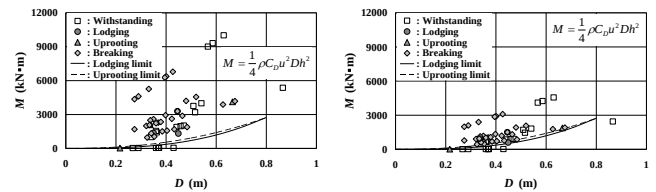


図-3 海岸黒松の胸高直径 D , 簡易汜濫流速評価式に基づくモーメント M と被害形態の関係 (左図は最大汜濫流速, 右図は平均汜濫流速を使用)

本研究では建物の前面浸水深は最大の入射津波成分に起因したと仮定し、浸水深を用いる既報¹⁾の簡易法で津波の汜濫流速 u を推定し、海岸黒松に働く抗力やモーメントを推定することにする。

図-2 と 3 に海岸黒松の胸高直径 D , 次式の簡易汜濫流速評価式に基づく力 (抗力) F またはモーメント M と被害形態の関係例を示す。図中にはインドネシアの *Sea casuarinas* に対する現地試験に基づいた倒伏 (実線) と抜根 (破線) の上限条件²⁾も示してある。

$$\text{最大汜濫流速: } u_{\max} = 1.2\sqrt{gh} \quad (1)$$

$$\text{平均汜濫流速: } u_{\text{mean}} = 0.81\sqrt{gh} \quad (2)$$

ここで、 g は重力加速度、 ρ は流体密度で、抗力係数 C_D は 1.1, 投影面積は $D \times h$, モーメントは $F \times 0.5h$ としている。今回の津波における汜濫流速 u の評価例を図-4 に示す。

図-4 における R は浸水深の測点やその近傍での浸水高または遡上高、 C_v は流速係数である³⁾。

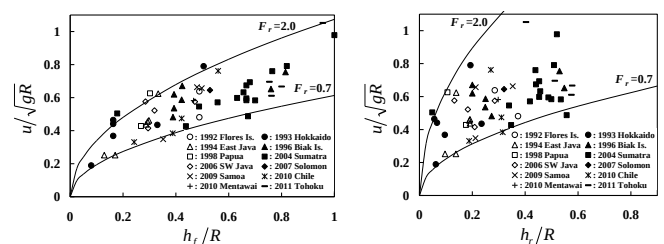


図-4 津波汜濫浸水深 h_f (建物前面) または h_r (建物背面) と汜濫流速 u の関係 ($C_v=1.0$)

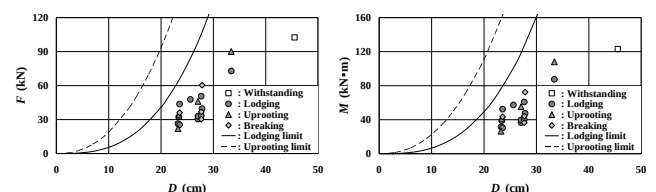


図-5 現地試験に基づく海岸黒松の胸高直径 D , 抗力 F (左図) またはモーメント M (右図) と被害形態の関係

図-2によると、力から見たとき、Sea casuarinas の被害条件との適合性は最大氾濫流速を採用した場合がよい。ただし、これは Sea casuarinas と海岸黒松が同じ被害条件を有するとした場合に言えることに注意を要する。

一方、モーメントから見たとき（図-3）、Sea casuarinas の被害条件との適合性はどちらの氾濫流速を採用してもよくない。敢えて言えば、平均氾濫流速を採用した場合が適合性がよい。これにはモーメントの評価法が原因しているかもしれない。現地試験では力の作用点を常に地面から 1.2 m の高さに固定しているのに対し、現地調査では半浸水深として整理している。また、現地調査データには地面から 1.2 m 以上の高さで折損したものも含まれている。

図-5 の宮古市田老字向山における現地試験では被災後に枯死した樹木のためか、地盤条件のためか、海岸黒松の方が Sea casuarinas に比べて耐力は弱いようである。

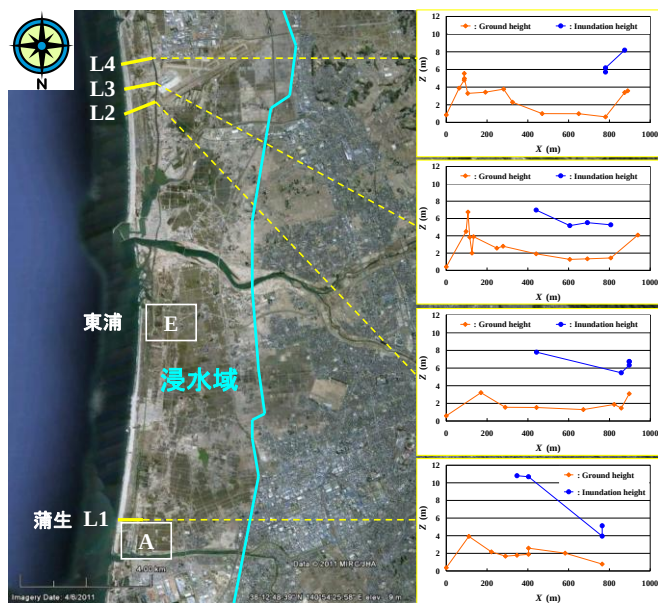


図-6 仙台海岸における汀線から貞山堀までの縦断地形と浸水深 Z の例 (Google Earth)



図-7 海岸林の津波減勢効果例 (仙台市東浦. 海岸林幅 140 m, 奥行き 220 m) (Google Earth)

4. 海岸林の効果と限界例 巨大津波であったため、多くの海岸林で津波減勢効果を確認できなかったが、仙台海岸ではその効果が認められた。仙台海岸の汀線から貞山堀までの縦断地形と浸水深 Z の例 (DL 基準) を図-6 に示す。蒲生浄化センターなどの特殊なところを除いて、浸水深 h は 3~6 m 程度である。また、東浦における海岸林の効果と限界例を図-7 に示す。図中の κ は植生密度であり⁴⁾、海岸林の一部がいつ倒伏や抜根、流出等の被害を受けたか不明であるが、海岸林が残ったところの陸側背後では、浸水深 Z 、浸水深 h (DL 基準) とともに低減していることが判る。ただし、東浦では海岸林の奥行きが 220 m 程度であっても、浸水深は 25% 程度の低減であり、海岸林に大きな津波減勢効果を期待することはできない。

5. おわりに 本研究で得た結果は次の通りである。

- ① 現地調査と現地試験に基づき、海岸黒松の津波に対する被害条件を検討した。限られたデータでの判断であるが、海岸黒松の津波に対する耐力はインドネシアの Sea casuarinas に比べて弱いようである。
- ② 限られたデータでの判断であるが、現地調査データの解析において、浸水深による力またはモーメントの評価では、平均氾濫流速の採用が適切である。
- ③ 2011 年東北地方太平洋沖地震津波における海岸林の効果と限界例を定量的に示した。

現地調査データ、現地試験データとともに数が少ない。現地試験については継続が可能であり、今後ともデータを蓄積する必要がある。

謝 辞: JST-JICA 地球規模課題対応国際科学技術協力 (佐竹健治), 科研費 (基盤研究(C)) (松富) と北東北国立 3 大学連携推進研究 (堺茂樹) の補助を受けた。現地試験では岩手県から御協力いただいた。特に、農林水産部森林保全課 千葉一弘氏と沿岸広域振興局農林部宮古農林振興センター 多田広之氏にお世話になった。現地調査では、秋田大学卒 栗原 航君の助力を得た。謝意を表す。

参考文献

- 1) Matsutomi, H. and Okamoto, K.: Inundation flow velocity of tsunami on land, *Island Arc*, Vol.19, pp. 443-457, 2010.
- 2) 松富英夫・原田賢治・A. Bagyo WIDAGDO・Subandono DIPOSAPTONO: Casuarina の倒伏・抜根条件と 2010 年 Mentawai 地震津波でのその検証, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 67, No. 2, pp. 301-305, 2011.
- 3) 松富英夫: 最近の沿岸・陸上津波における課題, 土木学会 45 回水工学に関する夏期研修会講義集, B コース, pp. B-3-1-20, 2009.
- 4) 松富英夫・大沼康太郎・今井健太郎: 植生域氾濫流の基礎式と植生樹幹部の相似則, 海岸工学論文集, 第 51 巻, pp. 301-305, 2004.