

2011 年東北地方太平洋沖地震津波における海岸林の諸相

秋田大学 正員 松富英夫 茨城県 中下明洋

1. はじめに 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、海岸林海側樹木の被害形態例を現地調査に基づいて論じる。海側樹木の被害形態例については、水理実験でその要因を検証する。

2. 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、仙台北海岸ではその効果が認められた。蒲生と東浦における例を図-1 と 2 に示す。図中の κ は植生密度で¹⁾、図-1(b)と 2(b)は津波被災前の海岸林の状況を示す。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背後では、浸水深 Z 、浸水深 h とともに低減していることが判る。ただし、東浦(蒲生)では海岸林の奥行きが 220 (80)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。

3. 海側樹木の被害形態例 図-3 はロープで繋がった養殖用の浮子群が防潮堤(津波来襲時海面からの天端高 8.0 m)の背後の黒松林に捕捉され、作用する力やモーメントの増大により海側の黒松が倒伏したと推定される例である。海側背後の黒松は無事である。地盤条件にもよるが²⁾、作用する力やモーメントの変化が緩やかで、樹木に欠陥がないとき、倒伏は抜根や折損より一般的に小さな力やモーメントで生じる³⁾。

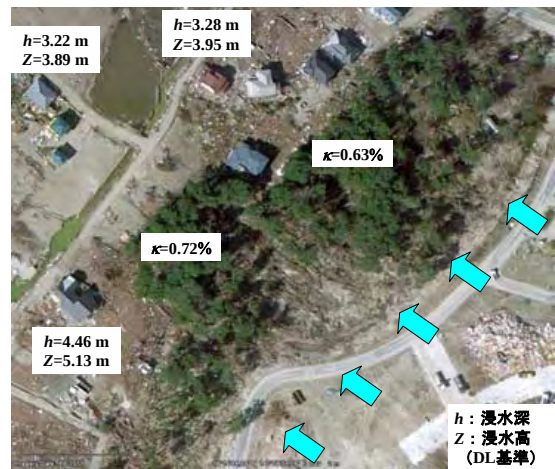
図-4 は山の斜面にある杉林の麓部の樹木が津波で折損した例である。手前側の舗装路面の高さは 2.7 m 程度、左奥の折損した樹木の根元の地盤高は 4.1 m 程度、斜面での津波遡上高は 17.8 m 程度である。海側 1 列目の樹木はほとんどが折損し、背後の樹木は無事である。これらから、折損樹木には欠陥がなく、急激的かつ大きな力やモーメントが作用したと推察される。

図-5 は防潮堤(天端高は未測定)を越流した津波氾濫により、海側の黒松が折損した例(図-3 の場合と被害形態が異なる)である。ロープで繋がった養殖用の浮子群などの漂流物は捕捉されていない。見えている海側 1 列目の黒松はほとんどが折損し、背後の黒松は無事である。この被害形態は図-4 の場合と同じである。海側 1 列目の無事な黒松の根元近くに傷が認められる。ここでの折損には道路から剥がれたアスファルト塊の衝突が関係しているかもしれない。

以上の例のように、海側とその背後で樹木の被害形態が異なること(倒伏—無事、折損—無事)は容易に理解できる。陸前高田市の海岸林のように、ほとんどが折損ということもある。海側 1 列目の樹木のみ折損例が複数認められたことは、1 列目の樹木に作用する力やモーメントに特徴があることを示唆している。

キーワード: 海岸林, 津波, 現地調査, 水理実験

連絡先 (〒010-8502 秋田市手形学園町 1-1 TEL 018-889-2363)



(a) 被災後(海岸林幅 200 m, 奥行き 80 m)

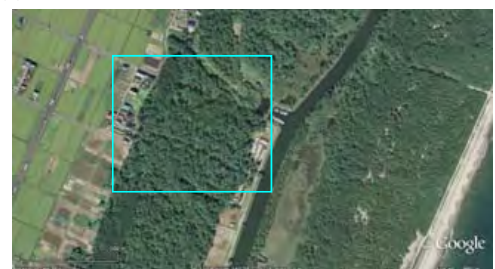


(b) 被災前 ((a)の図は四角囲い部分)

図-1 海岸林の効果と限界例(仙台市蒲生)(Google Earth)



(a) 被災後(海岸林幅 140 m, 奥行き 220 m)



(b) 被災前 ((a)の図は四角囲い部分)

図-2 海岸林の効果と限界例(仙台市東浦)(Google Earth)



図-3 養殖用浮子捕捉による抵抗増大(宮古市津軽石, 黒松)



図-4 海岸林海側樹木の折損例(南三陸町戸倉, 杉)



図-5 海岸林海側樹木の折損例(東松島市野蒜, 黒松)

4. 海側樹木の被害形態の要因検証実験

海側樹木の被害形態の要因を検証するため、水理実験を行った。津波氾濫流は一様水深部、一様勾配斜面部を伝播した後、平坦な陸上部を氾濫するゲート急開流れで模擬した。実験水路の概略を図-6に示す。水路下流端の壁は撤去してあり、氾濫流はそこを自由に透過できる。

樹木模型に働く力やモーメントの測定は4分力計(S SK社製、定格容量4.9 N(0.5 kgf))、浸水深の測定は超音波式変位計(KEYENCE社製、UD-500)、氾濫流速の測定はプロペラ流速計(中村製作所製、直径3 mm)で行った。氾濫流速は一点法で測定した。分力計、変位計と流速計の設置位置を図-6中に示す。変位計と流速計の海側設置位置は陸上部(地盤高0.01 m)の始端で、陸側設置位置は海側から0.50 m離れたところである。

海岸林模型は千鳥配置の低木群と高木群からなる複

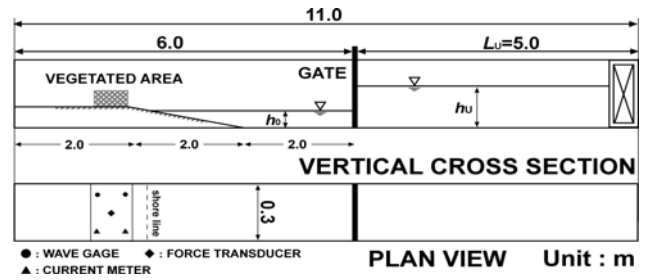


図-6 津波氾濫流実験の水路、測定機器の配置と記号の定義

表-1 樹木模型の諸元

	MODEL 1	MODEL 2
樹高 h_U (cm)	4.0	8.0
胸高直径 D (cm)	0.20	0.32
比重	0.88	1.0
弾性係数 E (N/cm ²)	4.6×10^2	11.8×10^2
植生密度 κ (%)	0.30	0.77
樹冠部空隙率 λ	0.995	0.995

表-2 実験条件

貯水深 h_U (cm)	11, 12, 14, 16, 18
一様水深 h_0 (cm)	6.7
斜面勾配	1/26

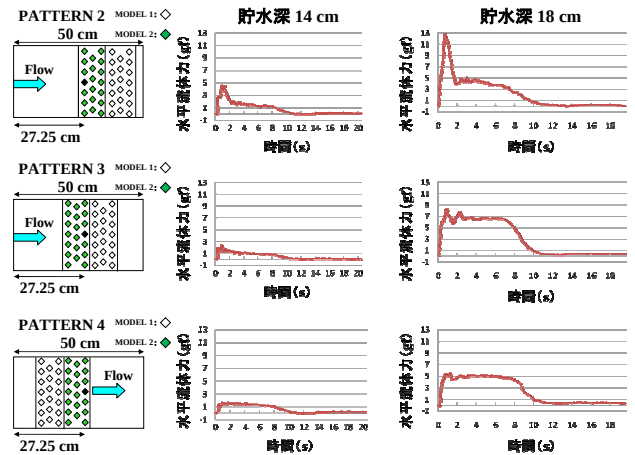


図-7 樹木模型へ作用する水平流体力の経時変化例

層林とした。樹木模型の諸元を表-1に示す。高木域と低木域の組合せは考えられるもの全てを採用した。海岸林模型は陸上部始端から 0.180-0.365 m の範囲に配置した。各層の樹木数は 33 本である。樹木模型材料として硬度 60°(MODEL 1)と 70°(MODEL 2)の低比重シリコンゴムを用いた。この材料選択は、各種流体力では抗力が支配的として導かれた樹幹(冠)部相似則^{1),3)}に基づいている。樹冠部の空隙率 λ は 0.995 とした³⁾。

実験条件を表-2に示す。縮尺は 1/200 としている。

海側(PATTERN 1: 高木+低木)、林内(PATTERN 2: 高木+低木)、陸側(PATTERN 3: 低木+高木)における樹木模型への水平流体力の経時変化例を図-7に示す。図から、入射津波規模が大きくなると、海側樹木に急激かつ大きな水平流体力が働くことが判る。

5. おわりに 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、海岸林海側樹木の被害形態例を示した。海側樹木の被害形態として折損が少なからず認められたが、海側樹木には急激かつ大きな津波流体力が働き得ることを水理実験で確認した。

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。

参考文献

- 1) 松富ら: 海岸工学論文集, 第 51 巻, pp.301-305, 2004.
- 2) 松富ら: 第 61 回理論応用力学講演会論文集, OS17-01, 2012.
- 3) 松富ら: 土木学会論文集 B2, Vol.67, No.2, pp.301-305, 2011.