

実験用開水路を用いた津波に対する防潮堤と防潮林幅の評価 Evaluation of Tide Embankment and Protection Forest Width on Tsunami Disaster by Experimental Open Channel

○ *前田悠樹, **岡澤 宏, **竹内 康, ***緑川兼広

MAEDA Yuki, OKAZAWA Hiromu, TAKEUCHI Yasushi and MIDORIKAWA Katsuhiko

1. はじめに

日本は世界有数の地震発生国であり、2011年3月11日に発生した東日本大震災では津波によって道路や水路などの基盤施設が壊滅的な被害を受けた。本報告では東日本大震災の被災地である福島県南相馬市の沿岸域を想定し、水路用開水路を用いて津波を再現し、防潮堤と防潮林の幅が津波による流砂に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

津波実験には幅0.3m、長さ12mの開水路を用いた (Fig.1)。水路の上流に水を一時貯留し、堰板を外すことで段波を発生させ、津波を再現した。縮尺は1/100である。水路中流部にはアクリルで作成した防潮林と防潮堤を配置した。防潮林は首藤ら(1985)の研究報告を参考に、直径2mm、高さ10.5cmのアクリル棒を千鳥配置で設置した。また、防潮堤は上底12cm、下底16cm、高さ45cmの台形断面を採用した。津波によって流送される砂の抑制効果と防潮林、防潮堤との関係を検討するため、防潮林、及び防潮堤の上流部に海底砂を想定した豊浦砂を幅30cm、長さ80cm、厚さ0.9cmで4.0kg敷き詰め、津波実験で残留した砂の乾燥質量を測定した。

実験条件は、防潮林なしと、林帯幅が20cm、30cm、40cm、50cm、60cmの6パターンを、防潮堤の有無と組み合わせ、合計12パターンで行った。実験時には津波の状況をビデオカメラで撮影し、防潮林を通過した後の波の速さを動画データから算出した。

津波実験のように波の動きが速い場合は通常の水路実験で用いるフルード相似は適用できない。そこで本実験では、港湾技術研究所報告書(1968)に示されているように水の密度、重力加速度は原型と模型では変わらないという条件から導かれた式(1)の相似則を用いることとした。なお、水路実験では幾何学的相似を1/100、つまり $n=100$ とし、沿岸部に到達した津波高さは港湾空港技術研究所報告(2011)を参考に12mと設定した。

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{L_2}{L_1} \right)^{1/2} = \frac{1}{n^{1/2}} \quad (1)$$

また、模型実験により計測される津波の速度は、式(1)を式(2)に示すように変換すると、実際に現地を観測された流速の1/10倍となることがわかる。

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{L_2 \cdot T_2^{-1}}{L_1 \cdot T_1^{-1}} = \frac{1}{n^{1/2}} = \frac{1}{\sqrt{100}} = \frac{1}{10} \quad \therefore V_1 = 10V_2 \quad (2)$$

ここに、 L :長さ、 n :縮尺、 V :流速、 T :時間であり、添字の1と2は原型と模型を示す。

*東京農業大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

**東京農業大学地域環境科学部 Faculty of Regional Environment Science, Tokyo University of Agriculture

***福島県相双農林事務所 Sousou Agriculture and Forestry Office, FUKUSHIMA Pref. Govt

キーワード: 津波, 防潮堤, 防潮林

3. 結果と考察

Fig.2 に、模型実験で得られた林帯幅と波の速さとの関係を示す。林帯幅が大きくなるにつれて、防潮林通過後の波の速さは低下する傾向がみられ、両者の間には有意な相関関係が得られた。

$$\text{防潮堤あり} \quad y = -1.09x + 175.82 \quad R^2 = 0.83^* \quad (3)$$

$$\text{防潮堤なし} \quad y = -0.61x + 178.21 \quad R^2 = 0.66^* \quad (4)$$

ここで、 y は波の速さ (cm/s)、 x は林帯幅 (cm) を示す。

この式から、流速が 0cm/s となる林帯幅を算出したところ、防潮堤ありの場合が 160cm (原型では 160m)、防潮堤なしの場合が 289cm (原型では 289m) となり、このような防潮林を整備することで浸水被害を最小限に抑えることができると推察される。また、防潮堤を設けることで、同じ林帯幅であっても 15% 程度、津波の流速が軽減されることも明らかとなった。

Fig.3 に林帯幅と津波によって流送された砂との関係を示す。林帯幅が長くなるにしたがい、流砂の量も減少する傾向がみられた。また、流速との関係と同様、両者の間には有意な相関関係が得られた。

$$\text{防潮堤あり} \quad y = -14x + 1092 \quad R^2 = 0.91^* \quad (5)$$

$$\text{防潮堤なし} \quad y = -12x + 1344 \quad R^2 = 0.90^* \quad (6)$$

ここで、 y は流砂の量 (g)、 x は林帯幅 (cm) を示す。

この式から流砂を防潮林内で食い止めるために必要な林帯幅を推定したところ、防潮堤ありの場合が 76cm (原型では 76m)、防潮堤なしの場合が 112cm (原型では 112m) となった。また、防潮林と防潮堤を組み合わせることで、流砂が 37% 減少することも示された。

4. まとめ

本実験では、防潮林と防潮堤が津波の速さ、並びに津波によって引き起こされる流砂に対する抑制効果を検討した。その結果、津波の流速、流砂の抑制に必要な林帯幅を示すことができ、防潮林と防潮堤の組み合わせにより津波に対する被害が軽減することも明らかとなった。ただし、これら結果は水路実験の結果であり、今後は詳細な地形や、根の張り具合といった植生に関する条件を考慮して、より現地に近い条件でさらに実験を行う必要がある。

参考文献 港湾技術研究所 (1968) : 港湾技術研究所報告 VOL.7 No2, 港湾空港技術研究所 (2011) : 港湾空港技術研究所資料 No1231 pp.41, 首藤伸夫 (1985) : 第 32 海岸工学講演会論文集 pp.465-469

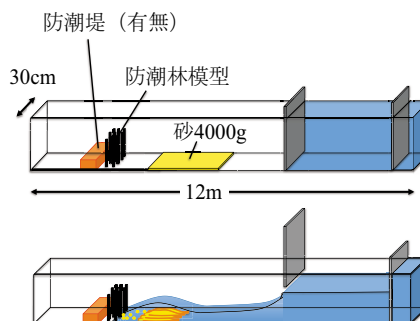


Fig. 1 実験概要図

Outline of experimental channel

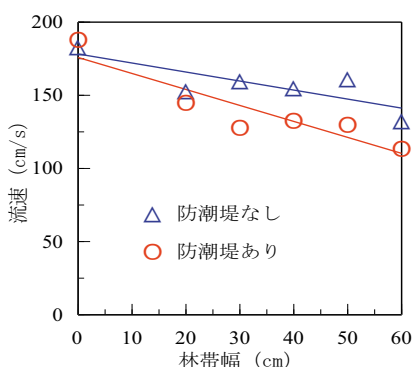


Fig.2 林帯幅と流速の関係

Relationship between protection forest

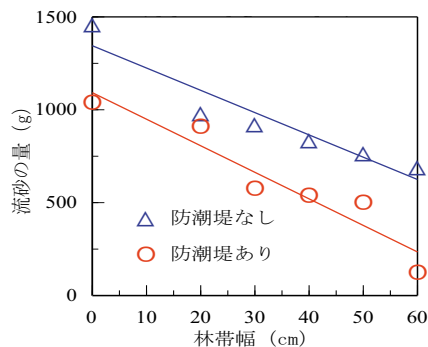


Fig.3 林帯幅と流砂量の関係

Relationship between protection forest width and quicksand amount