

並木の漂流物捕捉機能に関する基礎的検討

東北大学 学生会員 林 晃大
 東北大学大学院 正 会 員 今井健太郎
 東北大学大学院 正 会 員 今村 文彦

1. 序論

2011年東北地方太平洋沖地震により発生した津波により、日本列島太平洋沿岸における海岸林に倒伏・流失などの甚大な被害を受けた。その一方で、青森県八戸市の海岸林や仙台湾沿岸域の街路樹、屋敷林などの樹木群（以下、これらを並木と称する）により、漂流物捕捉効果が確認された。自然力を活かした水害減災対策の一つとして、並木による漂流物捕捉機能を活用していくことは景観上の観点からも有効な手法と考えられる。一方で並木の津波漂流物捕捉機能については、事例に基づいた議論にとどまっているのが現状である（首藤, 1985）。本研究は、並木による津波漂流物の捕捉機能について現地調査と水理実験により検討を行うことを目的とする。

2. 現地調査

2011年東北地方太平洋沖地震による津波における並木による漂流物捕捉事例について国土地理院の空中写真を用いて調べた。青森県八戸市では、林帯幅300mの海岸林に（N 40.584 °, E 141.473 °）よって漁船が捕捉されていた。宮城県石巻市の産業道路（N 38.416 °, E 141.333 °）、同県多賀城市の製材所敷地内（N 38.288 °, E 141.021 °）においては、多数の自動車や資材が街路樹や屋敷林によって漂流が食い留められていた。仙台市宮城野区の街路樹（N 38.278 °, E 141.019 °）においては乗用車や工場製品の捕捉が確認された。青森県の事例を除き、これらの並木は各々海岸から400～700m離れた平地に位置しており、津波氾濫流の流勢はそれほど大きくなく、樹木の被害も小さかったため、漂流物の捕捉機能が発揮できたものと考えられる。

上記の宮城県内の3カ所において、林体諸条件について調べた。測定項目としては樹木配置、樹木直径と樹高である。ただし、石巻市内と多賀城市内の地点については既に樹木が伐採されており、樹高を調べることができなかったため、根元直径（地盤高から20cm程度）を測定し、樹高については伐採前の斜め空中写真によっておおよその高さを推定した。

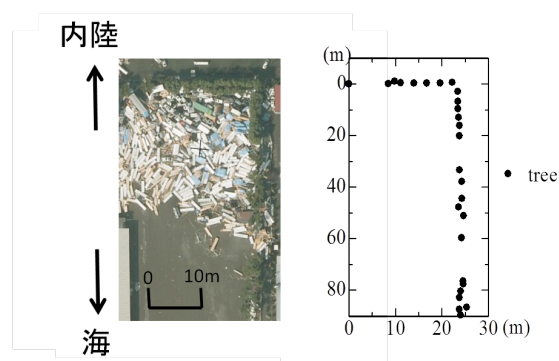


図-1 多賀城市の漂流物捕捉例と樹木の配置例

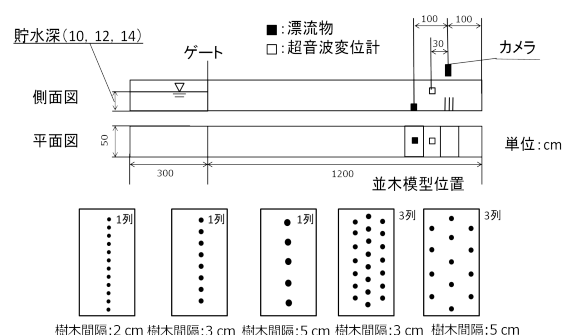


図-2 実験装置

よその高さを推定した。樹木配置については、ハンディGPSとレーザー距離計を用いて測定した。図-1に多賀城市における漂流物の捕捉例と樹木配置例を示す。樹木間隔は2.9～3.8m、樹木直径は0.2～0.4m、樹高は10mほどであった。また、漂流物の平均的な大きさは乗用車が1.9×4.9m、木材製品が1.0×6.0mであった。これらの地点では、漂流物が群体となる場合、その全巾・全長が並木間隔に満たない場合でも捕捉が確認された。

3. 水理実験

並木による漂流物捕捉に関する基礎的検討を行うために、漂流物と並木模型による水理実験を行った。実験は全長15mの断面一次元水槽で行い、津波氾濫流はゲート急開流れで模擬した。模型実験の縮尺は現地調査結果を考慮して1/100で行った。実験装置の概略を図-2に示す。樹木の直径は現地調査結果に基づき、直径4mmのステンレス円柱を用いた。漂流物について、材質は木製の角柱を

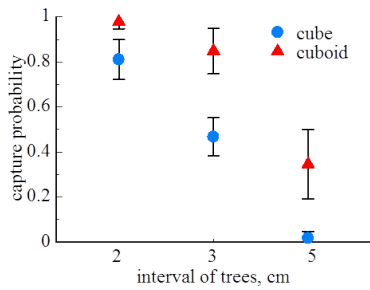


図-3 樹木間隔と捕捉率の関係 (貯水深12cm, 並木: 1列)

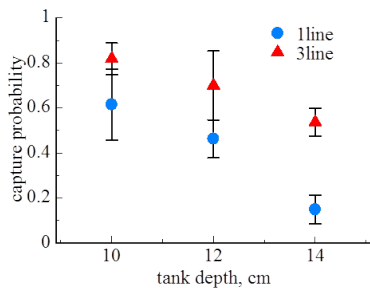


図-4 樹木列と捕捉率の関係 (漂流物:立方体, 樹木間隔:3cm)

用い, その形状は漁具等を想定した $1.5 \times 1.5 \times 1.5$ cmの立方体, および乗用車を想定した $1.5 \times 1.5 \times 4.5$ cmの直方体として, 単独ではなく, 群体として漂流させることを前提とした. 計測項目は, 段波水位と並木による漂流物捕捉率である. 貯水深は3パターン(10, 12, 14 cm)に変化させ, ゲート下流側はドライ条件とした. 段波水位は並木模型の上流側0.3 m地点に超音波変位計を設置して計測し, 漂流物捕捉率については並木模型上部に設置したビデオカメラを用いて, 樹木列を通過した漂流物の個数を計測することにより算出した. 並木の配置条件は5パターンに変化させた(図-2). いずれのパターンも実際の街路樹に近い条件である. 漂流物数については, 立方体では99個, 直方体では33個とし, それぞれ群体として漂流させた.

図-3に樹木間隔と捕捉率の関係を示す. 立方体・直方体ともに樹木間隔による捕捉率の変化が見られる. 図-4に樹木列と捕捉率の関係を示す. 樹木列数を変化させた場合でも, 捕捉率の変化が見られた. いずれの実験パターンにおいても立方体と直方体の捕捉率は変化しており, 以上の結果から樹木間隔と漂流物の比と, 流勢が捕捉率に寄与していることが分かる.

4. 並木の漂流物捕捉機能に関する影響因子と評価式

水理実験の結果から, 並木の津波漂流物捕捉機能に関する影響因子としては, 並木の列数とその間隔, 漂流物の代表長さ, 及びそのアスペクト比, それと外力として氾濫流の浸水深が考えられる. 以上のパラメータに基づいて, 並木の漂流物捕捉率に関する評価式を式(1)に示す.

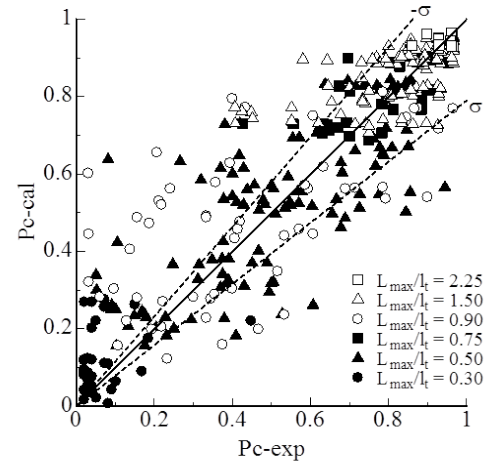


図-5 評価式による捕捉率の整合性

$$P_c = \frac{1}{1 + e} \quad (1)$$

$$= 0.4(L/W)^{0.47} (D/d_c)^{0.60} (d_c \cdot n)^{-0.32} (L_{\max}/l_t)^{-0.94} - 5.0 \pm$$

ここで, L/W は漂流物のアスペクト比, D は氾濫流の浸水深, d_c は樹木の代表直径, n は沿岸方向単位幅あたりの立木本数, L_{\max} は漂流物の代表長さ, l_t は沿岸方向の樹木間隔長である. 評価式の決定係数は $R^2 = 0.8$, 標準偏差は $= 0.90$ である. 図-5に評価式による捕捉率の整合性を示す. 水理実験で得られた捕捉率の値と評価式から得られた捕捉率の値を比較する. 式(1)から, 浸水深と L_{\max}/l_t が変数の中で本回帰式に大きく寄与していると判断できるが, $L_{\max}/l_t < 1$ の場合において計算値と実験値のばらつきが大きい. 今後は $L_{\max}/l_t < 1$ の場合における捕捉に関わる影響因子について, さらに検討を進めていくことが重要と考えられる.

5. 結論

本研究では, 東北地方太平洋沖地震津波において, 並木による津波漂流物捕捉状況を空中写真により調査し, 現地調査と水理実験により漂流物捕捉に関わる影響因子について検討を行った. さらに, 並木の漂流物捕捉機能に関する評価式の提案を行った. 一方, 本実験での漂流物は単純形状であるため, より多様な漂流物形状を対象とした, 評価式の一般化が今後必要である. また, 漂流物の衝突による樹木被害についても検討を行っていく必要がある.

参考文献

首藤伸夫 (1985): 防潮林の津波に対する効果と限界, 第32回海岸工学講演会論文集, pp.465-469.