海岸近傍に設置した透過性構造物の飛来塩分の低減効果に関する 現地実証実験

Field Experiment on Effect of Permeable Structure for Reduction of Sea Salt Spray

中村文則¹・小林豪毅¹・島田玄太²・永田千広²・高木利光¹・児玉敏雄¹

Fuminori NAKAMURA, Hidetaka KOBAYASHI, Genta SHIMADA, Chihiro NAGATA
Toshimitu TAKAGI and Toshio KODAMA

Sea salt spray consists of small particle of seawater, generated by interaction of wave and wind. Its transportation is also affected by wind distribution, geographical condition and configuration of structure. To decrease sea salt spray concentration in the atmosphere is effective measure of prevention of the salt damage. In this study, to clarify the effect of decrease of sea salt spray concentration around permeable structure, field measurements were carried out. Numerical calculation of transportation of sea salt spray and wind field were also carried out. In those results, the permeable structure can reduce transportation of sea salt spray concentration.

1. はじめに

海岸近傍で鋼材の劣化・腐食の要因となる飛来塩分は、海上の風および波浪により海水面から発生し、風によって大気中を輸送される。太平洋沿岸のように年間を通じて波浪が作用するような地域では、汀線付近の碎波帯から飛来塩分が発生するため、海岸に近い場所の低い位置にそれが集中していることが多い。このような低い位置に集中している塩分粒子を上空へ拡散する前に低減することができれば、内陸部へ輸送する飛来塩分を低減する有効な方法となる。既往研究では、村上ら(1995)および滝川ら(1998)が防砂および防風ネットを用いて大気中の飛来塩分の低減効果について検討を行っている。それによれば、海岸近傍ではネット背後で塩分量が2〜3割程度低減できることを報告している。しかしながら、このような大気中の塩分量を除去するような研究に関する報告例は少なく、ネット以外で大気中の塩分の除塩効果を現地で検証した例はない。

本研究では、現地に設置された透過性構造物の周辺で飛来塩分の現地観測を実施し、その風速および塩分の低減効果について検討を行った。さらに、現地を再現した数値解析を行い、構造物周辺の飛来塩分の輸送過程について検討を行った。

2. 透過性構造物

対象とした透過性構造物は、図-1のような大気中の塩分を除去する目的で開発された塩害専用防潮柵であり、

図-1 透過性構造物 (塩害専用防潮柵)

図-2 透過性構造物による除塩の仕組み

サランロックとよばれる化学繊維でできたフィルターを有孔折板と組み合わせたパネルで構成されている。下の図がパネルの海側の様子を示したものであり、図のようにフィルターが有孔折板の海側に張り付けられている。この構造物は、図-2のように構造物に風を通過させ、それと同時に飛来している塩分粒子をフィルターに付着させる方法で大気中の塩分量を低減させる仕組みである。

1 正会員 博(工) (株)クレアリア 海岸部
2 修(工) (株)クレアリア 海岸部

図-3 風向・風速の観測状況

図-4 飛来塩分の観測状況

3. 現地観測

(1) 観測場所および期間

観測場所は茨城県鹿嶋市であり、海岸の汀線から陸側へ約60mの位置に構造物が設置されている。構造物の寸法は高さ5.0m×幅45.0m×厚さ0.2mである。観測は2010年5月25日および26日に合計3回実施した。

(2) 観測方法

観測は風向・風速および飛来塩分を対象に実施した。風向・風速は図-3のように簡易式の気象ステーションとペーン風速計を設置して測定を行った。風速計は高さ2mの位置に設置し、10.0s間隔で風速の測定を行った。飛来塩分の採取はガーゼ法で行い、図-4のようにポールに塩分捕捉器を設置した。そのガーゼに付着した塩分の分析はイオンクロマトグラフィーで塩化物イオン量を測定し、その後単位面積および時間当たりの塩分量に換算した。

飛来塩分の観測は、図-5に示す構造物設置断面と設置なし断面で実施した。観測点の配置は、構造物の設置されている断面の海側で2点、陸側で3点、構造物が設置されていない断面で4点とした。風速の観測点は、構造物の海側で1点、陸側で3点、構造物がない断面で1点とした。気象ステーションは海側の観測点A-2の位置に設

図-5 観測点の平面配置

(a) 構造物の設置していない断面

(b) 構造物の設置してある断面

図-6 観測点の鉛直配置

表-1 観測日および気象・海象条件

	日付	風速 (m/s)	風向	波高 (m)
第1回目	2010/5/25 11:00-15:35	1.80	E	1.86
第2回目	2010/5/26 11:15-11:40	7.10	NNE	2.09
第3回目	2010/5/26 14:22-15:22	6.61	NNE	2.09

置した。各塩分捕捉器は、図-6(a) および (b) のように高さ1m間隔で地表面から3～5点を配置した。

観測を実施した時刻と観測時の気象・海象条件を表-1に示す。

(3) 観測結果および考察

a) 構造物周辺の風速

図-7は観測を実施した5月25日および26日の風向の頻度分布を示したものである。図に示すように、5月25日は構造物に対して風が少し南向きであり、第2～3回目の観測を実施した5月26日は北向きであった。

図-7 観測日の風向の頻度 (単位: %)

表-2 構造物周辺の風速の観測結果

	風速 (m/s)				風速の低減率 (%)
	A-2	A-3	A-4	A-5	$ 1 - (A-3)/(A-2) \times 100$
第1回目	1.8	0.9	1.2	0.7	48.2
第2回目	7.1	1.8	1.3	1.8	75.3
第3回目	6.6	2.1	-	-	68.4

図-8 風速の観測結果

図-9 構造物の有無による風速の変化

(a) 構造物より海岸側

(b) 構造物より陸側

図-10 塩分量の観測結果

図-8は構造物を設置した断面の風速の観測結果を示したものである。図に示すように、構造物の海側では風速が大きく、陸側では小さくなる傾向が見られる。第2～3回目の観測では、表-2に示すように構造物の海側に対するその背後の風速の低減率が6～7割程度であり、構造

物の背後で風速が大きく低減する結果であった。

図-9は、構造物の背後2mの位置に設置されている観測点A-3と離岸距離がほぼ同様で構造物が設置されていない断面の観測点B-3の位置での風速を示したものである。図の値は、高さ2mの位置で測定した平均風速であ

図-11 各観測位置での塩分量

る．図に示すように，構造物が設置されている断面のほうが，設置されていない断面と比較して，風速が7割程度低減しており，構造物による風速の低減効果が大きいのことがわかる．

b) 構造物周辺の塩分量

図-10 (a) および (b) は構造物を境界とした海側と陸側の飛来塩分の観測結果を示したものである．図の黒印の実線は構造物が設置されている断面，白印の点線が設置されていない断面の結果である．第3回目の観測は，構造物が設置されている断面で海側20mおよび陸側2m，構造物がない断面で陸側2mの位置だけで観測を行っている．図に示すように，構造物より海側では，地表面から3m以下の位置で塩分量が高くなっている傾向が見られる．構造物が設置されている断面では，構造物より陸側で鉛直方向に塩分量が一定で小さい値を示している．一方，構造物が設置されていない断面では地表面から1mの位置で塩分量が小さく，上空の塩分量が大きい値を示す傾向が見られる．これは，地表面に近い位置では塩分粒子が沈降することにより塩分量が低下することと観測点の海側に高さ0.5m程度の堤防があり，それによって低い位置の塩分が舞い上がったことが原因と考えられる．

図-12 計算領域

表-3 計算に入力した値

項目		入力値
計算格子数 (X方向)	NX	1800
計算格子数 (Y方向)	NY	200
計算格子間隔 (X方向)	DX	0.1
計算格子間隔 (Y方向)	DY	0.1
境界風速	U_0	10
境界塩分濃度	c_0	30
境界塩分濃度の鉛直減衰係数	A_w	0.293
塩分粒子の沈降速度	w_o	0.31
透過性構造物の風速の抵抗係数	f_w	0.153
透過性構造物の塩分の除塩係数	λS	13.3

構造物が設置されている断面と設置されていない断面での飛来塩分の観測結果を各地点で整理したものを図-11に示す．図の塩分量は，高さ方向で塩分量を平均した値である．図に示すように，第1～3回のいずれの観測結果も黒棒で示す構造物の設置断面の陸側で，構造物が設置されていない断面の結果より，塩分量が8～9割程度減少している．これは，構造物が飛来してきた塩分を吸着したことで構造物によって風速が低下し，輸送される塩分量が低下したことが要因であると考えられる．

しかしながら，風速が大きく低減していることから，構造物の前面で吹き上るような風が発生し，それと同時に飛来塩分が上空へ舞い上がっている可能性がある．そのため，数値解析により透過性構造物の周辺の風速と飛来塩分の輸送過程について検討を行った．

4. 数値解析

(1) 計算条件および境界条件

数値モデルは細山田ら (2002) のモデルを参考にした鉛直2次元であり，構造物周辺の風の場と飛来塩分の輸送過程について計算を行った．計算の対象とした領域は，図-12のような構造物周辺の長さ150m×高さ20mの範囲である．透過性構造物の風の抵抗係数 f_w と塩分の吸着率 λS は，仲座 (1993) の方法を参考に実験から求めた係数を与えた．境界での風速分布は，図の左端より式 (1)

および (2) のような指数分布を与えた。

$$U(z) = U_0 \cdot 1.15 \quad (z < 5.0\text{m}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$U(z) = U_0 \cdot 1.7 \cdot (z/250)^{0.1} \quad (5.0\text{m} < z < 250.0\text{m}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで、 $U(z)$ は境界の風速鉛直分布、 U_0 は境界の高さ 250m での風速、 z は鉛直高さである。塩分の発生は、仲座ら (1993) を参考に汀線で式 (3) の指数分布で与え、観測結果と一致するように塩分の発生量 c_0 を与えた。

$$c(z) = c_0 \cdot \exp(-\beta \cdot z) \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 $c(z)$ は塩分濃度の鉛直分布、 β は係数である。計算に用いた係数を表-3 に示す。

(2) 計算結果および考察

a) 計算結果と観測結果の比較

飛来塩分の計算結果と観測結果を比較したものを図-13 に示す。図は、第2回目の観測結果を再現した計算結果である。塩分量の計算結果と観測結果は、海側の観測点および陸側 2m で一致しており、観測点陸側 20m の位置では観測結果のほうが大きい傾向となっている。これは、観測時の風向が構造物に対して 23 度程度北向きであり、構造物の端部より海側の塩分を含んだ風が回り込み、陸側 20m 地点の観測結果に影響したためである。

b) 風の場

構造物周辺の風速分布を図-14 に示す。風速は構造物の背後で大きく減少している傾向にあり、風速の低減効果も大きいことがわかる。また、構造物の上部では、舞い上がるような風速が発生しており、海水面から飛来した塩分粒子も上空へ舞い上げられている可能性がある。

c) 飛来塩分分布

図-15 は、構造物周辺の飛来塩分の分布を示したものである。図に示すように、構造物により、海側の低い位

図-14 風の場の計算結果

図-15 飛来塩分の計算結果

置にある高濃度の塩分が低減できており、構造物の背後で塩分量が大きく減少している。しかしながら、構造物の前面で塩分が舞い上がっており、構造物の上部に比較的高い塩分量が分布している。

5. 結論

海岸近傍に設置された透過性構造物の周辺で飛来塩分の現地観測および数値解析を行った。その結果、海岸近傍に透過性構造物を設置することにより、構造物の背後で塩分量が 8～9 割程度低減でき、海側の低い位置の高濃度の塩分を除去できていることが明らかになった。ただし、構造物によって風速が大きく低下しており、構造物前面で舞い上がるような風速が発生しているため、今後、より透過性の高い構造に改良することが課題である。

参考文献

- 滝川 清・山田文彦・外村隆臣・荒木宣博 (1998)：飛来塩分特性の数値モデルと防風ネットを用いたその抑制効果に関する研究，海岸工学論文集，第45巻，pp.1181-1185。
- 仲座栄三・津嘉山正光・北村康司・日野幹雄 (1993)：植栽帯を有する海岸における飛来塩分量に関する研究，海岸工学論文集，第43巻，pp.1181-1185。
- 細山田得三・山田文則・田安正成 (2002)：波動場数値計算の碎波判定によって発生する飛来塩分とその輸送に関する数値実験，海岸工学論文集，第49巻，pp.1256-1260。
- 村上和男・加藤一正・清水勝義・尾崎 靖・西守男雄 (1995)：植栽による飛沫（海塩粒子）の軽減に関する現地実験，海岸工学論文集，第42巻，pp.1036-1040。