

海岸条件を考慮した飛来塩分環境の定量評価に関する研究

新潟大学工学部建設学科 学生会員 ○秋山広太郎

新潟大学工学部建設学科 正会員 佐伯竜彦

新潟大学大学院自然科学研究科 学生会員 鈴木史朗

新潟大学工学部建設学科 正会員 斎藤豪

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の老朽化が深刻な問題となっており、より正確な劣化進行予測が必要となる。しかし、劣化外力、すなわち環境作用については、周辺地形や気象などに左右されることから定量的評価が難しく、現状では適切に評価されているとは必ずしも言えない。

現在、コンクリート標準示方書¹⁾では、表1で示されるようにコンクリートの表面塩化物イオン濃度を地域と海岸からの距離のみによって設定してよいとされているが、海岸地形や気象条件による影響が考慮されていないため、正確な劣化進行予測を行うことができない場合がある。そのため、これらの海岸条件が飛来塩分環境に及ぼす影響を定量的に評価することを目的とした研究を行った。

飛来塩分量を測定する手法として、薄板モルタル供試体の暴露試験を行った。この手法では供試体の形状・設置方法から、構造物の表面を模擬したものとして考えることができ、供試体に浸透した塩化物イオン量を用いて各暴露地点の飛来塩分環境を比較することができる。

2. 薄板モルタル供試体暴露試験

暴露試験は、図1に示すように新潟県沿岸部に位置する68橋梁にて行った。薄板モルタル供試体(4cm×4cm×0.5cm)は橋梁のスパン中央部海側地覆側面に2個ずつ設置した。暴露期間は12月～3月の約4ヵ月間とした。暴露試験終了後、各供試体の塩分浸透量を電位差滴定法によって測定した。

3. 暴露試験結果

供試体に浸透した塩分量を図1、2に示す。図1からわかるように、地点によって塩分量のばらつきが見られ、地域間での傾向が見られない。よって個々の海岸条件に影響による影響が大きいと考えられる。

図2は、塩分浸透量と海岸からの距離の関係を示している。破線は表1の「飛来塩分が多い地域」の値をプロットしたものである。試験結果は表1の値と概ね同様の傾向を示しているがばらつきが大きく、これは地点毎の周辺地形、気象状況の差異によるものであると考えられる。

表1 コンクリート表面における塩化物イオン濃度(示方書)

コンクリート表面塩化物イオン濃度 $C_s(\text{kg/m}^3)$	飛沫帯	海岸からの距離(km)				
		汀線付近	0.1	0.25	0.5	1.0
飛来塩分が多い地域	13.0	9.0	4.5	3.0	2.0	1.5
飛来塩分が少ない地域		4.5	2.5	2.0	1.5	1.0

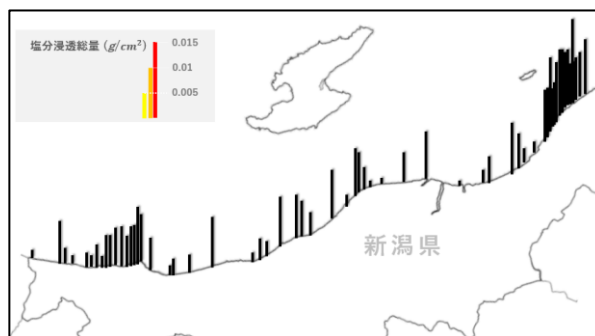


図1 測定地点と塩分浸透量

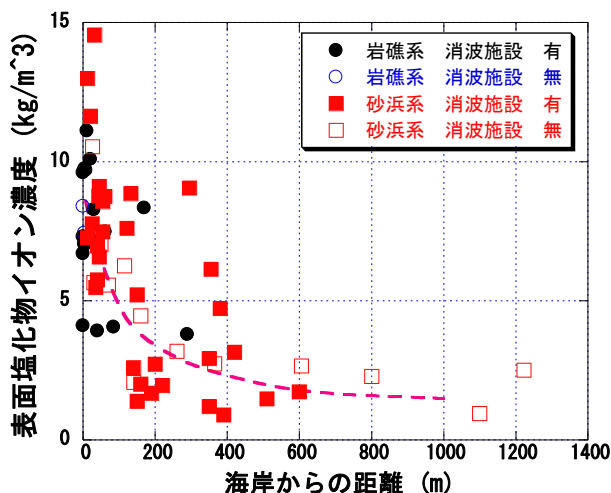


図2 塩分量と距離の関係(補正前)

4. 海岸条件を考慮した評価方法の検討

4.1 海岸条件(海岸地形・周辺気象データ)取得と分類

地点毎の海岸条件による影響を補正するために、Google Earthや気象庁アメダスを用い、表2に示すデータを取得した。そして地点毎の海岸条件を基に、測定結果を図2で示すように、砂浜、消波施設の有無によって4つに分類した。

4.2 補正方法

本研究では、地点毎の海岸条件の差異を全て距離に変換して補正をすることとした。

キーワード：飛来塩分、海岸条件、薄板モルタル供試体

連絡先：〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町8050番地 新潟大学工学部工学科社会基盤工学プログラム TEL: 025-262-7204

4.2.1 標高の補正

Google Earth において、橋の両端部の標高を平均した値を各地点の標高とした。補正は高さ 1m につき海岸からの距離 25m を加えることとした。

4.2.2 風向の補正

気象庁アメダスでは、観測点ごとに 1 日毎の最多風向や最大風速の風向を確認することができる。暴露期間中(1月~3月)の1日毎の最多風向を取得し、最も多かった風向によって距離を補正することとした。補正は図2のように行った。

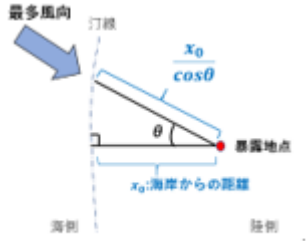


図2 風向による距離の補正

なお本研究では海側から吹く風を対象とし、陸側から吹く風の影響は考慮していない。

4.2.3 波エネルギーを考慮した補正²⁾

飛来塩分は海上の砕波により発生する。そのため、波の影響を波エネルギーで考慮し、距離に換算して補正した。波エネルギーは有義波高、周期を用いて式(1)より示される。

W0 = 0.5H1/3^2T (1)

W0 : 波エネルギー(kW/m), H1/3 : 有義波高 (m),

T : 有義波周期 (s)

各地点の波エネルギーを算出し、波エネルギーが最も大きい地点を 1 とし、他の地点との比を算出した。そして式(2)のように距離を補正した。すなわち、波エネルギーが小さい地点ほど補正後の距離が長くなる。

X' = X/a (2)

X' : 補正後の距離 (m), X : 補正前の距離 (m),

a : 波エネルギーの比

4.3 補正結果

塩分量と補正後の距離の関係を図3に示す。補正によって塩分量のばらつきが小さく、相関係数が大きくなった。よって地点毎の海岸条件の差異を補正することができたといえる。しかし、幾つか回帰曲線から大きく離れた点が存在する。これは植生や障害物などの影響を大きく受けた地点での結果であり、回帰曲線には反映していない。なお、海岸からの距離の補正式は式(3)のとおりである。

x = {x0 + (z * 25)} * 1/cosθ * 46.0/W0 (3)

x : 補正後の距離 (m), x0 : 実際の海岸からの距離 (m),

θ : 最多風向と汀線直角方向との角度差

z : 標高 (m), W0 : 対象地点の波エネルギー (kW/m)

本研究では、図 2,3 において砂浜の有無・消波施設の有無に着目して海岸条件を 4 つに分類したが、その分類での傾向の違いは見られなかった。これは本研究の対象を橋梁に限定したため、周辺に何らかの消波施設がある地点が多く、また、砂浜があっても面積が小さく、その影響が小さかったことが理由として考えられる。

5. まとめ

Google Earth や気象庁アメダスなど、容易に入手できるデータによって、地点毎の海岸条件の差異が飛来塩分量に及ぼす影響を、海岸からの距離を補正することによって評価することができた。

表2 取得データ

Google Earth	気象庁	ナウファス
砂浜の有無	風向	波周期
消波施設の有無	風速	
距離	波高	
標高		
周辺地形(植生、障害物)		

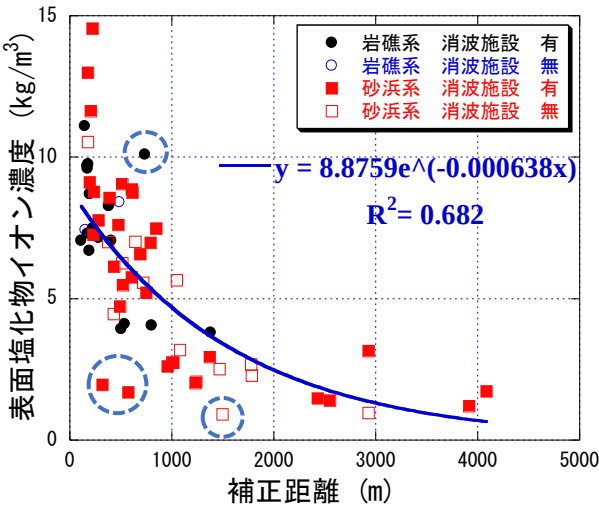


図3 塩分量と補正後距離の関係

(標高+最多風向+波エネルギー補正後)

謝辞：本研究の実施にあたり、橋梁の管理者である国土交通省北陸地方整備局、新潟県、新潟市にご協力いただきました。また、供試体の設置と回収にあたっては、長岡技術科学大学・中村文則博士をはじめとするコンクリート研究室の皆様にご協力をいただきました。ここに付記し、謝意を表します。

【参考文献】

1) 土木学会：コンクリート標準示方書[設計編]、丸善出版、pp.148-157、2012
2) 青山實伸ほか：厳しい塩害環境下におけるコンクリート構造物の塩分浸透性に関する実証的研究、土木学会論文集、No.746/V-61、pp.251-264、2003.11