

降雨作用によるコンクリート表層部の塩分損失過程のモデル化

環境社会基盤工学専攻 コンクリート研究室 Nguyen Ho Quang
指導教員 下村 匠

1. はじめに

沿岸環境下におけるコンクリート構造物では、降雨や飛来塩分が作用することにより、コンクリート内部に水分と塩分が浸透し、内部鉄筋が腐食するため問題となっている。

構造物の安全性や耐久性を保つため塩害劣化を予測することが極めて重要である。従来の予測方法では、環境条件である風、波高や位置条件である海岸から離れた距離などから算定された表面塩化物イオン量をインプットとして塩害劣化予測が行われている。しかし、構造物の表面塩化物イオンは飛来塩分によって供給されるとともに、降雨によって損失・再分布され、最終的に表面に残ったものが、コンクリート内部に浸透する。降雨作用によって表面塩化物イオン量が減少する理由や挙動などを説明している研究事例が少ない。

そこで本研究では、降雨作用を受けたコンクリートでは、塩化物イオン減少現象の解明および再現モデルの開発のため、現象再現実験およびモデル検証実験を行った。

2. 現象再現実験

屋内実験は構造物の場所により降雨作用を受けたコンクリートの表面塩化物イオンが減少する現象を確認するため実験を行った。実験施設は飛来塩分、風、降雨などの自然環境を再現できる風洞施設です。施設の寸法図-1 に示しているように、長さ 9.0m、幅 2.0m、高さ 2.0m である。実験模型は図-2 のように橋脚を模擬した T 型形状模型である。実験供試体は事前に一定量の塩分を供給させた薄型モルタル供試体である。供試体を 27 個実験模型の決まった位置に貼り付けて降雨実験を 2 時間させた。

図-4 は実験結果を示している。赤線で示しているのは事前に供試体に供給していた初期塩分量を表す。降雨作用を受けた供試体 1,2,3,4,7 および 25,26,27 は表面塩化物イオン量が減少した結果となっている。下部側にある供試体 9~21 までは降雨が当たっていないため、表面塩化物イオン量が変わらなかった。

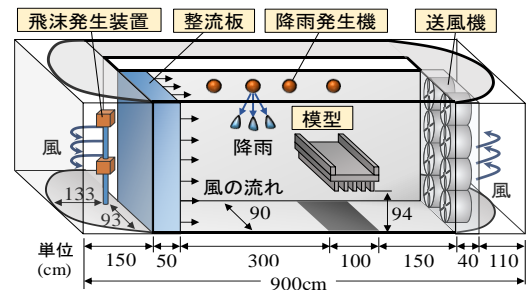


図-1 実験施設(全体図)

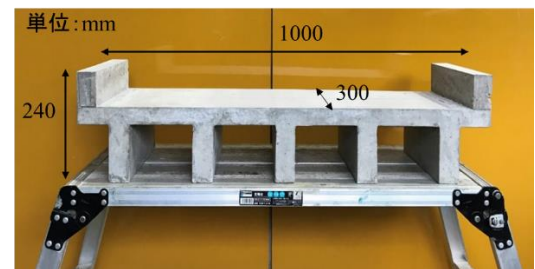


図-2 実験模型(全体図)

水セメント比 (%)	単位量 (kg/m ³)		
	水	セメント	細骨材
50	306	612	1320

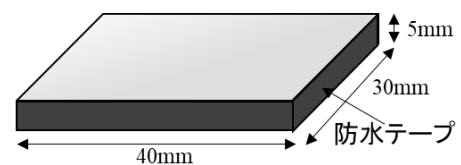


図-3 実験供試体

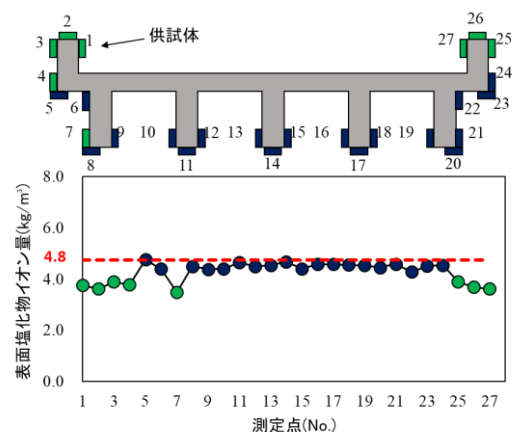


図-4 屋内実験結果

屋内結果により降雨作用を受けたコンクリートでは、表面に付着している塩化物イオンが減少した結果となった。しかし、実際現象を考えるとスケール効果や自然降雨などが効いてくる可能性があるため、実寸法に近い模型（図-5）を用いて屋外実験を行った。曝露期間を11月27日から12月6日までとし、曝露場所を低層構造物の裏とした。曝露期間の間に、降雨時間が計51時間で、降雨量が計60mmであった。屋内実験と比較すると降雨量がおなじであるが、降雨時間がやく25倍である。



図-5 実験模型

図-6は屋外実験の実験結果を示している。赤色で示しているのは事前に供給していた初期塩分量である。屋内実験と同様な傾向あり、降雨が当たっていない位置である供試体2~8までは表面塩化物イオンがほぼ変わらず、降雨作用を受けた位置では初期塩分量に対してやく2~5割塩化物イオンが減少した結果となっている。屋内実験より塩化物イオン量が減少した理由は屋外実験の実験時間が長かったからである。

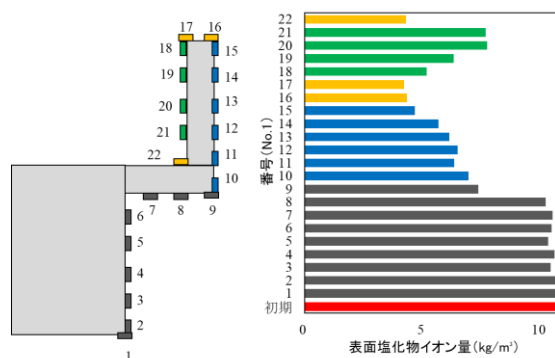


図-6 屋外実験結果

3. 再現モデル

再現モデルはコンクリート表面において降雨水により表面塩分が溶けて流される現象をモデル化する表面モデル(1)およびコンクリート内部において塩分移動現象をモデル化する内部モデル(2)から構成される。

$$\frac{\partial C_{sur}}{\partial t} = kS(C_{s} - C_{sur}) \quad (1)$$

$$\frac{\partial C_{totalCl}}{\partial t} = -div(C_{f}\rho J_{l} + J_{cs} + J_{dif}) \quad (2)$$

4. モデル検証実験

構築したモデルを検証するため実験を行った。実験は9月-12月までの屋外実験であった。実験供試体は水セメント60%の配合から作成されたコンクリート供試体であり、一定期間に塩分供給をさせてから屋外実験を開始した。

図-7は屋外実験結果および解析結果を示している。マーカーで示しているのは実験値となり、線で示しているのは解析値である。実験値および解析値は同様な傾向あり、降雨作用を受けた供試体は塩化物イオン量が減少しており、降雨時間が長いほど減少する塩化物イオン量が大きくなった。また、表面塩化物イオン量が現象再現実験の実験結果と同様な傾向あり本モデルが

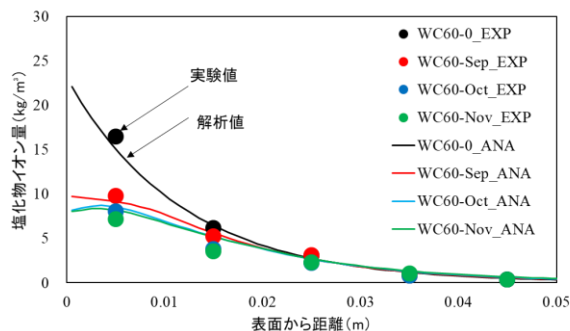


図-7 屋外実験結果

降雨作用を受けたコンクリートにおける塩化物イオン減少現象を十分に再現できたといえる。

5. 結論

本研究はコンクリートにおいて降雨により塩化物イオン量が減少する現象の解明および再現モデルの開発を目的とし研究を進んだ。得られた知恵を以下にまとめる。

- ・降雨作用を受けたコンクリートでは、表面も含めて内部の塩化物イオンも減少する。
- ・降雨入射角度により減少する塩化物イオン量が変わる。
- ・減少する塩化物イオン量が降雨量より降雨時間に依存する。