

各種材料・配合の浸透塩分総量および表面塩分量の評価

クエストエンジニア 正会員○武内 道雄

クエストエンジニア 正会員 渡辺 暁央

クエストエンジニア 正会員 青山 實伸

金沢工業大学 正会員 宮里 心一

1. はじめに

コンクリート構造物の塩害に対する耐久性照査や維持管理を行う際には、一般に Fick の拡散方程式により塩化物イオン（以下「塩分」）浸透や浸透塩分の再拡散予測を行う。塩分浸透予測時に用いる表面塩化物イオン濃度（以下「塩分量」） C_o は、実測値が得られない場合、コンクリート標準示方書により海岸からの距離を用いて推定され、配合に拘らず一定値が設定される¹⁾。本研究では、同一の塩害環境下における材料および配合の違いによる塩分浸透性および表面部における塩分量を把握するために、供試体を用いた塩分促進浸透試験を行い、各種材料・配合の浸透塩分総量および表面塩分量を評価する。

2. 実験概要

(1) 供試体の作製

供試体の種別および配合を表-1 に示す。供試体は、モルタルあるいはコンクリートで作製した。ここで、モルタルにおいては、高炉セメント (BB) や補修材を想定した防錆剤混入ポリマーセメントモルタル (PMC1)、ポリマーセメントモルタル (PMC2) についても作製した。また供試体寸法は 40×40×50mm の直方体とし、5 面をエポキシ樹脂塗装して 1 方向からのみ塩分が浸透するように製作した。

(2) 試験方法

予備試験を踏まえ、「1 日間(24 時間)塩水（濃度 3.5%）を噴霧（40℃養生）+6 日間(144 時間)温度 40℃湿度 60%で乾燥」を 1 サイクルとする促進浸透試験を 4 ヶ月間に渡り行った。塩分分析は、図-1 に示すとおり供試体を未塗装面より深さ方向に 0-13、13-27、27-40mm の 3 等分にスライスカットし、JIS A 1154 の電位差滴定法により各深さの塩分量分析を行った。

3. 結果および考察

コンクリートの水セメント比が塩分浸透に及ぼす影響を図-2 に示す。これによれば、水セメント比が低くなるに従い、塩分の浸透は少なくなる。特に、W/C 40%では、13mm 以深での塩化物イオン量はほとんど見られない。また、表面部（0～13mm）における塩分量は一定でなく、W/C 60%では大きくなっている。

各種材料・配合別の浸透塩分総量を図-3 に示す。浸透塩分総量は、各深さで分析された塩分量にスライスカット厚を乗じた値の総和と定義し比較した。これによれば、配合に拘らずコンクリートでは、モルタルと比べた概ね 8 割程度の浸透塩分総量になっている。また、BB50%では W/C50%モルタルの約 4 割程度、一方 PMC1 および PMC2 では W/C 40%モルタルの約 2 割と約 3 割程度の浸透塩分総量となり、塩分の浸透が小さい。この結果より、同一の塩害環境においても材料および配合条件により浸透塩分総量が異なり、供試体内に浸透する塩分量も異なることを示している。

表-1 供試体配合表

区分	種類	W/C (%)	配合(kg/m ³)							備 考
			水	セメント	ポリマー	細骨材	粗骨材	高炉スラグ	防錆剤	
モルタル	OPC	40	250	630		1400				
		50	280	550		1400				
		60	300	490		1400				
	BB	50	270	300		1400		250		
	PMC1		99	1825	58				138	$\sigma_{28}=40\text{N/mm}^2$
	PMC2		196	1750	55					$\sigma_{28}=24\text{N/mm}^2$
コンクリート	OPC	40	170	410		800	1000			Gmax13mm
		50	180	370		800	1000			Gmax13mm
		60	190	320		800	1000			Gmax13mm

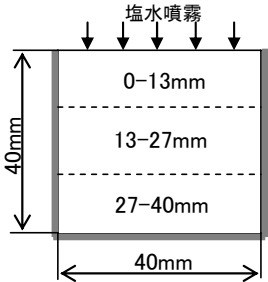


図-1 供試体寸法

キーワード 塩害, 促進試験, 塩分浸透状況, 表面塩化物イオン濃度, 水セメント比

連絡先 〒920-0025 石川県金沢市駅西本町 3-7-1 (株)クエストエンジニア 土木調査設計部 TEL076-264-7872

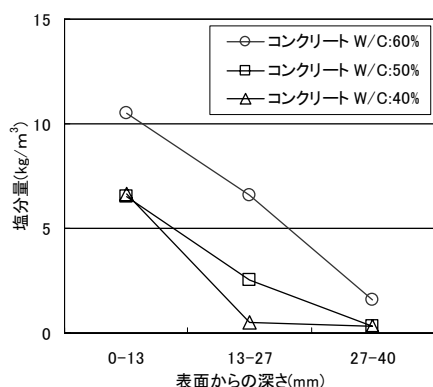


図-2 コンクリートのW/Cと塩分浸透状況

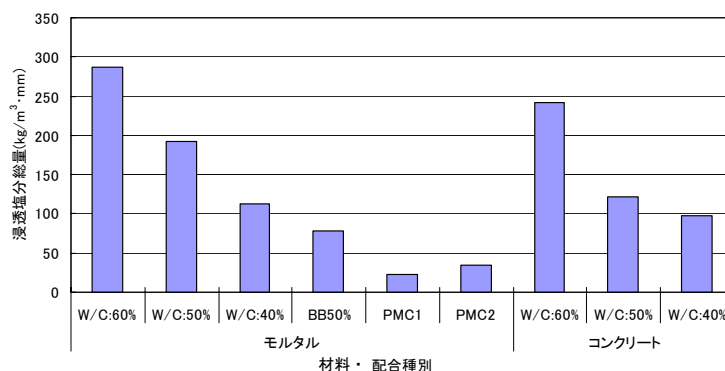


図-3 各種材料・配合別の浸透塩分総量

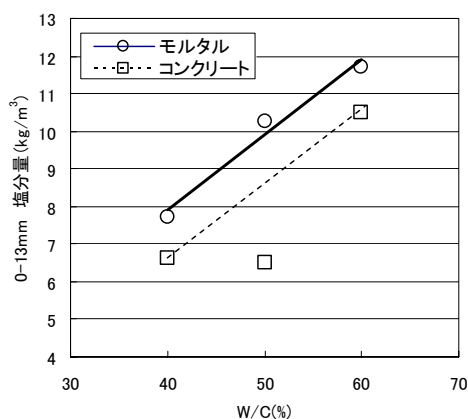


図-4 水セメント比と表面部の塩分量との関係

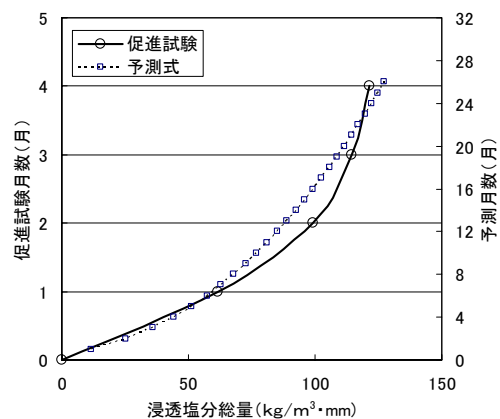


図-5 促進浸透試験と予測値の浸透塩分総量比較

水セメント比と表面部における塩分量の関係を図-4に示す。ここで、表面部における塩分量とは、0-13mmにおいて分析された塩分量を示している。なお、表面部の塩分量は、塩分浸透予測時に用いる表面塩分量 C_0 との関連が大きいと推察する。さてこの図によれば、モルタルでは、表面部の塩分量と水セメント比には相関が見られ、浸透塩分総量が多い順に表面部の塩分量も多くなる。他方、コンクリートではW/C 40%と50%では差が見られず、供試体内の骨材分布の不均一性に起因した結果と考える。また、コンクリートの表面部における塩分量は、一部の特異値を除いてモルタルの表面部における塩分量の約8割であり、配合から計算できる供試体断面の骨材を除く投影面積比と概ね合致している。したがって、コンクリート W/C50%の表面部における塩分量が比較的低い特異値と考えると、コンクリートでもモルタル同様の結果が得られる可能性もあると考える。これらのことから表面部の塩分量は、同一の塩害環境下において一定ではなく、浸透塩分総量に関連して水セメント比により変化すると推察する。

コンクリート W/C50%の測定値と予測値の比較を図-5に示す。予測値は、Fickの拡散予測式を用い表面塩化物イオン濃度 C_0 を 10kg/m^3 、見かけの拡散係数 D_c を $2 \times 10^{-8}\text{cm}^2/\text{sec}$ と仮定し、コンクリート内部への塩分浸透予測結果より求めた。コンクリート W/C50%の浸透塩分総量の変化と同程度の予測結果を示す予測月数は約26ヶ月程度で、今回の浸透促進試験の促進倍率は概ね6.5倍程度であったと推察される。

4. 結論

同一の塩害環境下でさえも材料および配合が異なれば浸透塩分総量や表面部における塩分量が異なることを確認できた。また、モルタルでは表面部における塩分量と水セメント比の間に関係が見られた。今後、内部の塩分分布状況をEPMA分析により評価し、各種材料・配合が表面塩分量 C_0 に及ぼす影響を求めたい。

参考文献

- 1) 土木学会：2002年制定コンクリート標準示方書「施工編」pp.24-28, 2002.3