

蒸気養生を実施したコンクリートの海洋環境下における塩化物イオン透過性状

首都大学東京 正会員 ○寺川麻美 宇治公隆 上野敦 大野健太郎
全国コンクリート製品協会関東支部 正会員 原洋介

1. はじめに

海洋環境下にある鉄筋コンクリート構造物では、コンクリート中に塩化物イオンが浸透し、鉄筋を腐食させ、耐久性の低下をもたらすことが懸念される。これは、蒸気養生が実施されるプレキャストコンクリート

(以下、蒸気養生コンクリート)においても例外ではない。コンクリート中への塩化物イオンの浸透性を定量化し、耐久設計に反映させることが重要である。本研究では、蒸気養生コンクリートの塩化物イオン分布を暴露試験によって把握し、拡散係数の算出により、塩化物透過性状を検討した。さらに、封緘養生した現場打ち模擬コンクリート(以下、現場打ち模擬コンクリート)と比較することで、蒸気養生コンクリートの性能評価を行った。

表-1 使用材料

項目	品質
結合材	普通ポルトランドセメント、密度3.16g/cm ³
粗骨材	砕石2005、表乾密度2.62g/cm ³
細骨材	砕砂、表乾密度2.62g/cm ³
混和剤	高性能減水剤(WR)：ポリカルボン酸エーテル系 AE助剤(AE)：変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤

表-2 コンクリートの示方配合

配合名	G _{max} (mm)	目標スラブ 目標SI700 (cm)	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				高性能 減水剤 WR	AE剤 AE
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G		
OPC-50%	20	8.0	50	4.5	44	170	340	781	994	C<0.40%	C<5.0A
OPC-40%			40		43	170	425	733	971	C<0.40%	C<4.0A
OPC-30%			30		46	160	533	750	891	C<1.00%	C<4.5A

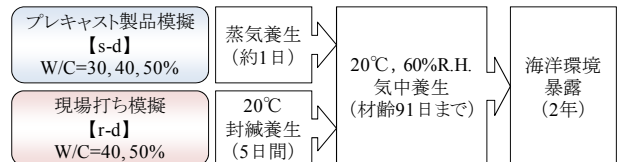


図-1 養生条件

2. 実験概要

2.1 使用材料およびコンクリートの配合

使用材料を表-1に、コンクリートの示方配合を表-2に示す。配合は、実際のプレキャストコンクリート製品を参考に決定した。

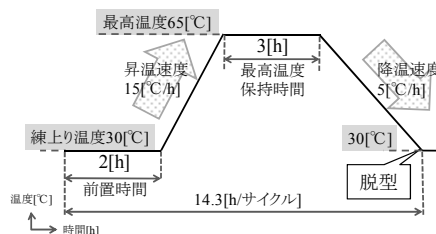


図-2 蒸気養生条件



図-3 暴露状況

2.2 養生条件および蒸気養生条件

供試体の養生条件を図-1に、蒸気養生条件を図-2に示す。なお、蒸気養生供試体は記号：s-d、現場打ち模擬供試体は記号：r-dで示す。蒸気養生は比較的大型のプレキャストコンクリート製品に適用される1日1サイクルの条件とした。

2.3 暴露試験方法

100×100×400mmの角柱供試体を各養生条件につき1体作製した。塩化物イオンの浸透を打設側面の1面とするため、他の5面をエポキシ樹脂でシールした。供試体は、静岡県伊東市の海岸に位置する暴露場に設置した。供試体の暴露状況を図-3に示す。

2.4 塩化物イオン分布の測定方法

暴露供試体から、JIS A 1154 付属書1に従い、図-4に示すように、φ60mmのコアを採取した。図-5に示すように、乾式のコンクリートカッターを用いてスライスし、円形のコンクリート試験片を切り出した。スライスの間隔は、浸透面から10mm毎、深さ70mmの領域とし、そのうち、0~10mm、10~20mm、20~30mm、40~50mmおよび60~70mmの5箇所の試験片を0.15mm以下に微粉砕して調整したものを分析用試料とした。

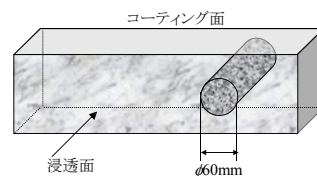


図-4 コアの採取

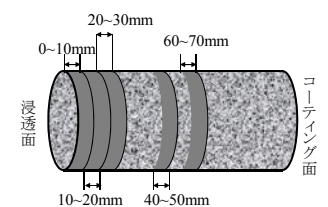


図-5 スライス箇所と塩分測定位置

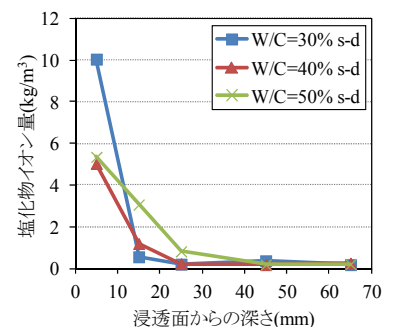


図-6 蒸気養生コンクリートの塩化物イオン量分布

キーワード 蒸気養生, 暴露試験, 塩化物イオン浸透, 拡散係数, プレキャストコンクリート
連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL 042-677-2775

JIS A 1154 の塩化物イオン電極を用いた電位差滴定法に従い、塩化物イオン量分布を測定した。測定材齢は、暴露材齢 2 年である。

3. 実験結果および考察

3.1 塩化物イオン量分布

図-6 に蒸気養生コンクリートの塩化物イオン量分布を水セメント比ごとに示す。図より、水セメント比が低くなるにつれ、コンクリート内部にかけての塩化物イオン量の下がり幅が大きく、浸透しにくいことがわかる。

図-7 に現場打ち模擬コンクリートの塩化物イオン量分布を水セメント比ごとに示す。図より、コンクリート表層部の 0~10mm の範囲において、水セメント比 40%の塩化物イオン量が、水セメント比 50%の約 1.5 倍のイオン量となっている。また、蒸気養生コンクリート同様、水セメント比の低減に伴い、塩化物イオンがコンクリート内部に浸透しにくい傾向が見られた。

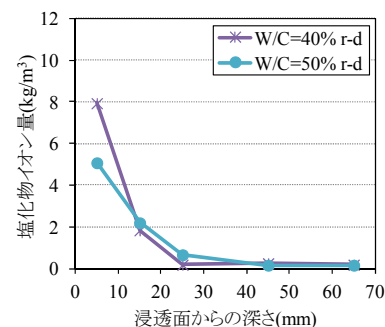


図-7 現場打ち模擬コンクリートの塩化物イオン量分布

表-3 回帰分析結果

記号	見掛けの拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$)	表面塩化物イオン量 ($\text{cm}^2/\text{年}$)	初期塩化物イオン量 ($\text{cm}^2/\text{年}$)
W/C=30% s-d	0.12	19.98	0.05
W/C=40% s-d	0.28	7.72	0.05
W/C=50% s-d	0.81	6.35	0.05
W/C=40% r-d	0.23	12.45	0.05
W/C=50% r-d	0.53	6.81	0.05

3.2 塩化物イオンの見掛けの拡散係数

実験より得られた塩化物イオン量分布から、フィックの第 2 法則に基づく拡散方程式の解¹⁾を用い、回帰分析を行った。見掛けの拡散係数および表面塩化物イオン量の計算結果を表-3 に、各養生条件の見掛けの拡散係数を図-8 に示す。

(1) 水セメント比の影響

図-8 より、水セメント比 50%の拡散係数は、蒸気養生コンクリートにおいては水セメント比 40%の約 3 倍、現場打ち模擬コンクリートにおいては水セメント比 40%の約 2 倍の値を示している。このことから、蒸気養生コンクリートのほうが、現場打ち模擬コンクリートより、水セメント比の低減による拡散係数への影響が大きいと考えられる。

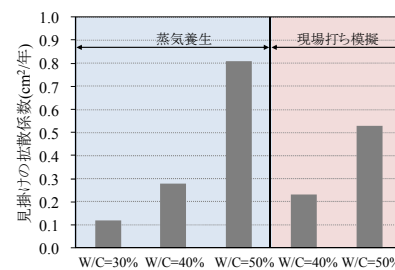


図-8 見掛けの拡散係数

(2) 養生条件の影響

図-8 より、水セメント比 40%、50%ともに、現場打ち模擬コンクリートは、蒸気養生コンクリートより、見掛けの拡散係数の値が小さく、コンクリートの塩化物イオンの耐浸透性が高いといえる。

プレキャストコンクリート製品は、脱型時強度を適切に確保するため、一般に、現場打ちのコンクリートよりも水セメント比が小さくなる傾向にある。W/C=40% s-d と W/C=50% r-d の見掛けの拡散係数を比較すると、W/C=40% s-d の拡散係数は、W/C=50% r-d の約半分の値となっている。表-3 より、両者の表面塩化物イオン量に大きな差がないこともふまえると、塩化物イオンの耐浸透性は、水セメント比 40%の蒸気養生コンクリートのほうが、水セメント比 50%の現場打ち模擬コンクリートより高いことが示された。このことから、蒸気養生コンクリートの水セメント比を 10%程度低減させることで、塩化物イオンの耐透過性が現場打ち模擬コンクリートより高くなることが明らかとなった。

4. 結論

- (1) 蒸気養生コンクリートは、水セメント比を低減することにより、塩化物イオン量の浸透が抑制され、見掛けの拡散係数も小さくなる。なお、現場打ち模擬コンクリートにおいても同様の傾向がみられた。
- (2) 蒸気養生コンクリートのほうが、現場打ち模擬コンクリートより、水セメント比の低減による拡散係数への影響が大きいことが明らかとなった。
- (3) 蒸気養生コンクリートは、水セメント比を 10%程度低減させることで、現場打ち模擬コンクリートより塩化物イオンの耐浸透性が高くなる。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書【規準編】土木学会規準および関連規準，p.332，2010。