

混和材を配合したコンクリートの遮塩効果に関する実験的検討

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○大野 直也

東日本旅客鉄道(株) 正会員 井口 重信

東日本旅客鉄道(株) 正会員 小泉 秀之

1. はじめに

現在の土木学会や鉄道の設計基準では、混和材使用時の塩化物イオンの浸透抵抗性を一定程度加味している。しかし、混和材を用いたコンクリートにおいては、材齢が増加しても塩分の浸透深さが変化しない「塩分停滞現象」について報告されており¹⁾、これらの効果は実設計に生かされるまでには至っていない。

本報告では、混和材を用いたコンクリートの塩化物イオン浸透性について設計で考慮することを目的とし、配合や養生条件といった各パラメータを変えたコンクリートについて塩水浸漬試験を実施し、その遮塩効果について確認するとともに、塩分浸透の予測を試みた。

2. 試験方法

試験体はφ100×200mm円柱供試体を使用し、配合は3種類用意した(表-1)。打設後、表-2に示す蒸気養生、水中養生(3日、7日)、気中養生(28日、3ヶ月、6ヶ月)を行い、これら養生日数の違いを確認した。

養生を終えた試験体は、両端25mmを切断、除去し

た後、側面にのみエポキシ樹脂を塗布し、下側半分が塩水に浸かるように浸漬した。塩水の濃度は10%とし室温20℃の環境下で保管した。

所定の塩水浸漬期間が経過した試験体は、圧縮試験機により縦方向に割裂し、割裂面にドリルで削孔して試料を採取した。採取したコンクリート粉を蛍光X線装置にかけて塩化物イオン量を測定した。

3. 試験結果

3. 1 塩化物イオン濃度の分布

図-1に1年間浸漬した時点における各配合のコンクリートの塩化物イオン濃度分布を示す。また、Fickの第二法則に基づく拡散方程式により近似した曲線も合わせて示す。浸漬面から20mm深さの位置での塩化物イオン濃度は、Nで4.477kg/m³、B75で0.426kg/m³、FA30で0.290kg/m³となっており、混和材を用いたコンクリートの塩分浸透抑制効果について確認した。

3. 2 見掛けの拡散係数および表面塩化物イオン濃度の経時変化

表-1 コンクリートの配合

配合	W/P	S/a	粉体量	空気量	表面水	単位量(kg/m ³)							
						水	セメント	高炉スラグ微粉末	膨脹材	フライアッシュ	細骨材	粗骨材	減水剤
	(%)	(%)	(kg/m ³)	(%)	(%)	密度1	密度3.16	密度2.89	密度2.93	密度2.2	密度2.72	密度2.65	密度1.06
N	42.4	40.0	330	2	0.0	140	297	0	33	0	799	1168	2.64
B75	33.0	40.0	424	2	0.0	140	64	318	42	0	757	1106	2.12
FA30	32.4	40.0	432	2	1.39	140	268	0	35	130	745	1088	2.51

*B75：配合Nの普通ポルトランドセメントのうち、75%を高炉スラグ微粉末で内割置換した配合

*FA30：配合Nの普通ポルトランドセメントのうち、30%をフライアッシュで内割置換した配合

表-2 試験体の養生条件と材齢

No.	配合	蒸気養生日数		水中養生日数		気中養生日数	
		開始材齢	終了材齢	開始材齢	終了材齢	開始材齢	終了材齢
1	N	0日	1日	1日	3日	4日	28日
2	B75	0日	1日	1日	3日	4日	28日
3	FA30	0日	1日	1日	7日	8日	28日
4	N	0日	1日	1日	7日	8日	36日
5	B75	0日	1日	1日	7日	8日	36日
6	B75	0日	1日	1日	3日	4日	3ヶ月
7	B75	0日	1日	1日	3日	4日	6ヶ月

*蒸気養生温度は、初期強度確保のため、NとB75で50℃、FA30で65℃とした。

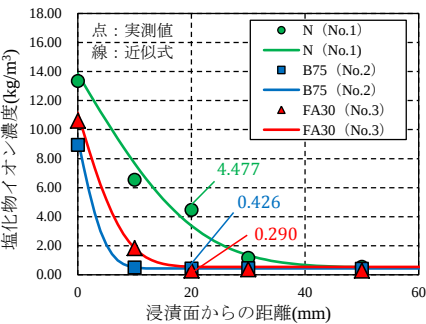


図-1 塩化物イオン濃度

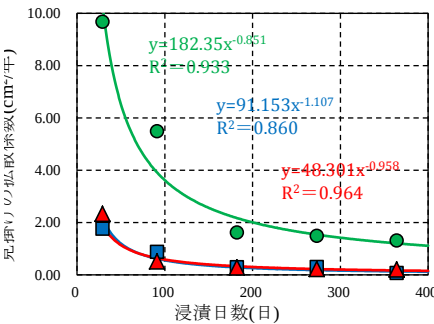


図-2 見掛けの拡散係数

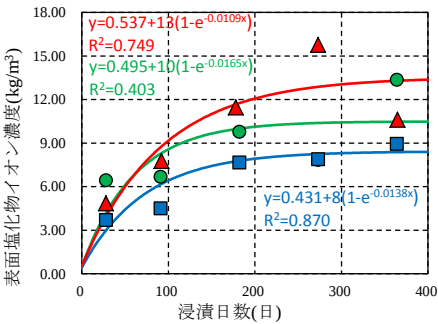


図-3 表面塩化物イオン濃度

キーワード 塩化物イオン, 拡散係数, 混和材, 高炉スラグ微粉末, フライアッシュ

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木二丁目2番6号 TEL. 03-3379-4353 E-mail : naoya-oono@jreast.co.jp

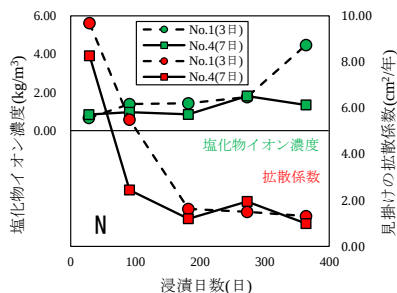


図-4 水中養生日数による影響 (左: N, 右: B75)

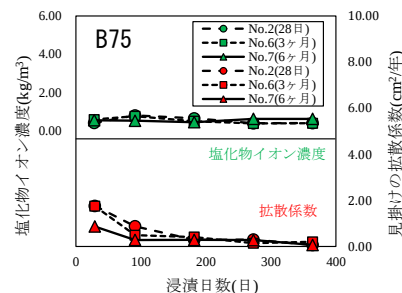
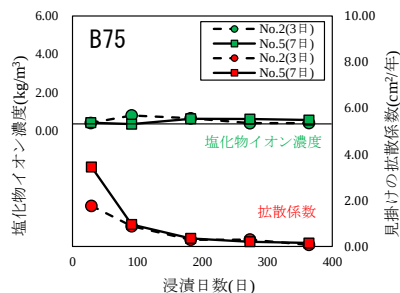


図-5 気中養生日数による影響

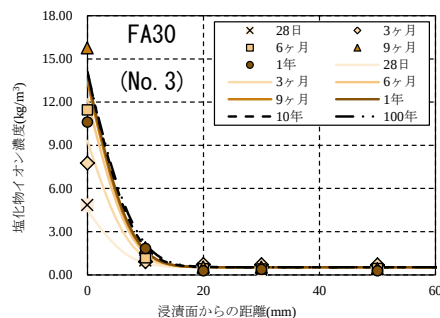
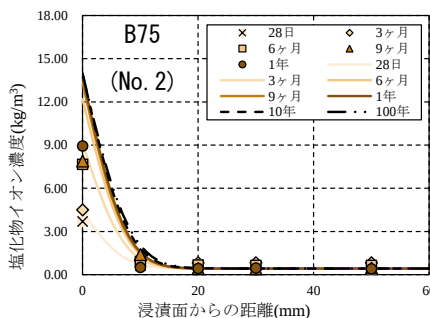
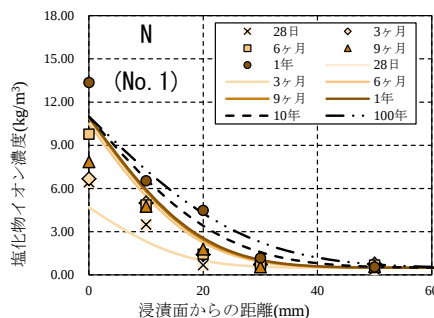


図-6 塩化物イオン濃度分布の推定値 (左: N, 中央: B75, 右: FA30)

図-2, 図-3 に各配合の拡散係数, 表面塩化物イオン濃度の実測値及び井口らが提案した近似式²⁾を示す。拡散係数の近似式の決定係数 (R^2) は, 0.8~1.0 となり, 実測値を良く表現している。一方で, N の表面塩化物イオン濃度の近似式は, 決定係数が 0.403 であり, 供試体の違いと試料採取のばらつきが現れたと考えられる。

3. 3 各パラメータの影響

図-4, 図-5 に, 計測箇所 20mm での塩化物イオン濃度と拡散係数の値を示す。

図-4 より, 配合 N では水中養生日数を 7 日とした場合に 3 日より塩化物イオン濃度, 拡散係数とともに小さくなっている。一方で, 配合 B75 では大きな差は見られない。既往の研究³⁾においても, 高炉スラグ微粉末を配合したコンクリートは N よりも養生の影響を顕著に受けないことが報告されている。

同様に, B75 における気中養生日数の影響は大きくは見られないが (図-5), 浸漬期間 3 ヶ月までは, 気中養生日数が長期になる程, 見掛けの拡散係数が小さくなる傾向が見られた。

4. 塩分浸透予測の実施

図-6 に, 3. 2 で算出した近似式を用いた各配合の塩化物イオン濃度分布予測結果を示す²⁾。図-6 には, 浸漬期間 100 年までの推定値および試験結果を合わせて記載している。浸漬面から 20mm 位置の塩化物イオン濃度に着目すると, N では時間の経過とともに塩分

が浸透するのに対し, B75 と FA30 において混和材使用時の塩化物イオンの浸透停滞現象を再現できている。

5. まとめ

- (1) 1 年間の浸漬結果から, 混和材を配合した B75, FA30 における塩分浸透抑制効果を確認した。
- (2) 見掛けの拡散係数は, 浸漬日数とともに減少する傾向を示し, 表面塩化物イオン濃度は, 浸漬日数とともに増加する傾向を示した。
- (3) 遮塩効果に与える各パラメータの影響は, 配合によるものが最も大きく, B75 は N よりも養生の影響を顕著に受けないことを確認した。
- (4) 見掛けの拡散係数および表面塩化物イオン濃度の経時変化を考慮することで, B75, FA30 において, 塩化物イオンの浸透停滞現象を再現できた。

参考文献

- 1) 高橋佑弥ら: 実構造物中のフライアッシュコンクリートへの塩分浸透性状と調査時材齢の影響に関する研究, コンクリート工学年次論文集, vol.32, No.1, 2010
- 2) 井口重信ら: フライアッシュを混和材に用いたコンクリートの遮塩効果に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, vol.32, No.1, 2016
- 3) 豊村ら: 塩分供給方法と養生条件の相違が塩分浸透に及ぼす影響, 土木学会第 67 回年次学術講演会