

混和材を用いたコンクリートの非定常電気泳動試験に基づく遮塩性比較

東洋大学

学生会員

○岡本 岳, 追野 直生

フェロー会員

福手 勤

東亜建設工業

正会員

小林 雄一, 田中 亮一, 網野 貴彦

1. はじめに

コンクリートに添加する混和材は遮塩性の向上等に寄与することは周知であるが、工事で適用するには現地で材料調達が容易かつ安価であることが望まれている。また、近年では産業副産物を有効利用する方策も重要となっており、様々な材料・配合のコンクリートの製造も可能になっている。コンクリートの遮塩性を評価するには、国内では JSCE-G571, JSCE-G572 などが制定されているが、遮塩性の高い材料に対しては長期の試験期間を要し、配合設計における材料選択の支障の一つとなっている。

そこで本稿では、コンクリートの塩化物イオン拡散係数を短期間で入手できる非定常電気泳動試験に着目し、各種混和材を混合したコンクリートの遮塩性を比較・考察した。なお、混和材を混入したコンクリートの特性は、ポゾラン反応等で材齢によって変化することも知られていることから、材齢 28 日と 1 年まで標準養生した供試体を用いて検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体の配合を表-1 に示す。供試体は円柱供試体 $\phi 100 \times 200 \text{mm}$ を試験材齢 (28 日および 1 年) の前日まで標準養生を行い、 $\phi 100 \times 50 \text{mm}$ (N=1) で供試体中央部から切り出したものを試験片とした。

2.2 非定常電気泳動試験

電気泳動装置は JSCE-G 571 に準拠したものを使用し、通電条件および塩化物イオン拡散係数 D_{nssm} の算出は NT BUILD 492¹⁾ に準拠した。表-2 に通電条件および塩化物イオン浸透深さを示す。

3. 試験結果・考察

図-1 に、材齢 28 日および 1 年における拡散係数 D_{nssm} を示す。材齢 28 日時点において、各種混和材を使用したコンクリートは、OPC よりも拡散係数の値

表-1 コンクリートの配合表

記号	W/B (%)	単位量(kg/m³)						
		W	B = C + BFS + FA + SF				S	G
			C	BFS	FA	SF		
OPC	40	170	425	—	—	—	727	1001
SF2.5			414	—	—	11	723	
SF5			404	—	—	21	719	
SF10			382	—	—	43	711	
FA			361	—	64	—	706	
BFS			234	191	—	—	713	
MIX			149	191	64	21	683	

※C：普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm³，比表面積 3130cm²/g），BFS：高炉スラグ微粉末（密度 2.89g/cm³，比表面積 4430cm²/g），FA：フライアッシュ二種（密度 2.25g/cm³，比表面積 4010cm²/g），SF：シリカフューム（密度 2.15 g/cm³，表面積(BET)19.6m²/g）S：細骨材（山砂，表乾密度 2.59g/cm³），G：粗骨材（碎石，最大寸法 20mm，表乾密度 2.69g/cm³）

表-2 通電条件および試験結果

記号	材齢	印加電圧 (V)	通電時間 (h)	セル内溶液の平均温度 (°C)	塩化物イオン浸透深さ (mm)
OPC	28日	25	24	22.4	25.6
	1年	30	24	22.7	16.0
SF2.5	28日	30	24	21.3	17.8
	1年	50	24	23.0	14.6
SF5	28日	30	24	21.6	14.4
	1年	60	24	23.3	9.3
SF10	28日	40	24	22.0	10.0
	1年	60	48	22.2	13.7
FA	28日	20	24	21.9	17.5
	1年	60	24	23.1	9.0
BFS	28日	35	24	21.3	11.1
	1年	60	24	23.3	13.0
MIX	28日	40	24	21.6	8.1
	1年	60	24	21.4	1.6

が小さく、遮塩性が向上していた。またシリカフュームの添加率が増加するにつれて拡散係数が低下したのは、マイクロファイラー効果による影響と考えられる。材齢 28 日と材齢 1 年の結果を比較すると、すべてのケースにおいて拡散係数が小さくなり、材齢経過による遮塩性の向上が確認された。

次に、各種コンクリートの材齢依存性を確認するため、Mangat ら²⁾の式(1)により拡散係数の材齢依存性を示す定数 m を算出した。

$$D_a = D_{ref} \left(\frac{t_{ref}}{t} \right)^m \quad (1)$$

ここに、 D_a ：材齢 t における拡散係数(m^2/s)、 D_{ref} ：基準材齢における拡散係数(m^2/s)、 t_{ref} ：基準材齢(本検討では 28 日)、 t ：材齢(日)、 m ：拡散係数の材齢依存性を示す定数を示す。

図-2 に、式(1)より算出した拡散係数の材齢依存性を示す定数 m (以下、定数 m) を示す。なお、材齢 28 日と 1 年の拡散係数から算出した定数 m を用いて、材齢経過による拡散係数の変化を推定した曲線を図-1 に併記した。

OPC や SF2.5, 5, 10 は、定数 m が同程度であった。これらの配合の材齢経過による拡散係数の低下は、セメントの水和反応による影響が大きかったと考えられ、シリカフュームによるポゾラン反応の影響は比較的小さかったと推察される。

BFS は、材齢経過による拡散係数の低下度合いが小さく、定数 m の値も最も小さかった。一般に高炉スラグ微粉末を添加すると、長期材齢における強度や耐久性の向上が期待される。しかし本検討においては、潜在水硬性による反応の大部分が材齢 28 日時点で収束したことや、単位セメント量が小さかったことが影響した可能性があると考えられる。

FA や MIX は、材齢経過により大幅に遮塩性が向上しており、定数 m の値も大きかった。これは、標準養生下でのフライアッシュによるポゾラン反応が材齢 28 日以降に活発化したものと考えられる³⁾。図-1 の材齢による拡散係数の変化を示す推定曲線によれば、材齢 2 年程度で FA は SF10 と同等の遮塩性となることが推定された。フライアッシュ混合コンクリートにおいては、長期材齢における拡散係数を塩害に対する耐久性照査に用いることができれば、シリカフューム混合コンクリートと同等の遮塩性を期待できる可能性がある。

4. まとめ

各種混和材を使用したコンクリートの材齢経過による遮塩性への影響を確認するため、非定常電気泳

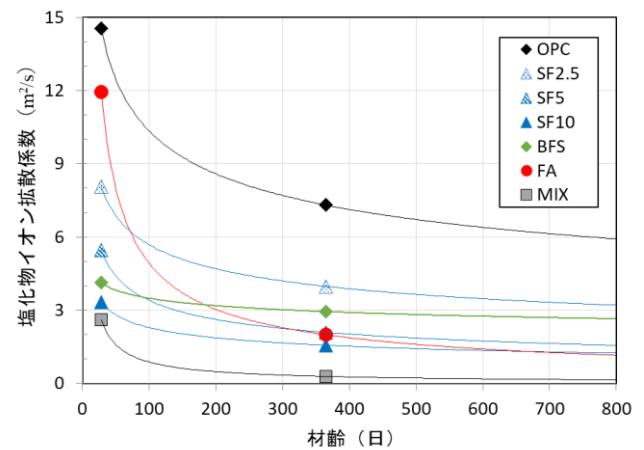


図-1 塩化物イオン拡散係数の材齢変化

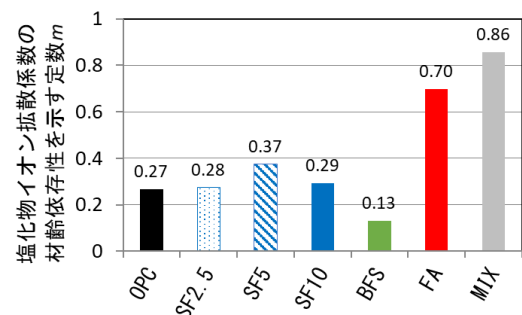


図-2 材齢依存性を示す定数 m

動試験により塩化物イオン拡散係数を迅速に取得・比較することができた。材齢 28 日と 1 年まで標準養生を行った場合を比較すると、すべてのケースで遮塩性の向上が確認された。特にフライアッシュを混合したコンクリートは材齢経過による拡散係数の低下が著しく、塩化物イオン拡散係数を評価する材齢を見極めることで、シリカフューム混合コンクリートに匹敵する高い遮塩性を期待できる可能性がある。

参考文献

- 1) NT BUILD 492 : Concrete, Mortar And Cement-Based Repair Materials: Chloride Migration Coefficient From Non-Steady-State Migration Experiments, Nordest, Finland, 1999
- 2) P. Mangat, B. Molloy : Prediction of Long Term Chloride Concentration in Concrete, Materials and Structures, Vol. 27, pp. 338-346, 1994
- 3) 小早川真, 黄光律, 羽原俊祐, 友澤史紀 : 水比、混合率および養生温度がフライアッシュのポゾラン反応に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.21, No2, pp. 121-126, 1999