

混和材を用いたコンクリートの塩化物イオン拡散係数と電気抵抗率の関係に関する一考察

東洋大学 学生会員 ○追野 直生, 岡本 岳
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

コンクリート構造物の塩害に対する耐久性照査において塩化物イオン拡散係数（以下、拡散係数）を把握する必要がある。拡散係数の取得方法として、定常状態における電気泳動試験（JSCE-G571）や浸せき試験（JSCE-G572）の実績が多いが、近年は非定常電気泳動試験¹⁾の検討が進められ、拡散係数を取得に必要な時間の短縮が可能となっている。さらに、拡散係数と電気化学的手法に基づいて取得した電気抵抗率との関係には相関があるとして、非定常電気泳動試験よりも迅速かつ非破壊で拡散係数を推定できる可能性が見出されている²⁾。電気抵抗率から拡散係数を推定することができれば、様々な混和材を使用したコンクリートの遮塩性を迅速に比較することが可能となり、非破壊で試験を行うため同じ供試体を用いて任意材齢の拡散係数を取得することが可能となる。

そこで本検討では、各種混和材を用いたコンクリートや各種モルタルに対して、電気抵抗率試験および非定常電気泳動試験を行い、塩化物イオン拡散係数と電気抵抗率との関係を調査した結果を報告する。

2. 実験概要

2.1. 供試体

コンクリートおよびモルタルの配合を表-1に示す。供試体は、 $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ の円柱供試体を作製し、打設翌日に脱型し、1年間の標準養生を行った。

2.1. 電気抵抗率試験

供試体は標準養生後の $\phi 100 \times 200\text{mm}$ の円柱供試体を用いた。電気抵抗率の測定は、AASHTO T 358に準拠した4プローブ法の装置（電極間隔38mm, 周波数40Hz, 測定範囲0～10,000 $\Omega \cdot \text{m}$ ）を使用した。供試体側面の4方向で測定した測定値に、皆川ら³⁾により提案されているセル定数を補正した値を平均し、

表-1 コンクリートおよびモルタルの配合表

記号	W/B (%)	単位量(kg/m ³)						
		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	
OPCM	OPCをウェットスクリーニングしたもの							
PCM	ポリアクリル酸エステル系の左官用の断面修復材							

※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，比表面積19.6m²/g）S：細骨材（山砂，表乾密度2.59g/cm³），G：粗骨材（石灰石碎石，最大寸法20mm，表乾密度2.69g/cm³）

電気抵抗率とした。

2.3. 非定常電気泳動試験

試験片は、電気抵抗率を測定した供試体の中央部から $\phi 100\text{mm} \times 50\text{mm}$ の寸法で2片切り出して使用した。試験装置は、定常状態における電気泳動セルを用いた。印加電圧は、NTBUILD 492の設定方法に従い、試験開始前に電圧30Vを印加し、そのときに流れた電流値に応じて設定した。表-2に、通電条件および試験の測定値を示す。拡散係数 D_{nssm} は、中村ら⁴⁾の方法により、2水準の通電時間による塩化物イオン浸透深さを用いて算出した。

3. 試験結果

4 プローブ法により取得した電気抵抗率と非定常電気泳動試験で取得した拡散係数の関係を図-1に示す。これより、電気抵抗率と拡散係数には既往研究²⁾のとおりの反比例の関係が見られ、電気抵抗率から拡散係数を推定できる可能性が確認された。

キーワード 非定常電気泳動試験，塩化物イオン拡散係数，電気抵抗率

連絡先 〒350-0815 埼玉県川越市鯨井2100 東洋大学理工学部都市環境デザイン学科 TEL：049-239-1300

表-2 非定常電気泳動試験の通電条件, 試験結果

記号	印加電圧 (V)	通電時間 (h)	溶液平均温度 (°C)	塩化物イオン浸透深さの平均値 (mm)
OPC	30	24	22.7	16.0
		48	22.9	30.0
SF2.5	50	24	23.0	14.6
		48	23.2	27.8
SF5	60	24	23.3	9.3
		48	23.1	23.0
SF10	60	24	23.0	7.1
		48	22.2	13.7
FA	60	24	23.1	9.0
		48	22.8	16.9
BFS	60	24	23.3	13.0
		48	22.9	22.3
MIX	60	24	21.4	1.5
		48	21.3	4.5
OPCM	25	6	20.2	4.6
		24	20.2	13.5
PCM	40	48	22.5	10.4
		120	23.0	27.1

図-2 は, 図-1 の電気抵抗率を導電率 (電気抵抗率の逆数) とした図である. コンクリートとモルタルで考えると, どちらも導電率と拡散係数の関係には線形性が見られ, 導電率が大きくなるにつれて拡散係数が大きくなることが確認された. また混和材の種類や添加量による影響は認められなかった. これは混和材が電気抵抗率と拡散係数の関係に及ぼす影響は, コンクリートとモルタルの違いに比べて小さかったと考えられる.

導電率と拡散係数の関係において, コンクリートの回帰直線の傾きがモルタルよりも大きかった要因として, コンクリートは粗骨材混入による電気抵抗率の増加や, 単位セメント量の相対的な減少による塩化物イオン固定化量の減少等が考えられるが, 本検討の範囲では明らかにできなかった. 電気抵抗率から拡散係数を推定する場合, コンクリートとモルタルの違いを考慮した定指標が必要と考えられる.

4. まとめ

4 プローブ法により取得した電気抵抗率 (導電率) と非定常電気泳動試験により取得した拡散係数には, 反比例 (比例) の関係が確認され, 電気抵抗率から拡散係数を推定できる可能性が確認された. ただし, コ

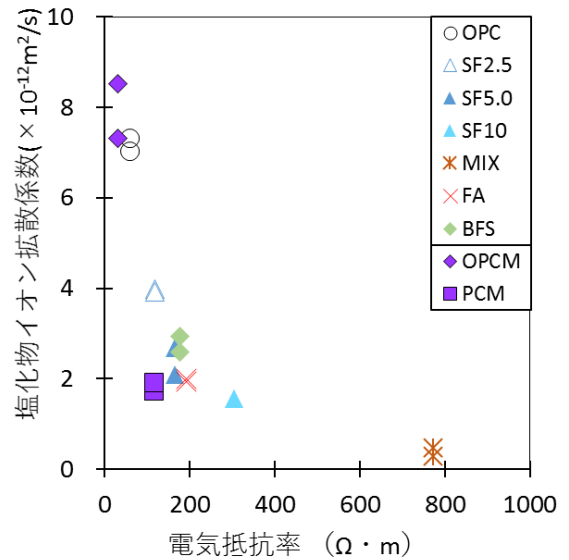


図-1 電気抵抗率と拡散係数の関係

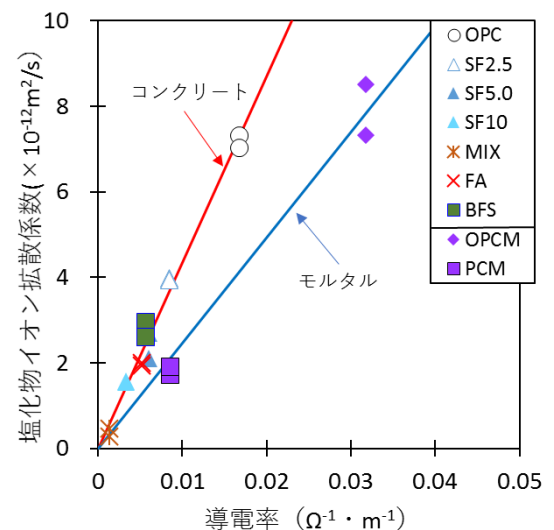


図-2 導電率と拡散係数の関係

ンクリートとモルタルの違いによる影響が大きいため, 拡散係数の推定にはその違いを考慮した推定指標が必要と考えられる.

参考文献

- 1) NT BUILD 492 : Concrete, Mortar and Cement-based Repair Materials: Chloride Migration Coefficient from Non-steady-state Migration Experiments, Nordtest, Finland, 1999.
- 2) 皆川浩, 久田真, 榎原綾野, 齋藤佐貴, 市川聖芳, 井上浩男: コンクリートの電気抵抗と塩化物イオンの見かけの拡散係数との関係に関する基礎的研究, 土木学会論文集E Vol.66, No.1, 119-131, 2010.
- 3) 皆川浩, 駒井道哉, 藤田亮, 宮本慎太郎, 久田真: 4プローブ法をコンクリート供試体に適用した時のセル定数の数値解析による算定とその検証: コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文集 第17巻, pp.447-452, 2017.
- 4) 中村英佑, 皆川浩, 宮本慎太郎, 久田真, 古賀裕久, 渡辺博志: 通電後の塩化物イオン浸透深さをを用いたコンクリートの遮塩性の評価, 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol.72, No.3, pp.304-322, 2016.