

高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの電気抵抗率と塩化物イオン拡散係数の関係

九州大学大学院 学生会員 渡辺 総太 九州大学大学院 正会員 佐川 康貴
九州大学 学生会員 井手 貴仁 九州大学大学院 フェロー会員 濱田 秀則

1. はじめに

コンクリートの電気抵抗率は塩化物イオン拡散係数と関係があり、非破壊で簡便な方法により塩化物イオン拡散係数を推定できる可能性があることが知られている¹⁾。本研究では、高炉スラグ微粉末（GGBFS）を用いたコンクリートを作製し、電気泳動試験（定常法・非定常法）と電気抵抗率の測定を行った。測定結果より、GGBFSの置換率を変えた場合の塩化物イオン拡散係数と電気抵抗率との関係について比較検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

表-1に本実験で用いた使用材料を示す。また、表-2に作製したコンクリートの配合を示す。配合名は、「〈結合材種類〉〈水結合材比〉－〈GGBFS置換率〉」のように表記した。高炉スラグ微粉末 6000 を用いた配合には、(6000) を添字で記した。本実験では、水結合材比 W/B は 55, 50, 45, 40% とした。W/B が 55% の配合で単位水量 165kg/m³、GGBFS 置換率 0%，細骨材率 45.0% の配合を基準とし、単位粗骨材量を一定として細骨材率を調整した。スランプ 8±2.5cm，空気量 4.5±1.5% が得られるよう混和剤の量を調整し、配合を決定した。

2.2 実験方法

(1) 電気泳動試験（定常法）：φ100×200mm の円柱供試体を 3 本ずつ作製した。打設後 1 日で脱型し、材齢 28 日まで水中養生（20℃）を行った。JSCE-G 571-2003「電気泳動によるコンクリート中の塩化物イオンの実効拡散係数試験方法」に従い、試験を行った。

(2) 電気泳動試験（非定常法）：上に述べた定常法と同様に試験体を準備した。印加する電圧は、電極間で 30V とした。通電開始後、6 時間、15 時間、30 時間にてそれぞれ 1 体ずつ試験装置から供試体を取り出し、供試体を割裂させた後、割裂断面に 0.1 規定硝酸銀溶液を噴霧し、白色変色した浸透深さを計測した。通電時間と塩化物浸透深さとの関係を求め、塩化物イオン拡散係数を算出した²⁾。

(3) 電気抵抗率の測定

各配合 2 体の角柱供試体（150×150×250mm）を作製し、材齢 28 日まで水中養生（20℃）、以降は気中養生（20℃）を行った。

表-1 使用材料

材料	種類	品質
結合材	セメント	普通ポルトランドセメント(N) 密度: 3.16g/cm ³ 比表面積: 3390cm ² /g
		早強ポルトランドセメント(H) 密度: 3.14g/cm ³ 比表面積: 4430cm ² /g
	混和材	高炉スラグ微粉末 4000 密度: 2.91g/cm ³ 比表面積: 4140cm ² /g せつこう添加あり
		高炉スラグ微粉末 6000 密度: 2.91g/cm ³ 比表面積: 6030cm ² /g せつこう添加あり
細骨材	海砂(除塩)	表乾密度: 2.55g/cm ³ 吸水率: 0.99%
粗骨材	石灰石碎石	表乾密度: 2.70g/cm ³ 吸水率: 0.31%
混和剤	AE減水剤	リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体
	AE剤	アルキルエーテル型陰イオン界面活性剤

表-2 コンクリートの配合

配合名	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 材齢28日 (N/mm ²)
			W	B		S	G			
				C	GGBFS					
N55-0	55	45.0	165	300	—	798	1032	8.0	4.8	40.2
N55-45		44.7	165	165	135	788	1032	8.0	4.4	34.4
N50-0	50	44.2	165	330	—	774	1032	8.0	5.1	44.4
N50-45		43.9	165	182	149	763	1032	7.5	3.8	42.0
N50-60		43.8	165	132	198	760	1032	8.5	4.3	34.9
N50-70		43.7	165	99	231	757	1032	7.5	4.8	34.4
N45-0	45	43.3	165	367	—	744	1032	8.0	4.0	45.6
H40-0	40	42.0	165	413	—	706	1032	8.5	3.5	66.4
H40-30		41.7	165	289	124	698	1032	9.0	4.0	59.7
H40-50(6000)		41.5	165	206	207	692	1032	8.5	4.6	71.6

材齢 7, 14, 21, 28, 42, 56 日で, 4 プローブ法によって電気抵抗率を求めた。電極間の距離が 50mm の測定装置を使用し, 水で湿らせたスポンジを電極に装着した。測定位置は, 打設面と底面を除く 150×250mm の 2 面とし, 底面から 75mm の直線上に沿って測定装置を押し当てて測定を行った。得られた測定値の平均を電気抵抗率とした。

3. 実験結果および考察

定常法と非定常法の塩化物イオン拡散係数を比較した結果を図-1 に示す。図より, それぞれの水結合材比の配合で, 高炉スラグ微粉末の混合率の増加により塩化物イオン拡散係数が減少し, 塩分浸透抵抗性が向上した。定常法と非定常法との間には高い相関関係が認められ, 概ね比例関係で表現できた。

図-2 に 4 プローブ法から得られた, 各材齢における電気抵抗率を示す。普通ポルトランドセメント, 早強ポルトランドセメント共に, 材齢の経過に伴い電気抵抗率が增加するとともに, 高炉スラグ微粉末の置換率が高いほど電気抵抗率が大きくなること確認された。また, 材齢 42 日以降, 早強セメントの配合は電気抵抗率の増加がやや緩やかになる傾向が見られた。

本実験により求めた塩化物イオン拡散係数と材齢 28 日での電気抵抗率との関係を図-3 に示す。定常法と非定常法は印加電圧が異なるため一概に比較することは難しいが, 塩化物イオン拡散係数が小さくなるほど電気抵抗率は高くなる傾向が確認された。

4. まとめ

- (1) 高炉スラグ微粉末の置換率が高いほど, 塩化物イオン拡散係数は低下し, 塩分浸透抵抗性が高くなった。定常法と非定常法の異なる電気泳動試験法で得られた拡散係数には, 高い相関関係が認められた。
- (2) 材齢の経過に伴い, コンクリートの電気抵抗率は増加した。また, 高炉スラグ微粉末の置換率が大きいほど, 電気抵抗率は大きくなった。電気泳動試験により求めた拡散係数と電気抵抗率を比較した結果, 塩化物イオン拡散係数が小さいほど電気抵抗率は高くなった。

謝辞: 本研究は, 土木学会コンクリート委員会「高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの施工指針改訂小委員会」(265 委員会)の活動の一環として実施したものである。関係者各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 皆川浩, 久田真, 榎原彩野, 齊藤佑貴, 市川聖芳, 井上浩男: コンクリートの電気抵抗率と塩化物イオンの見掛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, pp.119-131, 2010.3
- 2) 北山良, 河野広隆, 渡辺博志, 久田真: 各混和材を用いたコンクリートの電気泳動 (非定常) 法における印加電圧の設定について, 土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集, pp.283-284, 2004

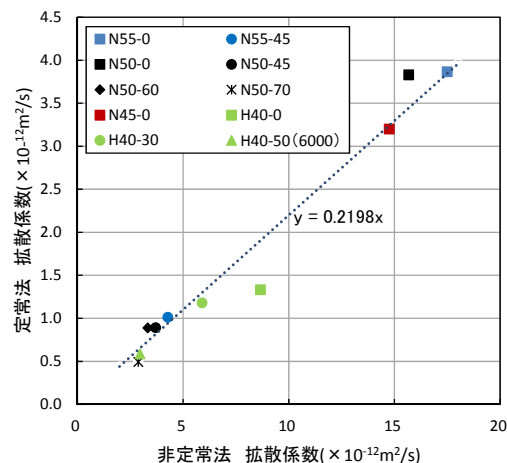


図-1 塩化物イオン拡散係数の比較

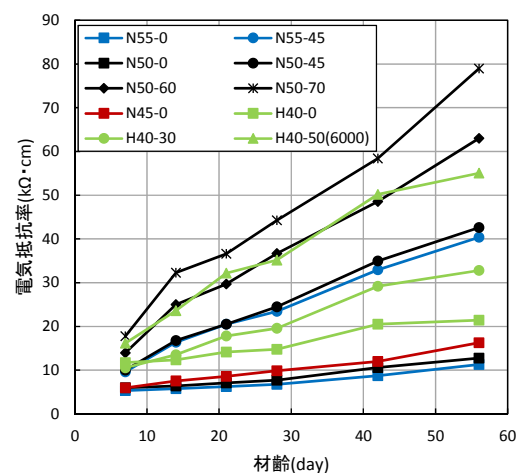


図-2 電気抵抗率の経時変化

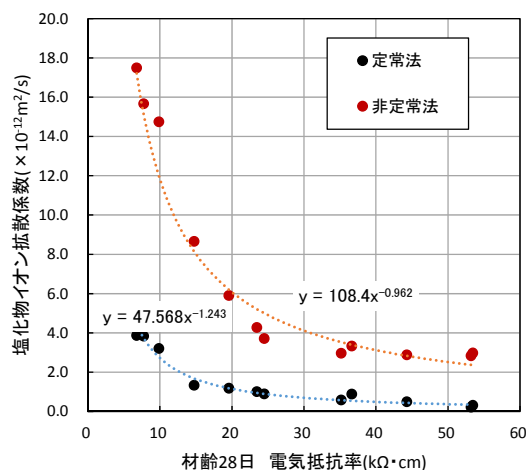


図-3 塩化物イオン拡散係数と電気抵抗率の関係