

養生の異なるコンクリートを対象とした電気泳動法による遮塩性評価の課題に関する一考察

鹿島建設(株) 正会員 ○吉田祐麻 芦澤良一 渡邊賢三 坂井吾郎
徳山工業高等専門学校 正会員 温品達也
東京大学大学院工学系研究科 フェロー会員 石田哲也

1. はじめに

電気泳動法(JSCE-G 571-2013)によって、水セメント比やセメント種類の異なるコンクリートの遮塩性は適切に評価することができる¹⁾。しかし、養生の異なるコンクリートの遮塩性を評価する場合、条件によって内部空隙の径や連続性、含水率に差があり、試料の前調整である減圧吸水処理を実施しても、試験前の養生が遮塩性に与える影響を適切に評価できない可能性がある。そこで、封かん養生と気中静置のコンクリートに対し、電気泳動法により塩化物イオンの実効拡散係数を測定し、得られた結果を基に、電気泳動法の課題について考察を加えた。

2. 試験概要

2.1 試験の養生方法および配合

表-1に本検討における実験要因を示す。気中静置ケースでは、型枠を材齢5日で取り外し、その後材齢28日まで温度 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $60 \pm 5\%$ の環境に静置した。封かん養生ケースでは、脱型後に水分を通さない樹脂製のシートを用いて封かん養生を行い、前述の環境に静置した。試験体は、セメントに普通ポルトランドセメント、細骨材に山砂と砕砂の混合砂を用いて、表-2に示す配合のモルタルで作製した。

2.2 電気泳動試験

本実験では、JSCE-G 571-2013に準拠した電気泳動試験を実施した。ただし、養生を行った側面部を評価対象とするため、試験体は図-1に示すように $10 \times 10 \times 20\text{cm}$ の養生終了後の矩形試験体から両端の $10 \times 10 \times 5\text{cm}$ を切り出したものとし、通電時は養生した面(評価面)を陰極(NaCl溶液側)に向けた。両ケース4体の試験体を作製し、そのうち3体に通電した。試験は、塩化物イオンの移動流束が一定と認められるまで継続し、その期間は概ね1か月程度であった。

3. 電気泳動試験結果と考察

図-2に塩化物イオン実効拡散係数の平均値を示す。図より、気中静置の方が、封かん養生よりも実効拡散係数は小さくなった。これは、塩水噴霧により評価を行い、封かん養生の方が遮塩性は高いと結論した既往の知見²⁾に反する結果であった。この傾向は、養生条件およびW/Cを同一として作製したコンクリート試験体においても確認された。この原因として、モルタル中の塩化物イオンは細孔溶液中を移動するため、封かん養生により試験開始直前のモルタル中の水分が多くなることで実効拡散係数が大きくなる可能性が考えられる。つまり、養生方法の違いで空隙の緻密度のみならず含水状態も異なり、これらが実効拡散係数に影響するものと考えられる。

表-1 実験要因

要因	ケース名	湿潤材齢(日)	試験開始材齢(日)
1	気中静置	5	28
2	封かん養生	28	28

表-2 モルタルの配合

W/C (%)	S/C (%)	Air (%)	単位量(kg/m ³)		
			W	C	S
55.0	2.94	4.5	258	469	1379

フロー値(15打) $135 \pm 5.0\text{ mm}$

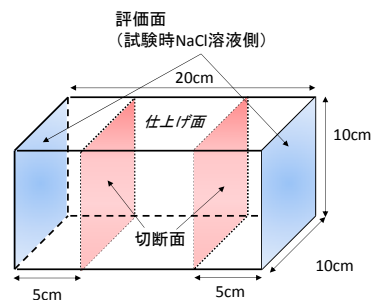


図-1 試験体成形の概要

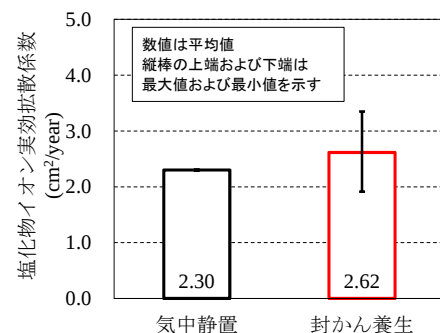


図-2 塩化物イオン実効拡散係数

キーワード：封かん養生、遮塩性、電気泳動法、塩化物イオン実効拡散係数、含水状態

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL 042-489-6733

4. 空隙に関する考察

封かん養生が、表層部の空隙に与える影響を図-3に示す。図は既往の研究²⁾で得られた、W/Cを要因としたコンクリートについて、試験体の表面0～3mm, 12～15mmの部分の空隙率を水銀圧入法で測定した結果を示したものである。W/C 55%のモルタルの空隙率は封かん養生の方が約2%小さくなり、これは気中静置のW/C 45%以下に相当した。空隙が小さくなれば実効拡散係数は工学的に小さくなる³⁾が、本実験で得られた拡散係数は気中静置の方が小さくなった。すなわち、気中静置の実効拡散係数の方が小さくなるという図-2の結果を、空隙率だけでは説明できないことが明らかとなった。

5. 質量測定による含水状態の考察

含水状態を評価するため、試験体の密度を求めた。JSCE-G 571-2013では、150 Pa以下の低圧環境下で減圧吸水処理を行う。この減圧吸水前後の質量と寸法から、養生終了後の見掛けの試験体密度 ρ_c (g/cm³)、単位体積当たりの吸水量 ρ_w (g/cm³)を求め、吸水処理後の見掛けの密度を、 $\rho_c + \rho_w$ (g/cm³)として求めた。これらの結果を表-3に示す。封かん養生では、気中静置に対して吸水処理前の見掛けの密度が大きく、吸水量は小さくなった。これは、気中静置では水分が逸散したのに対し、封かん養生では水分逸散が防止され、コンクリート中の水分を保持したためと考えられる。また、吸水処理後の見掛けの密度は、封かん養生を行った場合の方が大きくなった。

以上から、封かん養生の方が実効拡散係数が大きくなることは、空隙率が小さいことよりも、吸水処理後の密度が大きくなることによる影響が大きいことに起因すると考えられる。これは、減圧吸水処理では飽水できない小さな空隙の飽水状態に差があるためであり、封かん養生では空隙中に水が保持されていてイオンの通り道となる一方で、気中静置では飽水していない微小な空隙が存在し、塩化物イオンの移動が妨げられたと考えられる。

上述した結果をふまえると、コンクリート中の水分は図-4に示す状態になっていると推察される。吸水処理前では、気中静置では表面から乾燥状態の部分が生じ、封かん養生では水分逸散を防止されているため空隙は飽水に近い状態にある。その後、減圧吸水した時に、気中静置における小さな径の空隙には水が浸入できず、吸水処理後においても気中静置と封かん養生それぞれで飽水状態に差が生じていると考えられる。

6. まとめ

電気泳動法で算出される実効拡散係数は、水分逸散抑制による封かん養生を行った試験体の方が気中静置よりも大きくなった。これは塩水噴霧で評価を行った既往の知見などとは逆の傾向であり、電気泳動法により封かん養生効果の評価は難しいと推察される。試験体の見掛けの密度を測定した結果、減圧吸水処理をしても、試験前に気中に静置した場合、封かん養生を行った場合に比べて密度がわずかに小さくなった。このことから、気中に静置した試験体には飽水していない微小な空隙が存在し、この空隙により実効拡散係数が小さく算出されたと考えられる。

参考文献

- 1) 大即ら：電気泳動実験によるモルタル中の塩化物イオン拡散係数の推計，土木学会論文集，No.592，V-39，pp.97-105，1998
- 2) 温品ら：熱可塑性樹脂シートによる長期間の水分逸散抑制養生の効果，コンクリート工学年次論文集，pp.1897-1902，2015
- 3) 皆川ら：コンクリートの電気抵抗率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，pp.119-131，2010

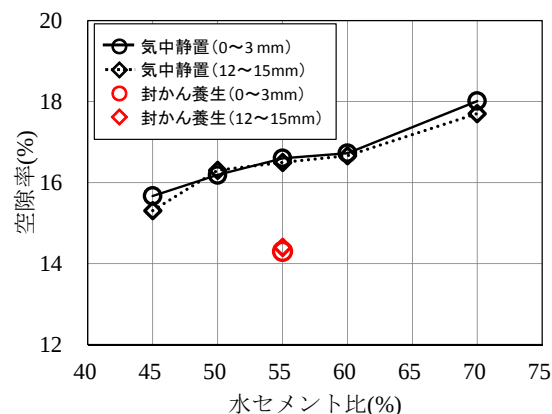


図-3 W/Cおよび養生の異なるコンクリートの空隙率

表-3 見掛けの密度と吸水量（平均値）

ケース名	養生終了時の見掛けの密度 ρ_c (g/cm ³)	単位体積当たりの吸水量 ρ_w (g/cm ³)	吸水処理後の見掛けの密度 $\rho_c + \rho_w$ (g/cm ³)
気中静置	2.099	0.143	2.242
封かん養生	2.189	0.066	2.255

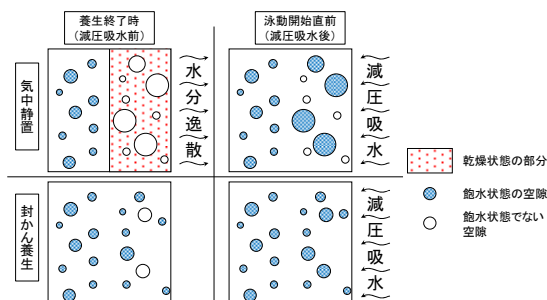


図-4 コンクリート中の水分状況の概念