

V-195

モルタル中におけるイオンの電氣的移動に及ぼす電流密度および混和材の影響

東京工業大学工学部 正会員 久田 真
 “ 正会員 大 即 信 明
 “ 正会員 長 滝 重 義
 “ 藤 田 淳
 “ 呉 承 寧

1. はじめに

コンクリート構造物の塩害に対する予防保全あるいは補修工法として、構造物に通電を施すことが試みられている。コンクリート中における Cl^- の電氣的な移動現象に関しては、通電条件やコンクリートの物性などの様々な要因が影響を及ぼすものと考えられるが、これらについての検討がきわめて少ないのが現状である。このような背景から、本研究では、モルタル中のイオンの電氣的な移動メカニズムの解明に関する基礎的な検討を行うことを目的とした。特に、イオンの移動に影響を及ぼす要因として、①電流密度、②混和材の使用、をとりあげ、これらの要因がモルタル中のイオンの電氣的移動に及ぼす影響についての検討を行った。

2. 実験概要

モルタルは、配合を $W/C=0.5$ 、 $S/C=2.5$ とし、研究用普通ポルトランドセメント、千葉県小櫃産山砂を使用して作成した。使用した混和材の置換率（内割）は、高炉スラグ微粉末50%、シリカフューム10%、およびフライアッシュ30%である。各材料の諸元を表-1に示す。モルタルの練混ぜは、JIS R 5201に準じて行い、打設24時間後に脱型した後28日間水中養生を行い、その後コンクリートカッターにて厚さが1cmとなるように切断し、これをセルに取り付けた。本研究で用いた拡散セルの概略を図-1に示す。なお、極板には市販のチタンメッシュを用い、ポテンショスタット（最大電圧200V）を用いて供試体曝露面（ $\phi 10\text{cm}$ ）に対して所定の電流密度となるように通電を施した。各要因の電流密度および配合条件の組合せを表-2に示す。なお、着目したイオンは、供試体を通過する Cl^- および供試体中より溶出する Na^+ であり、採取した溶液濃度をイオンクロマトグラフを用いて測定した。

3. 各要因がイオンの移動に及ぼす影響についての検討

図-2に各要因別の透過 Cl^- 量の経時変化を示す。これによれば、電流密度の違いに着目した場合、電流密度の大小にはほぼ比例して Cl^- の透過量の変化が生じていることがわかる。また、電流密度が 0.1A/m^2 では、自然拡散のみによる濃度変化とはほぼ等しく、通電によって移動した Cl^- はきわめて少ないものと考えられる。さらに、混和材の使用に着目した場合、高炉スラグ微粉末を用いた場合には、混和材を

表-1 各材料の諸元

材 料	物 性 値
セ メ ン ト	比 重：3.15 ブレン値：3270 cm^2/g
細 骨 材	比 重：2.62 吸 水 率：1.17%
高炉スラグ微粉末	比 重：2.91 ブレン値：8070 cm^2/g
シリカフューム	比 重：2.16 比 表 面 積：20.2 m^2/g
フライアッシュ	比 重：2.18 ブレン値：3240 cm^2/g

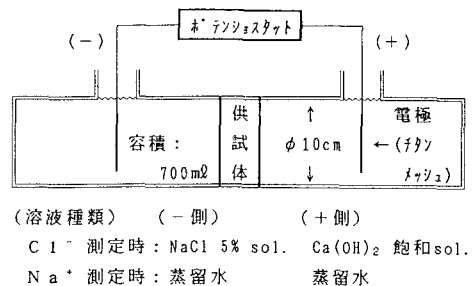


図-1 拡散セルの概略

表-2 電流密度と使用混和材の組合せ

電流密度	W/C	混 和 材 (記号)
0.1 1.0 10.0	0.5	—
1.0	0.5	高炉スラグ微粉末(BFS) シリカフューム(FA) フライアッシュ(SF)

電流密度の単位： A/m^2

用いない場合に比べて Cl^- の移動が緩やかであるが、シリカフュームやフライアッシュを用いた場合には、 Cl^- の移動は無混和のものとはほぼ同等であることがわかる。

図-3に各要因別の供試体からの Na^+ の溶出量の経時変化を示す。これによれば、いずれの供試体においてもある時期から、 Na^+ の濃度変化が見られなくなる傾向がある。しかも、この定常値は、電流密度のちがいで大きく異なり、混和材を用いないモルタルについて考えれば、初期のモルタル中の Na^+ 濃度がほぼ等しいと考えてよく、通電時の電流密度が大きいほど、モルタル中の Na^+ が溶出しやすいと考えられる。一方、混和材を用いた場合には、 Cl^- と同様に、シリカフュームやフライアッシュを用いたものと、混和材を用いない 1 A/m^2 のものの Na^+ の溶出量は同程度である。しかし、高炉スラグ微粉末を用いた場合には、 1 A/m^2 通電時の移動現象よりもむしろ 0.1 A/m^2 通電時の移動現象とよく一致しており、高炉スラグ微粉末を用いた場合の通電によるイオンの移動は、イオンの極性にかかわらず緩慢であることがわかる。

4. Cl^- の移動度に関する検討

Cl^- の移動に関し、通電開始から陽極側セル中に Cl^- が検出されるまでの時間から、各供試体中における Cl^- の移動速度 (m/s) を求め、これを供試体にかかる厚さ方向の電位勾配 (V/cm) で除することにより、各供試体についての移動度 $(\text{単位: cm}^2/\text{V}\cdot\text{s})$ が算出できる。その結果を表-3に示す。これによれば、電流密度が小さいほど、また、混和材を使用した場合、フライアッシュ>シリカフューム>高炉スラグ微粉末の順に、単位電位勾配あたりの Cl^- の移動度が大きくなっていることがわかる。

5. 結論

本研究を通じて得られた結論を以下に示す。

(1) $0.1\sim 10\text{ A/m}^2$ の電流密度の範囲では、モルタル中における通電による Cl^- の移動程度は、電流密度にほぼ比例する。また、電流密度が 0.1 A/m^2 程度で通電した場合の Cl^- の透過量は、濃度勾配による自然拡散と同程度となった。

(2) 混和材を用いたモルタルの通電による Cl^- の移動度の大きさは、フライアッシュ>シリカフューム>高炉スラグ微粉末の順となる。

(3) 通電によるモルタル中の陽イオンの溶出は電流密度が大きいほど多いと考えられる。

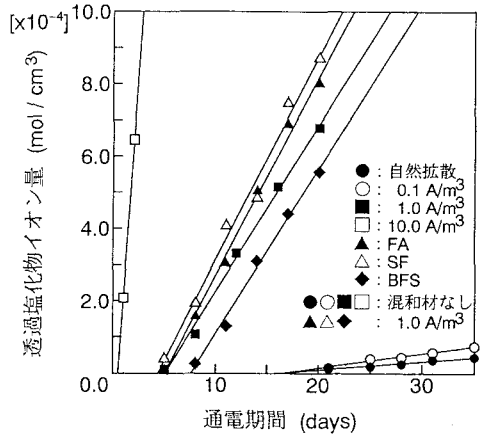


図-2 透過塩化物イオン量の経時変化

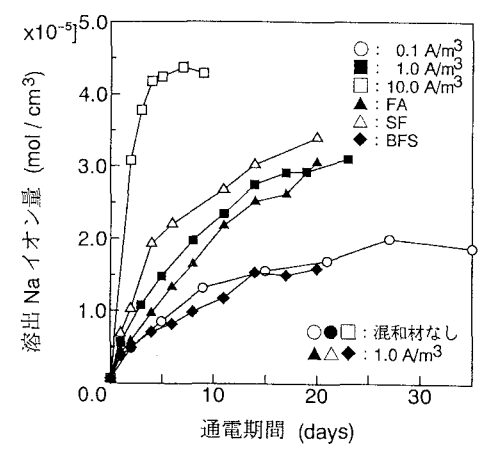


図-3 ナトリウムイオン溶出量の経時変化

表-3 Cl^- の移動度に関する計算結果

電流密度	混和材	移動速度 ($\times 10^{-6}\text{ cm/s}$)	電位勾配 (V/cm)	移動度 ($\times 10^{-6}\text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$)
0.1	—	0.729	0.018	40.5
1.0	—	2.29	0.542	4.22
10.0	—	22.1	5.503	4.01
1.0	BFS	1.52	1.462	1.03
	FA	2.66	0.762	3.49
	SF	2.31	1.617	1.43