

コンクリート中のイオンの拡散に関する基礎的研究 (I)

Study on Diffusion of Ions through Concrete—Part 1

河 合 研 至*・小 林 一 輔*

Kenji KAWAI and Kazusuke KOBOYASHI

1. は し が き

コンクリート構造物の劣化には、何らかの形で孔隙水の移動とこれに伴うイオンの拡散が関与している。例えば、アルカリ骨材反応には Na^+ 、 K^+ または OH^- 、鉄筋腐食には Cl^- と OH^- などのイオンの拡散が深くかかわっている。したがって、これらのイオンのコンクリート内部における拡散性状を明らかにすることは、コンクリート構造物の劣化機構を解明する上で重要であるのみならず、補修方法等の劣化対策の検討にも有用な情報を与える。

本報では、アルカリ骨材反応と鉄筋腐食に関係する最も一般的なイオンである Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- イオンのコンクリート中の拡散速度についての基礎実験の結果を示したものである。

2. 実 験 方 法

図-1に示すような拡散セルを用いて実験を行った。一方のセルA(容量200ml)には100ppmのイオンを含む溶液を満し、もう一方のセルB(容量100ml)には純水を満して試料中を拡散してくるイオンをイオン電極によって測定した。溶液は、 Na^+ 、 K^+ イオンについては、それぞれ NaCl 、 KCl 溶液を用い、 Cl^- イオンについては CaCl_2 溶液を用いて調製した。試料は、普通ポルトランドセメントを用いて作製した水セメント比55%のコンクリートで、寸法は直径が10cm、厚さが1cmであるが、イオンの拡散は直径4cm円断面を通じて行われるようにシリコンゴムを用いてその周辺部をシールした。

3. 実験結果および考察

各イオンの拡散の様子を経時的に示したのが図-2である。また、Fickの拡散方程式より、

$$D = \ell / (A \cdot C_0) \cdot (dQ/dt)$$

ただし、 D ：拡散係数、 ℓ ：試料厚さ、 A ：試料

断面積、 C_0 ：セルAの濃度、 dQ/dt ：セルBの濃度変化率(図-2の直線の傾き)

として、各イオンの拡散係数を求めると

$$\text{Na}^+ : 8.81 \times 10^{-9} \text{cm}^2/\text{s}, \text{K}^+ : 6.23 \times 10^{-8} \text{cm}^2/\text{s},$$

$$\text{Cl}^- : 1.28 \times 10^{-7} \text{cm}^2/\text{s}$$

となる。

この結果から、イオンの種類によりコンクリート中を拡散する速度が大きく異なることがわかる。本実験で行った Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- イオンに関しては、拡散速度の間に

$$\text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{Cl}^-$$

なる関係のあることが明らかとなった。

これらのイオンは水溶液中ではイオンの回りに数個の水分子を配位しており、水和イオンの形で存在している。したがって、イオンの拡散のしやすさは、そのイオンの結晶半径の大小ではなく、水和イオン半径の大小で比較される。

ここで着目している3種のイオンについて見れば、水

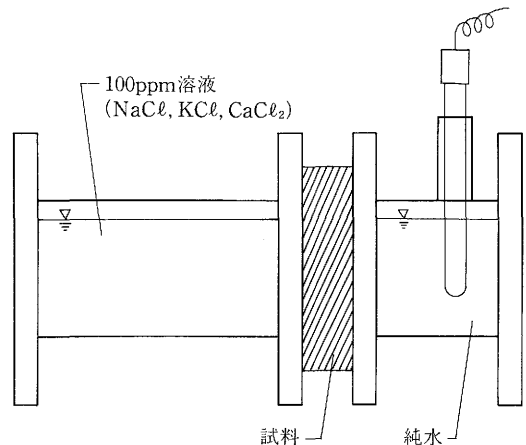


図-1 拡散セル

*東京大学生産技術研究所 第5部

研 究 速 報

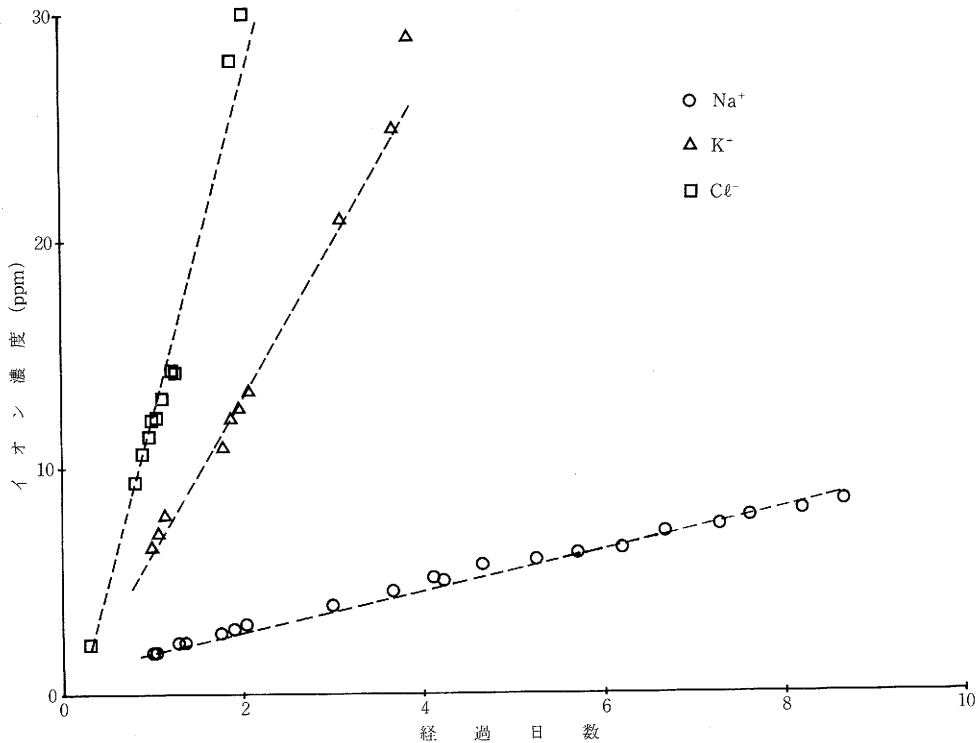
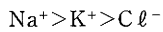


図-2 イオン濃度の経時変化

和イオン半径の大小関係は



となっており、 Na^+ が最も拡散しにくいイオンであることがわかる。

拡散セルを用いた本実験においても、これを裏づける結果を得たことになる。

4. おわりに

既往の研究では、コンクリートの細孔構造（細孔径分

布）や溶液の種類（ Cl^- イオンの測定において、 NaCl 溶液を用いるか、 MgCl_2 溶液を用いるか）などによって、拡散性状が異なってくることが指摘されており、今回の実験結果を基にして、さらに条件を変化させた場合のデータの蓄積が必要となる。

次報以降では、これらの点を考慮し、水セメント比の異なるコンクリート中の拡散性状、溶液の種類を変化させた場合の拡散性状等について検討する予定である。

(1989年6月26日受理)