

V-173 通電によるコンクリート中のイオンの移動における骨材の役割

東京工業大学 正会員 久田 真 正会員 大即信明 正会員 長滝重義
 学生員 桐山和晃 Nathaniel B. Diola

1. はじめに

近年、コンクリート構造物における脱塩工法や、コンクリートの耐久性に関する早期判定方法などで、コンクリート中のイオンの電気泳動を応用する技術が注目を集めている。しかしながら、通電によるコンクリート中の移動メカニズムに関しては不明確な点が多く、特に、コンクリート中の材料構成がイオンの電気泳動に及ぼす影響については、内部空隙の影響も含めて明確にされていないのが現状である。このような観点から、本研究では、イオンとして特に塩化物イオンの移動を取り上げ、コンクリートの構成材料の中で特に、細骨材および粗骨材がイオンの電気泳動に及ぼす影響についての検討を行った。実験に際しては、まず、セメントペーストを基本として、これに細骨材ならびに粗骨材を加えて種々の配合のモルタルならびにコンクリートを作成し、これらのコンクリートにおける Cl^- の移動挙動を測定し、通電によるコンクリート中のイオンの移動における骨材の役割を明らかにすることを試みた。

2. 実験概要

2.1 供試体の作成

本研究では、使用材料として、普通ポルトランドセメント(研究用、比重: 3.17、ブレン比表面積: $3270\text{cm}^2/\text{g}$)、千葉県小櫃産山砂(比重: 2.61、吸水率: 1.78%、F.M.: 2.71、Gmax: 13mm)、および東京都奥多摩産砕石(比重: 2.63、吸水率: 0.88%、F.M.: 6.35)を用いた。ペースト、モルタルの配合は、全て $\text{W/C}=0.5$ とし、 $\text{S/C}=0$ をペーストと位置付けて、 $\text{S/C}=0.3$ 、 0.6 、 0.8 および 2.5 とした。また、コンクリートの配合は、 $\text{W/C}=0.5$ 、 $\text{S/C}=2.5$ のモルタルを $s/a=100\%$ のコンクリートと位置づけ、この骨材容積を変化させないように、粗骨材と細骨材を置き換えることにより、 $s/a=80$ 、 60 、 40 、 20 および 0% となるように変化させた。ペーストおよびモルタルの練混ぜは、2l ホバート型モルタルミキサーを用いて JIS R 5201 に準拠した方法で行い、コンクリートは、50l パン型強制練りミキサーを用い、セメント、細骨材を予め空練りしたものに水を投入してモルタルを作成した後、粗骨材を投入して 120 秒間練混ぜた。なお、練り上がったペースト、モルタルおよびコンクリートは、寸法 $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の簡易型枠に 2 層に分けて打設し、パイププレート等を用いて締め固め、打設後約 24 時間後に脱型して、ポリコンテナ内にて材齢 28 日まで 20°C の室内に静置し、湿空養生を行った。

2.2 セルを用いた実験の概略

本研究で用いたセルの概略を図-1 に示す。供試体は、寸法 $\phi 10 \times 3\text{cm}$ の円板状とし、所定材齢まで経過した円柱供試体の中央部分をコンクリートカッタにて切断したものを用いた。セル槽内の溶液は、陰極側に NaCl -5.0% 水溶液を用い、陽極側には $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 飽和水溶液を用いた。また、セル溶液中で使用する電極には、両極ともチタンメッシュを用いた。なお、通電は、ポテンシostatを用いて、ペーストおよびモルタルについては $4.0\text{A}/\text{m}^2$ 、コンクリートについては $2.0\text{A}/\text{m}^2$ となるように、それぞれ電流密度一定で行った。

2.3 測定項目

(1) ペースト-骨材遷移帯空隙量：本実験に用いた硬化体中において形成される遷移帯領域の空隙量は、水銀圧入法により求められる同一 W/C のペースト、モルタルおよびコンクリートの各細孔量より、次式によって算出した。なお、算定にあたっては、ペースト-骨材界面に生じる遷移帯は位置によらず均質であると仮定した。

$$V_{PS} = P_M - P_P - V_S, \quad V_{PG} = P_C - P_M - V_G \quad (\text{式-1})$$

ここに、 V_{PS} 、 V_{PG} ： 単位体積中のペースト-細骨材、ペースト-粗骨材遷移帯の空隙量
 P_C 、 P_M 、 P_P ： コンクリート、モルタルおよびペースト単位体積中の総細孔量
 V_S 、 V_G ： 配合より定まる単位体積中の細骨材量、粗骨材量

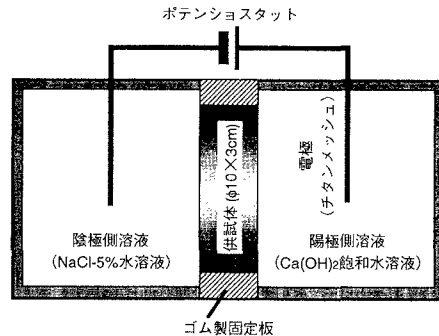


図-1 セルの概略

(2) Cl^- の移動度(単位： $\text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{sec}$)：セル通電時に、陽極側溶液から供試体中を通過した陰極側溶液中の Cl^- 濃度を、電位差滴定法によって求めた測定値から、コンクリート中の Cl^- の移動に関する指標として、移動が定常状態になった時点での単位電位勾配あたりの Cl^- の移動速度を移動度として求めた。

3. 結果および考察

3.1 ベースト、モルタルおよびコンクリート中におけるペースト-骨材遷移帯についての検討

図-2 および 3 にそれぞれ、式-1 によって算出された、S/C を変化させたモルタルおよび s/a を変化させたコンクリートの、遷移帯部分の空隙量の算定結果を示す。これらによれば、硬化体単位体積中に含まれる細骨材量が増加するにしたがい、遷移帯部分の空隙量が増加し、骨材量が一定であっても、全骨材に占める細骨材の割合が大きいほど、遷移帯部分の空隙量が増加することが明らかである。

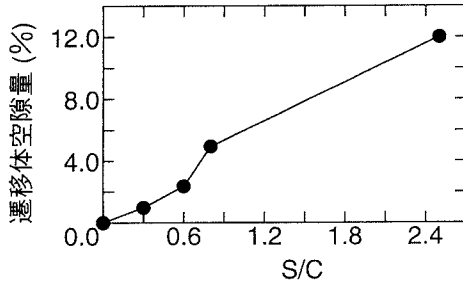


図-2 モルタルの S/C と遷移帯空隙量との関係

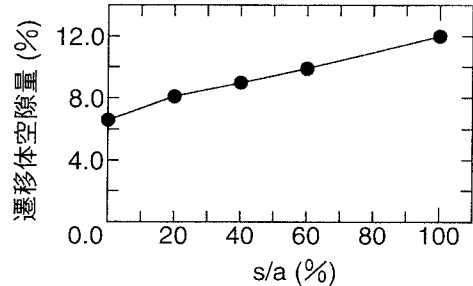


図-3 コンクリートの s/a と遷移帯空隙量との関係

3.2 硬化体中のペースト-骨材遷移帯と Cl^- の電気泳動の関連性についての考察

図-4 に、モルタルおよびコンクリート中の遷移帯空隙量と Cl^- の移動度との関係を示す。これによれば、同一の遷移帯空隙量を持つモルタルとコンクリートでは、 Cl^- の移動度に及ぼす影響が大きく異なり、コンクリートの場合には、単位体積中に含まれる遷移帯空隙が大きくても Cl^- の移動を阻害する傾向にあることがわかる。また、硬化体単位体積中の骨材表面積と Cl^- の移動度との関係を比較したものを図-5 に示す。これによれば、単位体積中に同量の表面積を持つモルタルとコンクリートでは、モルタルの方が Cl^- の移動度は大きくなっており、細骨材は、体積の増加よりも骨材表面積の増加が卓越するため、 Cl^- の移動を阻害し難い傾向にあることがわかる。

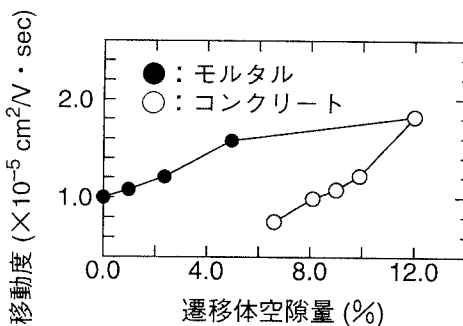


図-4 遷移帯空隙量と Cl^- の移動度との関係

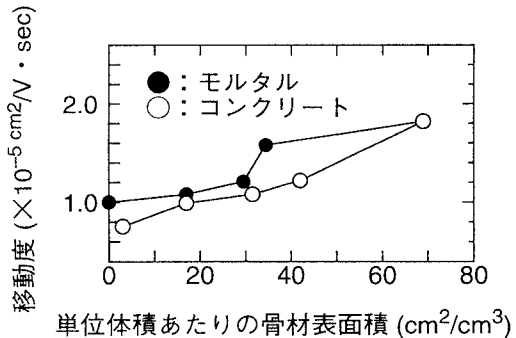


図-5 硬化体中の骨材表面積と Cl^- の移動度との関係

4. まとめ

本研究を通じて、通電時の Cl^- の移動に関し、コンクリートの構成材料の内、粗骨材は、細骨材に比べて体積あたりの表面積が小さいため、 Cl^- の移動を妨げる傾向にあることがわかった。今後、各々の骨材とペーストの遷移帯性状の違い、あるいは養生条件によって生じる遷移帯付着性状の違いが Cl^- の移動に及ぼす影響など、更に詳細な検討が必要であると考えられる。

[参考文献] 1) 内川 浩：セメントペーストと骨材の界面の構造・組織がコンクリートの品質に及ぼす影響；コンクリート工学，Vol.33，No.9，pp.5-17，1995

2) JCI 文献調査委員会：コンクリート中の物質移動に及ぼす骨材-ペーストマトリックス界面の影響；コンクリート工学，Vol.33，No.6，pp.44-51，1995