

実構造物調査と採取コアを用いた室内浸漬実験による塩分浸透停滞現象に関する研究

芝浦工業大学 学生会員 ○佐川 智也

東京大学大学院

学生会員 Islam Md. Shafiqul

東京大学生産技術研究所 正会員 岸 利治

芝浦工業大学

正会員 伊代田 岳史

1. はじめに

塩害に対する耐久性照査において、塩化物イオンの浸透は、拡散係数を一定とした Fick の第 2 拡散則に基づいて予測されているが、拡散係数は経時的に変化することが指摘されている¹⁾。そのため、厳密には塩化物イオン浸透現象を捉えきれておらず、特にかぶりが比較的厚い場合には過度に安全側の評価となり、不経済な断面設計となっている可能性がある。一方、高橋らは、大城らが試験施工で作製したフライアッシュを用いた護岸構造物²⁾の調査において、コンクリート中への塩分浸透が停止している可能性があり、塩分浸透メカニズムとして拡散現象の考慮だけでは不十分な場合があることを指摘している³⁾。そこで、本研究ではコンクリート中の塩分浸透が停止する現象の有無に着目し、実構造物から採取したコアを用いた 2 種類の検討を実施した。シリーズ 1 では高炉セメントを用いた既存構造物の塩分浸透状況の確認を行った。シリーズ 2 では、種々の実構造物から採取したコンクリートコアを用いて室内塩水浸せき試験を行い、塩分浸透性状の検討を行った。

2. シリーズ 1

2.1 試験概要

(1) 調査対象

調査対象とした構造物は高炉セメントを用いた防波堤であり、平成 6～10 年にかけて隣接した区画に毎年打設されたものである。詳細な記録は残っていないが、毎年打設されたコンクリートの配合は同等と考えられる。防波堤は胸壁を有する段状になっており、コンクリートコアは側面（壁面）およびその上下の水平面から採取した。なお、壁面の模様より、側面には透水型枠が用いられたものと考えられる。

(2) 全塩化物イオン量滴定試験

全塩化物イオン量滴定試験は、JCI-SC-5「硬化コンクリート中に含まれる全塩分の簡易分析方法」に準拠
キーワード 塩分浸透、停滞現象、浸せき、高炉セメント

2.2. 試験結果および考察

全塩化物イオン量滴定結果を図-1 に示す。透水型枠を用いたと考えられる側面においては、4cm 以深にほぼ塩分の浸透がみられないことから、塩分浸透が相当に抑制されているものと考えられる。また、塩分の分布形状は表面から内部に向けて急激に減少する形状であるが、表面付近の分布の傾きが H7、H8 施工では緩やかである。中性化深さの測定も実施したが、いずれのコアでも中性化の進行は確認できなかったことから、このような緩やかな勾配を示す要因については現時点で不明である。一方、水平面の結果を見ると、塩分浸透深さはコアによって若干異なっているが、下部に比べて上部の方が塩分浸透深さが抑制されている傾向が見てとれる。また水平面においても、H7、H8 施工の塩分浸透性状は他との相違が大きいことから、その原因については、今後、室内浸せき試験を実施して検討していく予定である。

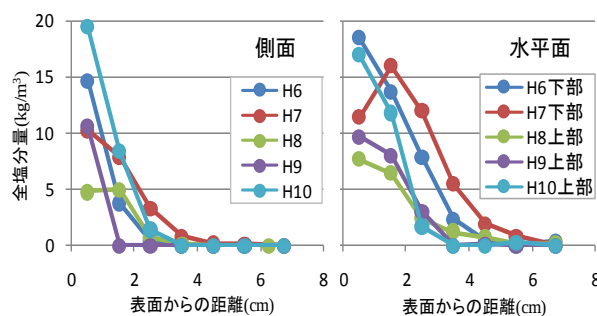


図 - 1 護岸構造物全塩化物イオン量測定結果

3. シリーズ 2

3.1 試験概要

(1) 対象構造物

対象とした構造物は、高炉セメントを使用した隣接する 2 つのコンクリート橋脚（橋脚 R1, R2）、丁寧に施工が行われた普通セメント使用のコンクリート桁（桁 D）および高度経済成長期の一般的な橋台（橋台 D）

とし、それぞれからコアを採取して検討を行った。

(2) 室内塩水浸せき試験

室内塩水浸せき試験は、「浸せきによるコンクリート中の塩化物イオンの見かけの拡散係数試験方法(案)(JSCE-G572-2007)」に準拠して実施した。試験体は浸透面以外を樹脂で被覆し、20℃10%塩水中に水平に浸せきした。全塩化物イオン分布は電位差滴定法により測定した。試験体は所定の浸せき材齢ごとに順次切り出すことで、1つの試験体で複数回の材齢での測定を実施している。

3.2 試験結果および考察

(1) 高炉セメントを使用したコアコンクリート

図-2に、橋脚R₁と橋脚R₂から採取されたコアの塩水浸せき試験の結果を示す。ただし、橋脚R₂は採取したコアの深部を使用している。橋脚R₁では深部まで塩分が浸透していることが確認できる。また中性化深さを測定したところ、表層部で中性化の進行が確認された。ただし、5cm以深では、浸せき材齢3ヶ月から6ヶ月にかけて塩分量分布の変化が生じていないことから、塩分浸透が停止している可能性も考えられる。橋脚R₂においては、浸透深さが浸せき材齢3ヶ月から6ヶ月にかけてほとんど変化しておらず、塩分浸透停滞現象の可能性が示唆された。これらの試験結果より、高炉セメントを使用したコンクリートにおいても、塩分浸透が停滞する場合があるものと考えられる。シリーズ1で述べた、透水型枠を使用した側面および、橋脚R₁の表層コアおよび橋脚R₂の深部コアにおける塩分浸透傾向の相違から、同じ高炉セメントを使用した場合でも、コンクリートの品質の相違により塩分浸透抑制効果が異なり、塩分浸透停止深さが異なるものと考えられる。今後、コンクリートの品質の指標として空隙構造の分析を行い、塩分浸透性状に与える影響の検討を行う予定である。

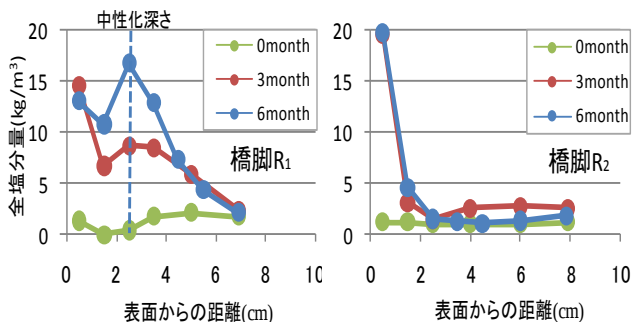


図-2 高炉セメントを使用した構造物コアの塩化物イオン分布

(3) 高品質および一般的な普通コンクリートコア

図-4に桁Dおよび橋台Dから採取されたコアの塩水浸せき試験の結果を示す。図を見ると、桁Dでは浸せき材齢によらず塩分浸透はほとんど停止していることがわかる。一方、橋台Dでは深部にまで塩分が浸透している。これらの比較から、普通コンクリートを使用した場合でも表層品質が高品質であれば塩分浸透が停滞する可能性が高いことが示唆される。

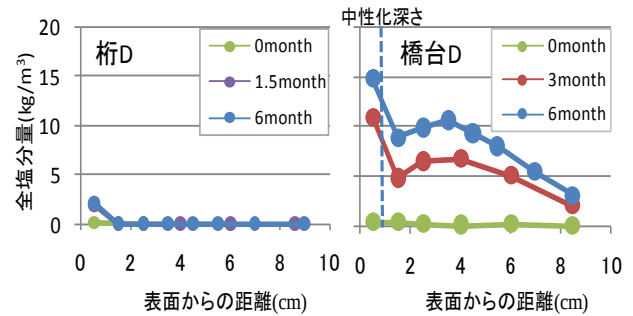


図-4 普通コンクリート構造物コアの塩化物イオン分布

4. まとめ

高炉セメントを用いたコンクリートにおいても、品質が高ければ、ある程度の浸透深さで塩分浸透が停止する可能性があることが示唆された。その一方で、表層品質が低ければ、高炉セメントを使用したコンクリートでも遮塩性能が十分でない可能性があることも示唆された。また、普通コンクリートを使用した場合でも、その品質が高ければ、塩分浸透を停滞させる可能性があることを確認した。

謝辞 本研究の遂行に際して、東京大学大学院博士課程の高橋佑弥氏および酒井雄也氏の協力をいただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) Takewaka, K. and Matsumoto, S.: Quality and Cover Thickness of Concrete Based on the Estimation of Chloride Penetration in Marine Environments, ACI SP109-17, pp381-400, Aug.1988
- 2) 大城良信ほか: 海洋環境下における石炭灰を使用した RC 構造物の施工報告, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.1, pp789-794, 2002
- 3) 高橋佑弥ほか: 実構造物中のフライアッシュコンクリートへの塩分浸透性状と調査時材齢の影響に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp803-808, 2010