

混和材を使用したコンクリート護岸から採取したコアを用いた塩分浸透停滞に関する研究

芝浦工業大学 学生会員 ○佐々木章

法政大学 学生会員 竹内直也

東京大学生産技術研究所 正会員 岸 利治

電力中央研究所 正会員 蔵重 勲

1. はじめに

コンクリート構造物の塩害に対する耐久性照査において、塩化物イオンの浸透挙動は拡散係数を一定とした Fick の第 2 拡散則で表される。しかしながら近年、混和材を用いたコンクリート中を移動する塩化物イオンの拡散係数が経時的に減少することが報告されている¹⁾。そのため上記手法では、コンクリートの品質によっては過度に安全で不経済な設計となる可能性がある。近年、試験施工されたフライアッシュコンクリート構造物を対象とした継続的な調査²⁾により、塩分浸透がある程度の深さで停滞することが報告されている³⁾。しかしながら上記報告以外に塩分浸透停滞現象に関する調査は行われておらず、塩分浸透の停滞が上記構造物における特有の現象か否かも明らかになっていないのが現状である。そこで本研究では、新たに高炉スラグおよびフライアッシュを混和した護岸構造物からコアを採取し分析を実施した。その結果、塩分浸透の停滞を示唆する結果を得た。また分析結果に基づき、混和材を用いたコンクリートにおける塩化物イオンの浸透挙動に関して考察を行った。

2. 護岸構造物から採取したコアを用いた分析

2.1 測定対象構造物と採取コアについて

高炉スラグコンクリート（以下 BB）およびフライアッシュコンクリート（FC）が隣接して打設された構造物からコアを採取し、塩分量を測定した。対象としたのは九州地方に 2000 年に建設された護岸構造物であり、2011 年 7 月に海側陸側両面からコア（φ10×約 20cm）を採取した。海側のコア採取位置を図-1 に示す。図中の波線は平均潮位を示している。BB と FC のそれぞれ 4 箇所からコアを採取した。最下段は干満帯に位置し、表面は牡蠣に覆われていた。また上部 2 箇所の採取位置はプレキャスト、下部 2 箇所は現場施工されたコンクリートである。陸側からは BB と FC それぞれのプレキャストコンクリートから 2 本ずつコアを採取した。

キーワード 塩分浸透、停滞現象、塩化物イオン、混和材

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 コンクリート構造物研究室 TEL03-5859-8359

本研究では JIS-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」に準拠して、塩化物イオン量滴定試験を実施した。また全てのコアの中性化深さを測定したところ、いずれも 1cm 程度であった。

2.2 コア採取時点での塩化物イオン量の測定

コアの表層部分 0-10cm を用いて採取時（材齢 11 年）の全塩化物イオン量の測定を行った。滴定結果を図-2 に示す。コア採取高さによって塩分供給量が異なるにもかかわらず、BB コアではいずれも深さ約 6.5cm、FC コアでは約 4.5cm において、塩化物イオン量が 0 となる結果となった。コアによって表面の塩化物イオン量や分布の勾配に大きな差異があるにもかかわらず、浸透深さがほぼ等しいという結果は、その深さにおいて塩分浸透が停滞していることを示していると考えられる。

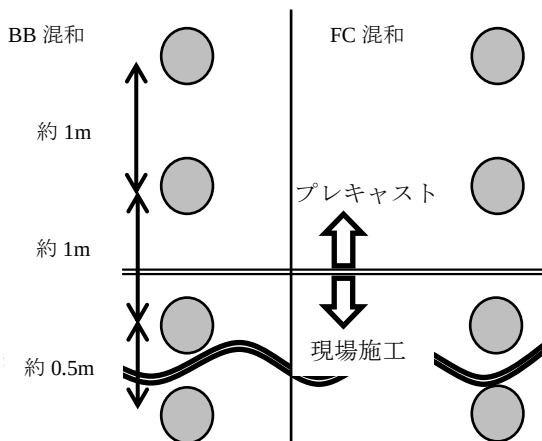


図-1 採取位置の概略図

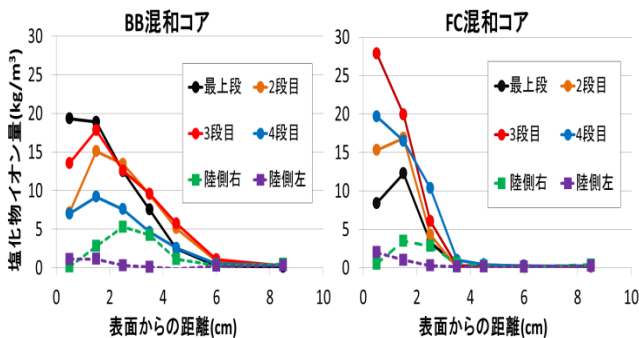


図-2 コア採取時点の塩分分析結果

2.3 採取コアの塩水浸せき試験

採取したコアの 10cm 以深, すなわち表面からの塩分浸透の影響を受けていない部分を用いて, 10%塩水浸せき試験を行った. 円柱状のコアを軸方向に 4 分割し, 扇形の断面を有する供試体を用いた. 一次元的な浸透挙動を検討するため, 扇形の断面を開放面とし, それ以外の面をエポキシ樹脂でコーティングした. 図-3 に示すように, 供試体は鉛直方向に設置した. また下部開放面からの毛管力による浸透を検討するため, 水頭は約 3cm 程度とし, 開放面全体から吸水が生じるよう三角形の建築部材の上に立てて浸せきした.

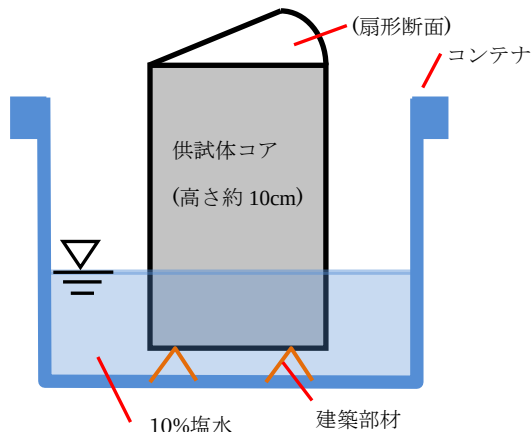


図-3 塩水浸漬の概略図

2.4 浸せき試験後の塩化物イオン量の測定

浸せき 1 か月後, 3 か月後における塩化物イオン量の測定結果を, 混和材種類ごとに図-4 に示す. 図中凡例のハイフン以降の数字は浸漬期間(月)を示している. 図より, BB では約 2.5cm, FC では約 4.5cm と, いずれの混和材を用いた供試体においても, 浸せき 1 か月後と 3 か月後の塩化物イオンの浸透深さが, コア採取位置にかかわらず一致していることが確認できる. 特に FC コアでは浸せき 1 か月後において, 材齢 11 年における塩分浸透深さ (図-2) と同じ約 4.5cm 付近まで塩化物が浸透している. 今後さらに浸漬を継続する必要があるが, フライアッシュを用いたコンクリートでは, 塩化物イオンの浸透停滞が比較的初期に生じている可能性も考えられる. 一方 BB コアでは, 浸せき 3 か月における塩物浸透深さが約 2.5cm であり, FC コアでの塩分浸透よりも若干浅くなっている印象がある. 採取したコアで確認された深さ約 6.5cm (図-2) に達するまでには, さらに浸漬期間が必要といえる. 今後, 採取コアを用いた室内試験を継続することで, どのくらいの期間で塩分浸透が停滞するのかを確認する予定である.

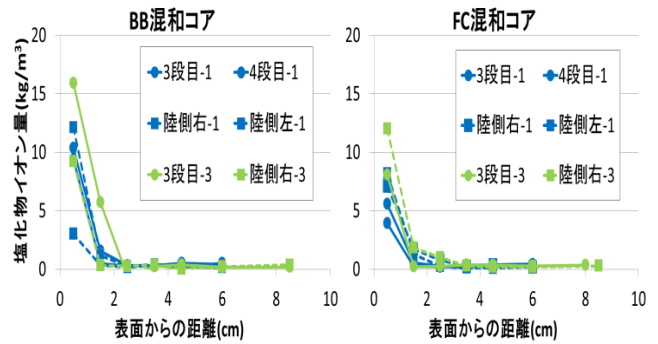


図-4 10%塩水浸漬試験後の塩化物イオン量

3. まとめ

本研究では実構造物から採取したコア, ならびにその深部を用いて塩水浸漬試験を行ったコアの, 全塩化物イオン量を測定した. これにより, 塩分浸透停滞現象の確認を行った. 結果を以下にまとめる.

- 高炉スラグ微粉末およびフライアッシュを混和したコンクリート構造物から採取されたコアを分析した結果, 塩分浸透深さは混和材種類ごとに異なるが, いずれのコアにおいても塩分浸透の停滞を示唆する結果が得られた.
- 混和材種類によって, 塩分浸透深さや室内塩分浸漬試験における塩分浸透性状が異なっていることから, 混和材の種類により塩分浸透挙動が異なるものと考えられる.

謝辞

本研究の遂行において, コア採取の機会を与えていただいた九州電力株式会社の皆様に, また論文作成のご指導をいただいた芝浦工業大学 勝木 太教授並びに法政大学 溝渕利明教授に, 感謝の意を表します.

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 Enviroments , ACL 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