

海洋構造物における透気係数と塩化物イオン実効拡散係数との関連性に関する基礎的研究

福岡大学 学生会員 〇三浦明

福岡大学 学生会員 金堀雄伍

福岡大学 学生会員 西嶋大貴

福岡大学 正会員 樋原弘貴

福岡大学 正会員 添田政司

1. はじめに

コンクリート構造物を適切に維持管理していく上で、鉄筋までの品質を把握する必要がある。既存コンクリートの品質確認の一つに、コアを採取して汎用的に圧縮強度が用いられているが、この測定値から物質移動抵抗性までを評価するのは難しい。そのため、採取コアを用いた透気係数の測定によって物質移動抵抗性を評価する試みを行っている¹⁾。透気係数は、中性化の進行に対しては、良好な相関性が存在するが、塩化物イオンの浸透に対しては、評価が難しいのが現状である¹⁾。ただし、塩化物イオンの浸透性を評価する1つである電気泳動試験においては、飽水コンクリートを用いるため毛細管張力等の影響を受けず、空隙構造の影響が支配的になると予想される。そのため透気係数との相関性が存在するものと考えられることから、本研究では、海洋構造物から採取したコアおよび実験室内で作成した供試体を用いて、透気係数と見かけの拡散係数および実効拡散係数との関係性について検討した。

2. 実験概要

2. 1 実構造物の概要

実験に用いたコアは、写真-1に示す護岸コンクリートの飛沫滞および干満滞から採取した。いずれの箇所もコンクリートに高炉セメントあるいはフライアッシュが使用されており建設23年目のものである。高炉セメントを使用したコンクリート（以下、BB）は、水セメント比65%のものであり、調査時の圧縮強度は、飛沫滞において 31.3N/mm^2 、干満滞で 28.9N/mm^2 あった。一方のフライアッシュコンクリート（以下、FA）は、45%（内割30%置換）であり、強度はそれぞれ飛沫滞において 39.6N/mm^2 、干満滞で 41.2N/mm^2 であった。

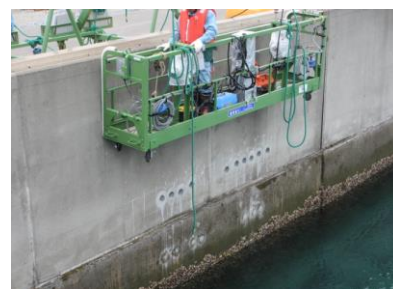


写真-1 護岸コンクリート

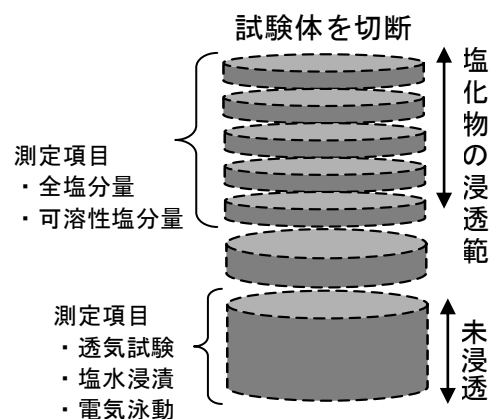


図-1 試験概要図

2. 2 供試体作製

水セメント比やセメント種類の違いを検討するために実験室内で作成したコンクリートには、セメントとして、普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm^3)、高炉セメント(密度 3.02g/cm^3)、フライアッシュ JIS II 種(密度 2.33g/cm^3)をセメントの重量の20%に置換したものを使用した。細骨材は、海砂(密度 2.58g/cm^3)、粗骨材には、砕石(密度 2.67g/cm^3)をそれぞれ使用した。セメント種類ごとに W/C45%、W/C 55%、W/C 66%と変化させた3水準の供試体を作製した。なお、スランプは $8\pm 1\text{cm}$ 、空気量は $4.0\pm 1\%$ とした。供試体の養生は、気中および水中でそれぞれ28日間行った。

2. 3 実験方法

海洋コンクリート構造物から $\phi 9\text{cm}\times 20\text{cm}$ のコンクリートコアを採取し、図-1で示す通り JIS A 1154 に準拠して全塩化物イオン量の測定を行った。また、塩化物イオンが未浸透域のコア端部をコンクリートカッターで切りだし、実験室内で作成した供試体と併せて、促進試験による性能評価として JIS A 1154 に準じた塩水浸漬試験および加圧透気試験¹⁾、加えて電気泳動試験をそれぞれ実施した。なお、加圧透気試験を実施する際のコンクリー

キーワード 実効拡散係数、透気係数、細孔空隙、塩化物イオン

連絡先 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈八丁目 19-1 福岡大学 TEL092-871-6631

トの含水率は、絶乾時と飽水時の重量差で除して算出しており、採取コアで60%、室内作成コンクリートで75%程度であった。また、細孔径と各種劣化因子の関係を検討するため、ポロシチメーターを用いて使用供試体の細孔径分布の算出を行った。

3. 試験結果および考察

図-2は、採取コアにおける実環境で浸透した全塩化物イオンならびに未浸透部のコアを用いた促進試験によって算出した見かけの拡散係数と透気係数の関係を示す。この結果、透気係数と見かけの拡散係数との間には相関性は確認されず、塩化物イオンの移動と空気の透過の機構が異なっていることが確認された。図-3には、透気係数と実効拡散係数との関係を示す。測定点が少ないが、両者に相関性が確認された。そこで、各種係数に及ぼす空隙径を検討するため、ある範囲の細孔径ごとの空隙量と各種係数の関係を線形近似曲線によって表し、相関係数 R^2 で評価した。図-4は、各種係数と空隙径ごとに得られた相関係数 R^2 の関係を示す。この結果、実環境下での見かけの拡散係数は、50nm~200nmの範囲の径で最も高い相関係数が得られているのに対し、塩水浸漬試験によって算出された見かけの拡散係数では、それよりも大きな200nm~1000nmの範囲の径で高い相関係数が得られている。実環境においては、乾湿繰り返しを受けるため、200nmよりも小さな細孔径による毛細管張力の働きが影響するものと思われる。一方の、透気係数と実効拡散係数に影響を与える空隙径は、比較的大きな1000nm以上の径であり、全体的な傾向としても類似している。そのため、透気係数および実効拡散係数に相関性が見られたものと考えられる。図-5は、実験室内で作成した供試体における透気係数と実効拡散係数の関係を示したものである。水中養生をおこなったものは、セメント種類や水セメント比の違いに拘らず、高い相関性が得られたのに対し、気中養生を行ったものには、その相関性は認められなかった。これは、実効拡散係数を測定する際の前処理としての真空飽水处理、あるいは電気泳動試験の過程で未反応のセメントに再水和が生じたことによって、透気係数を測定した時点よりもコンクリート内部の空隙構造が変化した可能性がある。以上のことから、透気係数を測定することで、セメント種類等の情報を加味せずに、実効拡散係数を推定することができる可能性が示唆された。今後は、作成した供試体の細孔空隙分布を測定や新たな実構造物からの採取コンクリートを用いて、更なるデータの蓄積を行っていく予定である。

4. まとめ

(1)塩水浸漬における見かけの拡散係数には、200nm~1000nmの空隙径が大きく影響を及ぼし、乾湿繰り返しを受ける場合には、それよりも小さな空隙の影響が大きくなる。

(2)透気係数と実効拡散係数の測定値に影響を及ぼす空隙径は類似しており、両者に相関性が存在する可能性が示唆された。

【参考文献】1) 林ら：透気係数による各種コンクリートの物質移動抵抗性評価方法に関する基礎的研究、コンクリート工学年次論文集、35/1、745-750、2013年7月

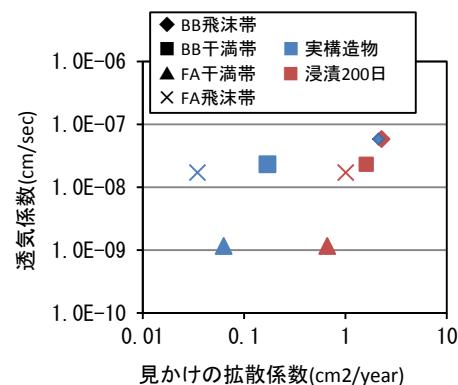


図-2 見かけの拡散係数と透気係数の関係

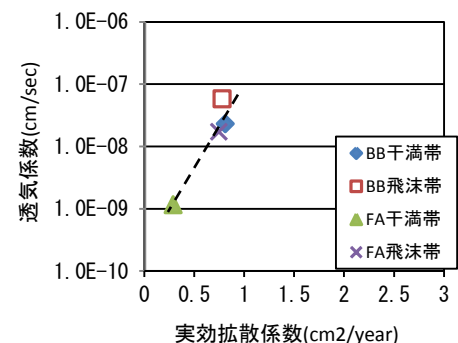


図-3 実行拡散係数と透気係数の関係

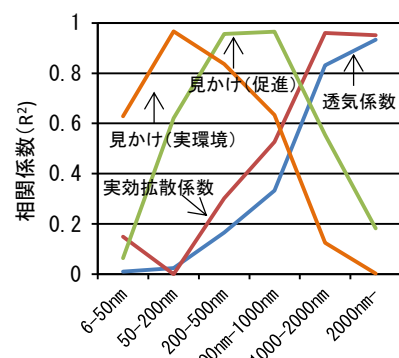


図-4 細孔径と各種劣化因子の関係

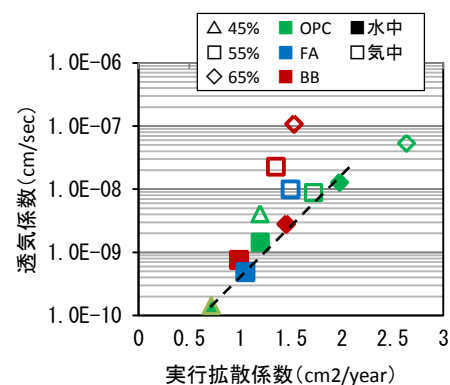


図-5 実行拡散係数と透気係数の関係