

平成 24 年度工学系共通経費による顕彰と研究助成 成果報告書

所 属	理工学研究科国際開発工学専攻
研究者 (ふりがな)	西田 孝弘 (にしだ たかひろ)
タイトル	練混ぜ水に海水を用いたコンクリートの塩化物イオン浸透特性の評価
助 成 名	新任助教研究助成
採択金額	1,000,000 円
<p>研究の背景</p> <p>現在, 各国が定める基準では, 鉄筋コンクリート構造物への海水・海砂の使用が禁止されている。これは, 海水・海砂中の塩化物イオンがコンクリート自体の物性の変化をもたらすとともに, コンクリート中に埋設された鉄筋の腐食を誘発する恐れがあるためである。他方, 国連により, 2025 年までに全世界で約 50 億人の人々が飲み水さえ確保困難な状況に陥るという試算が報告されている。このような水不足の状況の中, 「海水を淡水代替として利用する方策」を建設分野でも検討する必要がある。</p> <p>上記のような, 海水を用いたコンクリート (以下, 海水練りコンクリート) の劣化に対する抵抗性の向上が期待できる材料として, 高炉スラグが挙げられる。高炉スラグは製鉄所から産出される副産物であり, いずれもセメントの一部に置換・混合して使用される。これにより, コンクリートへ侵入する塩化物イオンをセメントマトリックス相に化学的に固定化でき, 併せて十分な養生を行うことによりコンクリートを緻密化できるという利点がある。これらの材料を海水練りコンクリートに応用することにより, 海水中の初期の塩化物イオンを水和生成物に取り込み, 鉄筋腐食を誘発する自由塩化物イオンの減少が期待できる。また, コンクリートを緻密化することにより, 外環境から侵入する塩化物イオンの浸透抑制が期待できる。</p>	
<p>結果と考察</p> <p>上記の背景より, 本研究では, 混和材を使用した海水練りコンクリートの塩化物イオンの浸透特性を評価することを目的とした。中でも, 海水練りコンクリートの塩化物イオンの浸透を主な対象として, (1)評価方法の確立, (2)浸透機構の解明, (3)長期耐久性評価を行った。</p> <p>目的(1)については, 海水中に海水練りコンクリートを浸漬し, その浸透性状, 特に塩化物イオンの濃度分布からその拡散係数を算出する方法 (浸漬法) を実施した。拡散係数を評価する方法としては, 上記の他に拡散セル法や電気泳動法等が実用化されている。しかしながら, 製造時からコンクリート中に塩化物イオンを含む場合, 外部から浸透した塩化物イオンと内部から溶出した塩化物イオンを区別することは難しく, 最終的な濃度変化から拡散係数を算出することが困難となる。これより, 本研究では上記の浸漬法を採用することとした。図-1 に測定結果を示す。</p> <p>目的(2)については, 主に海水練りコンクリート中での塩化物イオンの固定化現象について検討した。一般にコンクリート混和材として高炉スラグ微粉末を使用した場合, 使用しない場合と比較して, 塩化物イオンの固定化能力は向上することが知られている。これにより, 高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートは高い塩化物イオン浸透抵抗性が得られる。固定化率の測定結果の一例を図-2 に示す。ここで, 固定化率とは, 全塩化物イオン濃度に対する固定化された塩化物イオンの割合を示す指標であり, この値が高いほど, コンクリート中で安定した形態で塩化物イオンが存在することを示す。これより, 高炉スラグ微粉末 (BFS) を含まないものと比較して, 40%含むものの方が固定化率は高くなることが確認される。しかしながら, より高い置換率で高炉スラグ微粉末を混合すると固定化率は低下する傾向も確認される。これは,</p>	

高炉スラグ微粉末を多く含む場合、水和に必要なセメント量が減少するためと考えられる。したがって、より高い塩化物イオンの浸透抵抗性を得ることができる最適配合が存在することが考えられ、今後より詳細な検討が必要と考えられる。上記を踏まえ、練混ぜ水（淡水もしくは海水）が塩化物イオンの拡散係数に及ぼす影響を整理した（図-3）。これより、高炉スラグ微粉末を用いることにより、練混ぜ水として海水を用いた影響は小さくなることが確認される。

最後に、目的(3)について、得られた拡散係数に基づき、内部鉄筋の腐食が開始するまでの期間を算出した。算出に当たっては、表面から鉄筋位置までの距離（かぶり）を 70mm とした。これより、海水を用いた場合（図中 S）、淡水を用いた場合（図中 W）と比較して期間が短くなることが確認された。これは、練混ぜ初期から内部に海水由来の塩化物イオン（約 3.0kg/m<sup>3</sup>）が存在するためと考えられる。しかしながら、高炉スラグ微粉末を使用することで、その期間は長くできることが確認された。特に、高炉スラグ微粉末を 55%含むコンクリート（約 15 年）では、淡水で練混ぜた普通ポルトランドセメントを使用したコンクリート（約 5 年）の約 3 倍の期間となることが確認された。したがって、高炉スラグ微粉末をコンクリート用混和材として使用することにより、海水練りコンクリートの実現可能性が向上できると考えられる。

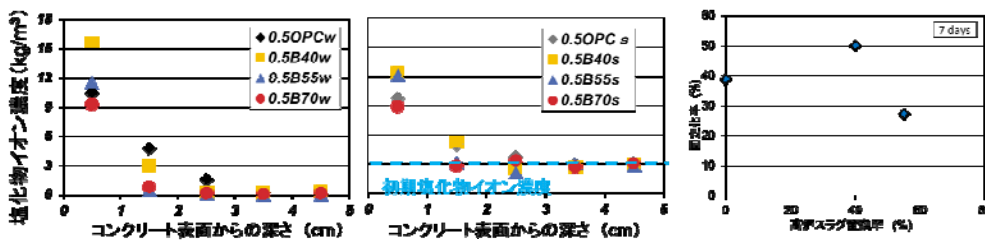


図-1 浸漬後の塩化物イオン濃度分布

図-2 塩化物イオンの固定率

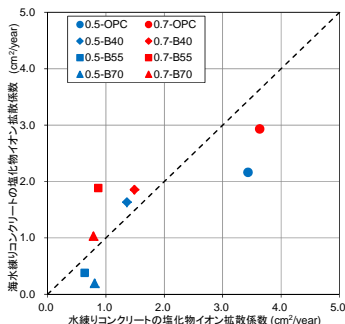


図-3 塩化物イオン拡散係数に及ぼす練混ぜ水の影響

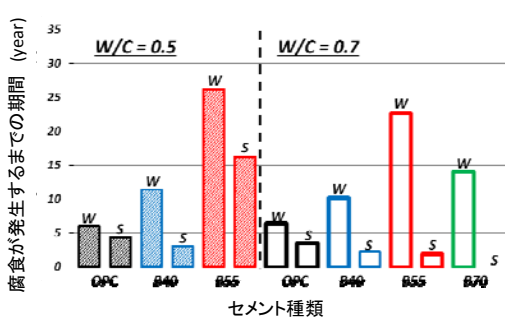


図-4 拡散係数から得られる腐食が発生する期間の評価

結論と今後の課題

本研究により、これまで不明確であった海水練りコンクリートの塩化物イオン浸透特性が明らかとなった。また、これに基づき腐食が発生するまでの期間を算出したところ、練混ぜ水に海水を用いた場合でも、高炉スラグ微粉末を混和材として使用することにより、より高い耐久性を得られることが試算された。今後は、本研究で得られた結果を実際の環境で検証するとともに、腐食が開始してからの耐久性評価を実施し、練混ぜ水として海水を用いた場合でも耐久的なコンクリートが製造可能な配合、施工方法等を明らかにする必要がある。

使用内訳書

費目	内訳	金額
備品 1	デジタル塩分測定器	362,250

顕彰・助成用

備品2	高速スタンプミル	299,880
消耗品	試薬等	335,279
旅 費	旅費	680
その他	文献複写	1,911
合 計		1,000,000

**記入上の注意：**

備品は、品名ごとに記入。

差額が生じた場合は、消耗品で調整。

消耗品を購入しなかった場合は、経費の差額と補填した予算科目名を合計額の内訳欄に記入。