

海洋環境下におけるシラスコンクリートの長期耐久性に関する基礎的検討

鹿児島大学大学院 学生会員 前園 祐也 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司
 鹿児島大学 非会員 山口 元気 鹿児島大学大学院 正会員 山口 明伸

1. はじめに

既往の研究により、実際の構造物は、海中部から干満帯、海上大気中と連続しており、それぞれの環境がコンクリートへの塩化物イオン浸透性や内部鉄筋の腐食性に相互に影響しているものと考えられる。一方、環境保全の観点から、コンクリート用細骨材の資源不足が問題とされており、鹿児島大学では、鹿児島に広く存在する未利用資源のシラスを細骨材として使用したシラスコンクリートの研究を継続して行っており、その一環として、海洋環境下での耐久性を検討するための長期間の海洋曝露実験を実施している。本研究では、この中で、実構造物を想定し、海中から干満帯、海上大気中に至る状態で設置した大型 RC 供試体を用いて実施している鉄筋腐食モニタリングデータや、この供試体を定期的に引き上げて外観観察やドリルサンプリング等により塩害劣化に関する詳細調査を行って得られたデータをもとに、曝露7.5年時までのものを取りまとめ、シラスコンクリートの長期耐久性能について検討した結果について報告する。

2. 実験概要

大型供試体の要因と水準を表-1に示す。セメントは普通ポルトランドセメント(以下 OPC)および高炉セメント B 種(以下 BB)の2種類を用い、細骨材にはシラスあるいは海砂を使用した。水セメント比(以下 W/C)は50%で一定とした。

大型供試体の概要を図-1に示す。供試体上面から90cm位置がH.W.L、370cm位置がL.W.Lとなるように設置されている。断面は25cm×30cmで、供試体長さを4.6mとすることで1つの供試体で海中部から海上大気中までの海洋環境を考慮できる形状となっている。供試体内部には、D19鉄筋をかぶり2、3、4、5cmの位置にそれぞれ配筋し、さらに、鉄筋の腐食状況を定期的にモニタリングするため、海中部、干満帯および海上大気中に対応する位置に照合電極を埋設した。また、曝露開始から1.5年ごとに供試体を陸上へ引上げ、外観観察を行うほか、非破壊検査として、供試体側面において10cm間隔での鉄筋電位分布の測定、あるいは、腐食ひび割れが生じている位置において、交流インピーダンス法を用いた分極抵抗測定を実施した。また、微破壊検査として、各海洋環境区分位置においてコンクリート微粉末をドリルサンプリングにより採取し、コンクリート中の全塩化物イオン量を測定した。

表-1 要因と水準

要因	細骨材	セメント	水セメント比
大型供試体	海砂	普通ポルトランドセメント (OPC)	50
小型供試体	シラス	高炉セメントB種 (BB)	

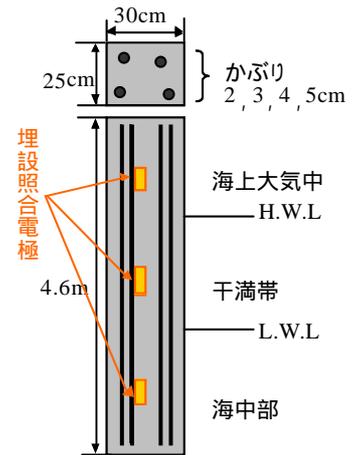


図-1 大型供試体概要

3. 結果および考察

図-2に、かぶり2cmの鉄筋位置のコンクリートで確認されたひび割れ幅の最大値の経時変化を示す。海砂 OPC 供試体では、ひび割れ発生確認後、急激に最大ひび割れ幅が増大し、曝露7.5年時では4.5mmのひび割れ幅が確認された。一方、シラスコンクリートでは最大ひび割れ幅は小さく、曝露7.5年時においてシラス OPC 供試体で0.85mm、シラス BB 供試体で1.4mmであった。このことから、シラスコンクリートはひび割れの進展が抑制されていることが確認された。

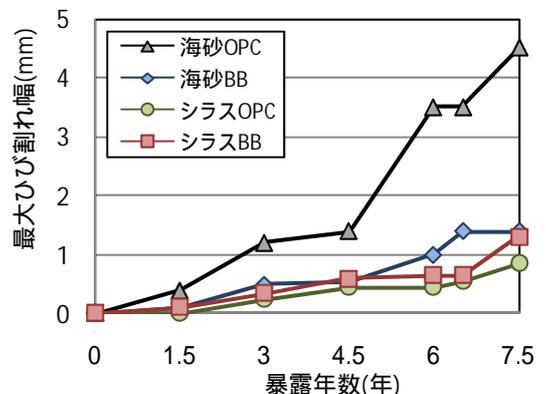


図-2 最大ひび割れ幅

曝露7.5年経過時のかぶり2、3cm位置の鉄筋自然電位および分極抵抗測定結果を図-3に示す。まず、自然電位測定結果に関しては、かぶり2cm位置鉄筋において、シラスBB供試体の一部を除き、全ての供試体で腐食判定値である-350mVを下回っており、

キーワード：シラスコンクリート、塩害、腐食、海洋曝露実験、ひび割れ、自然電位

連絡先：〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学大学院理工学研究所海洋土木工学専攻 TEL099-285-8480

内部鉄筋は既に全域で腐食していることが示唆された。また、いずれの供試体ともかぶり 2cm 鉄筋位置の上面から 135 ~ 145cm の位置で電位の大きな低下が確認されたが、この位置では全ての供試体において、腐食ひび割れの発生が認められた。かぶり 3cm 位置鉄筋の自然電位については、シラスコンクリートは曝露 7.5 年経過後も腐食判定値より貴な値を示し、内部鉄筋は健全であると予想された。また、かぶり 4, 5cm 位置鉄筋についてもかぶり 3cm と同様の傾向が得られた。一方、分極抵抗についても、いずれの鉄筋も自然電位測定結果とほぼ同様の傾向を示したことから、シラスコンクリートは鉄筋の腐食開始および進展を抑制していると推察された。

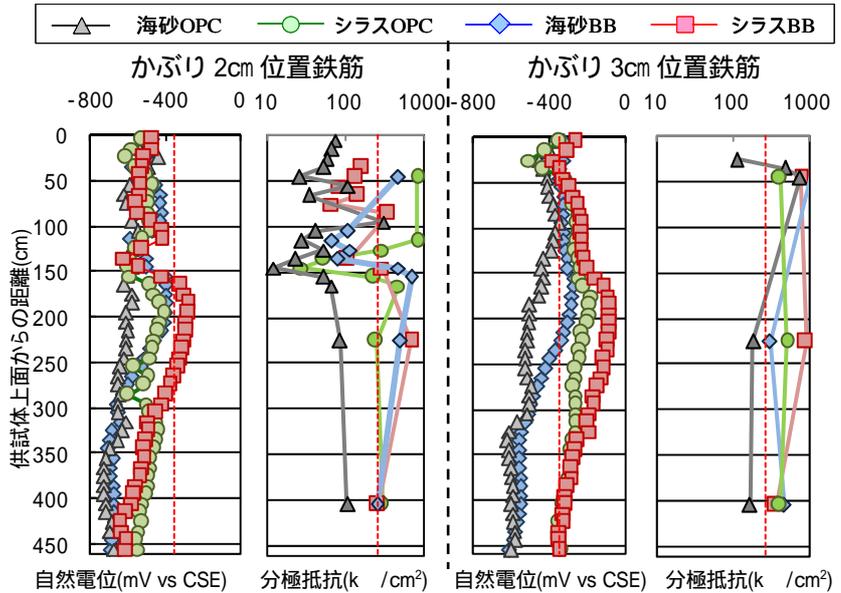


図 - 3 自然電位・分極抵抗測定結果(曝露 7.5 年)

図 - 4 には干満帯部分における全塩化物イオン濃度の測定結果を示す。海砂 OPC 供試体に関しては、深さ 4.5cm の位置まで腐食発生限界量である 1.2kg/m^3 を超える量の塩化物イオンが侵入していた。一方、シラス OPC は深さ 3.5cm 以降、シラス BB は深さ 2.5cm 以降で塩分の浸透が殆ど認められず、海砂 BB 以上の塩分浸透抑制効果を有することが確認された。図 - 5 にかぶり 2 cm 位置鉄筋の分極抵抗値より算出した推定腐食量を経時変化で示す。推定腐食量による腐食ひび割れ発生年数は海砂 OPC で 1.9 年、海砂 BB で 2.7 年、シラス OPC で 3.8 年、シラス BB で 3.5 年となったのに対し、実際に観測されたひび割れ発生年数は海砂 OPC で 1.5 年、その他の供試体は 3 年であった。いずれの供試体においても、予測結果と実際にひび割れが開始した時期は概ね一致する結果であると考えられる。図 - 6 に最大ひび割れ幅と分極抵抗から推定した鉄筋腐食量の関係を示す。供試体種類による大きな差異は認められず、多少のばらつきは確認されたものの、概ね直線上に位置していることから、分極抵抗値から算出した推定腐食量と実際のひび割れ幅に相関性が認められた。このことから、分極抵抗から算出した推定腐食量はある程度の妥当があると推察された。

4. まとめ

7.5 年間の曝露された大型 RC 供試体の調査結果より、シラスを細骨材に用いたシラスコンクリートは高い塩害抵抗性を有していることが確認された。また、分極抵抗値を用いて、鉄筋の腐食量の推定が可能であることが示唆され、今後、劣化予測のパラメータとして組み込むことで、より正確な予測システムを構築することが可能であると考えられた。

参考文献：1) 壽祐太郎ほか：長期モニタリングによる海洋コンクリート構造物の塩害耐久性評価、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集，第 11 巻，pp.135-140，2011.10

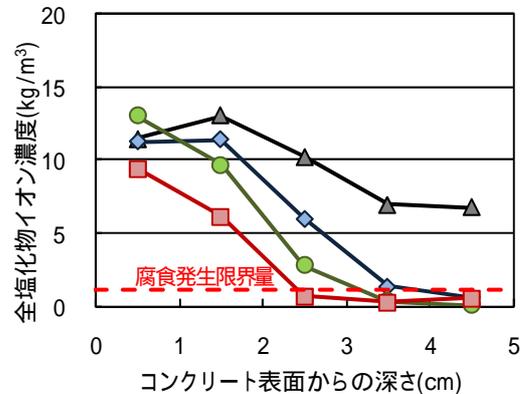


図 - 4 全塩化物イオン濃度分布

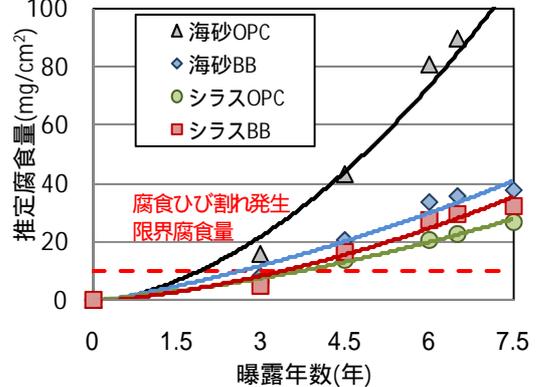


図 - 5 推定腐食量

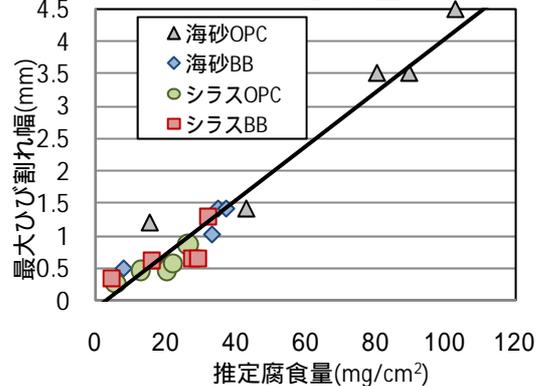


図 - 6 最大ひび割れ幅と推定腐食量