

海洋環境下に曝露したシラスを細骨材としたコンクリートの塩害抵抗性に関する基礎的研究

鹿児島大学 学生会員 壽 祐太郎
 鹿児島大学大学院 学生会員 中島 正志
 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司
 鹿児島大学大学院 正会員 山口 明伸

1. はじめに

著者らは南九州一帯に分布するシラスを細骨材として使用するコンクリート（以下、シラスコンクリートと称す）の開発とその実用化への取り組みを進めており、これまでの実験的検討の結果、シラスコンクリートは通常のコンクリートと比較して、高い塩害抵抗性を有していることを確認している¹⁾。本報告では曝露後1年を経過した普通砂とシラスを混合使用したコンクリート（以下、シラス混合コンクリートと称す）の塩害抵抗性に関する調査結果を報告する。

2. 実験概要

供試体の要因と水準を表-1に示す。セメントに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種類を使用した。細骨材には、シラス、普通砂（鹿児島県産海砂）、およびそれらを重量比1:1で混合した混合砂、の3種類を使用し、以下それぞれの細骨材としたコンクリートを「シラスコンクリート」、「普通砂コンクリート」、「シラス混合コンクリート」と称している。なお、海砂については、予め十分に洗浄・除塩されていることを確認している。また、シラスコンクリートには混和剤として高性能 AE 減水剤を使用し、シラス混合コンクリートと海砂コンクリートの混和剤には AE 減水剤を使用している。水セメント比は各コンクリートとも、40、50、60%の3水準とし、圧縮強度および弾性係数試験用（10×20cm）、引張強度試験用（15×20cm）、塩化物イオン浸透量測定用（15×15×15cm）の供試体を作製した（配合については既往の文献参照¹⁾）。作製した供試体は、28日間の水中養生の後、所定の環境で曝露を開始した。曝露環境は鹿児島湾内の、海上大気中、干満帯、海中部の3種類の海洋環境である。なお、塩化物イオン量測定用の供試体は、事前に試験面以外をエポキシ樹脂で被覆し、塩化物イオンの浸透を一面に限定して曝露している。

所定の曝露期間経過後には、各コンクリートの圧縮強度、引張強度、弾性係数、塩化物イオン浸透量等を測定し、耐久性の検討を行っている。このうち、本稿では、それぞれのコンクリートの曝露1年経過後における塩化物イオンの浸透状況について比較検討した結果を示す。なお、塩化物イオン量の測定は、図-1に示すように、浸透面から5cmのコアを乾式で採取し、1cmごとにスライスした後に JCI SC4 に基づいた測定を行った。

3. 結果および考察

一例として図-2には、水セメント比60%のコンクリートについて、曝露1年経過後における内部の全塩化物イオン濃度分布を海洋環境毎にとりまとめて示す。海上大気中では、曝露された全てのコンクリートで、表面から2cm以深への塩化物イオンの侵入はほとんど確認されなかったが、干満帯、海中部では最大で4cm程度まで浸透しており、環境の違いにより塩分浸透量が大きく異なっていた。また、コンクリート種類の違いについてみると、特に干満帯や海中部等の厳しい環境下において、海砂コンクリートと比較してシラスを細骨材として全部あるいは一部置換して用いたコンクリートが高い塩分浸透抑制効果を有していることが認

表-1 要因と水準

細骨材	セメント	混和剤	水セメント比
普通砂	OPC	AE減水剤	40%
	BB		50%
シラス	OPC	高性能AE減水剤	60%
混合砂	OPC	AE減水剤	

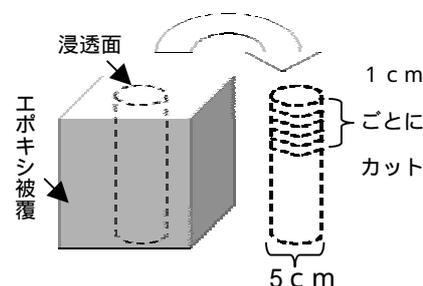


図-1 塩化物イオン量測定用供試体

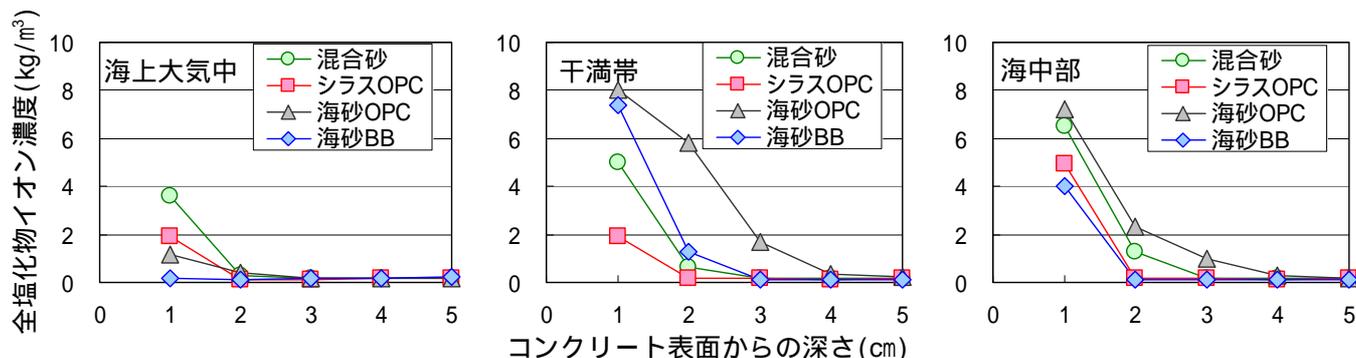


図-2 塩化物イオン濃度分布(W/C60%、曝露1年)

められる。ただし、全細骨材をシラスとしたシラスコンクリートに比べて、細骨材の半分をシラスとしている混合砂コンクリートの塩分浸透抑制効果は小さくなっており、その効果がシラスの使用量に影響されることが分かる。

1年間、干満帯および海中部で曝露されたコンクリート中の塩化物イオン浸透状況をもとに、表面塩化物イオン量 C_0 ならびに見掛けの塩化物イオン拡散係数 D を推定した結果を取りまとめて表-2に示す。また、得られた見掛けの塩化物イオン拡散係数と水セメント比の関係を図-3に示す。海砂OPCおよび海砂BBは、示方書における近似曲線とほぼ一致する結果となっているが、シラスコンクリートの場合は、それらの曲線よりもさらに小さくなる傾向を示した。また、細骨材の半分程度をシラスで置き換えたシラス混合コンクリートの場合でも、高炉セメントB種を使用した場合と同等程度の塩分浸透抑制効果が期待できることが明らかとなった。

表-2 表面塩化物イオン量 C_0 と塩化物イオン拡散係数 D

水セメント比	供試体名	(干満帯)		(海中部)	
		C_0 (kg/m ³)	D (cm ² /year)	C_0 (kg/m ³)	D (cm ² /year)
40%	混合砂	8.27	0.32	12.01	0.32
	シラスOPC	0.75	2.14	1.72	0.66
	海砂OPC	22.61	0.85	25.52	1.14
	海砂BB	61.34	0.22	64.81	0.10
50%	混合砂	12.40	0.35	10.36	0.47
	シラスOPC	9.64	0.32	29.69	0.25
	海砂OPC	8.35	2.43	13.49	2.08
	海砂BB	17.13	0.44	24.63	0.54
60%	混合砂	17.27	0.44	17.28	0.63
	シラスOPC	9.08	0.32	38.57	0.21
	海砂OPC	13.04	2.37	14.25	1.10
	海砂BB	21.10	0.57	8.67	0.63

塗りつぶし箇所は曝露3年目の結果

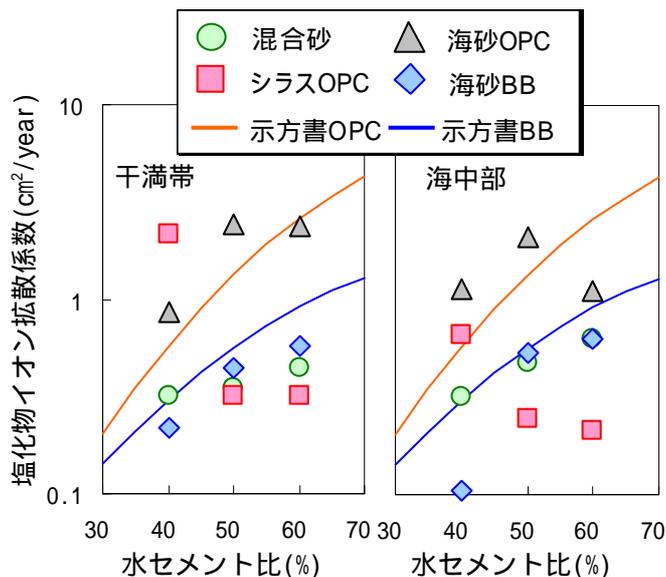


図-3 塩化物イオン拡散係数

4. まとめ

今回の曝露試験の結果から、シラスを細骨材として使用したコンクリートは、高い遮塩性を有していることが改めて確認された。ただし、その効果は、細骨材におけるシラスの混入割合に応じて異なるが、細骨材の半分をシラスと置換した場合でも、セメントB種を使用した場合と同等程度の塩分浸透抑制効果が期待できることが明らかとなった。

謝辞) 本研究は国土交通省九州地方整備局鹿児島港湾空港整備事務所からの委託研究により実施したものである。関係者各位に謝意を表す。

参考文献

- 2005年制定 シラスを細骨材として用いるコンクリートの設計施工マニュアル(案), 鹿児島県土木部
- 中崎豪士ほか: 海洋曝露されたシラスコンクリートの基礎的物性, 土木学会西部支部研究発表会 p777-778, 2007