

シラスを細骨材の一部としたシラス混合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 ○伊東 佑将 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司
鹿児島大学大学院 学生会員 壽 祐太朗 鹿児島大学大学院 正会員 山口 明伸

1. はじめに

鹿児島県が平成 18 年に発刊した「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）」で対象とされているコンクリートは、細骨材を全てシラスとした「シラスコンクリート」と細骨材の一部にシラスを用いる「シラス混合コンクリート」の 2 種類である¹⁾。これまでの著者らの検討により、シラスコンクリートが高い塩害抵抗性を有していることは確認しているが、シラス混合コンクリートに関しては未だ十分な検証がされていなかった²⁾。そこで本研究では、シラス混合コンクリートを海洋環境に暴露した 3 年間の調査データに基づき、シラス混合コンクリートの塩害抵抗性について実験的に検証した。

2. 実験概要

表-1 にコンクリートの使用材料および配合の要因と水準を、検討の対象としたコンクリートの示方配合を表-2 に示す。使用材料としては、セメントとして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、細骨材には、シラス（鹿児島県産、密度 2.15g/cm³）、普通砂（鹿児島県産海砂、密度 2.48 g/cm³）、およびそれらを体積比 1:1 で混合した混合砂、の 3 種類を使用した。以下、それぞれのセメントおよび細骨材を組み合わせ使用したコンクリートを「シラス OPC」、「普通砂 OPC」、「普通砂 BB」、「混合砂 OPC」と称する。なお、普通砂については、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 OPC には混和剤として高性能 AE 減水剤を使用し、混合砂 OPC、普通砂 OPC および普通砂 BB 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（φ 10×20cm）、引張強度試験用（φ 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。作製した供試体は、28 日間の水中養生の後、所定の環境で暴露を開始した。暴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暴露している。

所定の暴露期間経過後に、各コンクリートの圧縮強度、引張強度、静弾性係数、塩化物イオン量等を測定し、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暴露 3 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。

所定の暴露期間経過後に、各コンクリートの圧縮強度、引張強度、静弾性係数、塩化物イオン量等を測定し、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暴露 3 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。

3. 結果および考察

図-1 に一例として、水セメント比 60% のコンクリートについて、暴露 3 年経過後における内部の全塩化物イオン濃度分布を暴露環境毎にとりまとめて示す。海上大気中では、暴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、海中部ではコンクリート表面か

表-1 要因と水準

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

表-2 示方配合

セメント	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							スラン プ (cm)	空気量 (%)
			W	C	S		G	AE 減水剤	AE 調整剤		
					海砂	シラス					
混合砂 OPC	40	37.5	195	488	286	250	999	1.65%	0.0000%	8.0	3.5
	50	38.5	191	382	310	270	1048	1.55%	0.0000%	10.0	3.5
	60	39.5	191	318	330	288	1051	1.48%	0.0000%	9.5	5.2
シラス OPC	40	32.0	212	530	—	408	1036	0.75%	0.0008%	11.0	3.4
	50	34.0	212	424	—	458	1064	0.75%	0.0010%	9.0	4.6
	60	35.0	212	353	—	489	1087	0.75%	0.0012%	10.5	4.6
普通砂 OPC	40	41.5	175	438	660	—	994	0.30%	0.0020%	11.0	3.4
	50	42.5	176	352	703	—	1017	0.28%	0.0015%	9.0	4.6
	60	44.0	182	303	738	—	1014	0.28%	0.0009%	10.5	4.6
普通砂 BB	40	41.0	171	428	654	—	1006	0.28%	0.0028%	8.0	3.1
	50	42.0	173	346	698	—	1027	0.24%	0.0015%	12.0	3.6
	60	44.0	180	300	738	—	1004	0.25%	0.0017%	12.0	4.1

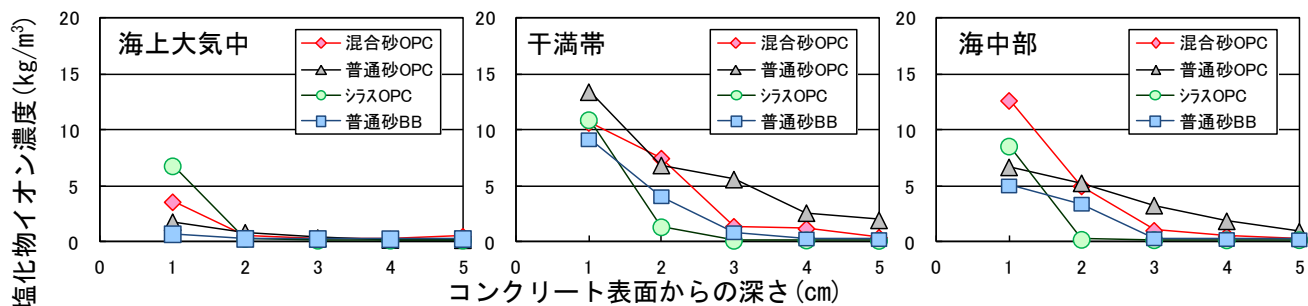


図-1 塩化物イオン濃度分布 (W/C60%、暴露 3 年)

ら 5cm の位置でも塩分の浸透が確認された供試体もあり、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、シラス OPC は、普通砂 OPC と比較し高い塩分浸透抑制効果を有し、普通砂 BB と比較しても同程度であった。一方、混合砂 OPC についても、シラス OPC ほどの遮塩性は無いものの、細骨材の半分をシラスに置換したことによる遮塩効果が明確に発揮されていることが分かる。

図-1 の結果を基に、暴露 3 年後における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。推定結果を取りまとめて表-2 に示す。なお、W/C50%における普通砂 OPC、BB に関しては、供試体が損失しデータが取れなかったため、除外している。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-2 に示す。土木学会標準示方書による拡散係数推定式も併せて示した。普通砂 OPC は、示方書の値とほぼ一致する結果となっているが、普通砂 BB は示方書の値よりもやや小さな値となっていた。シラス OPC の場合は、普通砂 BB の値よりも更に小さくなる傾向を示し、混合砂 OPC についても、普通砂 BB 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。

4. まとめ

3 年間の実環境における暴露試験を行った結果、細骨材の一部をシラスに置換して使用したシラス混合コンクリートにおいても、普通砂単独使用の場合に比べ長期的に高い遮塩性を発揮することを確認した。その効果は、シラスの混入割合に応じて異なると考えられるが、細骨材の半分をシラスと置換した場合、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を得られる結果となった。

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。関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 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
- 2) 武若耕司: 九州地区で検討中のコンクリート用細骨材の代替素材について—シラスの利用を中心として—コンクリート工学, vol.48, No.1, pp.73-79, 2010

表-3 表面塩化物イオン量 C_0 と塩化物イオン拡散係数 D

W/C	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 OPC	11.34	0.21	30.59	0.14
	シラス OPC	73.68	0.08	54.12	0.09
	普通砂 OPC	16.91	0.76	19.13	1.32
	普通砂 BB	53.36	0.12	1.64	0.10
50%	混合砂 OPC	35.01	0.27	24.14	0.41
	シラス OPC	51.51	0.10	50.06	0.18
	普通砂 OPC	12.22	1.64	—	—
	普通砂 BB	19.71	0.32	—	—
60%	混合砂 OPC	17.38	0.76	24.15	0.41
	シラス OPC	37.03	0.15	65.98	0.07
	普通砂 OPC	17.87	1.26	9.16	1.73
	普通砂 BB	17.20	0.44	8.67	0.63

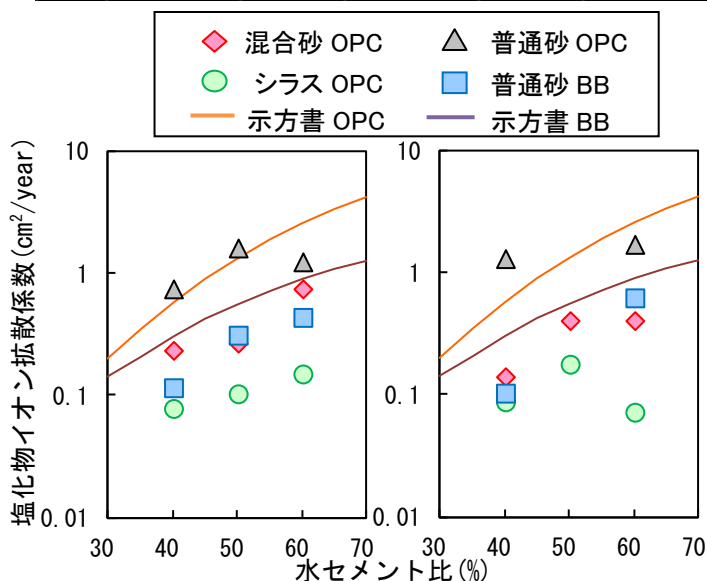


図-2 塩化物イオン拡散係数