

シラスを細骨材として用いた海水練りコンクリート中铁筋の腐食特性について

鹿児島大学 学生会員 ○篠原康太郎, 矢野智大, 川崎奈穂, 藤本裕二
正会員 審良善和, 山口明伸, 小池賢太郎

1. はじめに

離島をはじめとする真水の確保が厳しい地域では、コンクリートの練混ぜ水を供給することが困難であることから、練混ぜ水に海水を用いることが望まれている。しかし、海水を練混ぜ水として用いたコンクリート（以下、海水練りコンクリート）はコンクリート中に鉄筋を埋設した場合、塩害による鉄筋腐食の恐れがある。そこで、本研究では、既往の研究より塩害対策として有効なシラスを細骨材として用いることで、塩害抵抗性に優れた海水練りコンクリートの開発を目指し、シラスを細骨材として用いた海水練りコンクリートの腐食特性を明確にすることを目的に実験的検討を行った。

2. 実験概要

2.1. 供試体

表-1 に供試体配合を示す。セメントとして普通ポルトランドセメント、細骨材として普通砂（海砂または川砂）および横川産シラスを、練混ぜ水として海水（鹿児島湾内）および水道水を使用した。表-2 に細骨材の密度および吸水率を示す。水セメント比は 50% とした。目標スランプ値を 10 ± 2.5 cm、目標空気量を 4 ± 1.5 % となるように混和剤を用いて調整した。打設に使用した海水のイオン量を表-3 に示す。シラスと普通砂の海水のイオン量は若干異なるが、これは採取日が違うためであり、イオン量は概ね同程度と考えている。

2.2. 圧縮強度試験

「JIS A 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法」に準拠し試験を実施した。供試体形状は $\phi 100 \times 200$ mm の円柱供試体とした。また、打ち込み後、28 日間の封かん養生を行い、その後は 3mass% の人工海水中に養生した。圧縮強度試験は、材齢 7, 28, 91 日に実施した。

2.3. 屋外暴露試験

供試体形状は図-1 に示す $100 \times 100 \times 100$ mm の角柱供試体とした。供試体中央に $\phi 16 \times 100$ mm の黒皮を除去した丸鋼を設置し、供試体中央部 50mm が試験面となるように鉄筋両端をおよび供試体上下面をエポキシ樹脂で被覆した。供試体の作製方法としては、打込み方向の違いも検討するため、鉄筋に対して垂直（横打ち）と平行（縦打ち）の 2 方向で打設した。養生方法は封かん養生とし、養生 28 日後、海上大気中、干満帯、室内の 3 環境に暴露した。暴露後は、鉄筋の腐食状態が定常となることを確認するため、定期的に自然電位を測定した。また、腐食状態が定常となった供試体に対し、直線分極試験を行った。なお、直線分極試験は、電位制御として、自然電位から 300mV 程度、アノード側およびカソード側にそれぞれ分極させた。掃引速度は 20mV/min である。

3. 結果および考察

3.1. 圧縮強度試験

図-2 に圧縮強度の経時変化を示す。初期強

表-3 海水のイオン量

打設に用いた海水	単位 (mg/L)				
	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻
シラス	9521	322	1068	310	15029
普通砂	9797	328	1094	425	15500

表-2 細骨材の密度, 吸水率

	密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)
海砂	2.56	1.80
川砂	2.65	1.76
シラス	2.23	8.10

表-1 供試体配合

供試体種類	細骨材種類	W/C (%)	s/a (%)	単体量 (kg/m ³)				AE減水剤 (l/m ³)	高性能AE減水剤 (l/m ³)	消泡剤 (g/m ³)	AE剤 (ml/m ³)
				W	C	S	G				
海水-普通砂	海砂	50	44	175	350	759	993	3.15		28.00	
海水-シラス	シラス	50	35	198	396	497	1088		4.75		3.96
水道水-普通砂	川砂	50	44	175	350	786	993	0.70			10.50
水道水-シラス	シラス	50	35	198	396	492	1088		3.80		7.92

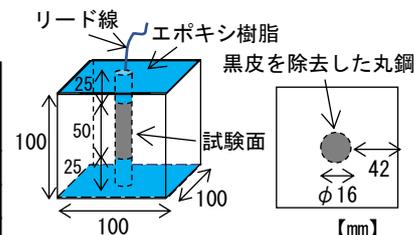


図-1 供試体形状

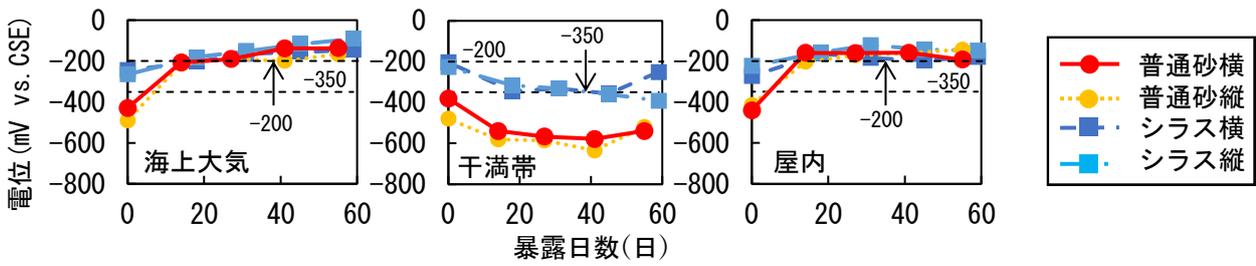


図-3 自然電位結果

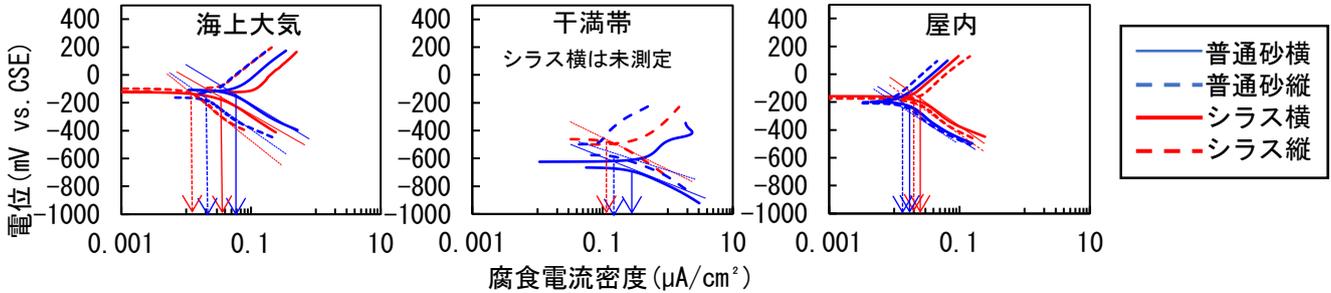


図-4 直線分極試験結果

度は細骨材の種類に関係なく、海水練りのほうが大きくなった。これは、アルカリ量の増加による水和促進が考えられる。一方で、それ以降の強度に関しては、海水練りの場合、強度増進があまり見込めず、材齢 91 日で水道水練りと同等の強度となった。骨材の違いでは、水道水練りの場合、シラスのポズラン反応により強度が増進し、普通砂よりも高い圧縮強度となったが、海水練りの場合は、いずれの材齢も普通砂に比べ若干小さな圧縮強度となることを確認した。

3.2 屋外暴露試験

図-3 に自然電位の経時変化を示す。図中には、ASTM C 876 の自然電位法による腐食判定基準を併せて示す。海上大気、室内では、材料による違いは見られず電位が貴な「90%以上の確率で腐食なし」の範囲で概ね一定の値を示した。一方、干満帯では、普通砂とシラスで電位が大きく異なり、シラスの方が 200mV 程度貴な電位で推移し、「不確定」の判定域にあり、普通砂は「90%以上の確率で腐食あり」の範囲で推移した。このことから、鋼材表面の腐食環境は骨材の種類により異なることが予想される。図-4 に直線分極試験の結果を示す。すべての環境、材料で横打ちの腐食電流密度が大きくなる結果となった。これは、コンクリートの打込み時に、ブリーディングにより生じた鉄筋周りの空隙により腐食しやすい環境になったと推察される。この影響は海上大気中および干満帯が大きく、室内は小さいようである。この原因としては乾燥の影響が考えられる。また、干満帯および海上大気中の腐食速度は普通砂に比べシラスのほうが小さくなった。これは、分極曲線の結果から、シラスのポズランによる pH 低下によるアノード分極抵抗の低下よりも、腐食因子の侵入抑制によるカソード分極抵抗の増大の影響が大きいためであると推察される。いずれにしても、今回の結果では、全ての供試体の腐食速度は最大で $0.1\mu\text{m}/\text{cm}^2$ 程度であり、極めて小さい腐食速度となる。このことから、練混ぜ水に海水を使用した海水練りコンクリートの腐食はあまり大きくないと予想され、特に、シラスを混和することで腐食速度を低減できることを確認した。

4. まとめ

シラスを細骨材として用いた海水練りコンクリートの腐食について検討を行った。その結果、打込み方向に関わらず、海水練りコンクリートの腐食速度は小さく、特に、シラスを細骨材で使用することで腐食速度をより低減できることを確認した。

参考文献: 1) 辻田美帆: 設置環境がコンクリート中鉄筋の分極特性に及ぼす影響, 土木学会全国大会, V 561, 2017.8

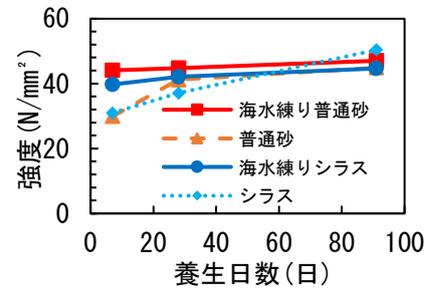


図-2 圧縮強度試験結果