

温泉環境下におけるシラスコンクリートの劣化及び鉄筋腐食に関する実験的検討

鹿児島大学大学院 学生会員 多々良 勇貴 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 鹿児島大学大学院 学生会員 森高 康行

1. はじめに

現在，鹿児島県霧島市の温泉地帯において，丸尾の滝橋が建設中である。この地盤は温泉地特有の 130 にも達する地熱および酸性土壌であり，厳しい腐食環境下である。そのため，本橋脚基礎部には，耐硫酸塩が確認¹⁾されているシラスコンクリートが適用されている。本研究では，この特殊環境におけるコンクリートへの劣化性状および鉄筋の腐食性状を確認するとともに，長期的維持管理の面から，自然電位法によるモニタリングを行い，実験的に検討したものである。

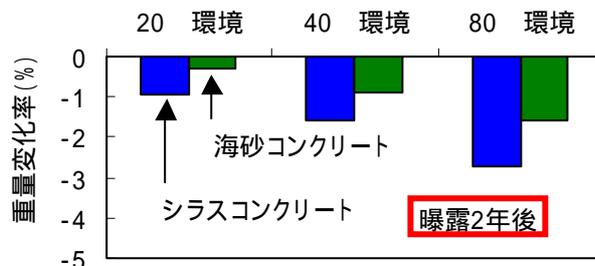
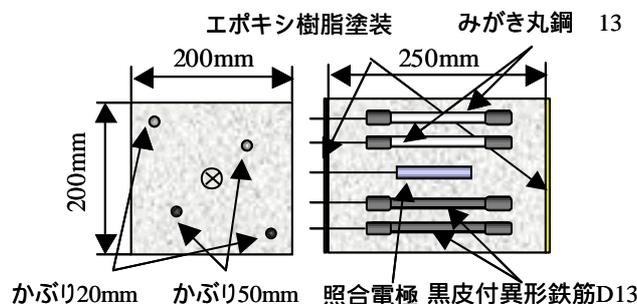
2. 実験概要

作製したコンクリート供試体は，細骨材に鹿児島県横川町産シラス（密度 2.20g/cm³，微粒分率 20.1%）を用いたシラスコン

コンクリートの種類	W/C (%)	s/a (%)	単用量 (kg/m ³)				混和剤 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)
			W	C	S	G			
シラスコンクリート	50	34	195	390	478	1105	0.8	10	3.6
海砂コンクリート	50	41	168	336	707	1045	0.15	10.5	4.5

クリートおよび鹿児島県産海砂（密度 2.55g/cm³）を用いた海砂コンクリートの 2 種類とした。シラスコンクリートでは，セメントとして低熱ポルトランドセメント（密度 3.22g/cm³），混和剤としてポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤を使用し，海砂コンクリートでは，高炉セメント B 種（スラグ置換率 50%，密度 3.05g/cm³）ならびに AE 減水剤を用いた。いずれのコンクリートにおいても，スランプ値 10±2cm，空気量 4.5±1%を目標として，表 - 1

に示す配合で作製した。図 - 1 に示す 200×200×250mm の鉄筋入り供試体には，黒皮付き異形鉄筋（D13）およびみがき丸鋼（13）をかぶり 20，50mm でそれぞれ 2 本ずつ配置し，中央部に鉄筋自然電位測定のため，鉛照合電極を埋設した。その他に，圧縮強度試験用として 100×200mm の円柱供試体ならびに EPMA 面分析による温泉成分の侵入を確認するための 100×100×200mm の角柱供試体，計 3 種類の供試体を作製した。供試体は脱型後，28 日間水中養生を行った後，鹿児島県霧島市にある硫黄泉（pH2.9，硫酸イオン含有量 206.9mg/kg）に全浸せき状態で 2 年間曝露を行った。また，曝露温度はヒーターを用いて 20，40，80 の 3 水準とした。なお，温泉水は 2 週間毎に全て交換した。



3. 実験結果および考察

図 - 2 に示した曝露 2 年を経過した円柱供試体の重量変化率をみると，どの供試体においても曝露温度が高くなるにつれ，重量変化率が大きくなる傾向を示し，シラスコンクリートの方が若干大きい重量減少を示したが，重量減少率自体は小さいものであった。また，コンクリート表面は，コンクリート種類および曝露温度の如何にかかわらず，セメントペーストの溶脱等，表面劣化はみられなかった。

図 - 3 には，曝露前（材齢 79 日），曝露開始 450 日後および 2 年後において，圧縮強度試験を行った結果を示

キーワード：シラスコンクリート，温泉環境，耐久性，鉄筋腐食，自然電位法

連絡先 〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元 1-21-40 工学部海洋土木工学科 TEL 099-285-8480

した。いずれの供試体においても、曝露 450 日後では、曝露前より圧縮強度増加がみられたが、曝露温度が高くなるにつれ、その増加割合は小さかった。曝露 2 年後では、特に 80 環境の海砂コンクリートにおいて、強度低下が顕著となり、曝露前の圧縮強度を下回る結果を示したが、シラスコンクリートでは曝露温度による大きな強度差は認められず、また、いずれの温度においても未だ曝露前の値を上回っていた。

次に、角柱供試体を用いて EPMA 面分析を行い、温泉成分の劣化因子である S (硫黄) のコンクリート内部への侵入深さを測定した。その結果より、コンクリート表面から深さ毎の硫黄濃度分布を求めたものを図 - 4 に示した。曝露 2 年時の結果によると、シラスコンクリートでは深さ 5mm 付近まで、また、海砂コンクリートでは深さ 7mm 程度まで硫黄濃度が高くなっていることが確認された。このことは、温泉環境下にあるコンクリートにおいて外観では著しい劣化は認められない場合でも、温泉成分中の劣化因子はコンクリート中により深くまでの侵入することを示すとともに、シラスコンクリートではその侵入を表面付近で抑制している状況が確認できる。

図 - 5 には、80 環境の鉄筋入り供試体によって測定した鉄筋自然電位の経時変化を示した。この場合の全てのコンクリート中の鉄筋自然電位は曝露後直ちに卑変し、ASTM の腐食判定基準を大きく下回る値を示したことから、厳しい腐食が発生したと予想されたが、供試体を解体して鉄筋の腐食状況を調査したところ、図 - 6 に示すように、僅かな腐食しか確認されなかった。このことから、鉄筋自然電位が卑変した原因は、供試体を高温の温泉水中に全浸せき状態で曝露していることから、コンクリート中が酸素欠乏状態となったことの影響が大きいのではないかと考えられた。また、今後より詳細なデータ収集が必要であるが、今回のような特殊な環境で自然電位法を適用する場合には、その鉄筋腐食判定基準についても検討が必要であると思われる。

なお、今回の実験を通して、高温温泉環境においては、シラスコンクリートが、高炉セメント B 種を用いたコンクリートと比べてより高い耐久性を有していることが、改めて確認された。

謝辞：本研究は長大(株)と実施した共同研究の一部である。関係者各位に謝意を表す。

参考文献:1) 西山理子ら, シラスと普通砂を混合使用したコンクリートの諸性質に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp125-130, 2006.7

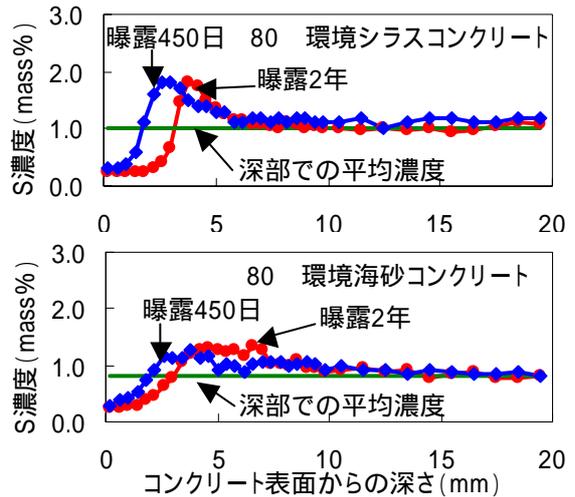
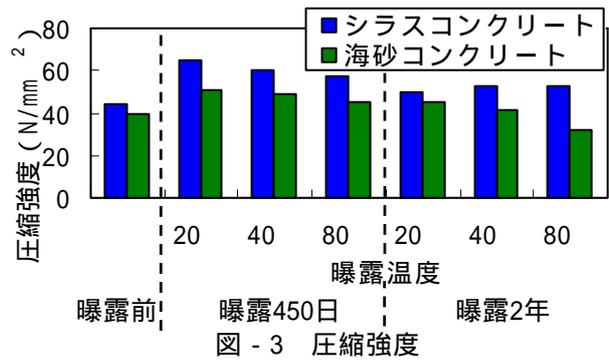


図 - 4 S (硫黄) の深さ毎の濃度曲線

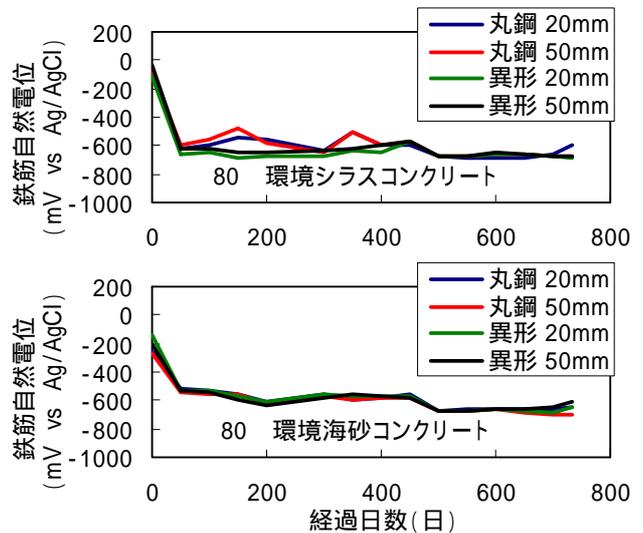


図 - 5 鉄筋自然電位の経時変化

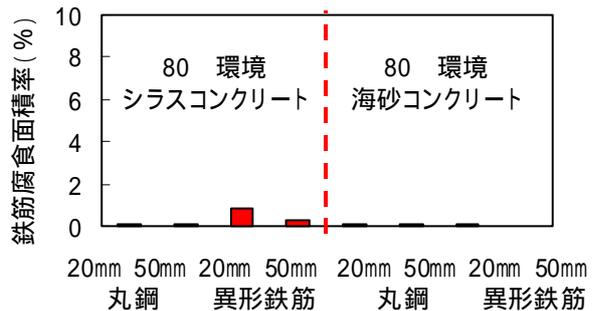


図 - 6 鉄筋腐食面積率 (曝露 2 年後)