

温泉環境下におけるシラスコンクリートの劣化性状とその劣化モニタリングに関する基礎的研究

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 正会員 森高 康行

1. はじめに

現在、鹿児島県では霧島市において、丸尾の滝橋が建設中である。この橋脚基礎部環境は、120℃を越える高温の地熱および酸性土壌となっており、厳しい腐食環境であることから、硫酸塩および高温環境において、良好な耐久性が確認されているシラスコンクリートが使用されている。また、基礎部内には長期的維持管理を目的として、腐食センサが埋設され、劣化のモニタリングが行われている。本研究では、このような特殊環境におけるモニタリング装置の精度および得られるデータの評価基準作成を目的として、実験的検討を行った。

2. 実験概要

本研究で作製したコンクリート供試体は、水セメント比 50%とし丸尾の滝橋橋脚基礎部に使用されている鹿児島県横川町産シラス

コンクリートの種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (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

(密度 2.2g/cm³) を細骨材として用いたシラスコンクリートおよび一般的に当環境で使用される鹿児島県産海砂 (密度 2.55g/cm³) を用いた普通砂コンクリートの 2 種類とした。シラスコンクリートでは低熱セメント (密度 3.22g/cm³) ならびにポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤を使用した。普通砂コンクリートでは高炉セメント B 種 (高炉スラグ置換率 50%, 密度 3.05g/cm³) ならびに AE 減水剤を使用した。いずれのコンクリートも、表 - 1 に示す配合で、スランプ値 11 ± 2cm, 空気量 4.5 ± 0.5% を目標として作製した。なお、以下で示すコンクリート供試体は全てこの配合で作製を行った。

腐食センサを埋設したコンクリート供試体は、図 - 1 に示す位置に腐食センサを設置した。他に、コンクリート表面の劣化性状確認と圧縮強度試験用の 10 × 20cm の円柱供試体、コンクリート内部への温泉成分浸透を検討するための 10 × 10 × 19cm の EPMA 分析用角柱供試体も作製した。これらは脱型後、28 日間水中養生を行い、鹿児島県霧島市の硫黄泉 (pH2.9, 硫酸イオン含有量 206.9mg/kg) に全浸せき曝露を行った。曝露温度はヒーターを用いて 20, 40, 80 の 3 水準に調整し、温泉水は 2 週間毎に全て交換した。

図 - 2 に腐食センサを示す。これは元々塩害環境において塩化物イオン浸透をモニタするために開発されており、塩害環境に関しては所要の精度が確認されているが、本研究で対象とする温泉環境においては定かでない。

3. 実験結果および考察

図 - 3 に腐食センサによるモニタリング結果を示す。シラスコンクリートでは曝露 1070 日、普通砂コンクリートでは曝露 708 日において、5mm 位置鉄線の腐食あるいは破断によると思われる電位差の変化が認められた。コンクリート表面の状況からは、ことから、これらの電位差変化時までには、温泉成分に起因する腐食因子の浸透コンクリート表面 5mm 位置まで到達したものと予想される。なお、同時に曝露している円柱供試体の曝露 3 年までの表面劣化状況からは、コンクリート種類や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の明確な劣化はみられなかった。したがって、腐食センサ 5mm 位置鉄線でみられた破断は、コンクリートの溶脱や

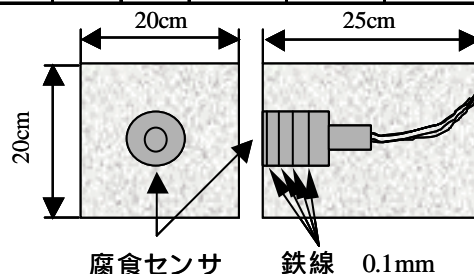


図 - 1 腐食センサ供試体
鉄線かぶり 5, 15, 30, 45mm

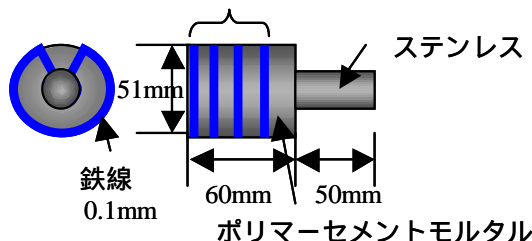


図 - 2 腐食センサ形状

キーワード：シラスコンクリート，温泉環境，モニタリング，腐食センサ，耐久性

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

侵食によるものではないと考えられた。

図 - 4 に、曝露前、曝露 1.2 年、2 年経過時の圧縮強度試験結果を示す。曝露 1.2 年経過時においては、いずれの供試体においても曝露前より圧縮強度の増加がみられたが、曝露温度が上がるにつれ、その増加割合は小さくなる傾向がみられた。曝露 2 年経過すると、普通砂コンクリート供試体では、曝露温度が上がるにつれ、顕著な強度低下が認められ、特に 80 環境では、曝露前の強度を下回る結果となった。対して、シラスコンクリートの曝露 2 年後の圧縮強度は、曝露 1.2 年に比べると低下しているものの、いずれの温度環境でも曝露前の強度を上回っており、普通砂コンクリートに比べても高い強度を示した。

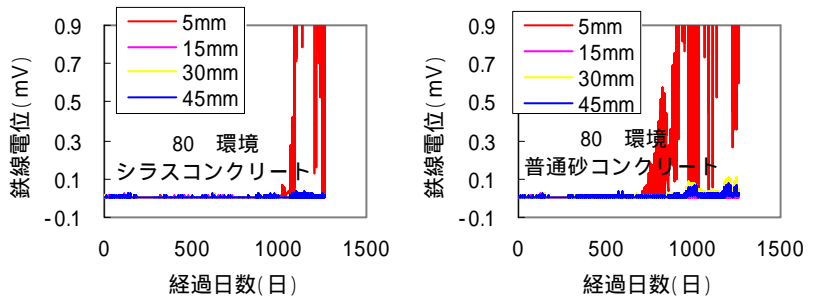


図 - 3 腐食センサ鉄線電位

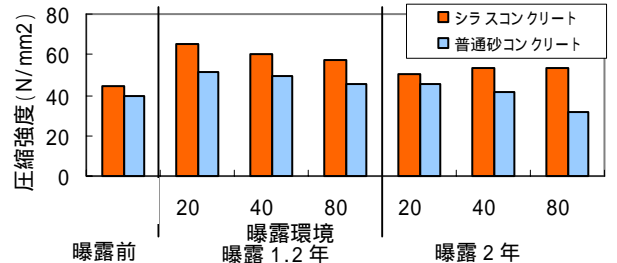


図 - 4 圧縮強度試験結果

図 - 5 には角柱供試体を用いて、EPMA 面分析を行い、温泉成分の一つである硫黄のコンクリート内部の濃度分布を調べた結果の一例として、曝露 1.2 年、2 年、3 年時の 80 環境の供試体における結果を示す。曝露 3 年時では、いずれのコンクリートにおいても、表面から深さ 5~6mm 付近まで硫黄の濃度が著しく低く、図 - 6 に示したカルシウム濃度の低い領域と概ね一致することから、コンクリート組織の溶脱が原因と考えられた。一方、濃度が相対的に高い領域までは、外部から硫黄が浸透していると予想された。ここで、

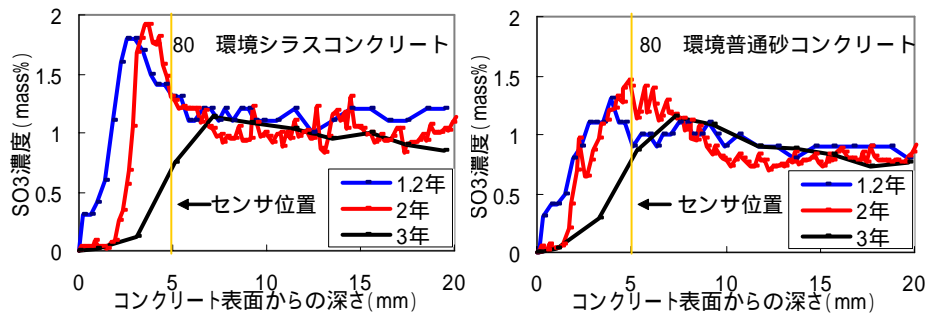


図 - 5 SO₃の濃度分布

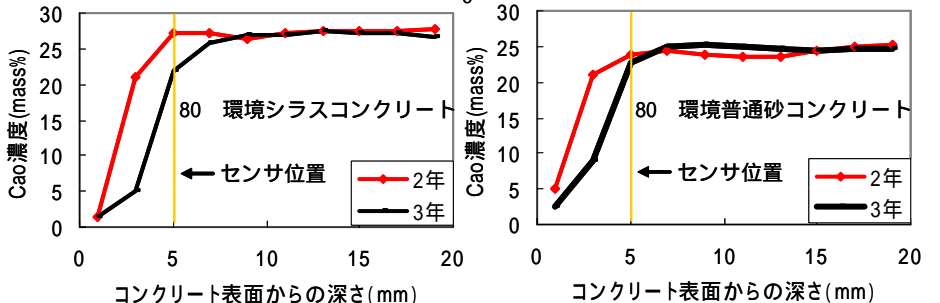


図 - 6 CaOの濃度分布

コンクリート深部での硫黄平均濃度の 1.2 倍以上となる領域を浸透深さと仮定すれば、それぞれの濃度分布からシラスコンクリートでは曝露 3 年経過時に深さ 7mm 弱の位置まで、普通砂コンクリートでは、11mm 程度の位置まで硫黄が浸透しているが見なされた。濃度分布から判定した浸透深さの経時変化を上記の腐食センサによるモニタリング結果と比較した結果を図 - 7 に示す。シラスコンクリートおよび普通砂コンクリートにおいて、腐食センサの 5mm 位置の鉄線破断がそれぞれ曝露開始後 1070 日と 708 日で生じており、そのときの浸透深さが 6~8mm 程度であることから両者は概ね対応している。このことは、腐食センサが、硫黄のような温泉成分中の劣化因子のコンクリート中への浸透状況をモニタでき、その浸透速度を予測するのに有効であることを示すものであると考えられた。

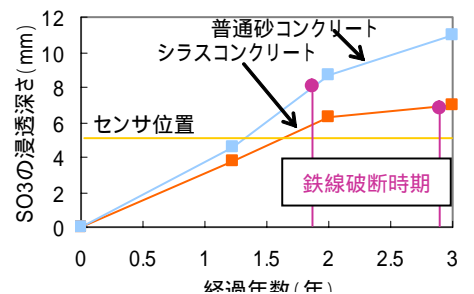


図 - 7 SO₃ 浸透深さの経時変化

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：森高康行、武若耕司、山口明伸、多々良勇貴：温泉環境下に曝露したシラスコンクリート中の劣化モニタリングに関する実験的検討、コンクリート工学年次論文集 Vol.31、No.1、pp.2071-2076、2009.7