

温泉環境下におけるコンクリート中の鋼材腐食性状モニタリングに関する実験的検討

鹿児島大学 学生会員 ○森高 康行
 鹿児島大学 学生会員 松元 淳一

鹿児島大学 正会員 武若 耕司
 鹿児島大学 正会員 山口 明伸

1. はじめに

現在、鹿児島県では、シラスをコンクリート用細骨材として用いたシラスコンクリートを適用した丸尾の滝橋橋脚基礎深礎杭の建設が行われている。丸尾の滝橋は霧島国立公園の温泉地帯に位置し、温泉水の影響とともに、温度も80~120℃と高温であり、コンクリートにとって極めて過酷な環境である。一方、橋脚基礎には、鉄筋の腐食性や温泉成分のコンクリート中への浸透過程を連続的にモニタリングできる照合電極および腐食センサがそれぞれ埋設されているものの、このような特殊環境下では、得られたデータを従来の基準で評価できない可能性も考えられる。そこで本研究は、モニタリング装置の測定精度の確認および得られたデータによる劣化評価基準の作成を目的として、橋脚基礎を模擬した環境にコンクリート供試体を曝露して検討を行うものである。

2. 実験概要

表 - 1 コンクリート配合

実験には、細骨材にシラス(密度2.2g/cm³)を用いたシラスコンクリート、ならびに海砂(密度2.55g/cm³)を用いた海砂コンクリートの2種類を用いた。シラスコンクリートには、低熱ポルトランドセメント、混和剤にポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤を用い、海砂コンクリートには、高炉セメント B 種(スラグ置換率 50%)ならびに AE 減水剤を用いた。いずれのコンクリートも、表 - 1 に示すように、水セメント比 50%, スランプ 10±1cm, 空気量 4.0±0.5%となるよう配合調整した。実験供試体としては測定項目や形状の異なる 4 種類の供試体を作製した。図 - 1 に示す RC 供試体は、内部に黒皮付き異形鉄筋(D13)およびみがき丸鋼(φ13)をそれぞれかぶり 20,

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

エポキシ樹脂塗装 みがき丸鋼 φ13

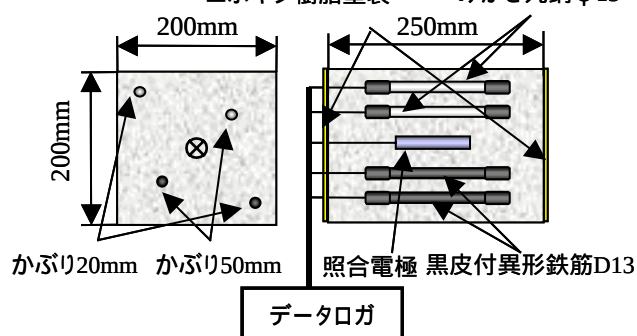


図 - 1 RC 供試体概要

50mm の位置に配筋し、供試体中央部に照合電極を埋設することで、鉄筋自然電位の連続的なモニタリングを目的としている。一方、図 - 2 に示す供試体は、腐食センサを埋設し、コンクリート中への温泉成分侵入過程のモニタリングを目的としている。その他にも、コンクリート中への劣化因子の浸透状況を EPMA などの化学分析によって、把握するための角柱供試体や圧縮強度特性を調査するための円柱供試体も作製した。これら 4 種類の供試体は、硫化物濃度約 3.5ppm, pH 約 3.0 の温泉でそれぞれ温度 20, 40, 80℃に調整した水槽内に曝露し、2 年間の予定で現在も継続中である。なお、温泉水は 2 週間ごとに交換している。ここでは曝露 450 日までの結果について報告する。

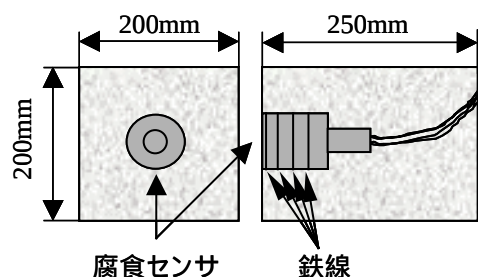


図 - 2 腐食センサ供試体概要

3. 実験結果および考察

図 - 3 に、曝露前と曝露 450 日経過時のコンクリート表面状況を示す。温泉水温度 20℃環境の供試体表面が茶褐色に変色しており、これが温泉成分によるものなのかは定かではないが、少なくとも、コンクリート表面のセメントペースト部の溶出や浸食、あるいは、供試体端部の欠損等の表面劣化は、いずれの種類のコンクリートや曝露環境にお

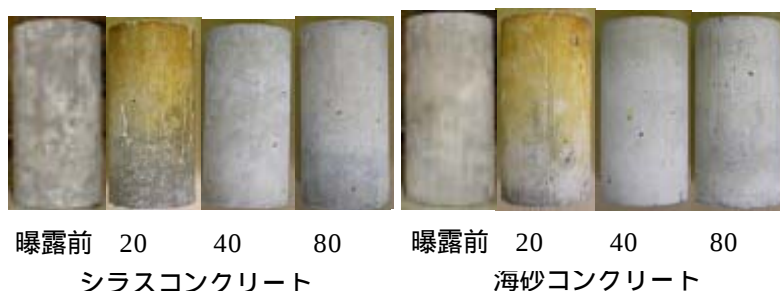


図 - 3 表面劣化性状(曝露 450 日後)

いても認められなかった．図 - 4 に，シラスあるいは海砂コンクリートの曝露開始から 450 日経過後における圧縮強度試験結果を曝露環境ごとに取りまとめて示す．なお，曝露開始前の試験結果についても併せて示した．いずれのコンクリートおよび曝露環境においても，圧縮強度は曝露開始前より大きくなる傾向が認められたが，曝露環境の違いでは，温泉水温度が上昇するに従って，強度は若干ではあるが減少する傾向にあった．また，全ての環境において海砂コンクリートよりシラスコンクリートの方が圧縮強度が大きく，温泉環境においても海洋環境下と同様に，シラスコンクリートには長期品質の向上が期待できると考えられた¹⁾．図 - 5 は，80 の曝露環境に浸漬した供試体に埋設した腐食センサのかぶり 5mm 位置の鉄線において，温泉成分の浸透をモニタリングした結果である．温泉成分が鉄線位置(深さ 5, 15, 30, 45mm)にまで浸透すると，鉄線の電位の急変が起こり，鉄線が腐食することにより劣化因子の浸透深さを電氣的に感知するシステムであるが，いずれのコンクリートにおいても現在までのところ，かぶりの最も浅い 5mm でさえ，劣化因子の浸透による鉄線腐食は確認できていない．次に，

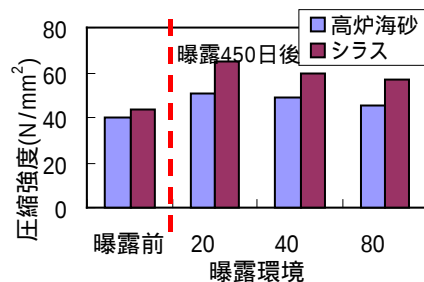


図 - 4 圧縮強度試験結果

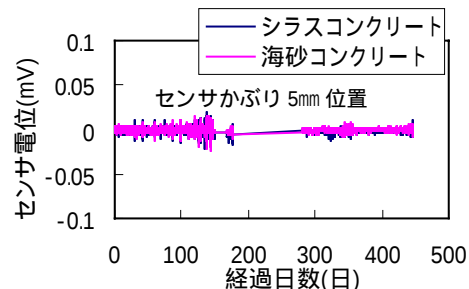
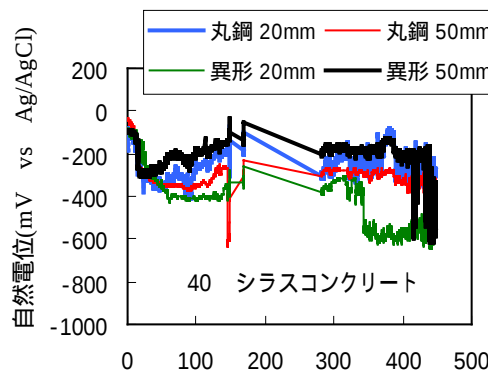
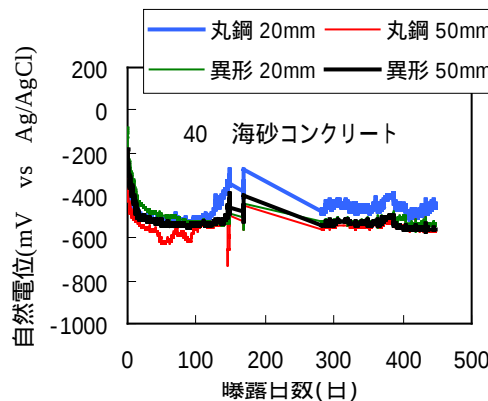


図 - 5 腐食センサ結果

曝露温度 40 あるいは 80 におけるシラスコンクリートならびに海砂コンクリート中の鉄筋自然電位の経時変化を図 - 6 に示した．40 に曝露したシラスコンクリート中の鉄筋の自然電位は，曝露開始から腐食発生の目安とされている



-230mV(vsAg/AgCl 以下同様)付近を推移し，曝露 300 日以降にかぶり 20mm の異形鉄筋，また 400 日以降にかぶり 50mm の異形鉄筋の自然電位が急激に卑変する傾向が認められ，鉄筋の腐食が予想された．一方，80 の場合には，コンクリート種類や鉄筋かぶりの如何に関わらず，曝露後直ちに自然電位が



-500mV 以下にまで低下している．

また，40 環境における海砂コンクリートの鉄筋自然

電位も同様な傾向を示している．これらは，通常の判定基準に照らせば，内部鉄筋は極めて厳しい腐食にあると推定される．そこで，曝露 450 日後に供試体を解体し，内部鉄筋の腐食状況を調査した．その結果を図 - 7 に示す．シラスコンクリート中の鉄筋腐食は，異形鉄筋かぶり 20mm で確認できるものの，その量は微量であり，温泉環境下でも明らかに高い耐久性を持っていることが分かる．しかしながら，鉄筋自然電位の結果とは一致しておらず，評価基準は従来と異なる解釈が必要であると考えられ，酸素消費量やコンクリート抵抗等も考慮して検討を行う必要がある．

謝辞:本研究は長大(株)と実施した共同研究の一部である．関係者各位に感謝する次第である．

[参考文献]1)中崎豪士ほか:海洋暴露されたシラスコンクリートの耐久性に関する基礎的研究，土木学会第 62 回年次学術講演会

p1007-1008, 2007

図 - 6 鉄筋自然電位の経時変化

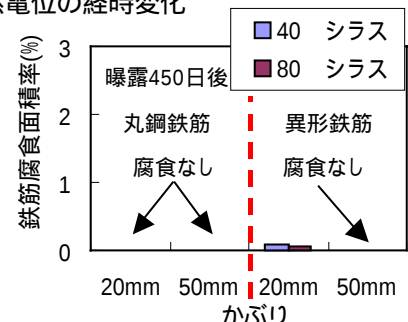


図 - 7 鉄筋腐食面積率