

温泉環境下に曝露したシラスコンクリート中への劣化因子浸透モニタリングに関する実験的検討

鹿児島大学 学生会員 ○多々良 勇貴
 鹿児島大学 学生会員 森高 康行

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、鹿児島県霧島市丸尾地区の温泉地帯において、シラスを細骨材として使用し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」が建設中である。この建設環境では、80~120℃と高温の地熱が確認され、しかも、硫酸イオンを多量に含む酸性土壌であり、コンクリートにとって極めて過酷な環境となるが、深礎杭は地上から20m以上の深さに及ぶことから、供用後に点検などによって劣化状況を確認できない。このため、この杭には、コンクリート中の劣化進行をモニタリングするための腐食センサが取り付けられている。ただし、この腐食センサは、元々、塩害環境において塩化物イオンの浸透をモニタするために開発されたものであり、温泉環境下におけるコンクリートの劣化に対して、どのような情報を提供できるか不確定な部分もある。本研究は、腐食センサを設置したコンクリート供試体を温泉水中に暴露し、センサの挙動と劣化因子の浸透状況の関連を定量的に把握し、センサの測定精度を確認することを目的として実施したものである。

2. 実験概要

表 - 1 コンクリート配合

実験には、シラス（密度2.2g/cm³）を細骨材として用いたシラスコンクリートと海砂（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。また、シラスコンクリートにはセメントとして低熱セメント、混和剤として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 減水剤をそれぞれ用いた。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 11 ± 2cm、空気量 4.0 ± 0.5%となるように配合調整を行った。なお、今回検討したシラスコンクリートは丸尾の滝橋橋脚基礎に使用されたものと同水準のものであり、海砂コンクリートは一般的な橋脚基礎に使用されるものと同水準となるようにした。図 - 1 に腐食センサを埋設した供試体の概要を示す。この腐食センサは塩害モニタリング用に開発されたもので、過去の研究¹⁾において塩化物浸透においては所要の精度が確認されているが、ここでは、コンクリート中への劣化因子の浸透把握などをモニタリングすることを目的としている。この他に、EPMA を用いてコンクリート中への劣化因子の浸透状況を確認するために用いる 10 × 10 × 20cm の角柱供試体および表面劣化性状や圧縮強度特性を調べるための φ 10 × 20cm 円柱供試体も作製した。各供試体は、脱型後 28 日間水中養生した後、硫化物濃度 3.5ppm、pH 約 3.0 の温泉水をそれぞれ 80℃に調整した水槽内に全浸せき状態で曝露した（ただし、円柱供試体については 20 および 40

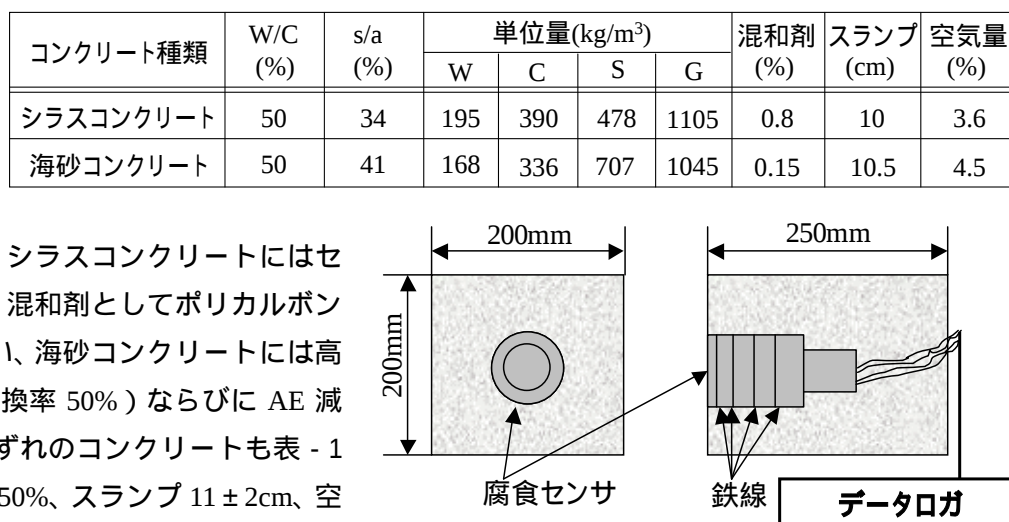


図 - 1 腐食センサ供試体

曝露した。図 - 2 に表面劣化性状（曝露 2 年後）を示す。シラスコンクリートと海砂コンクリートの各 4 試体を、曝露前、20、40、80℃の温泉水にそれぞれ曝露させた。図 - 2 の写真から、シラスコンクリートは曝露 20℃と 40℃で表面劣化が顕著に現れ、80℃では劣化がさらに進んでいる。一方、海砂コンクリートは曝露 20℃と 40℃で劣化がほとんど見られず、80℃でも劣化が顕著に現れていない。これは、シラスコンクリートが酸性土壌に比べて劣化しやすいことを示している。

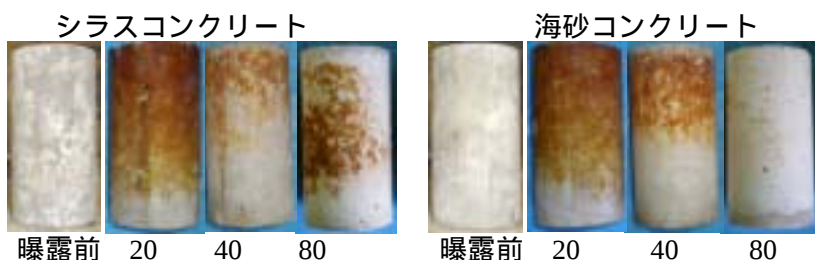


図 - 2 表面劣化性状（曝露 2 年後）

での暴露)。なお温泉水は2週間ごとに交換した。暴露期間は最長2年である。

3. 実験結果および考察

図-2は円柱供試体の曝露前と曝露2年後の表面状況を示す。曝露後の供試体表面には、全ての供試体において、温泉成分の影響と考えられる茶褐色の物質が付着していたが、コンクリート表面のセメントペースト部の溶出や供試体端部における欠損等の表面劣化はコンクリート種類、曝露温度に関わらずみられなかった。

曝露前、曝露450日後および曝露2年後の圧縮強度試験の結果を図-3に示す。曝露450日経過時点では、圧縮強度はいずれの供試体においても曝露開始前より大きかったが、その増加割合は、曝露温度が上がるにつれ小さくなる傾向にあった。また、シラスコンクリートの方がどの温度環境においてもより強度増加が大きいうであった。曝露2年経過時についてみると、海砂コンクリートにおいては、曝露温度が高くなるに従って顕著に圧縮強度が低下する傾向が認められ、80の環境では曝露前の強度を下回る状況となった。一方、シラスコンクリートでは曝露450日の強度に比べると強度低下は認められるものの、温度の違いによる大きな差は生じていない。

図-4には、80環境で曝露を行った腐食センサ埋設供試体において、かぶり5mm位置に配置したセンサ端子(鉄線)のモニタリング結果を示した。なお、このセンサの原理は、何らかの原因でセンサ端子位置(かぶり5mm、15mm、30mm、45mm)にまで劣化が及ぶと、端子自身が腐食破断し、これを電位の変動として読み取ることで、

コンクリートの劣化進行深さを把握するというものである。この結果からも明らかなように、シラスコンクリートにおいては、全ての位置のセンサ端子の電位に未だ大きな変動がみられなかった。これに対し、海砂コンクリートでは、かぶり5mm位置のセンサ端子に、曝露708日経過後から僅かながら電位の変動がみられるようになってきた。ただし、腐食センサ埋設供試体表面には、コンクリートの種類に係わらず、暴露実験2年終了時点でセメントペーストの溶脱現象が認められるものの、その程度は僅かであり、深さ5mmのセンサ端子位置までに及ぶものではなかった。一方、図-5に示す角柱供試体を用いたEPMA面分析結果によると、曝露2年後の80環境供試体では、シラスコンクリートで表面から約3~5mmの深さ位置まで、海砂コンクリートでは表面から約3~7mm深さ位置まで、それぞれ高濃度の硫黄(S)が存在していることが確認された。このことから、腐食センサによるモニタリング結果は、温泉成分の中でもコンクリートの劣化あるいは内部鋼材の腐食に影響の大きい硫黄(S)のコンクリート中への浸透状況をモニタできることが確認できた。

謝辞:本研究は長大(株)との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)武若耕司・山本悟:コンクリート中の塩化物浸透過程非破壊モニタリングシステムの開発研究,コンクリート工学年次論文,Vol123, No.1, 2001, p1183~118

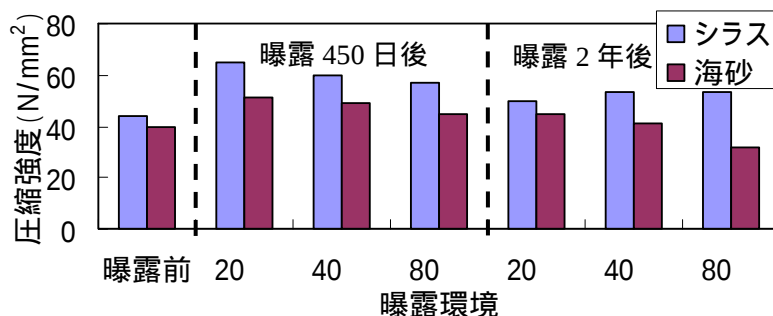


図-3 圧縮強度試験結果

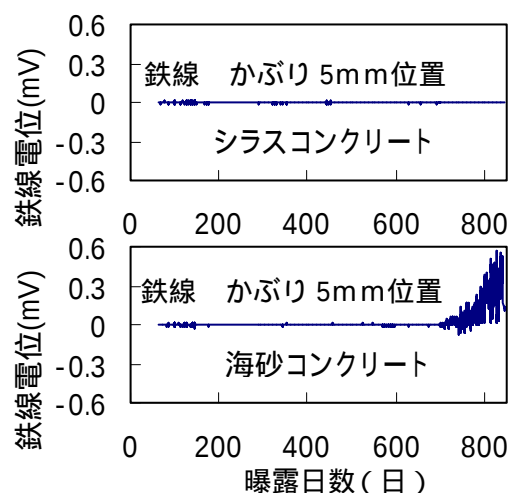
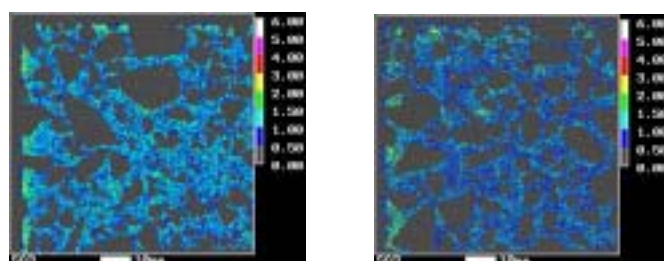


図-4 腐食センサ結果



80 環境シラスコンクリート 80 環境海砂コンクリート

図-5 EPMA 面分析結果 (曝露 2 年後)