

## 登別温泉環境下に曝露したコンクリートの劣化性状に関する一検討

北海道大学 学生会員 住吉 啓介  
 北海道大学 正会員 佐藤 靖彦  
 シビテック(株) 正会員 吉川 明徳

## 1. はじめに

登別温泉内におけるコンクリートの劣化性状を明らかにすることを目的に、劣化外力の異なる複数の箇所コンクリート供試体を長期間曝露した。本論文において、曝露後6ヶ月までの外観調査、化学分析結果について論ずる。



写真1 曝露状況(左:P2,中央:P3,右:P4)

## 2. 実験概要

## 2.1 曝露箇所

登別温泉内で廃温泉水が流れる河川内、間歇泉が湧き出す建屋内及び河川近隣の土中にコンクリート供試体を曝露した。河川内は上流の函渠内と下流側の開水路内の2箇所、間歇泉建屋内は1箇所、土中は酸性土壌中と中性土壌中の2箇所、計5箇所である。これらの箇所をP1、P2、P3、P4、P5と呼ぶ。なお、各箇所コンクリートに対する劣化外力を明らかにするため、地下水及び温泉水成分を、イオンクロマトグラフィーにより分析した。分析結果を以下の表に示す。

河川では、いずれもpHが3程度の強酸性でほぼ同程度の塩化物イオン濃度と硫酸イオン濃度を示した。一方、間歇泉はpHが7の中性で塩化物イオン濃度は約8000mg/lと高い値を示した。

土中では、いずれも70以上の高温で、塩化物イオン濃度も高い値を示した。曝露状況を写真1に示す。

## 2.2 曝露供試体概要

曝露実験に用いた供試体の配合を以下の表に示す。普通ポルトランドセメントを用いた供試体をポルトランド供試体と呼び、ポルトランドセメントの40%を高炉スラグ微粉末で置換したものを高炉スラグ供試体と呼ぶ。供試体の形状は100×100×800mmの角柱である。

## 2.3 試験・分析内容

ポルトランド供試体と高炉スラグ供試体を曝露後1ヶ月、3ヶ月、6ヶ月に回収した。回収後、肉眼及び写

表1 温泉水の成分分析結果

	箇所	温度 [ ]	pH	Cl <sup>-</sup> 濃度 [mg/l]	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 濃度 [mg/l]
1	上流函渠	35	2.8	250	435
2	開水路	35	3.0	462	412
3	間歇泉	20	7.0	7813	206
4	酸性土中	83	3.4	1470	371
5	中性土中	71	6.3	3700	47

表2 コンクリートの配合(1m<sup>3</sup>あたり)

セメント [kg]	水 [kg]	細骨材 [kg]	粗骨材 [kg]	W/C [%]	細骨材率 [%]
297	149	747	1166	50.3	39.4

真によって腐食の程度を観察した。また、フェノールフタレインの塗布によって中性化深さ測定した。さらに、電位差滴定装置によって深さ方向の全塩分量分布を求めた。

## 3. 結果と考察

## 3.1 外観観察

## (1)ポルトランド供試体

曝露供試体の中で最も大きな劣化が見られたのが、箇所P1及びP2に曝露されていたポルトランド供試体である。写真2にP1に曝露されていたポルトランド供試体の劣化状況を示す。劣化は温泉水に浸漬した範囲(10~20cm)に顕著に見られる。3ヶ月6ヶ月では洗い出しにより骨材が露出している。

キーワード : 劣化外力, 中性化深さ, 全塩分量

連絡先 : 〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目 北海道大学工学部 維持管理システム工学研究室 011-706-6220



写真2 ポルトランド供試体の劣化状況



写真3 高炉スラグ供試体の劣化状況

(2)高炉スラグ供試体

写真3にP1に曝した高炉スラグ供試体の劣化状況を示す.劣化が見られたが,その程度はポルトランド供試体ほどではなかった.

3.2 中性化深さ

(1)ポルトランド供試体

P1とP2に1ヶ月曝した供試体においては,河川の流れに対して平行あるいは垂直に接している2面の中性化深さが,他の2面より大きかった.その中性化深さの平均値は,1ヶ月で1mm,3ヶ月で3mm,6ヶ月で2mmであった.6ヶ月曝した供試体は断面の1辺が4mm程減少していた.

(2)高炉スラグ供試体

P1に1ヶ月で2mm,3,6ヶ月で3mm,P2に6ヶ月で2mmの中性化深さを得た.6ヶ月曝した供試体はいずれの箇所も断面の1辺が4mm程断面が減少していた.

3.3 全塩分量

曝した供試体における深さ方向の全塩分量を図1から図3に示す.

河川内に曝したポルトランド供試体と高炉スラグ供試体を比較した図1より,ポルトランド供試体に比べ高炉スラグ供試体の全塩分量がかなり少ないことがわかる.

土中に曝した結果を示す図2より,P5の半分程の塩化物イオンしか含んでいないP4に曝した方が,塩分量が多いことが明らかである.P4は酸性土

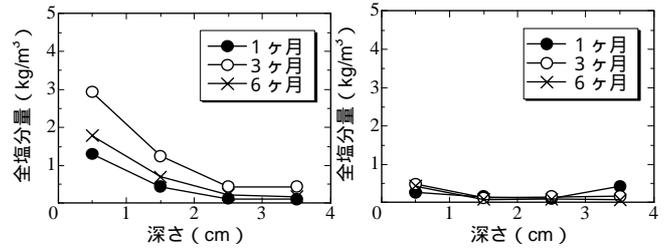


図1 曝露箇所P1ポルトランド供試体(左)と高炉スラグ供試体(右)の塩分量分布

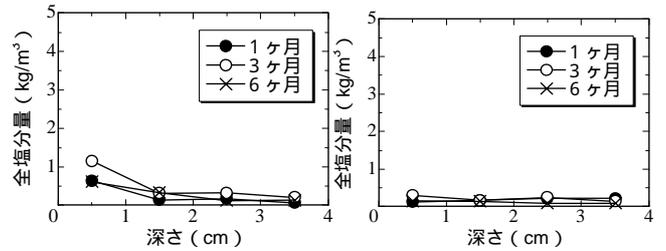


図2 曝露箇所P4ポルトランド供試体(左)と曝露箇所P5ポルトランド供試体(右)の塩分量分布

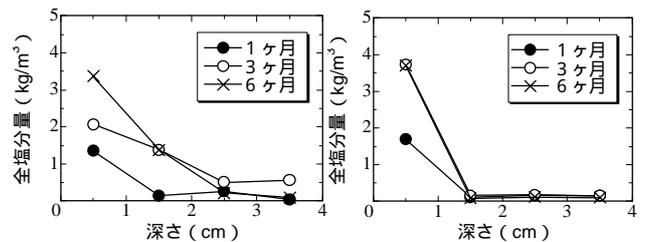


図3 曝露箇所P3のポルトランド供試体(左)と曝露箇所P3の高炉スラグ供試体(右)の塩分量分布

壤であり,P5は中性土壌である.酸による劣化が塩化物イオンの濃縮を引き起こした可能性がある.

間歇泉に曝した結果を示す図3より,高温高湿である曝露箇所P3では,高炉スラグ供試体であっても多量の塩分が浸透することが明らかである.

4.まとめ

- (1)登別温泉環境では酸による化学的侵食と塩害の複合劣化を想定する必要がある.
- (2)温泉水に接するコンクリートの酸性劣化を考える上で,温泉水の酸性度やイオン濃度とともに流水作用の影響を考える必要がある.

参考文献 1)徳光,松下,市原,天野,飯岡,七沢:別府温泉におけるコンクリートの腐食試験,コンクリート工学'78 vol.16 No.11