

生物活性炭吸着池を模擬した曝露実験槽に3年間浸漬したモルタル供試体の変状

シンエイマスター(株) 正会員 ○庭林雄二 非会員 根本徹
首都大学東京大学院 正会員 宇治公隆 正会員 上野敦 正会員 大野健太郎
東京都水道局 非会員 細谷昌平 非会員 佐藤嘉英 非会員 石田直洋

1. 目的

東京都水道局では、より安全でおいしい水の実現のために高度浄水を導入している。高度浄水とは通常の浄水工程に加え、オゾンの強力な酸化力と生物活性炭による吸着機能および微生物による分解作用を活用した浄水処理である。一方、生物活性炭吸着池のコンクリートでは、供用後4年程度でセメントペースト層の消失や粗骨材の露出が確認されており、他の水道施設と比較してコンクリート表層部の早期の脆弱化が報告されている^{1),2)}。高度浄水施設は、他の水道施設と同様に、常に流水と接する水利構造物であることから、セメント水和物の成分溶出が疑われるものの、明確な劣化原因の解明には至っていないのが現状である。本研究では、実施設の生物活性炭吸着池を模擬した曝露実験槽（以下、BAC池模擬槽と記述）を作製し、各種結合材を用いたモルタル供試体の約3年間（1,250日間）の浸漬結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 モルタル供試体

モルタル供試体の使用材料を表-1に、配合を表-2にそれぞれ示す。結合材には、普通ポルトランドセメントおよび低熱ポルトランドセメントの2種類、さらに、普通ポルトランドセメントを高炉スラグ微粉末とフライアッシュでそれぞれ置換した2種類とし、配合は計4配合である。高炉スラグ微粉末およびフライアッシュは、セメント系材料の主要な溶出成分であるCa(OH)₂（以下、CHと記述）量の低減を図る目的で使用した。細骨材にはセメント強さ試験用標準砂を使用し、水結合材比0.33、砂結合材比1.5とし、JIS R 5201「セメントの物理試験方法」に準じて練り混ぜた。供試体は、目視観察用の平板（250×300×50mm）、および質量変化率測定用の円柱供試体（φ50×50mm）の2種類である。モルタル供試体のCH量は、材齢28日における供試体を試料として、示差熱重量同時分析（TG-DTA）で定量した。

2.2 生物活性炭吸着池を模擬した曝露実験槽

作製したBAC池模擬槽の概略を図-1に示す。実施設と同様に、粒状活性炭を敷き詰めた実験槽内にオゾン処理した原水を流速10L/minで流入させ、浸漬したモルタル供試体が常時流水に曝される環境とした。また、写真-1に示すように、実施設で行われる水と空気による活性炭の逆流洗浄についても3～4日の頻度で行った。

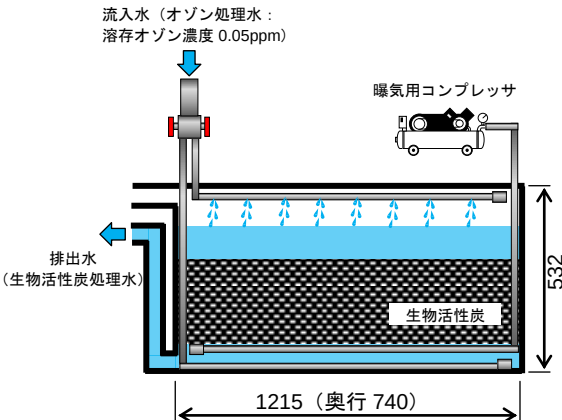


図-1 BAC池模擬槽の概略

表-1 使用材料一覧

材料	記号	種 類	比表面積 (cm ² /g)
結合材	OPC	普通ポルトランドセメント	3190
	LPC	低熱ポルトランドセメント	3380
	BFS4	高炉スラグ微粉末4000	4510
混和材	BFS8	高炉スラグ微粉末8000	8480
	F	フライアッシュⅡ種	4520
	SF	シリカフェューム	100000以上
細骨材	S	セメント物理試験用標準砂	—
混和剤	SP	高性能減水剤(ポリカルボン酸系)	—

表-2 配合概要

配合名	水結合材比	砂結合材比	混和材の置換率	材齢28日 圧縮強度 (N/mm ²)	結合材中の CH量 (mg/g)
OPC	0.33	1.5	置換率0	85.4	20.29
LPC			置換率0	79.8	11.57
B90*			OPC:BFS:Sf=5:88:7	34.3	0.77
F30			OPC:F:Sf=67:30:3	86.0	11.56

*BFSは、BFS4とBFS8を質量比1:1で混合して使用した。

キーワード 高度浄水施設, 生物活性炭吸着池, オゾン接触池, 成分溶出

連絡先 〒183-0053 東京都府中市分梅町 2-32-6 TEL.042-335-1430

2.3 測定項目

供試体の測定項目は、質量変化率および外観目視とした。BAC 池模擬槽の液相の水質分析項目は pH 測定に加え、活性炭に繁殖した微生物の呼吸により生成が予想される遊離炭酸とした。

3. 実験結果

3.1 水質分析結果

図-2 に pH および遊離炭酸の推移を示す。流入水と比較して排出水の遊離炭酸の濃度は 2~3ppm 程度高くなり、pH は 0.2~0.4 程度低下した。夏季や秋季での遊離炭酸の濃度が高い傾向にあることから、生物活性炭吸着池では水温の高い時期に微生物の活動が活発となり、呼吸や代謝によって生成される遊離炭酸の濃度が上昇したと考えられる。



写真-1 逆流洗浄の実施状況

3.2 質量変化率及び外観目視観察結果

図-3 にモルタル供試体の質量変化率を示す。ポルトランドセメントを結合材とした配合 OPC および LPC では、質量減少傾向を示した。CH 量の低減を図った配合に着目すると、配合 B90 では 1250 日経過後においても質量変化率が 0.5%未満であった。一方、配合 F30 ではポルトランドセメント系配合と同程度の質量減少傾向を示した。写真-2 に示すように、平板の外観変状は、ポルトランドセメントを結合材とした配合で、表面が茶褐色に変色しており、表層の軟化、細骨材の露出が確認された。CH 量を低減した配合については、配合 B90 では顕著な表面変状は認められなかった。一方、配合 F30 では表面の軟化や細骨材の露出が確認された。3.1 で示した水質分析結果と合わせてモルタルの変状原因を推察すると、生物活性炭吸着池の環境下では、微生物の代謝で生成された遊離炭酸により、他の水利構造物よりも CH の溶出が進み、セメントペースト層を脆弱化させたと考えられる。

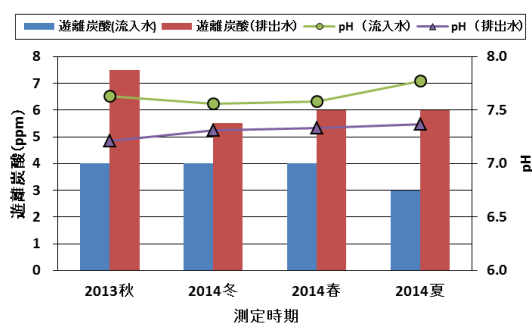


図-2 pH および遊離炭酸

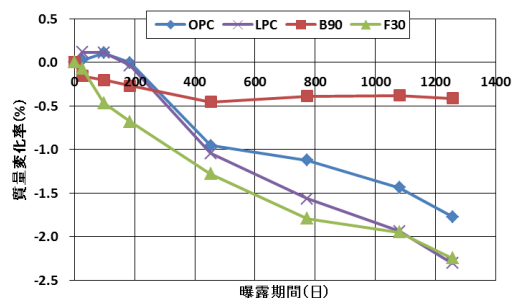


図-3 モルタル供試体の質量変化率

なお、本実験では活性炭の逆流洗浄を行っていることから、遊離炭酸を含む水で脆弱化したセメントペースト層を、逆流洗浄時に流動する活性炭が擦り落としたと考えられる。

4. まとめ

BAC 池模擬槽における水質分析の結果、活性炭内に繁殖した微生物の代謝に起因する遊離炭酸の生成が確認され、これにより他の水利構造物よりも CH が溶出しやすい環境であると考えられる。モルタル供試体の質量変化率および外観変状を確認した結果、CH をほとんど含まない配合 B90 では大きな変状は認められなかった。一方、ポルトランドセメントを結合材とした配合や、CH 量を半減した配合 F30 では成分溶出が大きく、表層部の脆弱化が確認された。したがって、BAC 池模擬槽のように遊離炭酸を含む環境下では、使用する結合材の CH 量に大きく影響を受けることが分かった。

参考文献

- 1) 間々田憲哉, 大野健太郎, 宇治公隆, 細谷昌平: 浄水施設における躯体コンクリートの外観調査および水質調査, コンクリート工学年次大会 2015 (投稿中)
- 2) 大脇英司, 花元隆司, 橋本利明, 岡本礼子: 活性炭を用いた浄水施設のコンクリート劣化, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.18, No.1, pp.903-908, 1996

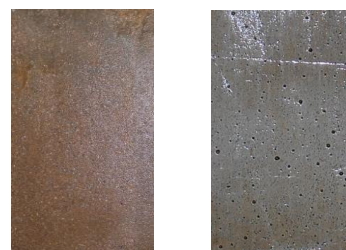


写真-2 モルタル平板の表層
(左: 配合 OPC, 右: 配合 B90)