

高度浄水施設の生物活性炭吸着池に適用する補修用モルタルの 耐摩耗性評価方法に関する基礎的検討

首都大学東京 学生会員 ○石垣 飛翔, 正会員 大野 健太郎, 宇治 公隆, 上野 敦
シンエイマスター 正会員 庭林 雄二
東京都水道局 非会員 浜中 直樹, 高瀬 健太郎, 鈴木 彩加

1. はじめに

高度浄水施設の生物活性炭吸着池（BAC 池と称す）の躯体コンクリート表層部では、セメントペースト相の消失や石灰石骨材の溶解が確認され、通常の浄水施設よりも劣化速度が大きいことが報告されている¹⁾。このような劣化は、セメント水和物の成分溶出に加え、活性炭内の微生物代謝に起因する遊離炭酸による化学的作用と、活性炭の逆洗浄による物理的作用が要因であると考えられる¹⁾。東京都水道局では、供用から 20 年以上経過した高度浄水施設も存在することから、今後、延命化のため躯体コンクリート表層部の補修が必要であり、BAC 池特有の劣化現象に抵抗できる無機系補修材への期待が高まっている。このことから、耐遊離炭酸性および耐摩耗性を併せ持つ無機系の補修モルタルの開発が急務である。しかし、BAC 池に適用可能な無機系補修モルタルの性能評価手法は未だ確立されておらず、これまで化学的侵食に関する評価方法について検討が行われてきた²⁾。本研究では、BAC 池躯体コンクリートの補修モルタルの耐摩耗性を評価するための試験方法について基礎的な検討を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体概要

表-1 にモルタル供試体の使用材料、表-2 に配合および材齢 28 日の圧縮強度を示す。水セメント比を 40%, 50%, 60% の 3 水準とし、セメントペーストの体積が一定となるように設計した。モルタル供試体は 40×40×160mm の型枠に打ち込み、翌日に脱型後、20℃で水中養生した。材齢 28 日にコンクリートカッターを用い、供試体を 40×40×80mm に切断し、型枠面の 40×80mm の一面（試験面）を残し、エポキシ樹脂でシールした。エポキシ樹脂の硬化後、供試体を水中で 6 日間保管し、試験に供した。

2.2 実験方法

BAC 池の躯体コンクリートには、遊離炭酸などによる化学的侵食が数日作用することで表層が脆弱化し、その後活性炭の逆洗浄による摩耗作用が生じる。このサイクルが供用期間中に繰り返し作用するため表層が劣化する。そこで、モルタル供試体を遊離炭酸水（濃度 1000ppm（pH4.8 程度）、接触面積比 50cm²/L）に 6 日間浸漬し、その後所定の圧力および流量に調整した水で摩耗試験を行う操作を 1 サイクルとして、補修モルタルのこの複合劣化に対する性能評価を試みた。

図-1 に摩耗試験の概要を示す。化学的侵食を受けた供試体（炭酸供試体）と、化学的侵食を受けていない供試体（健全供試体）の二種類について検討した。バルブを用いて水道水を所定の圧力に調整し、供試体の試験面（40×80mm）に一定の距離から噴射した。なお、噴射時は供試体表面に対して垂直を保ちながら 80mm/s の速度でノズル

表-1 モルタル供試体の使用材料

使用材料	密度 (g/cm ³)	比表面積 (cm ² /g)	吸水率 (%)	F.M.
普通ポルトランドセメント OPC	3.16	3190	—	—
セメント強さ試験用標準砂 S	2.64(絶乾)	—	0.42	1.07

表-2 配合および圧縮強度

配合名	W/C	S/C	単位量(g/L)			圧縮強度 (N/mm ²)
			W	S	C	
OPC-40	0.4	2.64	233	1538	583	73.9
OPC-50	0.5	3.00	256	1536	512	58.6
OPC-60	0.6	3.36	274	1535	457	46.0

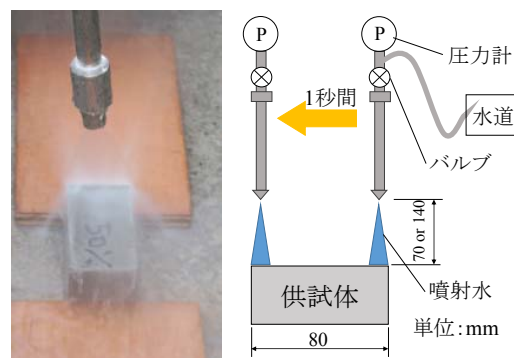


図-1 摩耗試験概要

表-3 摩耗試験条件

条件	圧力P (MPa)	流量Q (L/min)	噴射距離D (mm)	ノズルの 移動速度 (mm/sec)
P0.15-Q7.91-D70	0.15	7.91	70	80
P0.15-Q7.91-D140			140	
P0.30-Q11.3-D70	0.30	11.3	70	
P0.30-Q11.3-D140			140	
P0.30-Q28.0-D70	0.30	28.0	70	
P0.30-Q28.0-D140			140	

キーワード 生物活性炭吸着池, 耐遊離炭酸性, 耐摩耗性, 摩耗試験, 質量減少率

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 TEL 042-677-1111

を水平移動させ、試験面全体を摩耗した。摩耗試験条件を表-3に示す。摩耗試験では遊離炭酸により変質した表層のみを摩耗によって取り除き、健全な部分は摩耗しない程度の摩耗環境が望ましいと考え、圧力と流量を選定し、噴射距離を70および140mmの2水準として試験を行った。なお、本研究では、図-2に示す実験フローにおいて予め供試体に摩耗作用を与え(予備作用)た後の1サイクルを対象に考察を行う。

3. 実験結果および考察

図-3にOPC-60のモルタル供試体の噴射距離70mmにおける摩耗回数と質量減少率の関係を示す。健全供試体は、質量減少率が非常に小さく一定であり摩耗されにくいことがわかる。一方、炭酸供試体では、摩耗初期に質量減少が大きく、摩耗回数20回以上では質量減少の変化量が小さい。このことから、健全供試体では、供試体は摩耗されず健全性を保ち、炭酸供試体では遊離炭酸により変質したセメントペースト相が選択的に摩耗され、その後健全な面が露出した以降は摩耗されにくいものと考えられる。この結果により、本研究では1サイクルの摩耗回数を40回とした。

次に、摩耗回数40回終了時の質量減少率を図-4に示す。全体的な傾向として、化学的侵食を受けた炭酸供試体は化学的侵食を受けていない健全供試体よりも摩耗作用に対する抵抗性が低下し、質量減少率が大きくなった。また、圧力、流量の違いに着目すると、健全供試体の比較ではいずれも顕著な違いは認められないが、炭酸供試体では圧力、流量の増加に伴い質量減少率が大きくなる傾向となっている。噴射距離の違いでは、健全供試体のみの比較では質量減少率の差は小さいが、炭酸供試体では噴射距離が近いほど質量減少率が大きくなる傾向となっている。以上のことから、検討した圧力、流量、噴射距離において、健全供試体は、質量減少率が非常に小さく摩耗されにくい、炭酸供試体では、質量減少率の大きい設定値とすることで遊離炭酸により変質したセメントペースト相のみが選択的に摩耗されると考えられる。すなわち、本検討の範囲内では、「P0.30-Q28.0-D70」が試験方法として望ましい条件であると考えられる。

4. まとめ

- (1) モルタル供試体が化学的作用を受けることで、摩耗に対する抵抗性が低下し、健全供試体と比較して質量減少率が大きくなることが確認された。
- (2) 検討した設定範囲内において、健全供試体では質量減少率が小さく、炭酸供試体において質量減少率の最も大きな条件が遊離炭酸により変質したセメントペースト相を適切に取り除く条件であるとする、本実験条件においては、最も圧力、流量の大きな条件「P0.30-Q28.0-D70」がBAC池に用いる補修モルタルの耐摩耗性を評価できると考えられる。

参考文献

- 1) 間々田憲哉, 大野健太郎, 宇治公隆, 佐藤嘉英: 高度浄水施設の生物活性炭吸着池における躯体コンクリートの劣化評価法に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, pp.789-794, 2016.
- 2) 小倉達也, 大野健太郎, 宇治公隆, 北野守康: 高度浄水施設の生物活性炭吸着池における躯体コンクリート表層部の化学的劣化に関する評価手法の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp.667-672, 2017.

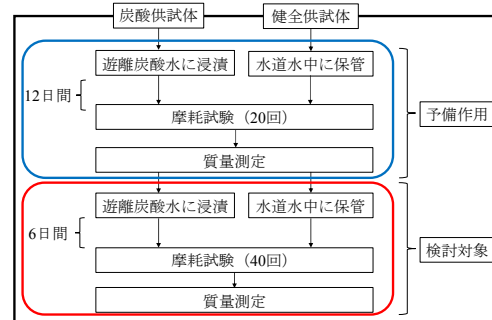


図-2 実験フロー

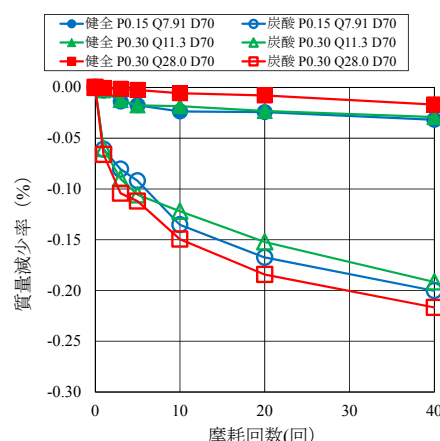
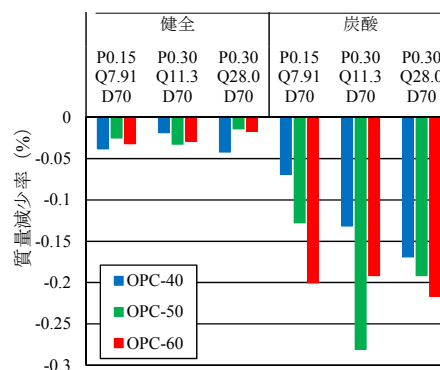
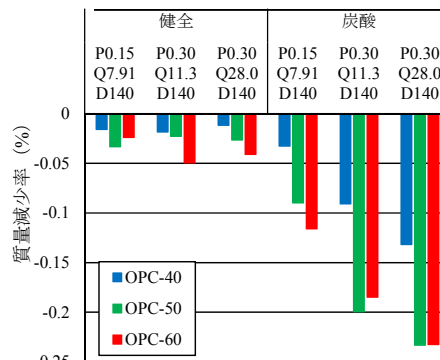


図-3 OPC-60の噴射距離70mmにおける摩耗回数と質量減少率の関係



(a) 噴射距離70mm



(b) 噴射距離140mm

図-4 40回終了時の質量減少率