

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 性能評価方法に関する検討

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
シンエイマスター株式会社 正会員 庭林 雄二
東京都水道局 非会員 山田 誠, 高瀬 健太郎, 乗松 奈央

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、粒状活性炭の逆流洗浄による物理的作用が要因で、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⁾。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ため、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の適用が望まれる。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性能評価方法が必要である。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、耐遊離炭酸性および耐摩耗性を同時に評価するための試験方法について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体の配合

モルタル供試体の配合を表-1に示す。吹付施工の観点から、W/B=50%、S/B=2程度として設計した。また、15打フローの目標値を $170 \pm 10 \text{mm}$ となるように減水剤により制御した。結合材には普通ポルトランドセメント OPC (3.16g/cm^3)、中庸熟ポルトランドセメント MPC (3.21g/cm^3)、低熟ポルトランドセメント LPC (3.22g/cm^3) を使用した。ここで、配合 OPC, MPC, LPC は躯体コンクリートのモルタル部分相当と見立てた。一方、配合 B45-W は、結合材に耐遊離炭酸性が期待できる高炉スラグ微粉末を使用し¹⁾²⁾、さらにひび割れ抵抗性向上とコテ仕上げ性の向上を目的に珪灰石 (WN) を混合し、生物活性炭吸着池に適用する補修モルタルの品質基準設定を目的としたものである。

2.2 実験方法

図-1に実験フローを示す。モルタル供試体は、 $40 \times 40 \times 160 \text{mm}$ の鋼製型枠に打込み、翌日に脱型後、 20°C で水中養生した。材齢28日に、モルタル供試体を水中から取り出し、断面が $40 \times 40 \text{mm}$ 、長さが 80mm となるようにコンクリートカッターにて成型した。その後、型枠底面（試験面）以外の5面にエポキシ樹脂を塗布した（図-2）。材齢29日および材齢30日においてもエポキシ樹脂を塗布し、計3層の厚塗りを行った。その後、エポキシ樹脂の硬化を待ち、材齢37日から材齢49日までモルタル供試体を 20°C の水中に保管し、十分に吸水させることで質量の安定を図った。

実験では、化学的作用を与えるモルタル供試体（炭酸供試体）と与えないモルタル供試体（健全供試体）に分け、炭酸供試体は常時二酸化炭素を注入した炭酸水（濃度1000ppm以上（pH4.8程度）、接触面積比 $50 \text{cm}^2/\text{L}$ ）に6日間浸漬した。また、健全供試体は、水道水中に6日間静置した。その後水噴射式摩耗

キーワード 生物活性炭吸着池, 耐遊離炭酸性, 耐摩耗性, 水噴射式摩耗試験, 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

表-1 モルタル供試体の配合

配合記号	水結合材比 W/B	砂結合材比 S/B	単位数(g/L)											
			水		細骨材		結合材				膨張材	保水剤	減水剤	
			W	S	WN	OPC	MPC	LPC	BFS					
OPC	0.5	2.23	298	1328	—	596	—	—	—	—	—	—	0.96	1.92
MPC		2.19	302	1324	—	—	604	—	—	—	—	—	0.96	—
LPC		2.19	302	1325	—	—	—	604	—	—	—	—	0.96	—
B45-W		2.12	294	1213	38	324	—	—	265	86	—	—	0.96	2.79

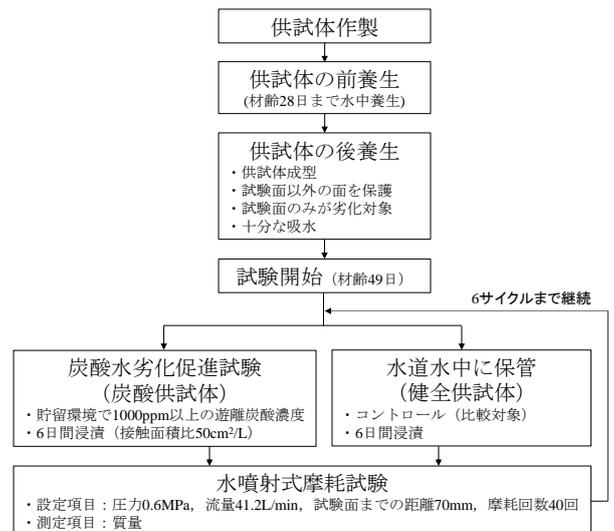


図-1 実験フロー



図-2 エポキシ樹脂の塗布

試験を行い、これを1サイクルとして6サイクルまで継続して行った。

図-3に水噴射式摩耗試験の概要を示す。水噴射式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、表-2に示す条件で試験を行った。供試体試験面とノズルとの距離を70mmとし、ノズルの移動速度を20mm/sとしてノズルを供試体長さ方向に移動させ、摩耗面に一様な水があたるようにした。なお、供試体への摩耗作用は、ノズルを供試体長さ方向に速度20mm/sで移動させる行為を1回とし、この操作を40回繰り返した。また、使用したノズルは、開口部の形状が線状であり、ノズルから出る水は扇形である。なお、試験では40回の水噴射摩耗終了後に表面乾燥状態の供試体の質量を測定した。

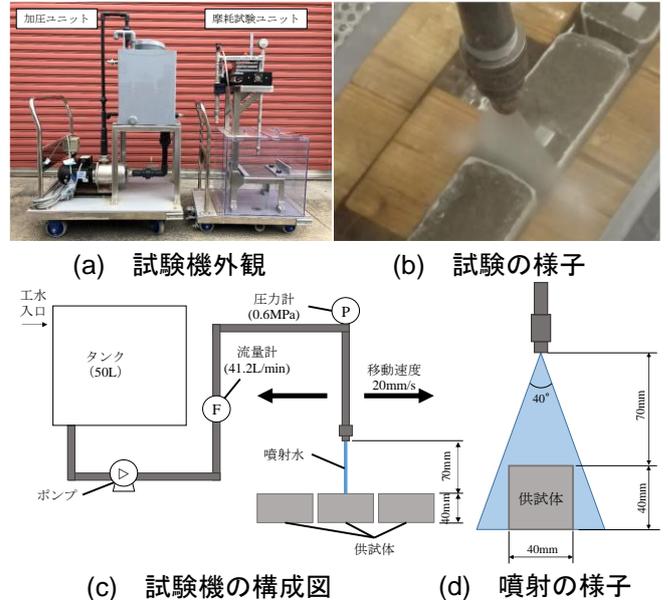


図-3 水噴射式摩耗試験概要

3. 実験結果および考察

図-4に各供試体の圧縮強度を示す。材齢に関わらず、躯体に見立てた配合と比較して、B45-Wが最も高い圧縮強度を示した。

図-5に、健全供試体および炭酸供試体の質量変化率の経時変化を示す。健全供試体では、全ての配合で質量が増加した。これは、図-4に示した圧縮強度試験結果を含めて考察すると、圧縮強度は材齢28日から91日かけて増加傾向を示すことから水和反応が試験期間中にも継続していることが示唆される。よって、健全供試体では、摩耗による質量減少よりも、浸漬中での水和反応および吸水による質量増加の方が卓越したと考えられる。一方、炭酸供試体は、2サイクル目(14日)までは質量の変化は小さく、やや増加傾向にある。これは、遊離炭酸による化学的侵食作用および水噴射による摩耗作用の影響よりも水和反応の継続あるいは吸水による影響がやや大きかったと推察される。しかし、3サイクル目(21日)以降からは全ての配合で質量が減少傾向を示し、配合OPC、MPC、LPCではサイクル数の増加に伴い質量減少率が加速度的に大きくなり、配合B45-Wでは緩やかな減少傾向を示し、配合間で明確な違いが生じた。最終的な質量減少率は、MPC > LPC > OPC > B45-Wの順で大きくなった。

4. まとめ

本研究では、生物活性炭吸着池特有の劣化を促進させる試験方法を提案し、健全供試体は摩耗せずに、炭酸供試体では遊離炭酸によって変質した領域面が選択的に摩耗される程度の作用を与えることで、配合の異なるモルタルの耐遊離炭酸性および耐摩耗性を評価できることが示唆された。

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.

表-2 摩耗試験条件

ノズル型式	圧力 (MPa)	流量 (L/min)	噴射距離 (mm)	ノズル移動速度 (mm/s)	噴射角度 (°)	摩耗回数 (回)
HB1/4U-SS4080	0.6	41.2	70	20	40	40

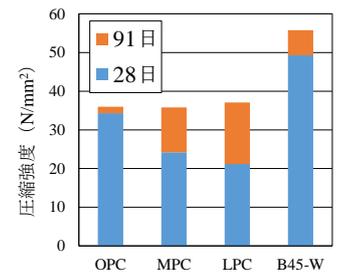
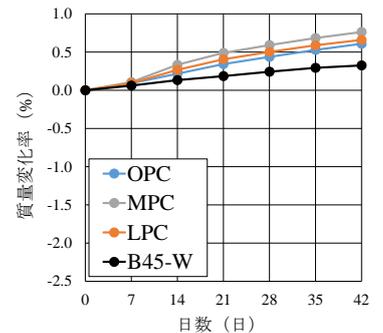
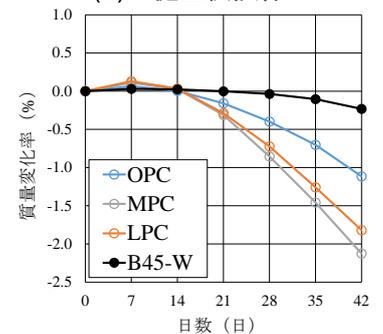


図-4 圧縮強度



(a) 健全供試体



(b) 炭酸供試体

図-5 質量変化率の経時変化