生物活性炭吸着池における摩耗作用が躯体コンクリート表層部に及ぼす影響

首都大学東京　学生会員　○小倉　達也、正会員　大野　健太郎、宇治　公隆、上野　敦
東京都水道局　非会員　佐藤　嘉英、石田　直洋、戸張　岳史、櫛田　崇文
シンエイマスター　正会員　庭林　雄二

1. はじめに

東京都では，オゾン接触池と生物活性炭吸着池(BAC池)を併用した高度浄水の導入により，より安全でおいしい水の供給が可能となった．しかし，高度浄水施設におけるBAC池では通常浄水施設と比較して，コンクリート表層部の変状が早期に生じることが報告されている[1]．その要因として，コンクリートの成分溶出に加え，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侵食と活性炭の逆洗浄による摩耗の物理的作用が挙げられる．これまで，遊離炭酸による化学的侵食に関する検討が進められているが[2]，BAC池を想定した摩耗作用に関する検討は未だ実施されていない．本研究では，BAC池の躯体コンクリート表層部が受ける摩耗作用に着目して，化学的侵食の有無および摩耗材を変化させたモルタル供試体の水中摩耗試験を実施した．

2. 実験方法

2.1 モルタル供試体の使用材料

モルタル供試体に使用した材料の物理的性質を**表 1**，**表 2** に示す．供試体の配合は**表 3** に示すとおりである．水結合材比は，実施設と同一の 55%とし，比較対象として配合 OPC，実施設を想定した配合 LPC および L-Ls，水酸化カルシウム量の低減を図った配合 B-45 の計 4 配合とした．

供試体の概要は**図 1** に示すとおりであり，供試体の 1 面(106×136mm)を摩耗および化学的侵食の作用面とし，作用面高さの減少量を把握する目的で厚さ 1mm のステンレス板(50×136mm)を取り付け，これを基準面とした．また，化学的侵食を与える供試体には摩耗作用面以外の 5 面にエポキシ樹脂を塗布し，化学的侵食の影響を取り除いた．

2.2 実験装置

図 2 に本実験の試験ケースを示す．実験手順は，材齢 28 日まで水中養生した供試体に対し，化学的侵食を作用させる供試体と水道水中に保管する供試体に分け，それぞれ 6 日間浸漬し，7 日目に 2 時間の水中摩耗試験に供した．このサイクルを 1 サイクルとし，8 サイクルまで継続して行った．ここで，化学的侵食は，供試体を流量 40L/min，遊離炭酸濃度 50ppm，pH6 程度とした浸漬槽に浸漬することで摩耗作用面に作用させた．水中摩耗試験機は，**図 3** に示す所定の内枠容器に供試体を設置し，水道水と摩耗材 3kg を混入後，1100rpm のハンドミキサーにて 2 時間攪拌した．また，摩耗材の有無および摩耗材の強度による影響を把握する目的で，摩耗材なし(水のみ)，石炭系活性炭，7 号砕石にてそれぞれ摩耗させた．石炭系活性炭および砕石の物理的性質を**表 4** に示す．

表 1　細骨材の物理的性質

種類		表乾密度 (g/cm³)	吸水率 (%)	単位容積質量 (kg/l)	実積率 (%)	F.M.
標準砂	S	2.65	0.42	1.76	66.7	1.07
石灰石砕砂	Ls	2.63	0.38	1.60	59.3	3.33

表 2　結合材の物理的性質

記号	種類	密度 (g/cm³)	比表面積 (cm²/g)
OPC	普通ポルトランドセメント	3.16	3190
LPC	低熱ポルトランドセメント	3.22	3380
BFS	高炉スラグ微粉末	2.91	3430

表 3　モルタル供試体の配合

配合	W/B (%)	B/S (%)	単位量(g/L) W	B OPC	B LPC	B BFS	S S	S Ls
OPC	55	33	273	496	-	-	1504	-
LPC			274	-	498	-	1509	-
B-45			271	271	-	222	1495	-
L-Ls			276	-	501	-	-	1519

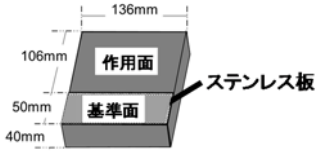


図 1　供試体概要図

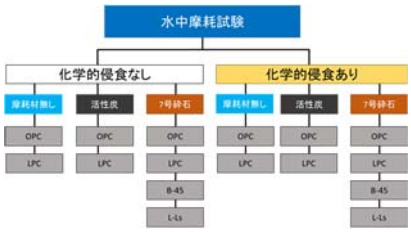
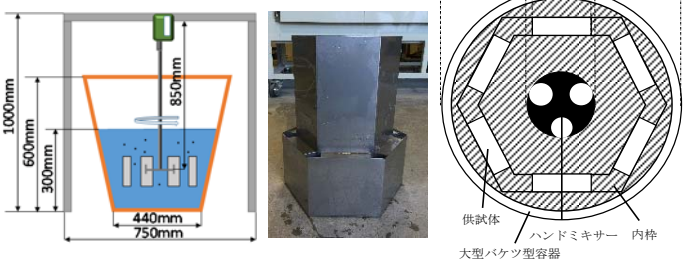


図 2　試験ケース



(a) 側面図　　(b) 内枠　　(c) 上面図

図 3　水中摩耗試験機の概要

キーワード　生物活性炭吸着池，摩耗，遊離炭酸，水中摩耗試験，すり減り係数
連絡先　〒192-0397　東京都八王子市南大沢 1-1　TEL 042-677-1111

2.3 測定項目

表 5 に測定項目を示す. すり減り係数は各サイクルの水中摩耗試験後に非接触三次元形状測定機(高さ分解能 0.1μm)を用いて図 4 のように基準面，測定面を設定し，基準面からの高さを計測して算出した.

表 4　摩耗材の物理的性質

種類	密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)	粗粒率	実積率 (%)	単位容積質量 (kg/l)
7号砕石	2.57	0.82	4.74	58.8	1.54
活性炭	-	-	-	-	0.50

表 5　測定項目

測定項目	測定時期
圧縮強度	材齢7，14，28，56日
すり減り係数	各サイクルの水中摩耗試験後

3. 実験結果

図 5 に各供試体の圧縮強度を示す．試験開始時の材齢 28 日に着目すると，B-45 の圧縮強度が最も高く，OPC と L-Ls は同程度の強度を示し, LPC が最も小さい結果となった.

図 6 に摩耗回数とすり減り係数の関係を示す．図 6(a)～(d)の水および活性炭を摩耗材とした水中摩耗試験結果では，水中保管した場合はすり減り係数の変動は小さく，遊離炭酸による化学的侵食を実施した供試体ではすり減り係数が増加しており，化学的侵食により供試体表面の耐摩耗性が低下することがわかった．また，化学的侵食を受けた供試体では水のみの摩耗でも 4 サイクル目からすり減り係数が増加しており，流水により表面が消失していることが伺える．さらに，活性炭を摩耗材とした場合では，2 サイクル目から増加傾向にあり，水だけの摩耗作用よりも活性炭が作用することにより供試体表面が早期に消失することがわかる．配合別では，配合 OPC より配合 LPC の方が，すり減り係数の増加量が大きい．図 6(e)，(f)の 7 号砕石を摩耗材に用いた場合では，水および活性炭を摩耗材とした場合よりもすり減り係数の増加量が顕著に大きい．また，化学的侵食を受けた供試体では，水中保管した供試体よりもすり減り係数の増加量は概ね大きく，前述のとおり，化学的侵食作用により供試体表面の耐摩耗性が低下した可能性が考えられる.

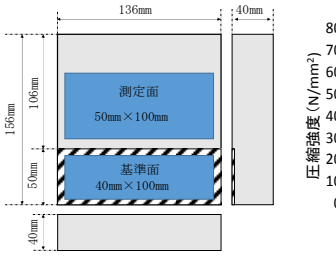


図 4　測定面概要図

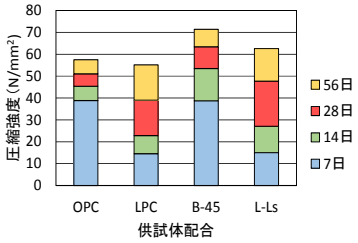


図 5　圧縮強度

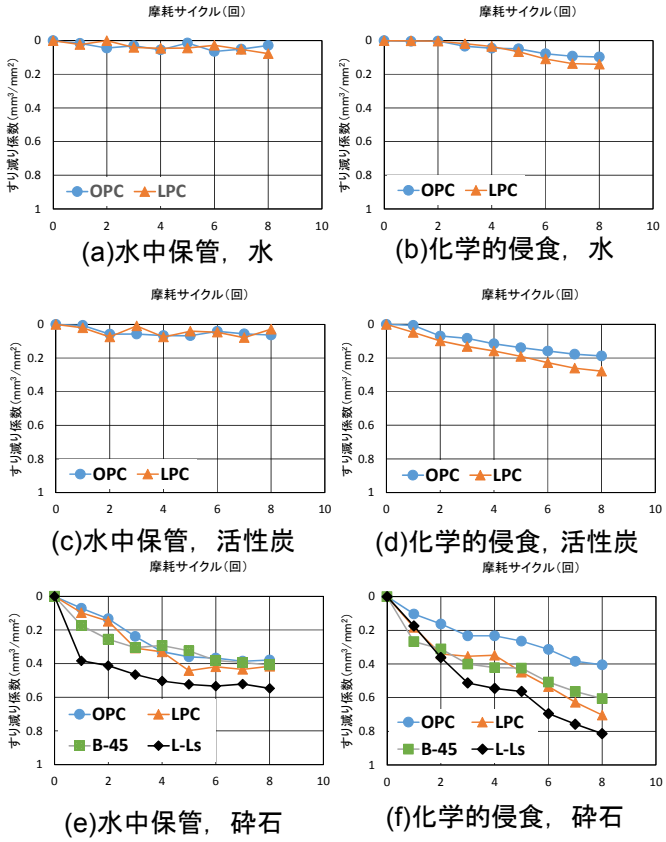


図 6　摩耗サイクルとすり減り係数の関係

4. 結論

モルタル供試体が化学的侵食を受けることで，単位容積質量が小さく摩耗の作用力が小さいと考えられる活性炭においても，摩耗作用の影響が大きくなることが認められた．生物活性炭吸着池における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および骨材の露出が確認されている [2]ことから，化学的侵食と活性炭の逆洗浄時の摩耗作用によりコンクリート表層部が劣化していると示唆された.

参考文献

1）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集，Vol.18，No1，pp.903-908，1996.

2）新津祐樹，大野健太郎，宇治公隆，細谷昌平：高度浄水施設における生物活性炭吸着池の躯体コンクリートに及ぼす遊離炭酸の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.37，No1，pp.685-690，2015.