

種々の配合を用いたモルタルのオゾン劣化に関する基礎的研究

大阪府 正会員○福島奈緒 京都大学 正会員 服部篤史 フェロー 宮川豊章
京都大学 正会員 日高 平 正会員 西村文武 フェロー 津野 洋

1. はじめに

コンクリートは、耐オゾン性を有する無機材料であるという認識が一般的である¹⁾。しかし近年、下水処理施設のオゾン処理槽におけるコンクリートの劣化が報告されている。オゾン劣化とその対策に関する研究は十分にはなされていないのが現状である。本研究では、高濃度オゾンガス注入によるオゾン水・オゾンガス中に種々の配合のモルタルを暴露し、その劣化状況を把握する基礎的な実験を行った。

表1 供試体種一覧

供試体種名	セメント	水結合材比	混和材	混和剤	
				種類	混入量(固形成分質量)
60-x-x	普通	60	なし	なし	なし
40-x-x		40	なし	なし	なし
40-x-P _M				ポリカルボン酸系	C×0.32%
40-x-P _L					C×0.64%
40-x-S _M				スルホン酸系	C×0.32%
40-x-S _L					C×0.64%
40-B-x			高炉スラグ	なし	なし
P	PCM(PAE系)	-	-	-	-

2. 暴露試験

2.1 モルタル供試体

材料要因として、セメント種 2 種（普通ポルトランドセメント・PAE 系プレミックスポリマーセメント）、水セメント比（水結合材比）2 種（40%・60%）、混和材 1 種（高炉スラグ）、混和剤 2 種（スルホン酸系・ポリカルボン酸系）、混和剤混入量 2 種（固形成分質量で、セメント質量×0.32%・0.64%）、また、浸せき環境要因として 2 種（オゾン水暴露・オゾンガス暴露）を設定した。以上より、表 1 に示す 8 種の供試体を作成した。ポリマーセメントモルタルである P を除いた 7 種については、いずれも細骨材に標準砂を用いたモルタルである。40×40×160mm を切断し、約 20×20×20mm の立方体とした。

2.2 暴露環境

装置の概略を図 1 に示す。反応器に有効容量 1.1ℓ のガス洗滌瓶を用い、各 9 個の供試体を暴露した。4 系列は並列であり、液相（オゾン水）・気相（オゾンガス）反応器は直列である。1 系列には同種の供試体を暴露した。送入オゾンガス濃度は約 100mg/ℓ、流量は各系列で 1ℓ/min とした。暴露は 120 時間連続して行う 1 サイクルを 3 サイクル繰返した（積算暴露時間：360 時間）。各サイクル開始時に液相（超純水、初期水量：1ℓ）を交換し、終了時には測定のため 3 個ずつ反応器から取り出した。

2.3 測定および分析項目

モルタルの測定項目は、外観目視観察、質量・寸法、および中性化深さとした。一方、液相反応器の液体について、pH、溶存オゾン濃度およびイオンクロマトグラフにより NO₃⁻、SO₄²⁻濃度を測定した。

3. 実験結果および考察

気相（オゾンガス）暴露では、いずれの供試体種においてもほぼ変化は生じなかった。一方、液相（オゾン水）暴露では時間の経過とともに断面減少し、褐色に変色した（写真 1）。質量・寸法はそれぞれ減少し

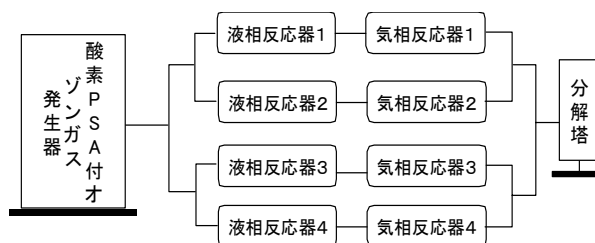
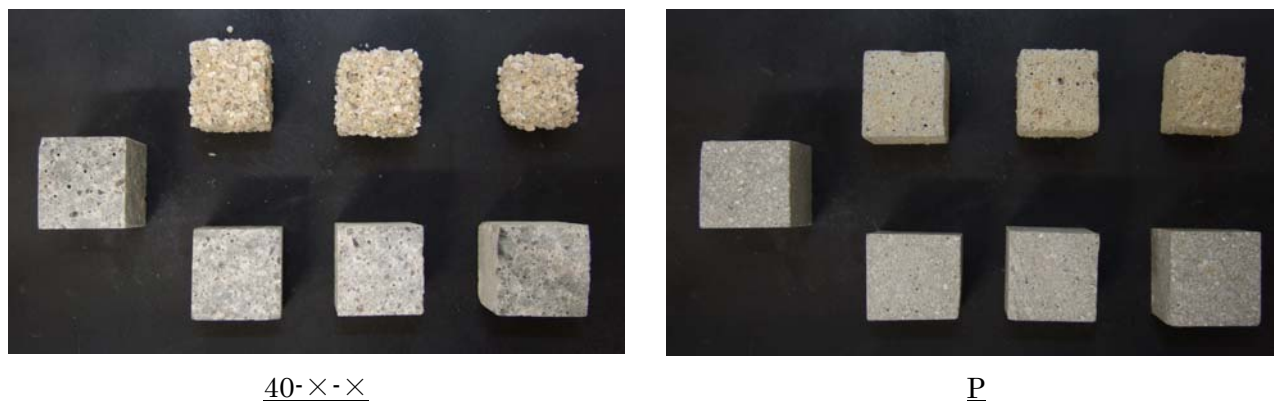


図1 装置概要

キーワード オゾン劣化, モルタル, 混和剤, 下水処理施設

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 TEL. 075-383-3323



40-X-X P
(左から浸せき前、上段左から液相浸せき 120 時間後、240 時間後、360 時間後、
下段左から気相浸せき 120 時間後、240 時間後、360 時間後)

写真 1 浸せき後の外観の様子

表 2 液相の液体中の NO_3^- , SO_4^{2-} 量

試験期	反応器	供試体種	NO_3^- (gN/L)			SO_4^{2-} (mg/L)			供試体1個当たりの SO_4^{2-} (mgS/個)		
			サイクル			サイクル			サイクル		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
I	1	40-X-X	3.0	3.0	3.0	431.8	226.4	139.8	14.1	11.1	13.7
	2	40-X- P_L	2.7	3.2	2.8	319.8	266.1	100.9	10.4	13.0	9.9
	3	40-X- S_L	2.5	3.0	2.8	313.9	284.6	136.5	10.2	13.9	13.3
	4	40-B-X	2.8	3.5	3.2	467.0	338.9	166.0	15.2	16.6	16.2
II	1	60-X-X	2.7	3.2	3.1	269.3	313.1	147.0	8.8	15.3	14.4
	2	40-X- P_M	2.8	3.0	3.2	335.5	266.2	114.8	10.9	13.0	11.2
	3	40-X- S_M	2.7	2.5	3.1	353.7	324.5	170.0	11.5	15.9	16.6
	4	P	3.0	3.1	3.6	249.4	315.1	289.5	8.1	15.4	28.3

ている。中性化は変色域において確認された。浸せき環境が厳しかったため、材料による影響は顕著ではなかった。ただし、オゾンにより劣化する有機材料を含む PCM は、むしろやや劣化程度が小さい。

液体は、サイクル終了時には pH が P 以外のものでおおよそ 0.5~1.5, P で約 2.5 と、いずれも強酸性となっていた。また、溶存オゾン濃度はいずれも測定期によらず 16~21mg/l 程度と高濃度であった。さらに、表 2 に示すように、 NO_3^- , SO_4^{2-} が大量に含まれていた。セメントに含まれる SO_3 がオゾンによって酸化されたこと、オゾン発生時の空気中の窒素が酸化されたことが考えられる。モルタルは強酸により劣化した可能性が高い。

4. まとめ

気相暴露ではほぼ変化が見られなかった一方、液相暴露ではいずれの供試体種でも劣化が確認された。モルタルはオゾンと直接反応して劣化したというより、強酸により劣化した可能性が高い。なお、浸せき環境が厳しかったため、材料による影響は顕著ではなかった。

謝辞 本研究は京都市上下水道局との共同研究であり、その遂行にあたり京都大学都市環境工学専攻・山田春美非常勤研究員、博士後期課程 1 年 長谷川絵里氏、ならびに日本オゾン協会には多大なるご協力・ご助言をいただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献 1) 日本オゾン協会：オゾンハンドブック，サンヨー書房，第 4 章・第 22 章，2004.10.