

立命館大学 学生員 ○平尾 一樹、佐々木 優介、相田 芳明
住友大阪セメント株式会社 島田 保彦
立命館大学 正会員 岡本 享久

1. はじめに

現在、下水道施設のコンクリート硫酸劣化が大きな問題となっている。劣化により耐久性能が低下することにより、道路陥没・下水の流出等の問題を引き起こす。この問題は、大きな社会的問題へと発展する可能性があるため、その解決は急務である。

そこで、本研究では、固定化した硫酸塩を吸着させることに着眼する。固定化した硫酸塩を吸着させることに着眼する。そのため硫酸劣化に効果があると思われるゼオライトを選定した。また、ゼオライトでも天然のゼオライト、セメント含有率の高いジーマ担体、そして通常のポーラスコンクリートなど吸着性能があるとされる供試体を用いて、その性能の比較を行った。これにより下水道施設のコンクリートの硫酸劣化抑制に最も優れた吸着材を探し、下水道施設の硫酸劣化の解決を試みた。

2. 実験概要

今回の実験において硫酸劣化を抑制するために吸着効果があると思われるゼオライトを選定した。ジーマ (GM)、ゼオライトポーラス (Ze-P)、ポーラスコンクリート (NP)、ネットに入れたゼオライト (Ze) の4つの供試体を用い浸漬実験を行った。

表1は供試体条件である。硫酸ナトリウムの選定条件は

① 硫酸ナトリウムを使った実験を室内で行っても問題ない

② 硫酸ナトリウムが水に非常に溶けやすい

また、濃度は100ppmとして実験を行う。

これらの条件で本研究の実験を行った。

表2に供試体の概要を示す。本学で供試体を作製しない「GM」に基準を合わせるために、気中質量がおおよそ1500gとなるように他の供試体を準備し

た。NPとZe-Pは、ゼオライトの添加の有無があるポーラスコンクリート供試体であるが、ゼオライト添加量による間隙率への影響はあまりない。

表1 供試体条件

ID	供試体の概要 名称	試料		
		Na ₂ SO ₄		水
		ppm	g	L
NP	通常のポーラスコンクリート	100	1.4	14
Ze-P	ゼオライト	100	1.4	14
Ze	ゼオライト(ネット)	100	1.4	14
GM	ジーマ	100	1.4	14

表2 供試体の概要

ID	g	g	cm	cm	%
	気中質量	水中質量	直径	高さ	間隙率
NP 1回目	1571	969	15.0	5.9	36.6
2回目	1529	941	15.0	6.0	35.9
3回目	1842	1137	15.0	7.0	36.3
Ze-P 1回目	1452	873	15.0	5.6	36.9
2回目	1635	981	15.0	5.9	38.5
3回目	1572	945	15.0	6.0	37.1
Ze 1回目	1511	-	-	-	-
2回目	1506	-	-	-	-
3回目	1498	-	-	-	-
GM 1回目	1472	-	-	-	-
2回目	1456	-	-	-	-
3回目	1484	-	-	-	-

水槽を300(cm)×300(cm)×150(cm)寸法とし、供試体が完全浸漬するようにする(写真1)。水槽内はNa₂SO₄が均等に行き渡るように、曝気および採水時に攪拌を行った。なお、供試体からの金属類の溶出を考慮して、対照実験として試料のNa₂SO₄を添加しない条件でも試験を行った。



写真1 浸漬実験

3. 実験結果および考察

試験水のNaの測定結果からNa₂SO₄の供試体への吸着性能を検討した。また、試験水のCa測定結果から

CaSO₄ 生成および供試体への吸着の可能性に関しても検討した。図1はICP結果で得られたNaの値をグラフ化したものである。0日目から1日目にかけて、濃度が大きく変化しており1日目以降に変化がないことから、Naに関して供試体は24時間以内に吸着平衡状態となることが考えられた。

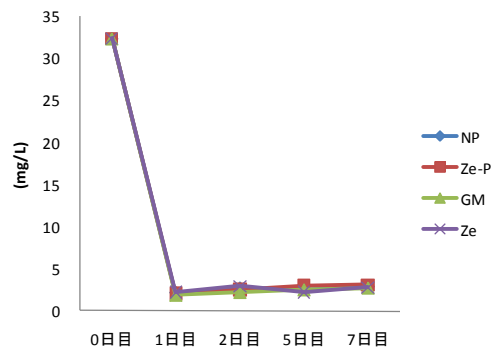


図1 Naの吸着濃度

図2よりゼオライト1kgに対してZe-Pの吸着量が大きいことが分かる。これから言えることは、Ze-Pが非常に効率的にNaを吸着できるということである。しかし、Naの吸着濃度から、吸着性能に差はないことを考えると、ゼオライト1kg換算で差が出ることは当然であり、3種類のゼオライトはいずれも吸着限界を迎えておらず、前述した吸着に関わる要素のゼオライト以外の吸着限界が何で起こっているのか考えなくてはならない。

図3ではゼオライト1kg当たりのNaの吸着量NP1kg当たりのNaの吸着量をそれぞれ比較した。図3よりZe-PがNPより吸着量が低いことから、ゼオライトの効果が発揮されていないと考えることができる。よって、低コストのゼオライトを用いないポーラスコンクリートが実用最適案であると評価した。

また、添加したNa₂SO₄が水中で溶解したことで、NaとCaがゼオライトの特長であるイオン交換行われた。それによって、供試体に含まれるCa成分が溶出した結果からSO₄が結合し、CaSO₄の固体物質を形成していることが推測された。図4はCaの濃度推移を示す。このグラフよりCaが溶出しているのが分かる。

図5はSO₄の累積吸着量を棒グラフ化したものである。これは溶出したCaによって一定量のCaSO₄が生成されると仮定すると、測定したCa原子量から、SO₄の吸着量を算定することで、硫酸塩の吸着性能を把握する方法が最も正確であると考えた。よって、溶解度積を用いることで、SO₄吸着量を求めた。このグラフより

SO₄の吸着が100ppmでは見られないと推測されるた。

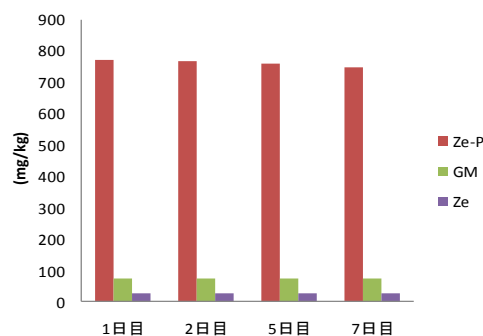


図2 ゼオライト1kg当たりのNaの累積吸着量

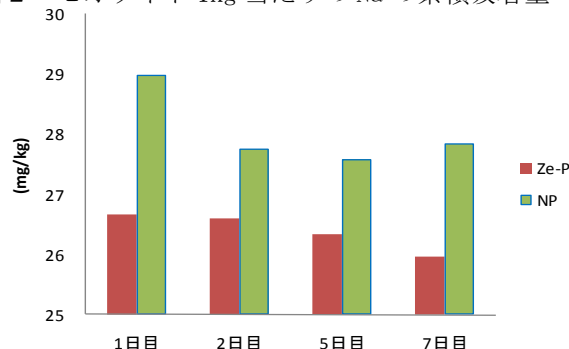


図3 Ze1kg当たりのNaの累積吸着量とNP1kg当たりのNaの累積吸着量

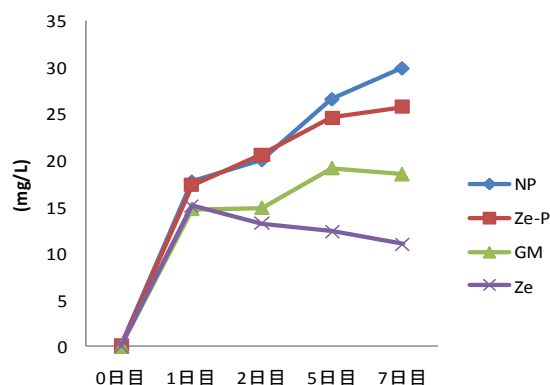


図4 Caの濃度推移

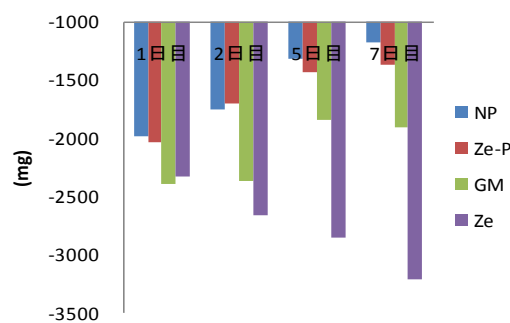


図5 SO₄の累積吸着量

4. あとがき

Naに着目した場合、低コストのゼオライトを用いないポーラスコンクリートが実用最適案であると、研究より評価された。Caに着目した場合、高濃度の硫酸が存在する滞留層においては、Caを多く含むゼオライトによる硫酸劣化抑制が期待されると評価できた。