

## 微生物機能を利用したセメント改良土の劣化抑制技術の検討

富山県立大学 学生会員 ○澤田 椿  
 同上 正会員 畠 俊郎

### 1. 目的

近年、土構造物の多くにセメント改良土が用いられている。しかしながら、セメント改良土は海水による曝露を受けた場合、Ca の溶出と Mg の吸収により劣化が進行することが指摘されている<sup>1)</sup>。本研究では、微生物由来の尿素の加水分解酵素に着目し、セメント改良土からの Ca 溶出を防ぐことで劣化抑制効果を得る新しい長寿命化技術の検討を行った。これまで、固化材の添加量 50kg/m<sup>3</sup>での検討を行ったところ、微生物作用による顕著な劣化抑制効果が期待できないことがわかっている<sup>2)</sup>。本文では、固化材の添加量 75kg/m<sup>3</sup>,100kg/m<sup>3</sup>を対象とした場合の結果を示しその有効性について検討を行う。

### 2. 研究方法

本試験の配合を表-1 に示す。なお、供試体は直径 35mm、高さ 80mm とした。添加する微生物種としては、陸域由来の *B.pasteurii* 及び海域由来の *S.aquimarina* を選定し、微生物を含まない通常のセメント改良土との比較を行った。実験フローを図-1 に示す。供試体を作製後、20°Cで 28 日間の気中養生を行った。気中養生後は、図-2 に示す通り供試体の端面を成形し、底面をパラフィルム、側面をメンブレンで覆う事により、曝露面が供試体上面のみとなるようにした。これらを 1 供試体あたり 150mL の人工海水で満たしたプラスチックカラム内に浸漬し、30°Cで曝露試験を行った。人工海水については、2 週間毎の採水、4 週間毎の海水交換を行った。採水した溶液については、原子吸光光度計を用いて、Ca 及び Mg の量を分析した。加えて 4 週間毎にコーン貫入試験を行い、原らの先行研究を参考に、測定結果より劣化促進量を算出した<sup>3)</sup>。

### 3. Ca, Mg 収支に基づく劣化抑制効果の検討

2 週間毎に採水した溶液について、原子吸光光度計を用いて測定した Ca 及び Mg の収支の結果を図-3, 4 に示す。曝露期間が長くなるにつれてカルシウムが溶出し、マグネシウムが吸収されることから、供試体の劣化が進行していることが明らかとなった。図-3 より、固化材の添加量が 75kg/m<sup>3</sup>のケース A~C については、微生物を含まないケース A と比較し、微生物を添加したケース B,C において Ca 溶出量, Mg 吸収量共に減少する傾向が認められた。これは、劣化に伴い溶出した

表-1 サンプルの詳細

	A	B	C	D	E	F
有明粘土	含水比：液性限界の1.5倍 (w=220.5%)					
固化材	普通ポルトランドセメント					
	75 (kg/m <sup>3</sup> )			100 (kg/m <sup>3</sup> )		
尿素	-	0.33%	-	-	0.33%	-
菌体	-	水分全体の31%		-	水分全体の31%	
培養液	-	水分全体の31%		-	水分全体の31%	
微生物種	-	<i>B.pass</i>	<i>S.aqua</i>	-	<i>B.pass</i>	<i>S.aqua</i>

供試体の作成 (Φ35mm×H80mm)



気中養生 (20°C, 28 日間)



人工海水に曝露



コーン貫入試験及び原子吸光光度

図-1. 実験フロー

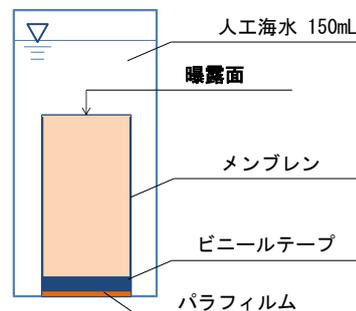


図-2. 海水曝露時の模式図

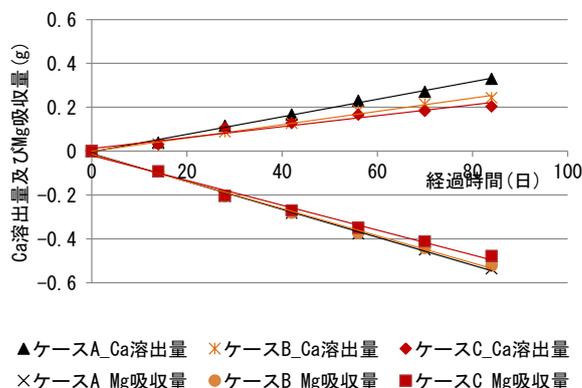


図-3. ケース A, B, C の Ca の溶出量及び Mg 吸収量の収支

Ca を、微生物のもつ尿素の加水分解酵素によって炭酸カルシウムとして再結晶化したためであると考えられる。また、図-4 より、固化材の添加量が 100kg/m<sup>3</sup>のケース D~F については、微生物を含まないケース A と比較し、*S.aquimarina* を添加したケース F については、同様の結果が認められた。しかし、*B.pasteurii* を添加したケース E については、微生物を含まないケース D と比較して、曝露期間 56 日より、Ca 溶出量が多い結果となった。従って、ケース F については、曝露試験を継続して長期的な挙動を把握する計画である。

**4. 劣化促進量による劣化抑制効果の検討**

海水曝露開始から 4 週間毎に行ったコーン貫入試験の結果に基づき算出した劣化促進量を、図-5, 6 に示す。全てのケースにおいて曝露期間 84 日には、微生物を含まないケース、*B.pasteurii* を添加したケース、*S.aquimarina* を添加したケースの順に劣化量が減少している。特に、*S.aquimarina* を添加したケースについては、微生物を含まないケースと比較し、約 1/2 程度劣化を抑制した結果となった。また、微生物を含まないケースについて、固化材添加量と劣化促進量との相関を図-7 に示す。図より、固化材添加量が少ないほど劣化が進むことが認められた。従って、固化材量が 75kg/m<sup>3</sup>よりも少ない場合、微生物作用よりも劣化が進み、微生物による劣化抑制効果が認められないこと、またさらに、100kg/m<sup>3</sup>以上の固化材を添加した場合、短期的な海水曝露試験では、微生物作用による劣化抑制が得られにくいことが考えられる。従って、今回の試験ケースにおいて、固化材量 75kg/m<sup>3</sup>が短期的な劣化抑制効果の検証に適した配合であると考えられる。

**5. まとめ及び今後の予定**

全てのケースにおいて曝露期間 84 日には、微生物併用による劣化抑制効果が期待できる結果が示された。しかし、図-4 より、ケース E について検討を続けた場合、劣化抑制効果は期待できない結果が考えられる。今後は、曝露期間を延長することで、長期における微生物の劣化抑制効果の傾向を検討していく。現在、ケース D~F について、曝露期間を 168 日とした長期海水曝露試験を行っている。

**6. 参考文献**

- 1) 原 弘行, 末次 大輔, 松田 博 海水に曝露したセメント処理土の劣化機構に関する基礎的研究, (土木学会論文集 C(地圏工学)), Vol. 69, No. 4, 469-479, 2013
- 2) 三原 一輝, 畠 俊郎 砂質土及び粘性土を対象としたセメント改良土の劣化抑制技術の検討, 第 52 回地盤工学会研究発表会, pp. 557-578, 2017
- 3) 原 弘行, 末次 大輔, 松田 博 海水環境下における石灰処理土の表面変質とその劣化抑制効果, (第 11 回地盤改良シンポジウム論文集), 2014

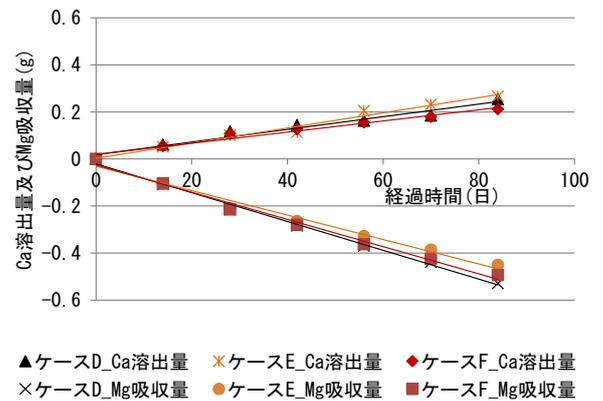


図-4. ケース D, E, F の Ca の溶出量及び Mg 吸収量の収支

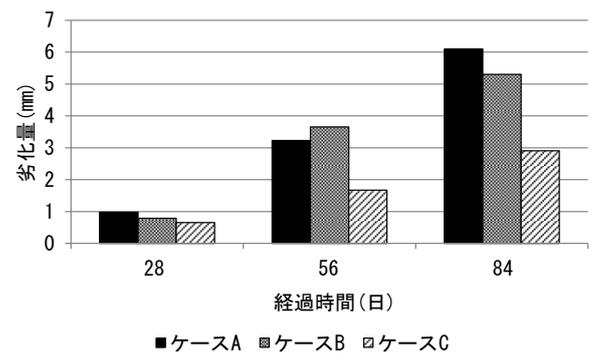


図-5. ケース A, B, C の劣化促進量

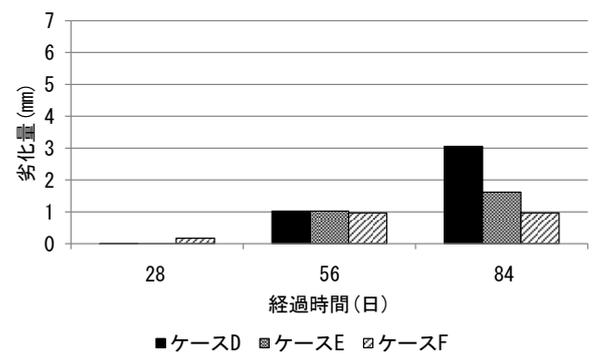


図-6. ケース D, E, F の劣化促進量

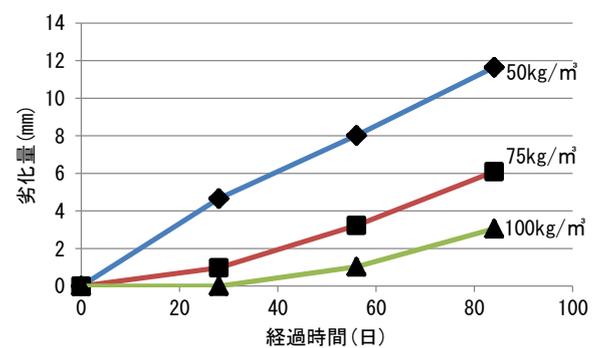


図-7. 固化材添加量による劣化抑制効果