

自己修復機能を付与したセメント改良土のメカニズム可視化実験

防衛大学校 学 ○塚本貴乃
正 野々山栄人 宮田喜壽
港湾空港技術研究所 正 高野大樹

1. 目的

近年、微生物の代謝活動を利用した固化技術に関する研究が行われている¹⁾。本研究ではこの技術に着目し、セメント改良土の長寿命化を目指して、自己修復機能を付与させたセメント改良土を作製し、その修復過程の可視化を試みた。本報では、その結果を報告する。

2. 実験概要

実験の概要を図-1に示す。セメント改良土の母材には川崎粘土（液性限界 54.3%、塑性限界 31.9%、塑性指数 22.4%）を、固化材には普通ポルトランドセメントを使用した。セメント改良土に自己修復機能を付与するために供試体作製時に母材に微生物を混合した。利用した微生物は、尿素分解酵素ウレアーゼを有する *Bacillus pasteurii* (ATCC 11859)を用いた。*Bacillus pasteurii* の培養には NH₄-YE 培地による液体培地を用いた。液体培地の組成を表-1に示す。供試体の配合条件として、母材の川崎粘土は液性限界の2倍に相当する含水比になるように加水して調整した。加水する水の30%を液体培地で、残りは蒸留水とした。セメントは母材との乾燥重量比 Aw が10%になるようにした。供試体は、 μ X線CTを使用して高解像度での観察を行うために、供試体寸法は直径10mm、高さ20mmとした。供試体の作製方法は、まず、母材の川崎粘土に液体培地および蒸留水を投入し攪拌した後、セメントペーストを添加し、十分に攪拌を行った。次に、気泡の混入を防ぐために注射器を用いて二つ割モールドに試料を注入しタッピングして作製した。余盛りした供試体をラップで覆い気中養生し、作製翌日に供試体上面を整形した後、水中養生させた。自己修復過程を観察するために、7日間の養生後に、モールドから供試体を取り出し、供試体に圧縮荷重を加え、割裂破壊させ、供試体鉛直方向にクラックを生じさせた。その後、シールテープで供試体側面を保護した後に、炭酸カルシウムの析出に必要な尿素とカルシウム源を含む溶液である、固化溶液に浸水させた。固化溶液の組成を表-2に示す。クラックを生じさせた供試体の様子を図-2に示す。実験では、固化溶液の代わりに蒸留水を用いたケース1、固化溶液を2日おきに交換したケース2と固化溶液の交換を実施しなかったケース3の3ケースについて実施した。

3. 結果と考察

蒸留水および固化溶液に浸水させ、25日経過後の供試体の様子を図-3に示す。固化溶液に浸水させた2ケースでは、供試体側面や上面に炭酸カルシウムの析出が確認された。次に、供試体に変化が確認された2供試体に対し、 μ X線CTを使用して、初期状態、固化溶液に浸水後25日経過時点での供試体断面を撮影した結果を図-4および図-5に示す。両ケースの25日経過後の断面図より、固化溶液が浸透しやすい、供試体上面や下面、クラックの入口や供試体とシールテープの間に白く高密度領域として表示される炭酸カルシウムの析出が確認できた。

4. まとめ

自己修復機能を付与させたセメント改良土の修復過程の可視化を行い、炭酸カルシウムの析出を確認することができた。今後は、実験条件を変えて検討を進めてゆく。

参考文献:1) 畠俊郎, 横山珠美, 阿部廣史, 尿素加水分解速度に基づく微生物固化技術の沿岸域への適用性評価, 地盤工学ジャーナル, Vol.8, No.4, pp.505-515, 2013.

謝辞: 本研究は科学研究費補助金(20K04696)によるご支援を頂いた。微生物を利用した固化技術に関して、広島大学の畠俊郎教授にご助言とご協力を頂いた。また、実験の実施にあたり、港湾空港技術研究所の浅井真由美氏に協力を頂いた。ここに記して深く謝意を申し上げます。

キーワード セメント改良土, 自己修復, μ X線CT

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 TEL : 046-841-3810 E-mail : nonoyama@nda.ac.jp

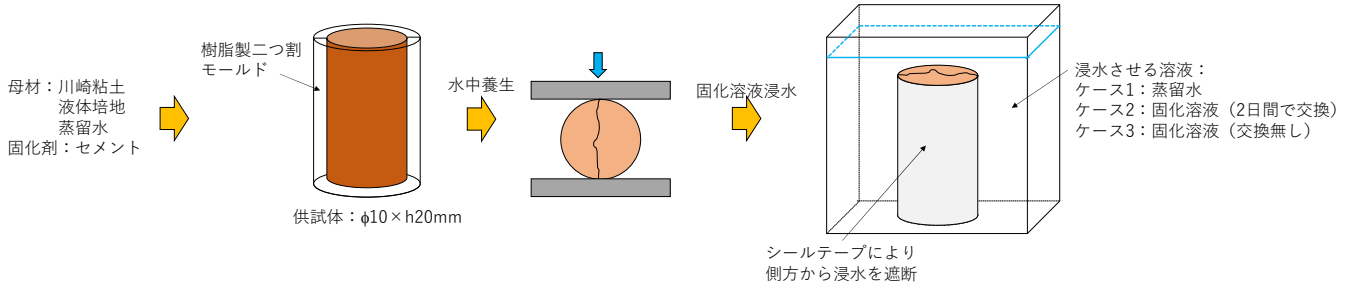


図-1 実験の概要

表-1 液体培地の組成

Yeast Extract	g	10
0.13mol Tris	mL	65
(NH ₄) ₂ SO ₄	g	5
蒸留水	mL	435

表-2 固化溶液の組成

Nutrient Broth	g	3
NH ₄ Cl	g	10
NaHCO ₃	g	2.12
CO(NH ₂) ₂	g	30.03
CaCl ₂	g	55.484
蒸留水	mL	1000

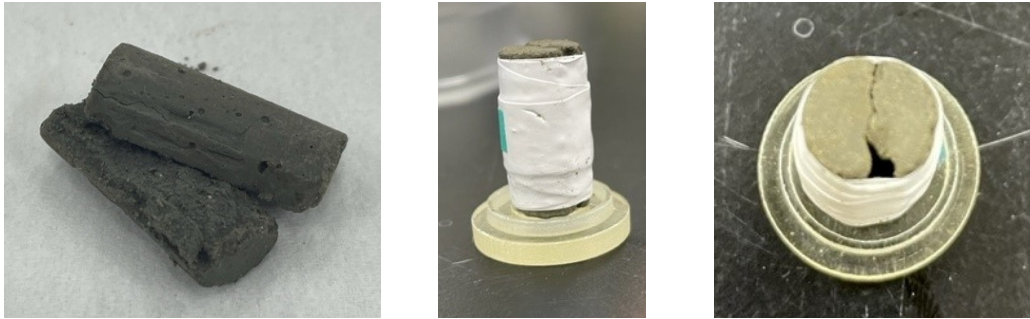


図-2 供試体の様子

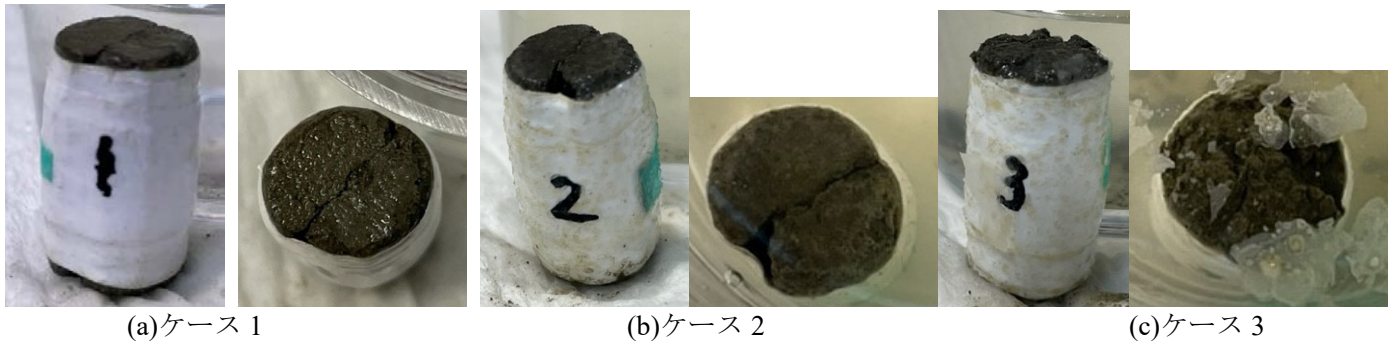


図-3 25日経過後の供試体の外観

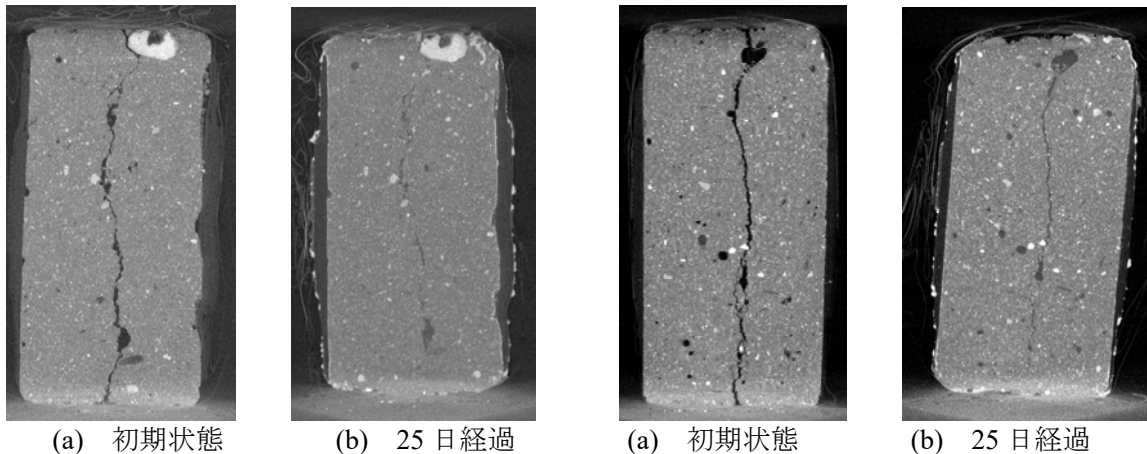


図-4 CTによる供試体断面の経時変化（ケース2）

図-5 CTによる供試体断面の経時変化（ケース3）