

微生物を利用したセメント改良粘土の自己修復過程の可視化実験

防衛大学校 正会員 ○野々山栄人

防衛大学校 正会員 宮田 喜壽

港湾空港技術研究所 正会員 高野 大樹

1. はじめに

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、軟弱粘土を対象とし、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. 実験の概要

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。そのうち、全体の水分の 30%が液体培地で、不足する分は蒸留水を加水した。セメントは母材との乾燥重量比 Aw を 10%とした。供試体は、直径 60mm、高さ 20mm とし、供試体の中央に直径 6mm の穴をあらかじめ設けて作製した。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、圧密リング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。7 日間の養生後に、圧密リングから供試体を取り出し、一面せん断試験機を用いて上載圧 50kPa で供試体をせん断し、アクリル製のリングに供試体を入れた後、 μ X 線 CT を用いて供試体の初期状態を撮影した。その後、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、固化溶液に浸漬させた。固化溶液は 2 日おきに交換を行い、浸漬から 7, 14, 21 日目に CT 撮影を実施した。22 日目には液体培地を追加注入し、26 日目に CT 撮影を実施した。本研究で使用する固化溶液の組成を表-2 に、せん断前後および浸漬時の供試体の様子を図-2 にそれぞれ示す。

3. 実験結果と考察

初期状態および固化溶液浸漬 7, 14, 21, 26 日経過後に CT 撮影した供試体の様子（x-z 断面：供試体上端から 7.7mm、x-y 断面：供試体左端から 19.5mm）を図-3～図-7 に、29 日経過後の供試体の様子を図-8 にそれぞれ示す。図中の青色と緑色の実線が断面図の位置を表している。固化溶液の浸漬日数の経過によって、画面上で白く表示される炭酸カルシウムの析出が確認できた。また、液体培地の追加注入によって、せん断破壊面でカルシウム析出領域がさらに拡大する傾向が認められた。

4. まとめ

軟弱粘土を対象にした自己修復機能を有するセメント改良技術の基本的考えを構想した。一面せん断試験で破壊面を生じさせ、自己修復過程を μ X 線 CT で観察する実験系を確立した。今回実施した実験条件において、自己修復過程で炭酸カルシウムの析出が確認できた。特に、液体培地の追加注入効果は明らかであった。現段階において、検討技術は間隙が小さいところには十分な効果が認められたが、間隙が大きいところについては課題があることが明らかになった。

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

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

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。

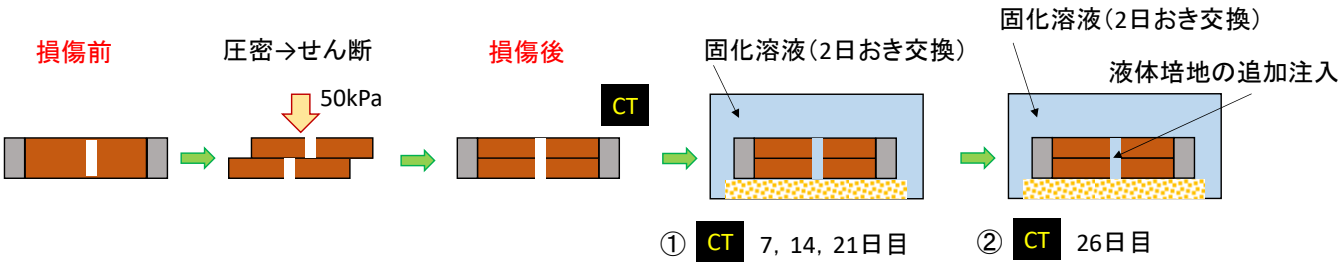


図-1 実験の概要

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 (左から, せん断前, せん断後, 固化溶液浸漬時)

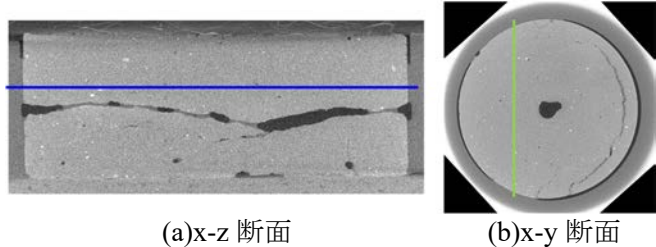


図-3 CT による供試体断面図 (初期状態)

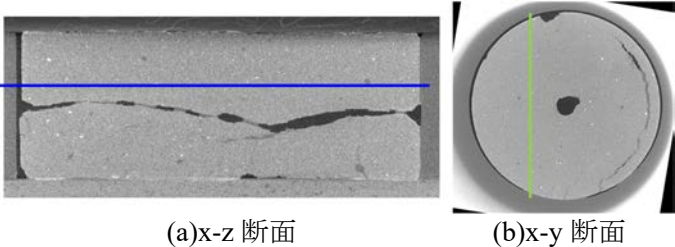


図-4 CT による供試体断面図 (7 日経過後)

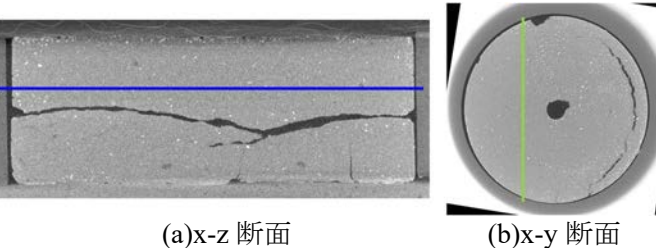


図-5 CT による供試体断面図 (14 日経過後)

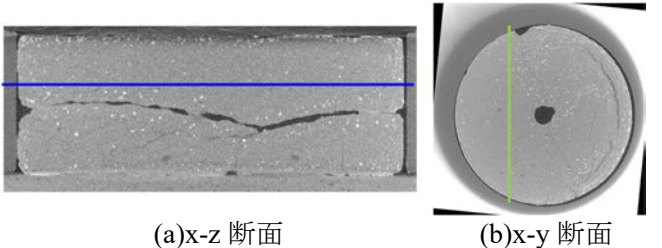


図-6 CT による供試体断面図 (21 日経過後)

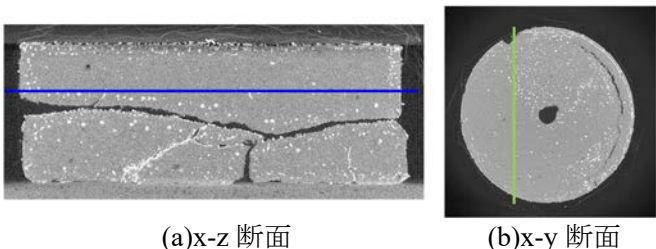


図-7 CT による供試体断面図 (26 日経過後)



図-8 供試体の外観 (29 日経過後)