

(様式第5号)

実施課題名 カオリン粘土空隙内を対象とした炭酸カルシウム結晶析出メカニズムの解明
Explication of the calcite precipitation mechanism into the Kaolin clay pore

著者・共著者 氏名 畠俊郎, 生駒聖
Toshiro Hata, Satoru Ikoma

著者・共著者 所属 富山県立大学 工学部 環境・社会基盤工学科
Toyama Prefectural University, Department of Environmental Civil Engineering

- ※1 先端創生利用(長期タイプ)課題は、実施課題名の末尾に期を表す(I)、(II)、(III)を追記してください。
- ※2 利用情報の公開が必要な課題は、本利用報告書とは別に利用年度終了後2年以内に研究成果公開(論文(査読付)の発表又は研究センターの研究成果公報で公表)が必要です(トライアル利用を除く)。
- ※3 実験に参加された機関を全てご記載ください。
- ※4 共著者には実験参加者をご記載ください(各実験参加機関より1人以上)。

1. 概要 (注: 結論を含めて下さい)

カオリン粘土内の空隙を対象とし、尿素の加水分解酵素であるウレアーゼを利用した炭酸カルシウムの析出状況をBL07(X線CT)を用いて可視化できるかどうかについてトライアルを行った。試験の結果から、解像度自身には問題が無いものの、1) PEEKチューブ内に均質に充填する、2)均質と考えていたカオリン粘土に密度のばらつきがあり事前に均質化を行う、3)カオリン粘土と炭酸カルシウムの密度差が小さいこと等によりX線CT画像のみを用いての比較は困難でありXRD等と組み合わせること、が明らかとなった。

(English)

In this trial experiment, MICP(Microbial Induced Carbonate Precipitation) treated kaolin clay was applied the synchrotron X-ray CT imaging that is evaluating the precipitation conditions into the Kaolin clay column pore space.

The X-ray CT imaging resolution is enough to identify the single kaolin clay, And precipitated calcite into the PEEK tube. However, these trial results suggest that some modified contents in this type of experiment. The main output is as follows, 1) Revise the injecting methods of PEEK tube(not include the small air bubble), 2) Preliminary selection of almost the same density of Kaolin clay, 3) Only the X-ray CT imaging is difficult to trace the calcite precipitation condition into the void of Kaolin clay, need to combine with XRD analysis in this experiment.

2. 背景と目的

環境負荷が小さく自然界が持つ能力を活用できる新しいタイプの社会基盤施設の維持管理手法として微生物もしくは酵素を活用する技術に注目が集まっている。これまでに、砂地盤を対象として液状化対策としての有効性が明らかにされるとともに、地震などの災害により亀裂が発生したコンクリートの修復手法としての実用化を目指した検討などが進められている。

このように比較的空隙サイズの大きな場所については現象の理解や工学分野への応用が進められているが、粘性土についてはまだまだあまり検討が進められていない。本トライアル利用では、この粘土地盤を対象とし、カオリン粘土の空隙内にどのような形で目的とする炭酸カルシウム(主としてカルサイト)の結晶が析出し、強度増進や圧密抑制に寄与する可能性があるかについてBL07のX-ray CTを使って内部構造の可視化に取り組んだ。

3. 実験内容 (試料、実験方法、解析方法の説明)

トライアル利用に用いたPEEKチューブとBL07への設置治具を図-1に示す。



カオリン粘土のみ
(対象区)

カオリン粘土+炭酸カルシウム
(微生物機能により生成)

の2ケースのカラムについて撮影を行い結果を比較

図-1 試験に用いたカラムおよびBL07への設置治具へのセット状況

撮影に先立ってPEEKチューブ内に均質に充填されていると思われる場所を光学顕微鏡により確認し、その後透過画像でチェックすることで位置決めを行った。位置決め後にx-ray CT撮影を行い、平面画像を抽出して1)カオリン粘土と空隙を判別できるか、2)カオリン粘土、空隙に加えて空隙中に析出したカルサイト微結晶を判別できるか、の評価を行った。なお、画像解析にはImage-Jを用いることとした。

4. 実験結果と考察

カオリン粘土のみ (対象区) とカオリン粘土+炭酸カルシウム (注目技術) の画像について比較を行った。画像そのものの解像度としてはカオリン粘土の単粒子を追跡することが可能であり問題ないとの知見が得られたが、カオリン粒子内に時折高密度の粒子が混在する傾向が明らかとなった。

以前に産業用マイクロフォーカス X-ray CT で珪砂カラムを対象に撮影した結果から、珪砂製造時に若干鉄分を含んだ粒子が混ざっていることごとくまれに高密度の粒子が混入することが明らかとなっている (参考文献1)。この珪砂については磁石を使って鉄を含む混入粒子を取り除き同程度の密度粒子のみとなるような前処理を行ったが、カオリン粘土についても同様の前処理が必要かどうか検証する必要がある。ちなみに、試験後に持ち帰ったカラムをパウダー化して XRF の FP を用いて元素比率を測定した。試験前後の結果を表-1 に示す。なお、試験前についてはメーカーから提供された MSDS の値とした。

表-1 XRF により元素組成測定結果

試験前(MSDS)				試験後(定置型 XRF)			
SiO ₂	72.10%	Al ₂ O ₃	19.57%	SiO ₂	71.50%	Al ₂ O ₃	18.22%
Fe ₂ O ₃	0.39%	CaO	0.80%	Fe ₂ O ₃	0.55%	CaO	1.18%
MgO	0.54%	H ₂ O	0.75%	MgO	0.48%	H ₂ O	0.15%

なお、サンプル自体の量が非常に少なかったため試験後の測定に用いたサンプルはカラム調整時に作成・充填したものの残りとしている。

カルシウムの割合が増えていることなどから考え、PEEK チューブカラム内にはカルサイトが析出していると予想されるが CT 画像のみで判断することは困難な結果となった。そのため、今後は X-ray CT で撮影した後に同じ位置で XRD 観察を組み合わせるなどして対応していきたいと考えている。

5. 今後の課題

今回のトライアル利用の結果から、解像度そのものは十分であり均質かつ高密度粒子の混入が無ければ内部状況の可視化はある程度可能であるとの知見が得られた。しかしながら、CT 画像のみで着目している強度増進や自己修復効果を証明することは困難であり、CT 画像と XRD 等を組み合わせた評価方法の提案に繋げていきたいと考えている。

6. 参考文献

1. 菊池喜昭, 水谷崇亮, 永留健, 畠俊郎: マイクロフォーカス X 線 CT スキャナの地盤工学への適用性の検討, 港湾空港技術研究所 資料 1125 2006.

7. 論文発表・特許（注：本課題に関連するこれまでの代表的な成果）

X-ray CT と XRD を組み合わせた追加実験を実施したのちに論文発表を行いたいと考えている。

8. キーワード（注：試料及び実験方法を特定する用語を2～3）

MCIP(Microbial Induced Carbonate Precipitation), 社会基盤施設, 維持管理メンテナンス

9. 研究成果公開について（注：※2に記載した研究成果の公開について①と②のうち該当しない方を消してください。また、論文（査読付）発表と研究センターへの報告、または研究成果公報への原稿提出時期を記入してください（2019年度実施課題は2021年度末が期限となります）。

長期タイプ課題は、ご利用の最終期の利用報告書にご記入ください。

① 論文（査読付）発表の報告	（報告時期：	年	月）
② 研究成果公報の原稿提出	（提出時期：	年	月）