

建設汚泥の自ら利用に向けた改質土のばらつきに着目した攪拌実験

大林組 正会員 〇友岡 亮太郎 正会員 粕谷 悠紀 正会員 三浦 俊彦
大林組 正会員 諸富 鉄之助 非会員 田中 薫

1. はじめに

建設汚泥を再生利用する手段として「自ら利用」をするニーズが高まっている。建設汚泥の改質方法として、専用の処理プラントや土質改良機などを利用する方法が挙げられる。しかし、狭隘な現場では処理プラントや土質改良機の設置は難しく、高含水の泥土に対しては脱水処理などの作業が発生するという課題があった。一方、バックホウは狭隘な現場でも使用でき、様々な性状の泥土に対して改質が可能ではあるが、ばらつきが生じやすいなど改質土の品質の確保が課題であった。そこで、筆者らは赤外線サーモグラフィを使用した、改質効果の均一性に着目した品質管理手法を開発している²⁾。既報では、同含水比で生石灰添加量を変化させた攪拌実験を行い、生石灰添加量と表面温度の平均温度差およびコーン指数の相関関係を確認した。本報告では、攪拌時間の違いが改質土の均一性に与える影響を把握するために実施した攪拌実験結果について述べる。

2. 攪拌実験概要

本攪拌実験は、場所打ち杭工法の掘削時に生じる高含水状態の原泥を模擬しており、第4種建設発生土の強度区分($q_c=200\text{kN/m}^2$)を下回る粘性土を対象として行った。攪拌実験で使用する改質材は汎用的な生石灰を選定した。

2.1 予備試験 攪拌実験に先立ち、予備試験として原泥のコーン指数試験を行った。試料は東京都清瀬市の関東ローム（自然含水比 $w=46.1\%$ 、塑性限界 $w_p=57.5\%$ 、液性限界 $w_L=81.2\%$ ）を選定した。図-1に含水比を変化させて行ったコーン指数試験結果を示す。 $w=53.9\%$ 以下で行ったコーン指数は $q_c=200\text{kN/m}^2$ を上回るものの、 $w=61.6\%$ 以上はそれを下回っていることがわかる。そこで、攪拌実験を行う関東ロームの含水比は65、72.5、80%の3種類を設定した。

2.2 実験ケースおよび実験方法 表-1に実験ケースを示す。攪拌実験は、含水比と生石灰添加量、攪拌時間をパラメータとした。アースドリル工法の安定液を模擬し、比重が1.03の泥水で含水比を調整した。表-2に安定液における各成分の添加率を示す。関東ローム、安定液および生石灰は鋼製のヘラを用いて手で攪拌した。攪拌時間は、既報²⁾を参考に90秒を基準とし、30秒と150秒のケースを追加した3通りで行った。Case7~9ではCase1~6よりも 50kg/m^3 でコーン指数が低い値となったため、生石灰の添加量は、 $100\text{kg/m}^3 \cdot 150\text{kg/m}^3$ とした。アースドリル工法の掘削時の排土間隔を約10分間と仮定して、攪拌終了から7分後にコーン指数試験を行った。生石灰と含水比調整を行った関東ロームを攪拌後、幅400mm、長さ510mm、高さ50mmのステンレスバット内に敷設した。表面温度の測定は赤外線サーモグラフィ（測定範囲：-20 ~ 350℃）を使用した。赤外線サーモグラフィの測定範囲はステンレスバット全体であるが、改質土の温度に着目するため、写真-1に示す中心箇所を抽出してデータ整理を行った。

3. 実験結果

3.1 生石灰添加量とコーン指数の関係 図-2に攪拌時間ごとの生石灰添加量とコーン指数の関係を示す。緑の点線は第4種建設発生土の強度区分であるコ

キーワード 建設汚泥 品質管理 自ら利用 表面温度 攪拌時間 変動係数

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 大林組技術研究所 地盤技術研究部 TEL:042-495-1015

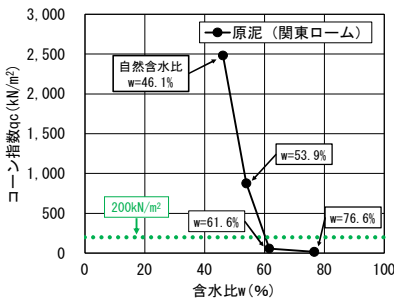


図-1 関東ロームのコーン指数試験結果

表-1 実験ケース

ケース番号	含水比 (%)	生石灰添加量 (kg/m ³)	攪拌時間 (sec)
Case1	65	50, 75, 100	30
Case2			90
Case3			150
Case4	72.5	50, 75, 100	30
Case5			90
Case6			150
Case7	80	50, 100, 150	30
Case8			90
Case9			150
表面温度の測定時間			
加水調整後・改質直後・1分・3分・5分 7分・30分・60分・120分後 (各測定時間で3回撮影を行う)			
本文でのケース名（呼び名）			
Cケース番号－生石灰添加量－攪拌時間			

表-2 安定液における各成分の添加率

添加率	材料名			
	クニゲルV2	DKS280	トチクレー	ソーダ灰
2%	0.2%	2.6%	0.2%	
17.8℃ 28.6℃ 改質5分後				
17 20 17 30				

写真-1 表面温度分布写真
(左:水, 右:C3-100-150)

ーン指数 $q_c=200\text{kN/m}^2$ を示している。グラフを見ると、今回用いた関東ロームにおける含水比65%と72.5%では生石灰を添加することで $q_c=200\text{kN/m}^2$ をほとんど上回っているが、液性限界付近の含水比80%ではほとんどのケースが下回る結果となった。また、含水比65%における生石灰添加量 100kg/m^3 の結果に着目すると、攪拌時間30秒ではコーン指数は 1050kN/m^2 程度であった。これは、攪拌時間30秒では含水比調整を行った関東ロームと生石灰の混合が不十分であり、生石灰が多く含まれる箇所にコンペネトロメーターが貫入された影響と推察される。同ケースで攪拌時間90秒では 710kN/m^2 程度、150秒では 520kN/m^2 程度であったことから、攪拌時間の増大に伴い、過大評価することなく平均的なコーン指数を評価できることを確認した。

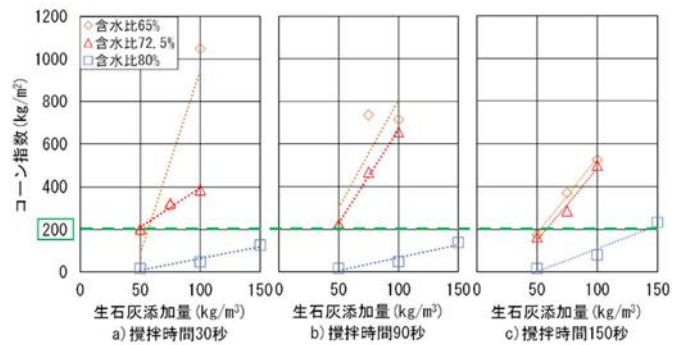


図-2 生石灰添加量とコーン指数の関係

3.2 攪拌時間の違いによる表面温度分布の比較

図-3に本実験の前に行った水の表面温度分布図を示す。表面温度分布の均一性を評価するため、データのばらつきを表す変動係数を求めた。水の表面温度の変動係数CVは0.031であった。一例として図-4に改質5分後の表面温度分布図を示す。図-4には含水比2種類（65%、80%）の攪拌時間2種類（30秒、150秒）の計4種類を示した。グラフを見ると、どちらの含水比でも攪拌時間150秒のb), d)のCVがそれぞれ0.029, 0.024となっており、水のCVと同程度であることから概ね均一に改良できたと評価することができる。また、a)とc)を比較すると、含水比80%のCVが低いことから、同じ攪拌時間でも含水比が高いほうが均一に改良できたと評価できる。b)とd)の図の関係においても同様の傾向がみられる。

3.3 攪拌時間と変動係数の関係

図-5に各含水比の攪拌時間と変動係数の関係を示す。各攪拌時間のプロットデータは3種類の生石灰添加量で行った、測定時間5回分（改質直後・1分・3分・5分・7分）における各撮影回数3回の計45データである。緑色の線は各攪拌時間の変動係数の平均値を結んだものとなっている。グラフを見ると、いずれの含水比においても攪拌時間を長くすることで変動係数が低下することが分かる。この結果より、攪拌時間を長くすることでばらつきが小さくなり、改質土の均一性を確保することができるとわかった。

また、a), b), c)を比較すると液性限界の含水比に近いほど、変動係数が小さくなる傾向がみられた。

4. まとめ

実験結果から、攪拌時間が長く、液性限界の含水比に近いほど改質土の変動係数は小さくなる傾向がみられた。また、水の変動係数と同程度の変動係数である改質土は、攪拌の程度が概ね均一に改良できたと評価できることを確認した。今後は、バックホウを用いた実証実験を行い、攪拌時間や含水比の違いが改質土の均一性に与える影響を把握していく予定である。

参考文献

- 1) 一般社団法人泥土リサイクル協会:1時間でわかる「建設汚泥処理物の廃棄物該当性の判断指針について」, p.6, 2017.3.
- 2) 友岡ら: 建設汚泥の自ら利用に向けた改質土の品質管理手法に関する一考察 第58回地盤工学研究発表会, 2023.7 (投稿中) .

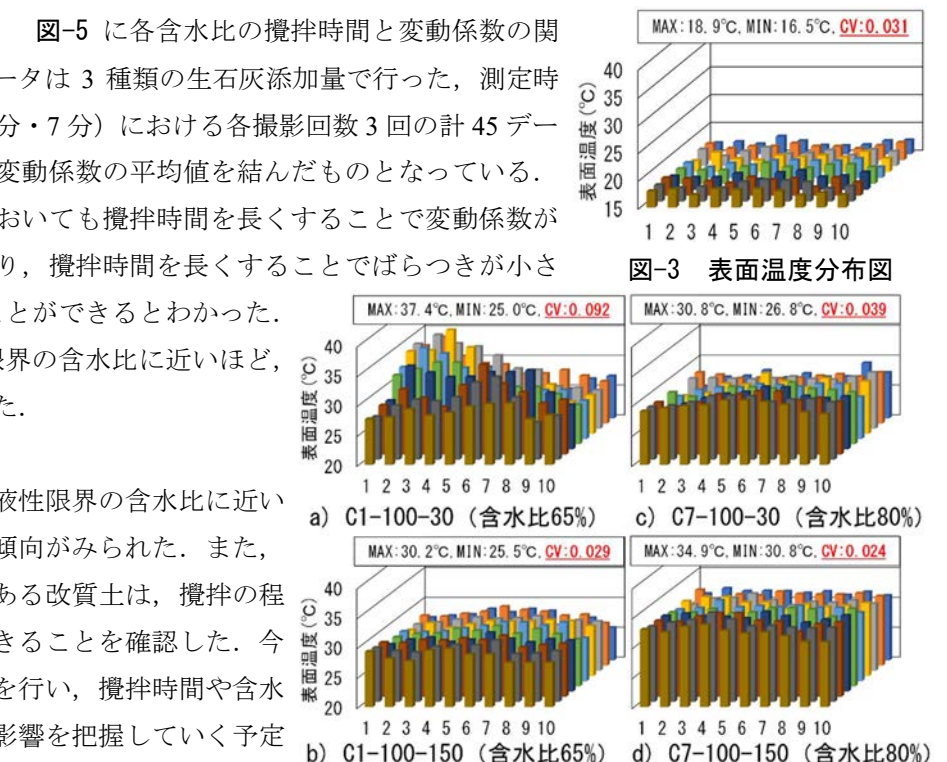


図-3 表面温度分布図

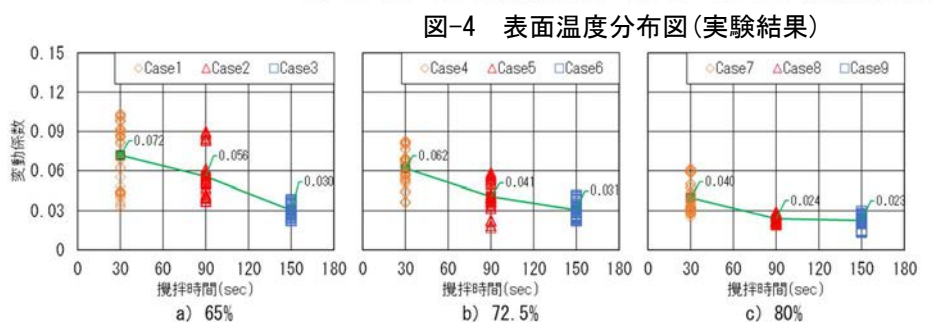


図-4 表面温度分布図(実験結果)

図-5 攪拌時間と変動係数の関係