

ファインバブル混入による地盤改良体の品質改善に関する研究 — 小型模型を用いたソイルセメントスラリーの攪拌抵抗 —

日大生産工（院） ○神原 一翔 日大生産工（院） 野村 悠斗
 日大生産工（学部） 柳 元希
 日大生産工 下村 修一 日大生産工 松本 真和
 日大生産工 亀井真之介 日大生産工 高橋 岩仁

1. はじめに

軟弱地盤の地盤改良のひとつである深層混合処理工法は、共回りの発生や電氣的凝集体の形成により、原位置土と固化材が均一に混合されず、施工不良を生じる恐れがある。これに対し、攪拌翼形状の工夫による機械的対策がとられているがこれだけで品質確保が十分ではない場合は、分散剤添加による化学的対策もあるがコストや環境配慮から課題を有している。

そこで本研究では分散剤の代替としてファインバブル(以下、バブル)を用いた場合の品質改善効果を検討している。既報¹⁾ではホバート型ミキサーの攪拌翼にひずみゲージを取り付けて、ソイルセメントスラリーの攪拌混合時の攪拌抵抗値を測定した結果を報告した。本報では新たに攪拌抵抗計測装置を作製し、ソイルセメントスラリーの攪拌抵抗値の測定結果を報告する。

2. 実験方法及び実験手順

図1に製作した攪拌抵抗計測装置、写真1に攪拌部分を示す。攪拌部分は住宅向けの深層混合処理工法で一般的に使用されるφ600mmの攪拌翼に対して、1/4程度のスケールとした。ソイルセメントスラリーの攪拌抵抗はフランジ型のトルク計をロッドと攪拌翼の間に取り付けて、攪拌時のトルクの増減を直接計測して評価した。計測時はロッドおよび攪拌部分を回転させるが、上下移動はさせない。なお、回転体にトルク計が組み込まれるため、計測器(データロガー)もロッドに取り付け、共に回転させる形式とした。

表1に実験条件一覧を示す。セメントスラリーへの添加状況は無添加、分散剤添加、バブル添加の3パターンとし、さらにバブルとして混入させる気体を窒素(N₂)と二酸化炭素(CO₂)

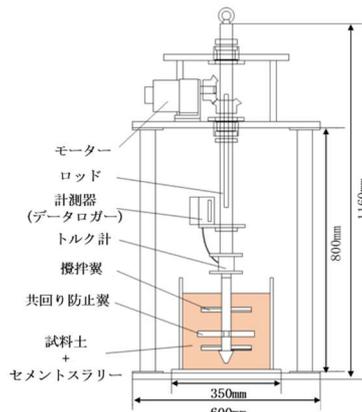


図1 攪拌抵抗計測装置



写真1 攪拌部分



写真2 攪拌抵抗計測

表1 実験条件一覧

Case	セメントスラリー				試料土			試験回数
	添加物	添加量	セメント量 (g)	水量 (ml)	土質	土量 (g)	水量 (ml)	
A	無添加	-	1,588	953 (W/C=60%)	笠岡粘土	9,343	6,540 (含水比70%)	2
B	分散剤 (グルコン酸系)	3.1g (セメント比0.2%)						2
C	N ₂ バブル	250cc (50cc/min)						2
D	CO ₂ バブル	250cc (50cc/min)						2

※セメントスラリーは1.5倍量を作製し、上記数量を計量後、試料土と混合させた

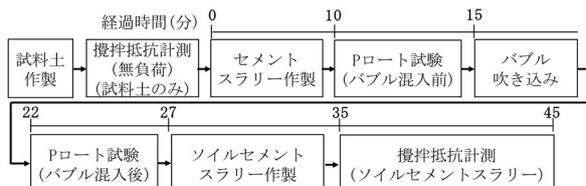


図2 タイムスケジュール(ファインバブル混入の場合)

Study on Quality Improvement of Ground Body by Mixing Fine Bubbles
 — Comparison of Agitation Resistance of Soil-Cement Slurry Using Miniature Model —

Kazuto KAMBARA, Yuto NOMURA, Genki YANAGI, Shuichi SHIMOMURA,
 Masakazu MATSUMOTO, Shinnosuke KAMEI and Iwahito TAKAHASHI

の2パターンとした。

添加状況以外の条件については全て同じとし、この計4ケースに対して各2回試験を実施した。

図2にバブルを吹き込んだ場合のタイムスケジュール、作業手順を以下に示す。

- ① 笠岡粘土および水をハンドミキサーで混ぜ合わせて試料土を作製する。
- ② 無負荷の攪拌抵抗と試料土のみの攪拌抵抗をそれぞれ計測する。回転速度は30rpm、サンプリング周波数は10Hz、計測時間は10分とする。
- ③ セメントスラリーを作製し、Pロート試験を行う。
- ④ バブルを攪拌せん断方式でセメントスラリーに直接混入させる。吹き込み時間は5分、吹き込み量は計250cc(50cc/min)とする。
- ⑤ バブル混入セメントスラリーのPロート試験を行う。
- ⑥ 試料土とバブル混入セメントスラリーを混ぜ合わせてソイルセメントスラリーを作製する。
- ⑦ ソイルセメントスラリーの攪拌抵抗の計測を行う。写真2に攪拌抵抗計測状況を示す。

上記はファインバブルを混入させる場合の流れであるが、無添加及び分散剤添加の場合もバブル吹き込みとPロート試験の回数以外は同様である。なお、ソイルセメントスラリーの攪拌抵抗は時間経過と共に大きくなるため、バブル吹き込みの有無に関わらず、各作業のタイミングは合わせた。Pロート試験はファインバブル混入の場合、吹き込み前と後の計2回実施したが、無添加および分散剤添加については1回のみとした。分散剤はセメントスラリーを作製する際の水にあらかじめ添加する必要があるため、Pロート試験のタイミングは添加後のみとなる。

3. 実験結果

表2にPロート試験結果を示す。各ケース2回ずつ実施しているため、Case名に枝番をつけている。分散剤、N₂バブル、CO₂バブルのいずれにおいても、無添加に比べて流動性が改善することを確認できた。

図3に攪拌抵抗計測結果を示す。トルク値の絶対値が大きいほど攪拌抵抗が大きくなることを示している。攪拌抵抗(トルク値)は無添加に対して、分散剤を添加することで低下している。バブル添加のCaseではさらに攪拌抵抗が低下し、N₂バブルはCO₂バブルより攪拌抵抗

表2 Pロート試験結果

セメントスラリー		流下時間(秒)	
case	添加物	添加前	添加後
A-1	無添加	10.88	/
A-2	無添加	10.56	
B-1	分散剤	/	9.16
B-2	分散剤		8.90
C-1	バブル(N ₂)	14.60*	8.97
C-2	バブル(N ₂)	11.09	8.81
D-1	バブル(CO ₂)	10.66	9.21
D-2	バブル(CO ₂)	10.75	9.16

*ハンドミキサーによるセメントスラリーの攪拌が不十分であったと想定

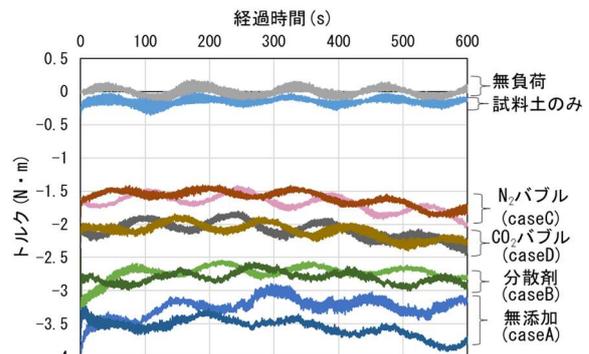


図3 攪拌抵抗計測結果

は小さい。これは、セメントスラリーにバブルを混入させることで、ソイルセメントスラリー状態における電氣的凝集体の形成を阻害し、結果的に攪拌抵抗が小さくなったものと考えられる。なお、図3において周期的に攪拌抵抗が増減している様子が確認できるが、無負荷(空転)時の試験結果においても同様の周期がみられるため、装置もしくはトルク計固有の周期であると想定される。

4. まとめ

本試験で得られた知見は下記の通りである。

- 1) 本試験装置により、ソイルセメントスラリーの攪拌抵抗を計測できることを確認した。
- 2) セメントスラリーにファインバブルを混入させることで、ソイルセメントスラリーの攪拌抵抗は4~5割程度小さくなった。

- 参考文献 -

- 1) 野村ほか：ファインバブルを混入したソイルセメントスラリーの攪拌抵抗に関する研究, 第56回日本大学生産工学部学術講演会, 2023.12