

3軸式深層混合処理工法(CDM-レムニ^{ツースリー}2/3)の可視化模型実験

国土総合建設(株) 正○原 俊郎

清水建設(株) 正 川崎 廣貴、正 上村 一義、正 守安 卓弥

不動建設(株) 正 野田 洋、磯谷 修二

1. はじめに

深層混合処理工法の攪拌混合性能を模型実験で確認する手段には、土層にカラービーズを埋込む方法や土層として色粘土またはビーズを使用する方法があるが、これらの方法においては、攪拌混合の内部挙動を明確に調査できないという問題がある。これを解決するために、筆者らは、攪拌混合状態をリアルタイムに可視化でき、かつ繰り返し使用が可能な可視化土層とこれに使用する疑似スラリーを開発した。

ここでは、3軸式深層混合処理工法「CDM-レムニ2/3工法」の開発^{1), 2)}の一環として、可視化土層と疑似スラリーを使用して、基礎的検証用に可視化模型実験を行ったので、この概要について報告する。なお、実験装置は、1/5模型を使用し、実験ケースには、スラリー注入軸数と各種補助装置を組み合わせた11ケースを実施した。本可視化模型実験により、各ケースの攪拌混合メカニズムを確認するとともに、攪拌混合性能がより高くなる補助装置の組合せ選定を行っている。

2. 模型実験内容

(1) 実験仕様

実験装置概念を図-1、装置全景を写真-1に示す。

実験仕様は、次の通りである。

- ・実験装置：実機の1/5モデルの模型装置
- ・昇降装置：実速の1/5速度ギヤモータ
- ・駆動装置：実速同等の0~30rpmモータ
- ・攪拌翼：3軸φ1,300mmの1/5モデル
- ・注入装置：可変定量ポンプ
- ・透明水槽：L1,000×B500×H2,000mm
- ・土層：可視化可能なキットサン模擬土層
- ・スラリー：消散性、または残置性色素溶液

(2) 補助装置と模型運転サイクル

補助装置は、左右軸からの2軸注入時にセメントスラリーが中軸まで満遍なく行き渡って、3軸混合が可能となるようにするためのものであり、この種類としては、スタビライザ、Zクロス、稲妻クロス、中軸スパイラルの4種類を考案して、実験に使用した。写真-2には、スタビライザと中軸スパイラルの補助装置を示す。

また、図-2には、模型実験の攪拌混合における運転サイクルを示す。改良深度は、H=0.8m（実深度4.0m相当）として実験を実施した。

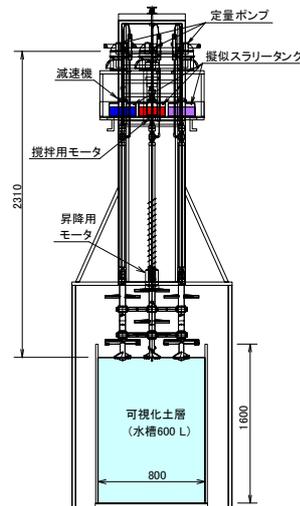
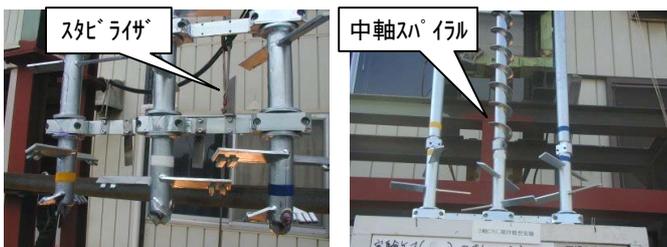


図-1 実験装置概念



写真-1 装置全景



a) スタビライザ

b) 中軸スパイラル

写真-2 補助装置の状態

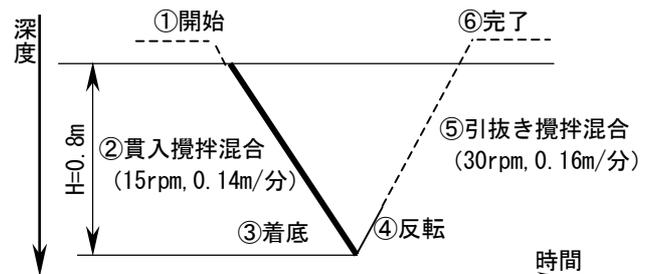


図-2 模型運転サイクル

キーワード：地盤改良、深層混合処理、3軸、2軸注入、可視化、攪拌混合性能

連絡先：〒108-8432 東京都港区海岸3-8-15 国土総合建設(株) TEL.03-3457-9815

（3）実験ケース

表-1に示すように11種類の実験ケースを設定した。ケースA～Dでは、補助装置なし状態で攪拌混合を行い、スラリーの混合・流動メカニズムを確認することにした。ケースE～Hでは、各補助装置の混合効果を確認することとした。ケースJ～Lでは、2軸注入3軸攪拌工法（ケースL）が3軸注入方式と同等の攪拌混合性能があることを最終的に確認するために、各軸の吐出色を変えて実施したものである。

（4）可視化土層と疑似スラリー

可視化土層は、攪拌混合性能を目視でき、かつ、注入したスラリーが土層内で攪拌翼径よりも拡がらない拘束性を持つように、適度な粘性を有する水溶液とする必要がある。この使用材料には、キトサン水溶液、または、これに準ずる凝集剤水溶液を使用した。さらに、水溶液の繰返し使用を可能にするため、水溶液に乳酸を加えてpHを酸性状態にした。疑似スラリーには、赤色フェノール液を使用し、可視化土層内において30分程度で消散するように濃度調整を行った。この消散型の疑似スラリーと可視化土層の繰返し使用回数は、土層の粘性消失の影響があるため、3回が使用限界である。

なお、ケースJ～Lでは、攪拌混合性能の最終確認用に、色が残置するメチル系色素剤の3色を使用した。

3. 実験結果

可視化模型実験の結果は、次の通りである。

- ①ケースA～Dの結果から、3軸混合の原理は、中軸を中心とするダブル∞（連珠図形）型流動となっている。
- ②ケースCの結果から、左右軸に比較して中軸にスラリーが集中する傾向が見られる。
- ③補助装置なしで単に2軸注入したケースDでは、写真-3に見られるように、中軸にスラリーが回り難い。
- ④ケースE～Hの結果から、補助装置として、スタビライザと中軸スパイラルの2種類の組合せが、もっとも攪拌混合性能に優れている。
- ⑤写真-4には、左右軸から疑似スラリーの色種を変えて2軸注入したケースLのスラリー混合状態を示すが、2種類の補助装置により、中軸までスラリーが満遍なく行き渡っており、攪拌混合が良好に実施されることが確認できた。

4. おわりに

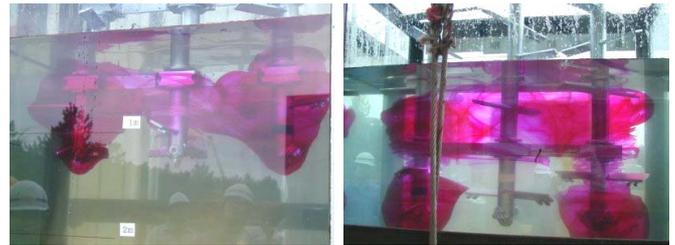
2軸注入3軸混合方式である3軸式深層混合処理工法「レムニ2/3工法」に採用する補助装置を選定するために、可視化模型実験を実施した。実験の結果、補助装置としてスタビライザと中軸スパイラルの2種類の組合せが最適であることが明らかとなった。スタビライザには、注入スラリーを移動制御する導流効果と保持効果があり、中軸スパイラルには、中軸混合部の圧力を貫入時に減少、引抜き時に増加させて、改良土の上下方向混合を促進する効果があることが分かった。

【参考文献】

- 1) 野田他：3軸式深層混合処理工法(CDM-レムニ2/3)の開発,土木学会第60回年次学術講演会,2005.9
- 2) 守安他：3軸式深層混合処理工法(CDM-レムニ2/3)の現場実証実験,土木学会第60回年次学術講演会,2005.9

表-1 実験ケースの種類

ケース名	補助装置の種類	注入方式	色数
1. ケースA	なし	端軸1軸注入	1色
2. ケースB	なし	中軸1軸注入	1色
3. ケースC	なし	3軸注入	1色
4. ケースD	なし	2軸注入	1色
5. ケースE	Zクロス	2軸注入	1色
6. ケースF	稲妻クロス	2軸注入	1色
7. ケースG	スタビライザ	2軸注入	1色
8. ケースH	スタビライザ+中軸スパイラル	2軸注入	1色
9. ケースJ	なし	3軸注入	3色
10. ケースK	スタビライザ+中軸スパイラル	3軸注入	3色
11. ケースL	スタビライザ+中軸スパイラル	2軸注入	2色



a) 貫入 0.2m

b) 貫入 0.4m



c) 貫入 0.6m

d) 貫入 0.8m (側面)

写真-3 ケースD混合状況



a) 貫入 0.2m

b) 貫入 0.6m



c) 引抜き完了

写真-4 ケースL混合状況