

静的圧入締固め工法における石膏系中性固化材の適用性 —強度特性—

三信建設工業(株) 正会員	○ 新坂 孝志	渡邊 将美
三信建設工業(株)	吉見 力	正会員 竹之内 寛至
石原産業(株) 正会員	平井 恭正	大澤 誠司
石原産業(株)	尾宮 寿彦	今村 敏

1. はじめに

静的圧入締固め工法（以下、CPG 工法）は、低流動性のモルタルを強制的に地盤中に圧入することにより密度を増大させる工法で、既設構造物の液状化対策として多く利用されている¹⁾。CPG 工法で使用する注入材には固化する成分が含まれており、通常は普通ポルトランドセメントまたは高炉セメント B 種が使用されている。既設構造物の中でも、護岸や岸壁などの水域近くでの施工を行う場合、固化材成分による水質汚染が懸念される。CPG 工法は、一般的な薬液注入工法と比べて流動性の極めて小さな材料を使用しており、固化材成分の含有量も少ないため、水質汚染の影響は極めて小さいが、水域近くでは高アルカリであるセメント系の固化材自体が適用できない場合がある。

このような背景から、CPG 工法用の環境対応型固化材として石膏系固化材を開発した。本稿では石膏系の強度特性について報告する。

2. 実験概要

2-1. 使用材料

本工法で使用する石膏系固化材は、焼石膏を主成分とした無機鉱物系のみでの固化材である（写真-1）。pH=6.5~6.7 程度の中性域の固化材であり、これまで浚渫泥土などの改良において生態系への影響を与えない材料として利用されていたものである²⁾。石膏系固化材は、セメント系固化材と比べて強度発現が早く、また強度が小さいという特性があるため、CPG 工法に適しているかを確認する必要がある。本試験で使用した遅延剤はオキシカルボン酸系の材料で、pH=8.3 程度の中性域のものである。また、本試験で使用した注入材料はいずれも中性域（pH=5.8~8.6）の範囲内のものであり、配合の違いによる pH の変化はほとんどない。

注入材は、石膏系固化材、遅延剤、骨材および水を混合したものである。使用した骨材は、これまで CPG 工法の室内試験で使用したものと同様、珪砂およびトチクレーを所定の粒度分布になるように調整したものを使用し³⁾、固化材量と骨材量の混合比は通常の CPG と同様の比率（固化材:骨材=1:8.5）とした¹⁾。

2-2. 遅延性能試験

石膏系固化材は、水と混練した後、通常 10~20 分程度で固化する。一方、注入材料をポンプ圧送する CPG 工法では注入材の混練から注入完了まで 10 分~1 時間程度は必要となるため、この間は固化しない必要がある。そこで、遅延剤添加による遅延性能を確認するため、遅延剤添加量を変化させた配合試験を行った。試験は、混合した注入材を PP 容器に入れ、所定時間経過後の固化状況を確認した。

2-3. 強度試験（一軸圧縮試験および液状化試験）

CPG 工法は密度増大工法に分類されるため、注入材（固化体）自体の強度は限定されていない。ただし液状化対策に適用する場合は、固化体自体が液状化しない強度を有している必要がある¹⁾。そこで、配合を変化させた配合試験を行い、一軸圧縮試験および繰返し非排水三軸試験（液状化試験）を実施し、CPG 工法への適用性を確認した。



写真-1 石膏系固化材

キーワード：静的圧入締固め工法、環境対応型、中性固化材、石膏系固化材、強度特性、液状化対策

連絡先：〒111-0052 東京都台東区柳橋 2-19-6 三信建設工業株式会社 技術本部 TEL:03-5825-3707 FAX:03-5825-3757

3. 実験結果

3-1. 遅延性能試験

表-1 に、試験結果の一覧を示す。評価は、○：未固化、△：固化開始、×：固化の3段階とした。この結果、遅延剤の添加量が多くなるほど効果が遅くなるという遅延効果が認められた。事前に行った石膏系固化材単体で行った試験では 0.35%の遅延剤添加量でも3時間程度の遅延効果が認められたが、骨材や水を含む注入材では遅延効果が少なくなる結果となった。遅延性能試験の結果から、施工性を考慮すると本試験で使用した遅延剤では添加量は3%以上必要であることが確認された。

3-2. 一軸圧縮試験

遅延性能試験結果から、遅延剤添加量 5%のものについて一定期間養生後に一軸圧縮試験を行った。図-1 に、養生期間と一軸圧縮強さの関係を示す。図-1 には参考として、CPG 工法で一般的に用いられているセメント系固化材を使用した場合の結果も示す。この結果をみると、石膏系固化材を使用した場合は材齢 1 日で 280kN/m²の一軸圧縮強さとなっており、その後の強度増加は少ない結果となった。また、一軸圧縮強さはセメント系固化材を使用したものよりも小さな値となる結果であった。

3-3. 液状化試験

石膏系固化材添加量を変化させた供試体を用いて、一軸圧縮試験および液状化試験を行った。図-2 に一軸圧縮強さと液状化強度比の関係を示す。液状化強度比の値は、両振幅軸ひずみが5%のときの値である。一軸圧縮強さが71kN/m²以上の液状化試験では、波数とともに軸ひずみが伸張側へ累積し、最終的には引張り破壊が生じる結果となった。また、一軸圧縮強さが42kN/m²の供試体では液状化強度が0.45であった。

以上から、一軸圧縮強さが50kN/m²以上あればCPG工法の改良地盤と同等以上の液状化強度を有することが確認された。この結果は、従来のセメント系固化材による改良土の特性である「液状化の発生しない材料の目安は $q_u=50\sim 100\text{kN/m}^2$ 以上」と同様の結果である⁴⁾。また、図-1の結果では石膏系固化材はセメント系固化材よりも低強度であったが、本試験の結果から液状化対策としては十分な強度であることが確認された。

4. まとめ

石膏系固化材のCPG工法への適用性について室内試験を実施した結果、以下の知見が得られた。

- 1) 遅延剤を添加することによる固化の遅延効果が認められた。
- 2) 遅延剤を5%添加した場合、材齢1日で280kN/m²の一軸圧縮強さとなり、その後の強度増加は少ない。
- 3) 一軸圧縮強度が50kN/m²以上あれば、CPG工法の改良地盤と同等以上の液状化強度を有する。

以上の結果、石膏系の固化材はCPG工法に適用可能であることが確認された。

【参考文献】

- 1) 沿岸技術研究センター：液状化対策としての静的圧入締固め工法技術マニュアルーコンパクショングラウチング工法ー(2103年版), 2013.
- 2) 日本材料学会：「地盤改良」に関わる技術評価証明報告書 技術評価証 第1009号 石膏系中性土質改良材「ジプサンダー」(第1回更新版), 2014.
- 3) 唐・原田・山崎・飯川・新坂：静的圧入締固め工法における注入材料の圧送性能評価に関する検討, 第46回地盤工学研究発表会, pp.881-882, 2011.
- 4) 沿岸技術研究センター：事前混合処理工法技術マニュアル, p.73, 1999.

表-1 遅延性能試験結果一覧

遅延剤添加量 (wt%)	1h	2h	3h	20h
0.35	×	×	×	×
0.70	△	△	△	△
1.05	△	△	△	△
1.40	△	△	△	△
3.00	○	△	△	△
5.00	○	○	△	×
10.00	○	○	○	×
(参考:セメント系)	△	△	×	×

※ ○：未固化, △：固化開始, ×：固化

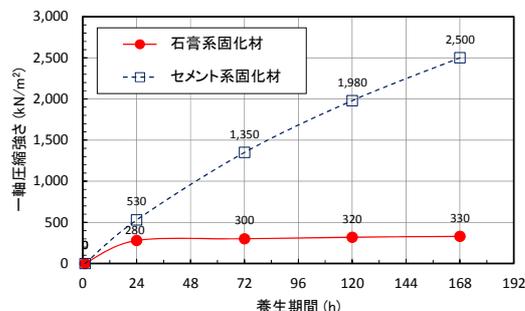


図-1 養生時間と一軸圧縮強さの関係

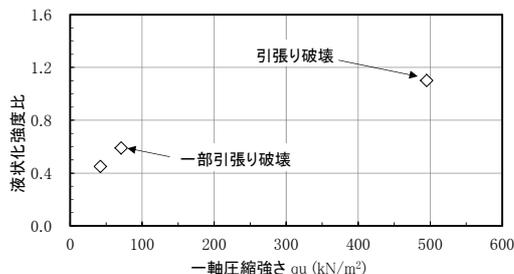


図-2 一軸圧縮強さと液状化強度比の関係