

超硬質地盤に対応した低変位深層混合処理 CI-CMC-HG工法

株式会社不動テトラ 北陸支店地盤研究室 ○古庄 哲士
北陸支店地盤研究室 田口 雄一

1 ■はじめに

深層混合処理工法は、スラリー状または粉体の固化材を軟弱土と原位置で攪拌混合し、硬質な改良体を造成する工法である。CI-CMC工法は大径かつ高品質な改良体を造成することのできる機械攪拌式深層混合処理工法である。

東日本大震災以来、それまで強度が十分に地盤改良が不要とされてきた硬い地盤でも改良が必要となる場合や、支持層への確実に根入れをすることが求められるケースが増えている。このような硬質な地盤では貫入時間が長くなることや、貫入不可となる場合、補助工法を併用する必要があり、コスト増加、工費の長期化が問題となる。効率的・経済的に施工を実施するために硬質地盤に適用できる工法の開発が求められていた。

このような社会的要請に応えるべく、CI-CMC工法の攪拌翼を改良することで、砂質土で最大N値50、粘性土で最大N値15程度より硬質地盤に適用可能なCI-CMC-HA

工法を開発した。さらに、N値50を超える硬質層での改良や支持層への根入れを可能とすべく、機械設備を改良することで、より硬質な地盤へ適用可能なCI-CMC-HG工法を開発した。

本稿ではCI-CMC-HG工法の特長及び施工実績について紹介する。

2 ■従来工法の特長

CI-CMC工法（以下、従来工法とする）はセメントスラリーにエアを混合する「エジェクター吐出」機構を採用している。セメントスラリーを霧状に吐出することで、土がほぐされ、土粒子の流動性が高まることにより、貫入・攪拌時の貫入抵抗を小さくなる。これにより従来の深層混合処理工法より、大径かつ高品質の改良体を造成することが可能となった。また、土粒子の流動性が高まることでエアとともに地表面へ移動がスムーズになり、低変位施工が可能となる。



エジェクター吐出機構

写真-1 CI-CMC工法

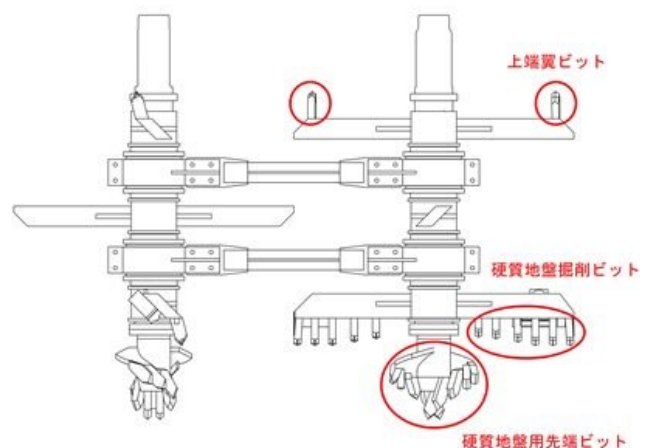


図-1 CI-CMC-HA工法攪拌翼形状

3 ■ C I - C M C - H A 工法の改良点

C I - C M C - H A 工法では図-1 に示すように攪拌翼に取り付けるビットを改良することでより硬質な地盤への適用を可能とした。

4 ■ C I - C M C - H G 工法の特長

これまでの工法に加え、C I - C M C - H G 工法は下記の特長がある。

① 貫入能力の向上

表-1 に機械設備の比較を示す。C I - C M C - H G 工法では約 2 倍のトルクを有する高トルクインバータモータを搭載した硬質対応オーガーを使用している（写真-2・写真-3）。また、攪拌翼はC I - C M C - H A 工法の改良に加え、貫入補助として、先端吐出機構を追加している（図-2・写真-4）。先端吐出機構を併用することで、機械への負荷をかけずに貫入能力を向上することができる。

表-1 機械設備の比較

	C I - C M C 工法	C I - C M C - H G 工法
オーガー	90KW	90KW
発電機	600KVA	600KVA
回転数	低速：16min-1 高速：32min-1	3.3~ 29.5min-1
最大トルク	50kN・m	104kN・m

② 安定した工程の確保

C I - C M C 工法では回転数の調整は高速と低速の 2 種類であった。しかし、インバータによる制御により、同じ定格出力で軟弱層では高速回転による品質確保、硬質層では低速回転による高トルク施工で貫入力の上が見込める。これにより、改良深度の途中でN値 50 を超えるような超硬質層がある場合や堅固な支持層へ根入れを行う場合でも機械への負荷が小さく、故障頻度が大幅に低減できるため、安定した工程を確保することができる。



写真-2 施工機・オーガー



写真-3 インバータモータ制御盤

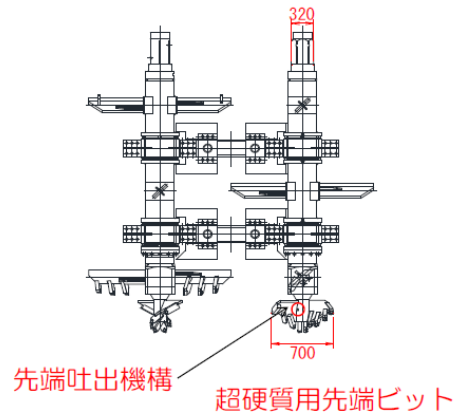


図-2 C I - C M C - H G 工法攪拌翼形状



写真-4 先端吐出機構

③ 工期短縮・コストの削減

従来工法では硬質な地盤で貫入不可となる場合、アースオーガー（二軸同軸式）による先行削孔が必要であった（写真－5）。しかし、C I - CMC - HG工法では貫入能力の向上により、先行削孔が不要となり、超硬質地盤でも従来工法と同様の施工サイクルで施工できる。これにより、工期の短縮・コストの削減が可能となる。

④ 見える化施工への対応

国土交通省が推進するB I M / C I Mに対応



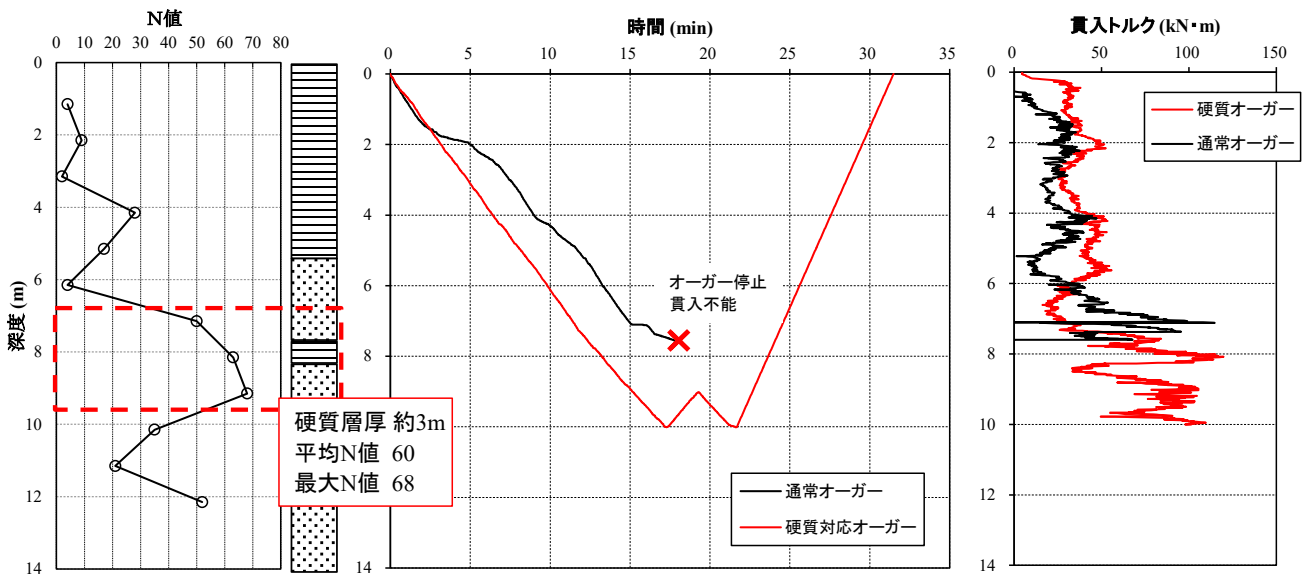
写真－5 超硬質地盤への対応
（左：従来工法
右：C I - CMC - HG工法）

した施工管理システム「v i s i o s - 3 D[®]」の搭載が可能である。「v i s i o s - 3 D[®]」は地盤内の施工状況をアニメーション表示することができるシステムである。これにより視覚的に施工状況を把握することができる。また、施工記録を紙の帳票ではなく、施工情報を色分けした3次元モデルの作成も可能であり、地盤改良の信頼性の向上と、より確かな品質の確保に寄与している。

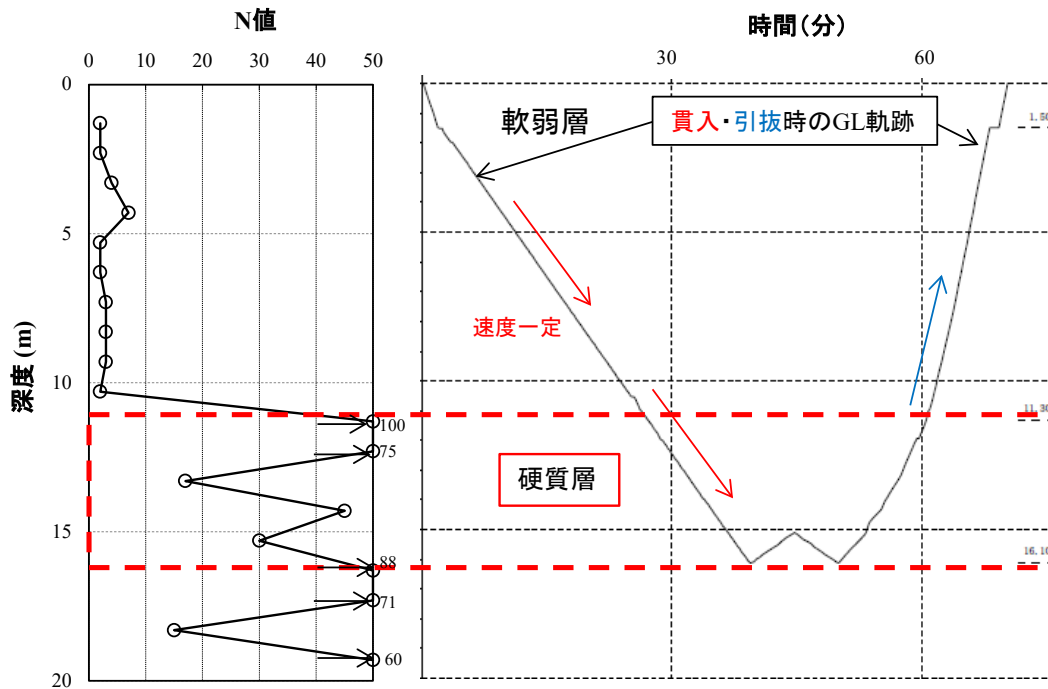
5 ■超硬質地盤への適用事例

C I - CMC - HG工法の適用事例を紹介する。図－3は試験工事において、従来工法とC I - CMC - HG工法の比較を行ったものである。従来工法ではN値50付近でオーガーが停止し、貫入不可となっているのに対し、C I - CMC - HG工法ではN値70程度の硬質地盤でも貫入できていることが確認できた。

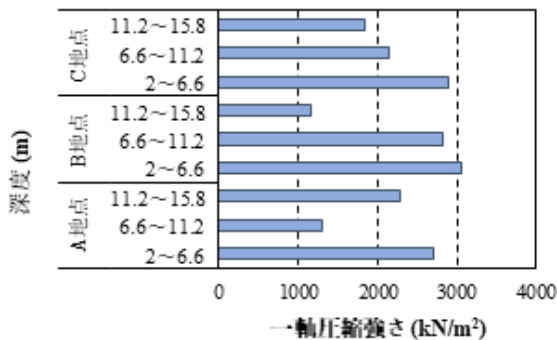
図－4は道路横断ボックスカルバート基礎の沈下及び液状化対策としてC I - CMC - HG工法で施工したときの原地盤N値ならびに施工



図－3 従来工法との貫入能力の比較
（左：N値 真中：施工記録 右：貫入トルク）



図－4 地盤改良柱状図及び施工記録



図－5 事後調査結果

記録図である。当該地区ではN値17～100とバラツキの大きい砂礫層が介在する地盤であり、軟弱層以外の平均N値は63と硬質地盤であった。しかし、このような硬質地盤においてもN値2程度の軟弱層の施工速度と同等の速度で施工が出来ていることが確認できる。また、事後調査により改良体の連続性ならびに設計基準強度 $q_{uc,k} = 1,100 \text{ kN/m}^2$ 以上の強度を確認しており、品質面においても要求性能を満足していることが確認できた(図-5)。

本稿では、新たに開発した深層混合処理工法のCI-CMC-HG工法の特長及び施工実績について紹介した。硬質地盤においても従来工法と同様の施工サイクルで改良径 $\phi 1,600 \text{ mm}$ の大径施工が可能となることで、より経済的な地盤改良を提供することが期待できる。

今後、発生が予想されている大規模地震に対して安全性を確保するため、CI-CMC-HG工法の積極的な運用を目指していく。

■参考文献

- 田中肇一、伊藤竹史、武田尚也『建設機械施工 Vol.71 No.10』、一般社団法人建設機械施工協会、(2019年)
- 伊藤竹史、梅田洋彰『建設機械、2021年6月号』、日本工業出版、(2021年)