

超硬質地盤に適応した深層混合処理工法の開発

CI-CMC-HG 工法

田中 肇一・伊藤 竹史・武田 尚也

深層混合処理工法とは、固化材液と軟弱土を地盤中の原位置で攪拌混合し、両者の化学的な結合作用を利用して軟弱土を改良し、強度を増加させる地盤改良工法である。東日本大震災以来、これまで強度が十分に地盤改良が不要とされていた硬い地盤でも改良が必要となる場合や、構造物によっては改良体を堅固な支持地盤へ確実に根入れすることが求められるケースが増えている。このような硬い地盤では、貫入不能や貫入に時間を要するなどの問題がある。

そこで、これらの課題を解決するため、従来の深層混合処理工法である CI-CMC 工法（以下「従来工法」という）の貫入能力をより高める施工機能を導入し、新しく CI-CMC-HG 工法（以下「本開発工法」という）を開発し、実績を重ねているので紹介する。

キーワード：地盤改良、深層混合処理工法、超硬質地盤、高トルクインバータモータ、根入れ

1. はじめに

本開発工法は、広く採用され信頼性の高い高品質な大径深層混合処理工法である従来工法に貫入能力を高める機能を付加した技術で、適用地盤の拡大と支持層への確実な着底施工を実現する工法である。従来工法は、高品質の改良体を高速で施工できる大径の深層混合処理工法の代表的な技術として国内外で広く採用されている工法で、数多くの実績を持ち高い評価を得ている。一方、東日本大震災以来、これまで強度が十分に地盤改良が不要とされていた硬い地盤でも改良が必要となる場合や、構造物によっては改良体を堅固な支持地盤へ確実に根入れすることが求められるケースが増えている。このような硬い地盤では、貫入不能や貫入に時間を要するなどの問題があり、安定した品質確保に特別な施工対応が必要で、超硬質地盤に適用できる工法の開発が求められてきた。

このような社会的要請に応え、課題を解決するため、信頼性の高い従来工法の貫入能力をより高める施工機能を導入し、新しく本開発工法を開発、実用化した。

2. 本開発工法の概要

従来工法は、エアを用いてスラリーを霧状に吐出する「エジェクター吐出」機構の開発により大径かつ高

品質な改良体を造成する深層混合処理工法である。この霧状スラリーが土をほぐし土粒子の流動性を高めることから貫入・攪拌の負荷を低減することができ、N値50程度の砂質地盤、N値14程度の粘性土地盤への適用が可能である。

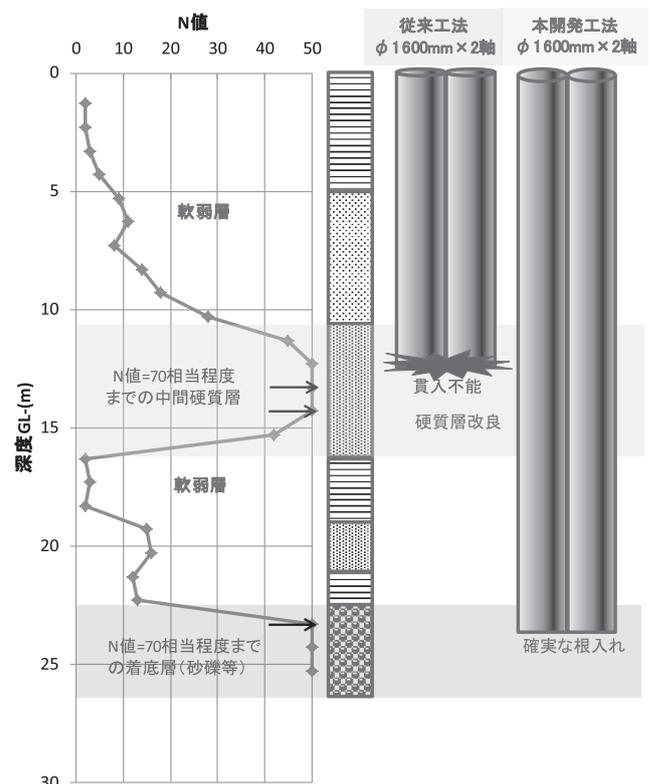


図-1 本開発工法の適用イメージ

表一 適用地盤の最大N値
適用地盤の最大N値 (φ 1600 mm × 2軸)

工法名	従来工法 通常タイプ	CI-CMC-HA 硬質地盤対応	本開発工法 超硬質地盤対応
砂質土	35	50	70
粘性土	14	14	20

本開発工法は更なる貫入能力の向上を目指し、同じ大きさのモータで現状オーガの約2倍のトルクを有する高トルクインバータモータを採用した超硬質オーガにより、N値50を超える砂礫地盤等への適用も可能になった。適用イメージを図一1に、適用地盤の最大N値を表一に示す。また、貫入補助として攪拌軸の先端からエア・スラリーを噴射する先端吐出機構の併用も可能であり、幅広い硬質地盤へ適応できる。

これまで超硬質地盤が介在する地盤への深層混合処理工法の適用では、アースオーガ（二軸同軸式）による先行削孔工を併用してきたが、本開発工法は先行削孔工の併用が必要ないため、大幅なコストの低減、工期の短縮を実現した。

3. 本開発工法の特長

①貫入能力の大幅向上により超硬質地盤に対応

機械仕様の比較を表二に示す。表二に示す通り、約2倍の回転トルクを有する超硬質オーガ（写真一1）による高能力施工ができる。また、貫入補助として先端吐出機構（写真二）による貫入抵抗の大幅低減が可能である。

②安定した工程の確保

インバータモータの回転数制御（写真三）により、通常の軟弱層では従来と同等の高速回転施工を行い、超硬質地盤層では低速回転施工を行うことで従来のサイクルを損なわずに施工できる。また、地中障害物が存在する地盤では低速回転施工を行うことで、機械負荷を低減できる。これにより故障頻度が大幅に低減できるため、安定した工程の確保が可能である。

表二 機械仕様の比較

	従来工法	本開発工法
オーガ	90 kW (4/8P)	90 kW (4/8P) インバータ専用モータ
発電機	600 kVA	600 kVA
トルク最大	50 kN・m	104 kN・m
回転	18~36 m ⁻¹	3.3~29.5 m ⁻¹



写真一 施工機全景



写真二 先端吐出機構



写真三 インバータモータによる回転数制御

③低コストの実現

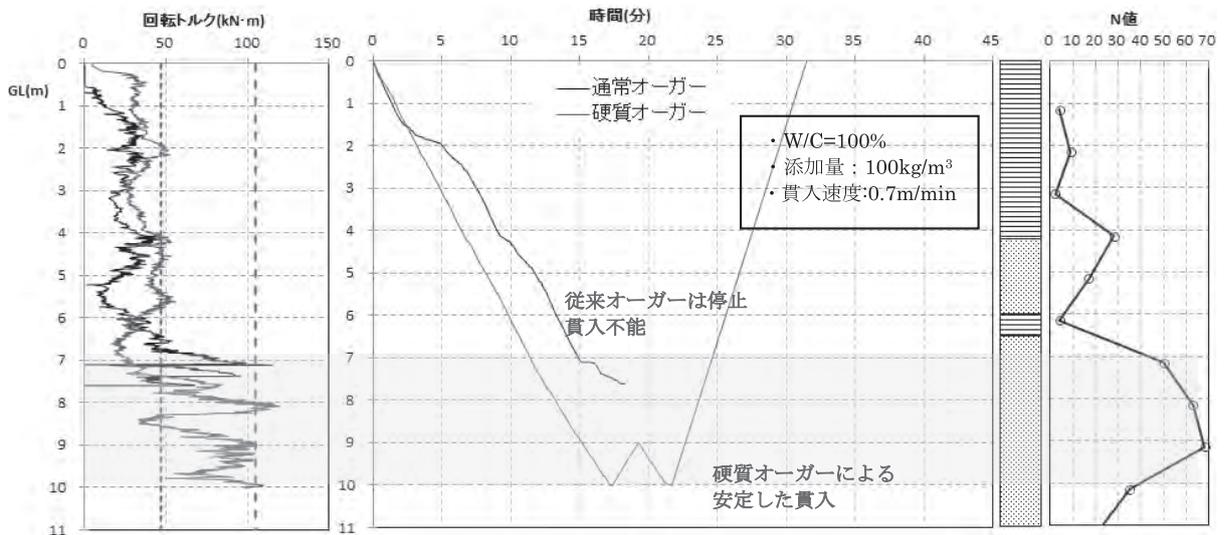
従来、超硬質地盤が介在する地盤への深層混合処理工法の適用では、アースオーガ（二軸同軸式）による先行削孔工の併用が必要であった。本開発工法は先行削孔工の併用が必要ないため、大幅なコストの低減、工期の短縮ができる。

④見える化施工への対応

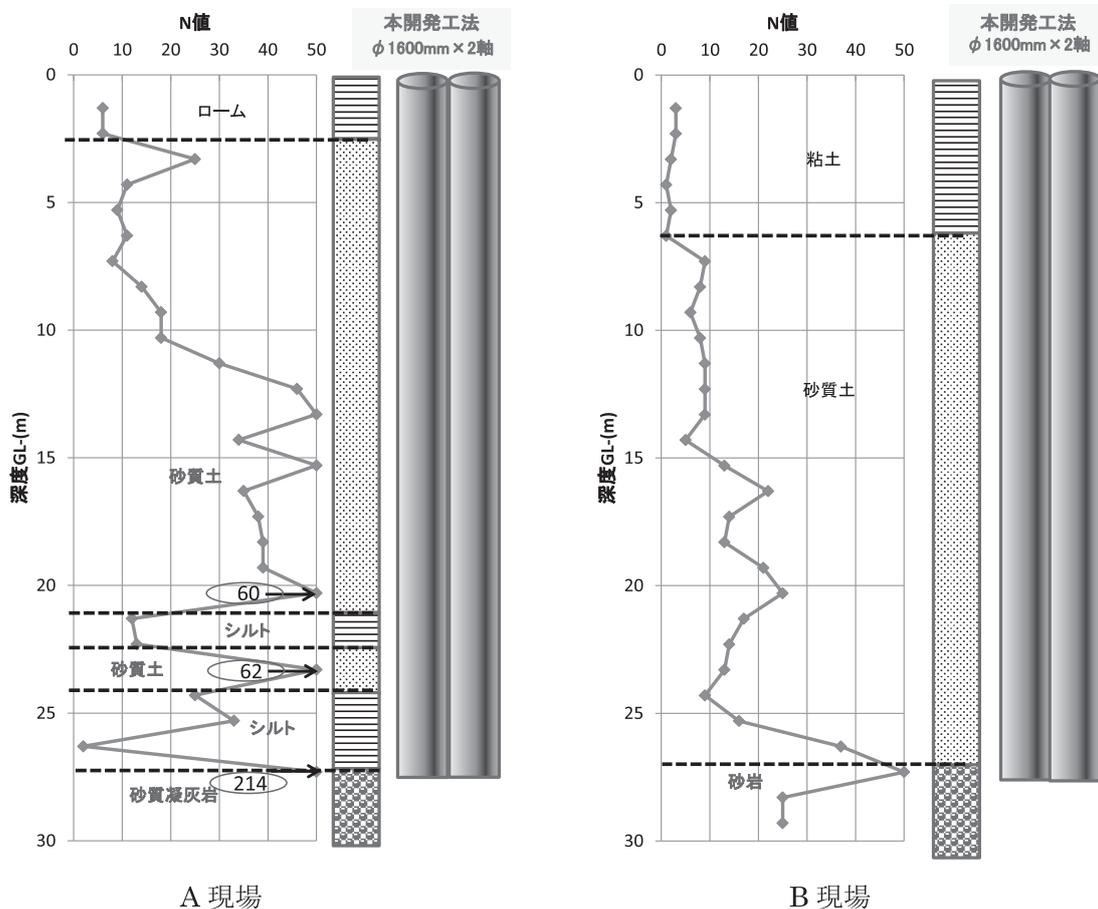
地盤改良のBIM/CIMに対応した施工管理システム「Visios-3D[®]」を搭載可能である。これにより従来分かりにくいとされてきた地盤改良現場の見える化施工や、施工結果の3次元モデル作成が可能となり、地盤改良の信頼性の向上と、より確かな品質の確保が可能である。

4. 適用事例

本開発工法の適用事例を紹介する。従来工法と本開発工法の貫入能力の比較を図一2に示す。従来工法ではN値50程度でオーガーが停止し貫入不能となっているのに対し、本開発工法ではN値70程度を貫入できており、機械負荷が少ない安定した工程を確保し



図一2 従来工法との貫入能力の比較



図一3 適用事例

て施工できることを確認した。

図一3には別現場で適用した事例を示す。A現場では、N値214相当の砂質凝灰岩に根入れすることができた。また、B現場では、N値50以上の砂岩に根入れすることができた。

5. おわりに

我が国では時代のニーズに応じて地盤改良に関する機械や機器が開発、実用化されている。本稿では、新たに開発した深層混合処理工法である本開発工法 CI-CMC-HG 工法の特徴および適用事例について紹介した。

今後、大都市圏周辺をはじめ、大規模な地震の発生が予想される。それらの地域に計画される多くの施設やその敷地、重要構造物等の将来にわたる安全性を確保するために、本開発工法の積極的な適用を目指す。

JCMA

[筆者紹介]



田中 肇一 (たなか けいいち)
株不動テトラ
地盤事業本部 開発部 施工機械課
課長



伊藤 竹史 (いとう たけし)
株不動テトラ
地盤事業本部 技術部 技術企画課
課長



武田 尚也 (たけだ なおや)
株不動テトラ
地盤事業本部 技術部 技術企画課

