

【土木・建築基礎工事と機材の専門誌】

基礎工

2025
Vol.53, No.6

THE FOUNDATION ENGINEERING &
EQUIPMENT, Monthly

6

特集▶ 深層混合処理工法の現状と今後

CDM-EXCEED工法

次世代型大口徑低変位深層混合処理工法

NETIS登録番号:GBK-190001-VE

令和6年度 活用促進技術
(新技術活用評価会議(九州地方整備局))

特許第6198094号

特許第6274347号



報文

CDM-EXCEED工法における 内圧緩和翼の低変位効果

遠西幸男*1 松藤広行*2 三枝弘幸*3 榎本 孝*4 大野喜代孝*5 高橋 学*6

1 はじめに

CDM-EXCEED工法（以下、当工法と呼ぶ）は、軟弱地盤中にセメントスラリーを吐出し、攪拌混合翼の回転により軟弱地盤を改良する機械攪拌式深層混合処理工法（CDM工法）の中の一工法である。エアー併用削孔や内圧緩和翼（写真-1）の装備によって、改良径の大径化（φ1,600mm×2軸）を可能にしている。当工法の特徴は、エアーをスムーズに地上へ排出するための内圧緩和翼であるが、その効果は当初の目的に加え、地中内変位（周辺変位）発生を抑止にも寄与している可能性がある。今回、この内圧緩和翼の地中内変位に着目し、新たに挿入式傾斜計を用いた地中内変位の計測を実施したので、その結果について報告する。当工法の施工機械を写真-2に示す。

2 計測場所の概要

今回の計測は2回目となる。計測を実施した場所の平



写真-1 内圧緩和翼

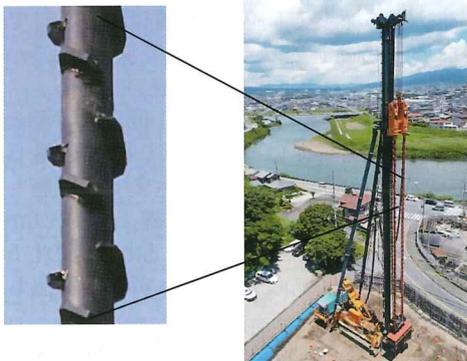


写真-2 CDM-EXCEED施工機械

面図（挿入式傾斜計位置）を図-1に、土質柱状図を図-2に示す。計測は2カ所で行い、1カ所目は改良体の前面1.5m地点、2カ所目は改良体側面3.0m地点である。前回（1回目）の計測位置は改良体側面で、これは変位を2次的要素と捉えていたためである。今回は変位に着目しているため、変位が大きいとされる改良体前面の計測とした。また、前回との比較検討のため側面の計測も実施した。

土質条件としては、地表からGL-13mまではN値0の非常に緩いシルトおよび砂混りシルト、GL-13m~15mまではN値20程度の砂、その下はN値50を超える砂礫層となっている。改良仕様は、改良径φ1,600mm×2軸、施工長L=14.0~17.0m、砂礫層に着底管理、設計

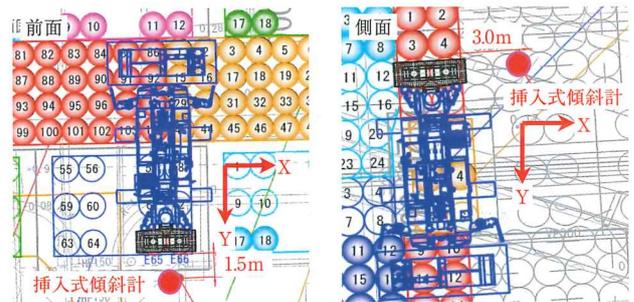


図-1 計測場所平面図

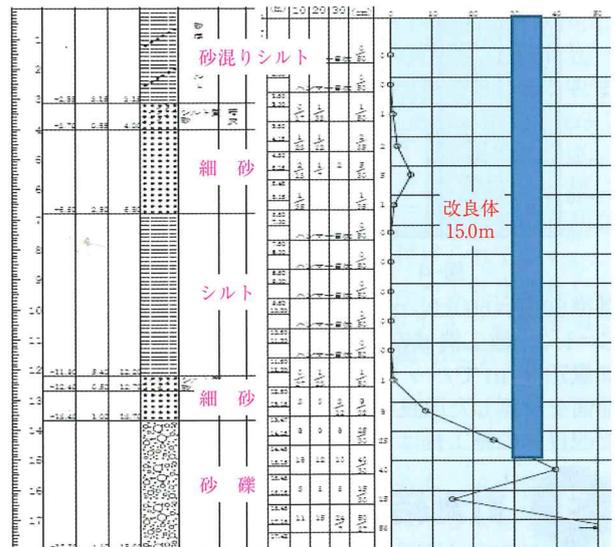


図-2 土質柱状図

*1 TŌNISHI Yukio 清水建設(株) 土木技術本部 基礎技術部 基礎グループ 主査
 *2 MATSUFUJI Hiroyuki 五洋建設(株) 土木部門 土木本M&E本部 船舶O&M部 部長
 *3 SAEGUSA Hiroyuki 東亜建設工業(株) 技術開発研究センター 地盤・防災技術グループ リーダー
 *4 ENOMOTO Takasi 東洋建設(株) 土木事業本部 機械部 部長
 *5 ONO Kiyotaka 東興ジオテック(株) 技術本部 環境技術部 (地中)課長
 *6 TAKAHASHI Manabu 日特建設(株) 事業本部 技術営業部 次長

東京都中央区京橋 2-16-1
 東京都文京区後楽 2-2-8
 神奈川県横浜市鶴見区安善町 1-3
 東京都千代田区神田神保町 1-105 神保町三井ビル
 東京都中央区銀座 7-12-7
 東京都中央区東日本橋 3-10-6 DAIWA東日本橋ビル

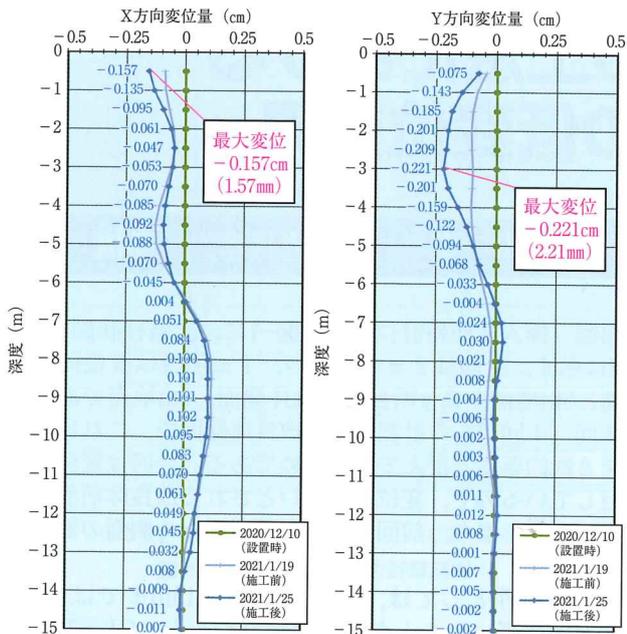


図-3 地中変位計測結果 (前面)

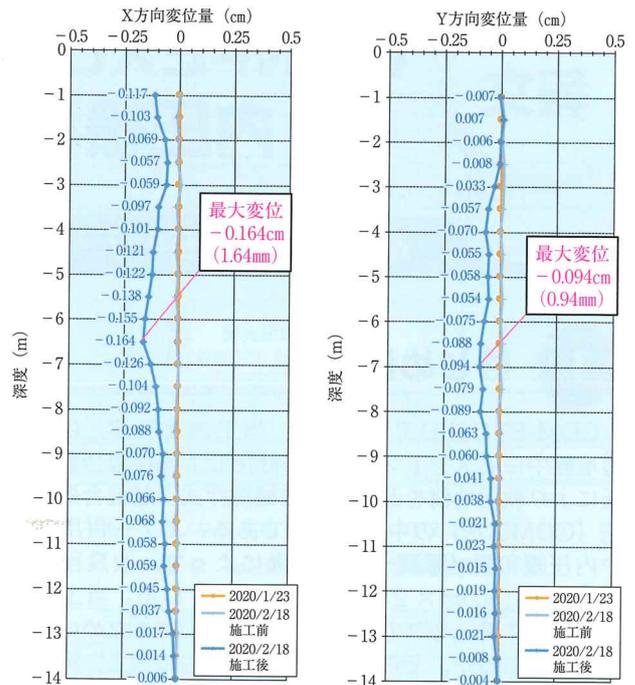


図-5 前回 (1回目) の計測結果

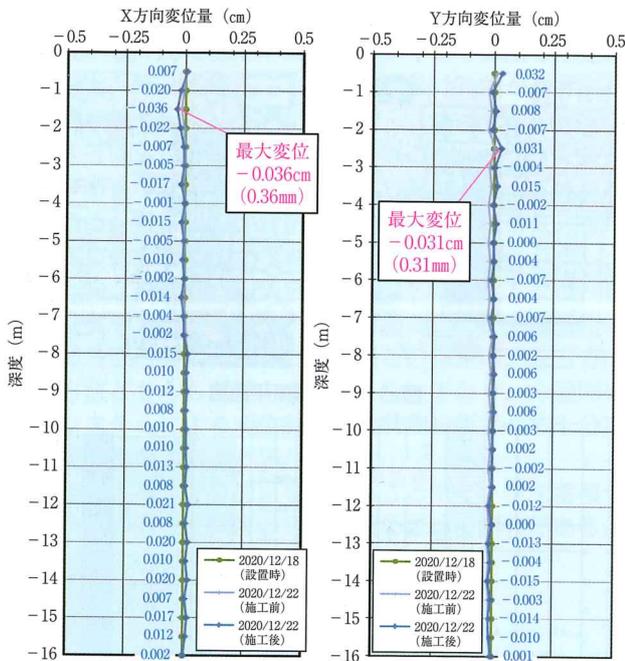


図-4 地中変位計測結果 (側面)

基準強度=600kN/m², 固化材添加量=100kg/m³, W/C=1.0, 施工機械安定の観点から, 表層部分1.0mは添加量70kg/m³でバックホウにより改良されている。なお, 前面を計測した改良体の施工長は15.0m, 側面を計測した改良体の施工長は16.0mである。

3 計測結果

挿入式傾斜計による地中内変位の計測結果(深度方向)を図-3, 図-4に示す。図-3は前面の結果, 図-4は側面の結果である。

前面における深度方向の最大値は, X方向で深度-0.5m地点の1.57mm, Y方向で深度-3.0m地点の2.21mm, いずれも施工機械側に引き込む方向である。最小値は,

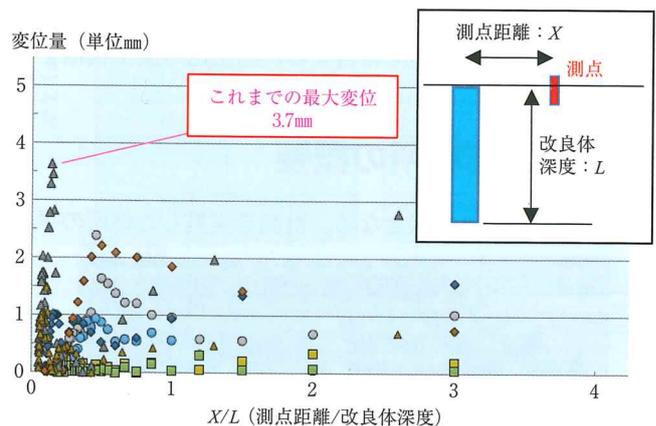


図-6 水平変位計測結果

最下端の-15.0m地点でX, Y方向ともにほぼ0となっている。

側面における深度方向の最大値は, X方向で深度-1.5m地点の0.36mm引込み, Y方向で深度-2.5m地点の0.31mm押し出し, その後はほぼ0が続いている。

側面の計測については, 前回(1回目)計測との比較検討のために実施している。前回の結果を図-5に示す。計測は, 改良長16.0mで深度14.0mまでを実施している。計測位置は, 今回の計測位置と同様, 側方3.0mの位置である。最大値は, X方向で深度6.5m地点の1.64mm, Y方向で深度7.0m地点の0.94mmでいずれも押し出し, という結果であった。

今回の地中内変位計測と併せて, これまでに調査してきた水平変位のデータ(他現場含む)を図-6に示す。図は縦軸に変位量(mm), 横軸に深度方向と測点の長さ比(X/L), として計測した点をすべてプロットした。

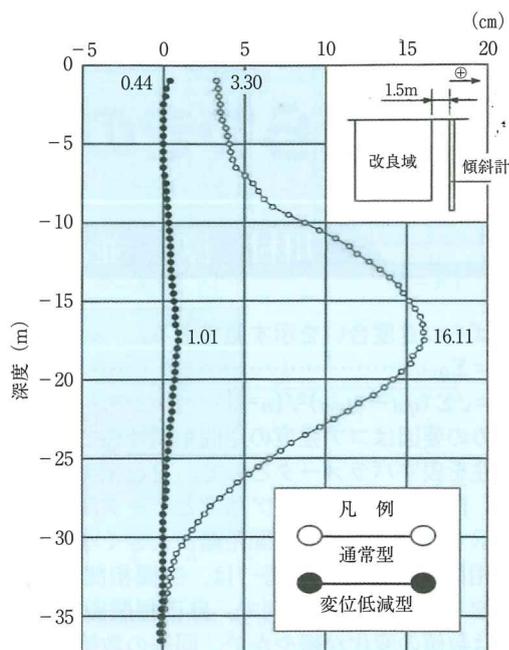


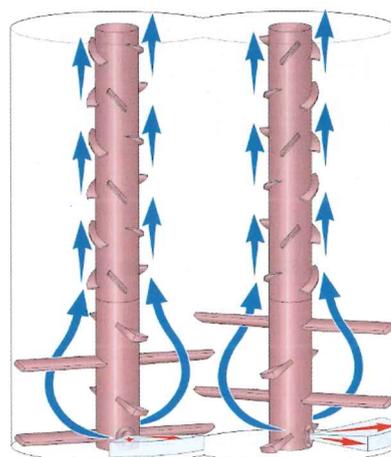
図-7 CDM工法とCDM-LODIC工法の変位比較

4 結果に対する一考察

地中内変位計測では、改良体前面と側面の両方で計測を実施したが、傾向としては前面の方が変位量は多く、深度方向の変位の形状も複雑となった。計測場所の距離の違いが多少は影響していると思われるが、その値は最大でも2.21mmと非常に小さく、計測の前後で大きな差が見られないため、施工に伴う変位というよりは軟弱地盤に起因する機械の移動（機械重量）による地盤の変形、と解釈する方が妥当かと思われる。初期値との比較から、施工による変位と思われるものは前面Y方向における深度3.0m近辺の動向であるが、地表面ではなく、ある程度の深度に達した部分が最大値となる傾向は過去のCDM工法の文献とも一致している。このことから、数値的には小さいものではあったが、計測結果の信憑性は高いと思われる。前回（1回目）計測との整合も図って見たが、ミリ単位での変位であるため、有意差を確認するまでには至らなかった。水平変位に関しても、すべての数値が4.0mm以下と極めて小さく、大多数のデータが $X/L=1.0$ の中に収まっている。盛上がり土量については、前面計測の改良体でスラリー注入量 23.9m^3 に対して盛上がり土量 24.2m^3 となり、ほぼ100%という結果である、これらのことから、当工法は周辺地盤の変位に対して有利な工法であるといえる。

変位という観点では、CDM工法には地盤変位を低減させることに特化したCDM-LODIC工法というものがある。機械攪拌式深層混合処理工法の地盤変位を論ずるとき、しばしば引合いに出される工法である。通常のCDM工法とCDM-LODIC工法の変位の比較を図-7に示す。

このCDM-LODIC工法は、施工に伴う盛上がり土量について確立された数式を有しており、それによってある程度変位を制御することができる。これを変位低減型



先端から吐き出された削孔補助用のエアは、内圧緩和翼によってできた隙間を通して地上にスムーズに排出される。それにより周辺地盤に圧力をかけることがなくなり、低変位となる。

図-8 内圧緩和翼によるエア排出効果のイメージ図



写真-3 内圧緩和翼の効果によるエア排出状況

と呼び、変位を制御することができない低変位型と区別している。当工法は、現段階では他の多くの機械攪拌式深層混合処理工法と同様、変位を制御することまではできない低変位工法に属する。変位を制御できる変位低減工法は、現段階ではCDM-LODIC工法のみとなっている。図-7によると、通常のCDM工法の最大値は16.11 cm、すなわち161mmに対してCDM-LODIC工法は10.1 mmと格段に小さいことが分かる。当工法におけるこれまでの実績データ（図-6）を比較してみると、最大でも3.7 mm程度と、CDM-LODIC工法と比べても極めて小さい値となっている。同一地盤の比較ではないので、一概に論ずることはできないが、当工法は変位に対して有利な工法であることが、これによって裏付けられている。

参考として、内圧緩和翼の効果によって吐出されたエアがスムーズに地上に排出されるイメージを図-8に、実証実験でのエア排出の状況を写真-3に示す。

5 おわりに

今回、内圧緩和翼の二次的効果のうち、地中変位に着目し計測を行った。その結果は非常に小さな値となった。当工法は、変位を制御できる「変位低減」までには至らないものの、通常の機械攪拌式深層混合処理工法と比較しても、周辺地盤への影響が少ない「低変位」工法であると考えられる。今後も当工法の低変位という新たな付加価値と優位性を高めるべく、調査の継続、各学会での発表などを行っていく所存である。