

(別紙 1)

建設技術研究開発費補助金総合研究報告書概要版

課題番号 : No.7

研究課題名 :

「周辺地盤影響の少ない地中拡翼型地盤改良工法のモニタリング・制御方法の開発」

研究期間 (元号) : 平成 23 年-平成 24 年

代表者名 : 石井裕泰

(大成建設株式会社技術センター土木技術研究所 地盤・岩盤研究室)

研究代表者名 : 代表者に同じ

共同研究者名 :

堀越研一 (大成建設株式会社技術センター技術企画部企画室)

青木智幸 (大成建設株式会社技術センター土木技術研究所

地盤・岩盤研究室)

藤原斉郁 ( ) 同上 ( )

松井秀岳 ( ) 同上 ( )

小林真貴子 ( ) 同上 ( )

補助金交付総額 (円) : 17,550,000

研究・技術開発の目的 :

「地中拡翼型の地盤攪拌改良工法」の開発に関して、実用に耐えうる効率的な施工および品質確保に不可欠な、施工制御システムを開発する。本システムを活用しながら、従来型の機械攪拌系改良地盤改良工法と同水準以上の改良品質を実現する施工方法を確立する。

研究・技術開発の内容と成果 :

以下の 2 項目に分けて、研究・技術開発にあたった。

まず、「施工状況のリアルタイムモニタリングシステムを利用した制御システムの開発」では、本システムの適用対象に位置付ける「地中拡翼型の地盤攪拌改良」における攪拌翼の回転速度、改良体の延長方向の移動速度、セメントミルクの吐出量を連動させる機能を設計し、各種計測機器、供給ポンプ、制御装置からなるシステムを試作した。これを動作確認試験で各動作が連動する様子を確認した上で、自社で実施した施工実験において試験運用にあたった。一様な山砂を用いて人工的に準備した緩い砂地盤における合計 7 体の造成作業を通して、

・実際の施工にあたっては、攪拌翼の回転、移動速度、セメントミルクの吐出が連動できた。

・本システムを導入せずに一定の吐出量を課した場合では 20%以上の余剰供給が発生したと想定されるのに対して、自動制御により吐出量の誤差を 3%以内に収めることができた。

・事後調査を通しては、一軸圧縮強さの変動係数が 40%程度以下となり、施工指針に見合った水準に収めることができた。

次に、「モニタリング・自動制御システムを含む地盤改良工法としての一体化技

術の確立」として、「浦安市が管理する施設を利用した液状化対策工法の実証実験」事業の一環として、浦安市運動公園内敷地の陸上競技場建設予定地にて施工実験を計画した。この場所は、上部 6m ほどが浚渫砂、粘土地盤で、その下部に自然堆積砂地盤が存在し、東日本大震災の際には浚渫砂層から墳砂が発生している。延長施工の改良体 6 体（長さ 2m×2 体、4m×3 体、8m×1 体）、斜め施工 1 体（長さ 6m）、水平施工 2 体（長さ 6m）を 8m×8m ほどの領域に配置させ、モニタリング・制御システムを搭載して順次造成を行った。さらに、直接掘りおこし改良体上部の観察にあたるとともにコア採取をおこなった。これらを通して、浚渫砂・粘土層を主たる対象として以下の結果を得た。(1)斜め・水平施工時に行った地表面変状測定では、地表面から 3m ほどの深さの施工で地表面隆起を 15mm 程度で攪拌改良が行えた。ただし、セメントミルクが過剰供給された上、これらがうまく排出できない状況になれば、地表面でクラックが発生したり隆起が著しく大きくなったりすることを確認した。(2)掘り起こした改良体の目視観察では、原位置で固結体が形成されたことを直接確認できた。一方、浚渫地盤内に木片や植生跡などの不純物が多く存在すること、特に植生部分が巻き上げられ固結形状が他に比べて不明瞭になった部分が存在することを確認した。(3)改良体のコア調査・強度測定では、コアの連続性と発現強度を確認できた。ただしいくつかについては攪拌不足気味であったこと、セメントミルクは一部原地盤となじまず外部に排出されたこともあり必ずしもセメント添加量に応じた強度が達成できていないことが明らかとなった。さらに(4)モニタリング・制御システムの検証では、下部の自然堆積地盤では試験運用と同様の良好な計測、制御が達成できた。一方浚渫地盤を対象とした結果は、セメントミルク添加量の精度が見劣りする結果となった。これらについて分析を加えたところ、計測器で検知した攪拌装置の移動量が実際とかけ離れていることが認められ、浚渫地盤内の不純物、粘性抵抗等が不規則な動作を引き起こし、計測精度に影響することが明らかとなった。

なお、本施工実験の事後観察時には、大学、企業、一般の方を対象として、改良状況、施工機械、モニタリング・制御システムをご覧いただく見学会を開催し、成果の普及に努めた。

以上の 2 項目にわたる研究・技術開発を通して、新たな原位置地盤攪拌改良工法である地中拡翼型の地盤攪拌改良工法を適用対象とし、セメントミルク供給の最適化を図るモニタリング・制御システムの開発・実用化を果たした。砂主体の均一性の高い地盤での施工を通しては、セメントミルクの過添加を防ぎオペレータの負担を低減しながら、改良強度のばらつきを一定水準に抑える施工が可能であることを実証した。一方で、浚渫地盤での施工実験を通しては、不純物や粘性の影響により施工時の動作に不規則な変動を起し、制御の精度低下を招く一面も確認された。地盤条件に由来する変動要因も調査、分析した結果、今後の実務展開に向けた改善策の方向性について見通しを得た。

研究成果の刊行に関する一覧表：

刊行書籍又は雑誌名（雑誌のときは雑誌名、巻号数、論文名）	刊行年月日	刊行書店名
【学協会等】 “Development of in-situ soil improvement method using collapsible mixing blades”, <i>Proceedings of the International Conference on Ground Improvement and Ground Control, 2012</i>	2012 年 10 月 30 日	—

“地中拡翼型の地盤攪拌改良工法”，基礎工 特集：地盤の液状化対策 工法紹介	2013年4月1日 (掲載予定)	(株)総合土木 研究所
“地中拡翼型の地盤攪拌改良工法における施工管理システムの開発と効果”，第48回地盤工学研究発表会	2013年7月23日 (投稿中)	公益社団法人 地盤工学会
“地中拡翼型の地盤攪拌改良工法 斜め方向の改良体の造成”，第68回土木学会年次学術講演会	2013年9月4日 投稿予定	公益社団法人 土木学会
“地中拡翼型の地盤攪拌改良工法 浚渫土層・沖積砂層での造成”，第68回土木学会年次学術講演会	2013年9月4日 投稿予定	公益社団法人 土木学会
“地中拡翼型の攪拌装置を用いた地山判定”，第68回土木学会年次学術講演会	2013年9月4日 投稿予定	公益社団法人 土木学会
【新聞発表】 「円柱改良体で地中壁 宅地向け液状化対策 大成建設が工法公開」	2012年11月30日	日刊工業新聞
「地盤改良杭施工のためのモニタリング・制御システムを開発」	2013年3月27日	日刊建設工業新聞

研究成果による知的財産権の出願・取得状況：

知的財産権の内容	知的財産権の種類、番号	出願年月日
「改良体造成システム」	特願 2013-014281	2013年 1月29日

成果の実用化の見通し：

深層混合処理で用いられる機械攪拌工法は、一般的には新設対応の大規模施工用に開発・実用化され、これまで比較的大きな施工機械による工法が主流であった。この場合、攪拌のための大きな回転トルクの確保が容易であり施工速度も速いことから、仮に所定の攪拌回数不足が認められた場合には、追加攪拌で対応することが比較的容易であった。このため、攪拌回数や推進速度などモニタリングするシステムは存在していたが、セメント添加量を含めこれらを連動させたシステムは開発・実用化・運用されてこなかった。

一方、先の東日本大震災では、東京湾岸をはじめとする地域において、個々の産業施設、戸建て住宅など小規模構造物に対する液状化被害も数多く発生した。このため、狭隘部での施工性など小型機械による施工のニーズが増加しており、施工機

械の小型化により施工動作の安定性の観点で克服すべき課題が浮き彫りとなってきた。さらに、地中埋設物の回避、周辺地盤の変形抑制、排土量の抑制など、地盤改良工法の高度化・効率化に伴い、本制御システムを必要とする場面は多くなるものと予想される。

このような技術動向の中、本研究開発で扱った「地中拡翼型の地盤攪拌改良工法」など、新たな機械攪拌系の原位置改良工法で、本モニタリング・制御システムが活用されていくことが期待される。本研究・開発の成果を活かしながら、技術の活用の機会を模索していきたい。

その他：特になし。