

CMI 報告

深層混合処理工法の 最近の動向

横澤 圭一郎・安井 成豊

1. はじめに

日本は、四方を海で囲まれた島国であり、そのうちの約70～80%は山地や丘陵で占められ、平野部は海岸に近い大きな河川流域に存在するだけである。首都の東京を始めとした大都市部は、この限られた平野部を中心に発達しているが、河川流域や沿岸部を中心に軟弱な地盤が多く堆積した土地となっている。また、古くから狭い平野部を広げて耕地面積を広げる目的で、干拓や埋め立て等が実施され、腐植土や有機質土を有する土地が日本各地に存在している。

重要な構造物は本来良質な地盤上に建設すべきであるが、経済発展に伴う都市機能整備や建設工事の大規模化などに伴い、軟弱な地盤上での開発が必要となり、改良範囲も浅い地盤から深い地盤へと次第に広がっていった。

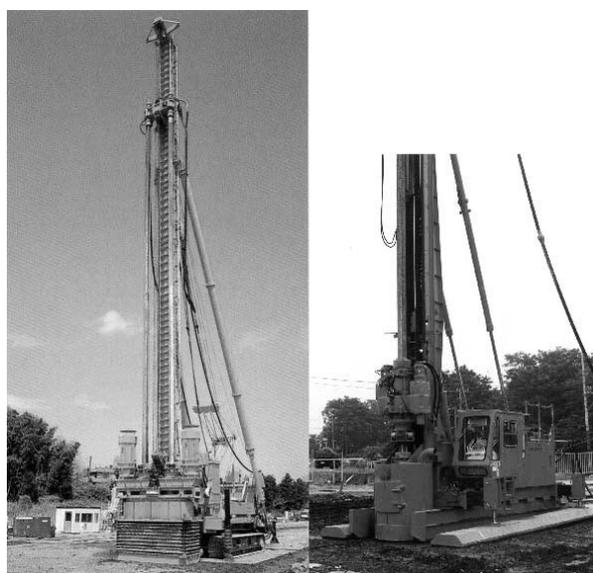
軟弱土に改良材を混合して土質安定処理を行う工法のうち、路床や路盤などの表層を安定処理する工法は古くから行われている。

これに対して、深層の地盤処理工法は、運輸省港湾技術研究所（現：独立行政法人港湾空港技術研究所）において、石灰による深層混合処理工法（DLM工法）が1960年代に開発され、その後、セメント系改良材をスラリー状にして軟弱地盤内に注入攪拌して固結させる工法（CDM工法）へと移行し、現在、多くの施工実績を有するものとなっている。

一方、粉体の改良材をそのまま用いる深層混合処理工法は、建設省総合技術開発プロジェクトの「新地盤改良技術の開発」の一環として、建設省土木研究所（現：独立行政法人土木研究所）と(株)日本建設機械化

協会建設機械化研究所（現：施工技術総合研究所）が中心となり、1977～1979年度にかけて開発された技術を基礎として、DJM工法（Dry Jet Mixing method）として発展し（写真—1）、施工実績として3000万m³を超え、先のスラリー系と合わせて日本における代表的な深層混合処理工法となっている。

当研究所においては、粉体系の深層混合処理工法の開発に携わり、その後もDJM工法に関する開発や技術指導を継続実施している。本報告では、当研究所も関わり、深層混合処理工法において近年実施されてきた国際的な諸活動の概要と、国内における開発動向等について紹介する。



<二軸機>

<単軸機>

写真—1 DJM施工機械の例

2. 深層混合処理技術の海外へのアピール

日本の深層混合処理工法は、1. で述べたように開発後20年以上経過し、その後、1980年代における羽田空港沖合展開工事や1990年代における阪神淡路大震災後の復旧工事等にて大規模な施工が次々と実施されてきた。ただし、その施工技術は国内での工事に対応するのみに追われ、海外工事における施工展開には至らず、日本固有の技術開発と国内のみの展開に留まっていた。

その後、1996年に東京にて開催された国際会議の「IS-TOKYO」において、深層混合処理工法を含む地盤改良系の施工技術に関する技術論文を英訳して多数発表され、現地展示会における施工機械やシステムおよび改良体の公開を通じて海外技術者に対する日本の技術力を高くアピールするに至った。

さらに、欧州において CEN/TC288 WG10 による欧州規格作成作業が開始（2000.2）され、ver.11（2001.7）より独立行政法人港湾空港技術研究所の北詰氏らが規格案作成に際して、Japanese Contact Group の一員として参画されることとなった。規格案は、品質管理等を含む規格本文と工法内容等を紹介する付属文書を作成するものとなり、その内容は粉体系とスラリー系それぞれの深層混合処理工法に関するものを並記する形で進められた。そして、日本の施工管理・品質管理規定等を海外の規格に反映させるべく、CDM 工法と DJM 工法の関係者が、2002 年 2 月頃までに、ver.17 に至るまでの規格本文の改訂と付属文書（Annex_A, B）作成時において多くの意見と資料提供等を行った。その後、規格本文と付属資料ともに欧州各国の言語に翻訳され、2005 年 11 月 7 日に

EN14679-2005

Execution of special geotechnical works

-Deep mixing-

として制定された。規格本文中でも日本の規格が反映されるとともに、付属文書（Annex_A, B）の中でも、「Japanese technique」として、日本の技術について多数明記され、今後海外における工事にて日本の技術を展開する際に大いに役立つものと考えている。

その後も、「Deep Mixing Tokyo Workshop」が開催され、海外技術者・研究者との情報交換や、日本の深層混合処理工法である CDM 工法および DJM 工法の施工現場視察を含み、海外技術者への情報発信が実施されてきた。

3. 深層混合処理工法の国際会議

上記に述べた海外へのアピールにより、海外における日本の施工技術について高い評価が得られたものと考えられ、2005 年 5 月 23 日～25 日にかけて開催された深層混合処理国際会議「Deep Mixing'05」に対して CDM 研究会と DJM 工法研究会がメインパートナーとして参画を依頼された。国際会議は、スウェーデンのストックホルムにおいて開催され、多数の技術論文を提出・発表するとともに、同時開催された技術展示会にも展示して技術のアピールを行った。

なお、国際会議開催中に実施された施工現場視察において、北欧の代表的な粉体系深層混合処理工法の施工機械を見る機会があった（写真—2）。

深層混合処理工法は、北欧と日本にてほぼ同時期に開発されている。ただし、北欧での主な改良目的は道路盛土や橋梁のアバットメントなどの沈下抑制であ



写真—2 北欧の粉体系施工機械の例

り、目標改良強度も 100 kN/m^2 程度以下と小さい。改良径も $\phi 600 \text{ mm}$ までが主体で、改良深度も日本のように 30 m を超えるような例は少ない。また、生石灰もしくは生石灰とセメントの混合材を安定材として使用した粉体系の改良が主流であり、日本の CDM 工法のようなスラリー系はほとんど実施されていない状況であった。ただし、国際会議での発表では、日本で地中連続壁の機械として使用されている多軸オーガタイプの施工機械（写真—3）などが紹介されており、欧州規格においても、同工法をイメージしたものが Wet type として紹介されている。



写真—3 米国におけるスラリー系施工機械の紹介例

なお、上記に紹介した国際会議に引き続き、4年後の2009年5月19日～21日において、沖縄にて深層混合処理工法に関する国際会議を開催する予定である。その詳細については、以下に示すホームページにて掲載しているので、御参照ください。

HP アドレス <http://www.deepmixing09.jp>

4. 日本における技術開発動向

国内における技術動向としては、より品質の高いものをより安く提案できるかが中心となっているものと考えられる。そのため、当研究所が技術的な支援を実施している DJM 工法においても下記に示すような開発を進め、施工に反映させているところである。

①施工管理のシステム化

各種施工データ（攪拌機電流値・回転数、改良材供給量、攪拌機深度、貫入・引抜速度等）のモニタリングと電子データによる保存、出力への対応

②大口径施工への適用（EX-DJM）

攪拌翼径をφ 1,000 mm から 1,200 mm および 1,300 mm に拡大し（写真—4）、一度に実施可能となる改良面積を大きくすることで施工効率の向上を実現



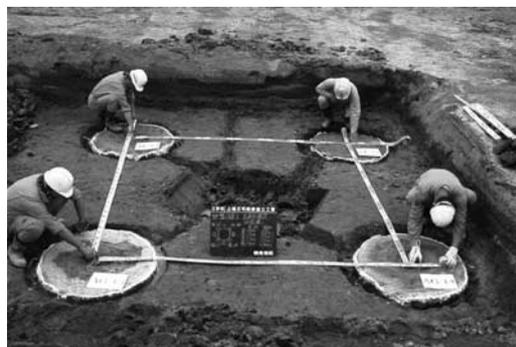
写真—4 大口径施工（手前：φ1300 mm）の改良杭頭

③高強度・低改良率施工への適用（HL-DJM）

高強度・低改良率の設計施工法に対応可能となる施工機械を用い、改良強度を高くし、改良柱体間のピッチを広げた施工（写真—5）を行って低改良率にて施工を可能とすることによりコスト縮減等を実現

また、前述の「Deep Mixing'05」国際会議においても「汚染土壌の安定化・固化」がセッションテーマとして挙げられており、国内外を問わず問題とされるテーマとなっている。

DJM 工法では、粉体であれば多様な材料を地中に圧送・混合・攪拌できるため、有害物質で汚染された地盤の修復・無害化に適用可能とされ、比較的深部の汚染で、掘削除去や掘削洗浄などによる対策が実施できない場合などに適用されている。今後も重要な技術



写真—5 高強度低改良率施工の改良杭頭

開発テーマのひとつと位置付けられている。

5. おわりに

国土の狭い日本において、開発がしやすい場所については、各種インフラの建設が進んできており、新たなインフラ整備を実施する際には、地盤の不良なエリアを回避できない場合が生じるものと考えられる。また、河川堤防等の耐震対策等を含め、深層混合処理工法が活躍する場合は、多く存在するものと考えられ、さらなる技術開発を望むものである。

また、海外においても、沿岸地域での開発計画が多数存在し、数年前の日本国内での施工と同様の大規模工事がでてきているように思われる。それらの工事に対して、日本で培った設計・施工・管理に関する一連の技術力をもって、活躍の場が国外にも展開されていくことを望むものである。

JICMA

《参考文献》

- 1) 北詰：CEN/TC288/WG10, WG11 における活動，土と基礎，51 [7]，pp.29-33 (2003)

〔筆者紹介〕

横澤 圭一郎（よこざわ けいいちろう）
 (社)日本建設機械化協会
 施工技術総合研究所
 研究第一部 部長



安井 成豊（やすい しげとよ）
 (社)日本建設機械化協会
 施工技術総合研究所
 研究第一部 次長

