

14. 軟弱地盤対策工法の最近10年の動向

あか た ひさし
深 田 久

(株)不動テトラ建設本部 地盤技術部 担当部長

1. はじめに

我が国では沖積平野に人口の大部分が集中し、多くの構造物が軟弱地盤上に建設されていることより、さまざまな地盤改良工法や土質安定処理工法が開発・実用化されてきた。これらの技術の発展については、地盤工学会の10年の節目ごとに本誌の特集号において、詳細な報告がなされている。この分野は、30周年では「軟弱地盤処理」¹⁾と「土質安定処理」²⁾として、40周年では「地盤改良」³⁾として、50周年では「軟弱地盤対策」⁴⁾として取り上げられている。60周年の今日では、50周年に比べてさらに技術の多様化が進んでいる。その意味で60周年においても、「軟弱地盤対策」という用語で、主に施工技術を対象とした最近10年の動向を記述する。

地盤改良工法は、その改良原理から、バーチカルドレーンに代表される圧密促進工法、サンドコンパクションパイル(SCP)工法に代表される締固め工法、深層混合処理工法に代表される固結工法などに区分される。

我が国の地盤改良の歴史においては、当初は粘性土地盤の安定・沈下の問題が主であったが、その後に砂地盤の耐震性(液状化)の問題が大きな課題となり、現在では環境に関連した問題(施工時の振動・騒音・周辺変位の問題やリサイクル、土壤汚染の対応など)が課題となっており⁵⁾、それにつれて技術の変遷や多様化が見られる。ただし、最近の10年間の動向を見ると、粘性土地盤の沈下安定に関する技術も見直されていることより、ここでは、改良原理に基づいた三つの工法に区分して、最近10年の技術動向について述べる。

2. 圧密促進工法の成熟とリニューアル

最近10年の間に、関西国際空港二期地区^{6),7)}、新北九州空港⁸⁾、神戸空港⁹⁾、中部国際空港¹⁰⁾などの海上空港の建設が進められ、開港した。これらの空港護岸の沈下・安定対策に、サンドドレーン(SD)工法がかなりの割合で適用された。この理由として、工費が比較的安価である等の他に、関西国際空港一期での技術の蓄積や、近年の計測管理技術の進歩による動態観測の信頼性向上などが考えられる。

一方、海域の処分場では減容化に対するニーズが多く、処分場の中に投棄された浚渫粘性土の減容化を目的として、特殊な台船上からプラスチックボードドレーンを打設する施工技術が開発された。この技術と地下水水位低下工法や真空圧密工法と併用することによって浚渫土の圧

密促進を図る工法の適用実績が増加している^{11)~13)}。この背景として、陸上工事において真空圧密工法の技術が見直され、大気圧载荷の信頼性が向上したことや気密シートを用いない方法が開発されたことがある¹⁴⁾。

3. 静的な締固め工法の開発と普及

1995年に発生した兵庫県南部地震においては、神戸港ポートアイランド等で大規模な液状化が発生した。一方で、SCP工法等で締固め対策を行った地区では液状化の被害がほとんど認められず、レベル2地震動において締固め工法を始めとする地盤改良工法の効果が確認された。

その後、河川堤防や既設岸壁等の耐震化工事が開始され、周辺環境に配慮し、市街地でも施工可能な締固め工法が開発されてきた。代表的なものに、SCP工法と同様の改良原理でありながら、パイプロハンマを用いずに強制昇降装置と回転圧入を用いて静的に締固めを行う静的締固め砂杭工法がある⁵⁾。静的締固め砂杭工法の中には、強制昇降装置は用いないが、他の装置で締固めを行う工法もいくつか開発されている¹⁵⁾。

また、特殊ポンプを用いて地盤中にグラウト材や流動化した砂を圧入する静的締固め圧入工法も、施工実績が増加している^{16),17)}。このように、既設構造物の近傍あるいは直下の液状化対策工法が開発が進んでいる。

4. 固化処理および安定処理工法の多様化

固化処理工法の内、CDM工法やDJM工法に代表される深層混合処理工法では、コスト縮減の流れを受けて、大径化や多軸化による大量施工で経済性を求める動きが進んでいる。また、改良形式を工夫して付加価値を高める工法として、格子状改良によりせん断変形を抑制する液状化対策(TOFT工法)や低改良率の杭状改良による沈下抑制工法(ALiCC工法)などが開発され、多様化が進んでいる¹⁸⁾。

それらに加え、いわゆる浅層中層混合処理工法の普及が進んでいる。浅層中層混合処理工法の分野では、縦方向に地盤を攪拌するトレンチャー式工法などがあり、適用深度は10m程度に拡大している¹⁸⁾。

高圧噴射工法の分野では、機械攪拌式の深層混合処理工法と同様に径の拡大を求める動きが近年の動向であった¹⁹⁾。薬液注入工法の分野では、特殊な薬液を地盤中に注入する浸透固化処理工法が開発され、既設構造物直下の液状化対策としての適用が増加している²⁰⁾。

また、土壤汚染対策分野では、2003年の土壤汚染対策法の施行により、工場跡地などでの対策がいくつか実施されている。たとえば、ウォータージェットを用いた除去・置換²¹⁾や、鉄粉などの薬材を深層混合処理工法により原地盤に攪拌混合して、汚染物質の分解を図るものである²²⁾。これらの基礎技術は深層混合処理工法や高圧噴射攪拌工法であるが、特殊な薬材を圧送するもので、それぞれ工夫が施されている。

一方、土質安定処理の分野では、リサイクルを中心と

した技術開発が進められ、事前混合処理土や護岸背面等での軽量化を目的とした軽量混合処理工法（SGM）などが開発されてきた²³⁾。特に、残土や浚渫土などの固化処理工法において特筆すべきことは、浚渫土を大量に固化処理する管中混合処理工法が開発されたことである²⁴⁾。管中混合処理工法は従来のミキサーを用いずに空気圧送により、浚渫土と固化材を圧送管の中で混合するもので、中部空港の埋立工事において採用された。これによって大量施工と浚渫土のリサイクルが可能となった。また、現在進められている羽田空港D滑走路工事においても、管中混合処理工法が施工されている²⁵⁾。

5. おわりに

軟弱地盤対策工法の最近10年の動向は、50周年に引き続いて、「用途の多様化および適用範囲の拡大」という言葉で表される。軟弱地盤対策工法は、求められるニーズに応じて今後も変化・発展を続けていくものと考えられる。ここでは、主に施工技術に関する動向を述べたが、性能設計に移行していく中で、それぞれの工法の要求性能とそのための施工管理や品質管理の確立が今後の課題と考えられる。

参考文献

- 1) 奥村樹郎：土質工学30年の歩み—軟弱地盤処理，土と基礎，Vol. 27, No. 13, pp. 90~93, 1979.
- 2) 近藤 正：土質工学30年の歩み—土質安定処理，土と基礎，Vol. 27, No. 13, pp. 94~97, 1979.
- 3) 寺師昌明：土質工学40年の歩み—地盤改良，土と基礎，Vol. 37, No. 12, pp. 74~77, 1989.
- 4) 善 功企：地盤工学50年の歩みと展望 軟弱地盤対策，土と基礎，Vol. 47, No. 11, pp. 42~45, 1999.
- 5) 坪井英夫・東 祥二・野津光夫：締固め砂杭（サンドコンパクションパイル）工法の変遷，土と基礎，Vol. 54, No. 7, pp. 7~9, 2006.
- 6) 江村 剛・田端竹千穂：関西国際空港の建設と地盤工学的諸問題2. 関西国際空港建設の概要，地盤工学会誌，Vol. 56, No. 4, pp. 45~52, 2008.
- 7) 江村 剛・森川嘉之・先森弘樹：関西国際空港の建設と地盤工学的諸問題5. 関西国際空港における地盤挙動の計測，地盤工学会誌，Vol. 56, No. 7, pp. 67~76, 2008.
- 8) 吉田秀樹・吉本靖俊・山崎真史・寺師昌明：新北九州空港プロジェクトにみる地盤改良の変遷，土と基礎，Vol. 54, No. 7, pp. 1~6, 2006.
- 9) 吉井 真・高橋嘉樹：神戸空港護岸建設工事における沈下管理，基礎工，Vol. 33, No. 12, pp. 65~68, 2005.
- 10) 菅沼史典：中部国際空港セントレアの地盤条件と建設，基礎工，Vol. 32, No. 10, pp. 84~86, 2004.
- 11) 木山正明・大島昭彦・東 祥二・田中克実：地下水位低下工法とPDF工法を併用した新しい圧密促進工法，日本材料学会，第4回地盤改良シンポジウム論文集，2000.
- 12) 木山正明・大島昭彦・東 祥二・原田健二・村上恵洋：真空圧密工法とPDF工法を併用した新しい圧密促進工法，日本材料学会，第5回地盤改良シンポジウム論文集，2002.
- 13) 手塚博治・竹谷健一・新舎 博・山下 徹：新海面処分場の延命化対策—真空圧密による軟弱地盤の減容化—，地盤工学会誌，Vol. 56, No. 9, pp. 14~17, 2008.
- 14) 新舎 博・米谷宏史・長津辰男：真空圧密工法の変化・変遷について，土と基礎，Vol. 54, No. 7, pp. 16~18, 2006.
- 15) 地盤工学会編：「4.4 静的締固め工法」，打戻し施工によるサンドコンパクションパイル工法設計・施工マニュアル，pp. 122~130, 2009.
- 16) 山口孝市：滑走路および誘導路の液状化対策—コンパクショングラウチング工法の適用事例，基礎工，Vol. 34, No. 4, pp. 55~57, 2006.
- 17) 東 祥二・福島信吾・今井優輝・永石雅大・伊藤竹史：既設護岸に対する砂圧入式静的締固め工法の適用事例，土木学会第64回年次学術講演会講演概要集（第三部門），pp. 993~994, 2009.
- 18) 寺師昌明：機械式攪拌工法の技術的課題と展望，基礎工，Vol. 37, No. 5, pp. 2~7, 2009.
- 19) 中西 渉・中澤重一：高圧噴射攪拌工法の変遷と今後の展望，土と基礎，Vol. 54, No. 7, pp. 10~12, 2006.
- 20) 林健太郎・植田勝紀・大原 修・猪足 昇：浸透固化処理工法の施工事例，基礎工，Vol. 34, No. 4, pp. 49~51, 2006.
- 21) 川端淳一・伊藤圭次郎・河合達司・上澤 進：ウォータージェットを用いた汚染地盤の修復技術について，土と基礎，Vol. 50, No. 10, pp. 25~27, 2002.
- 22) 友口 勝：土壌浄化用鉄粉によるVOCs汚染土壌の浄化，基礎工，Vol. 33, No. 7, pp. 53~54, 2005.
- 23) 御手洗義夫・大谷 順・安原一哉・菊池喜昭：新しい機能を有するリサイクル材を用いた固化処理技術，土と基礎，Vol. 54, No. 7, pp. 22~24, 2006.
- 24) 北詰昌樹・佐藤恒夫：管中混合固化処理工法，基礎工，Vol. 30, No. 10, pp. 57~59, 2002.
- 25) 大和屋隆司・御手洗義夫・渡邊雅哉・野口孝俊：羽田再拡張事業D滑走路建設における管中混合処理工の設計と施工，第44回地盤工学研究発表会講演概要集，pp. 557~558, 2009.

(原稿受理 2009.10.19)