

建設発生土の有効利用技術

ハイグレードソイル

加藤 俊二・齋藤 由紀子・稲垣 由紀子・佐々木 哲也

建設発生土の再利用については、建設工事に必要となる土砂は原則として建設発生土の工事間流用でまかなうことを目指して、様々な取り組みが実施されている。その結果、建設発生土の有効利用率は大幅に向上し、平成17年度に80%に達した。一方、平成17年度以降は有効利用率の伸びが頭打ちとなっており、新たな打開策が求められている。

ハイグレードソイルは、建設発生土に各種の機能性材料を組み合わせることで、多目的な現場のニーズに対応する技術である。軽量化、環境汚染物質の封じ込め、耐侵食性の向上など、必要な機能に応じた4つの工法が実用化されている。本報では、ハイグレードソイルによる建設発生土の活用事例を紹介する。

キーワード：建設発生土、リサイクル、軽量化、減容化、環境汚染物質、耐侵食

1. はじめに

建設発生土を含む建設廃棄物の再資源化については、国土交通省の「建設リサイクル推進計画2008¹⁾」において、基本的考え方、目標、具体的施策が示されている。建設発生土については、有効利用率を平成22年度の間目標で85%、平成24年度で87%にまで向上させるという目標が掲げられている。一方、建設発生土の有効利用率の実績は、平成17年で80.1%、平成20年で78.6%と頭打ちの状況である²⁾。建設発生土の有効利用を推進するためには、工事間の情報交換システムの改善等の方策とともに、新技術の活用も重要である。

土木研究所では、民間企業との共同研究によりハイグレードソイルに関する技術開発等に取り組み、建設発生土の有効利用率の向上を図っている。平成14年度には土木研究所の独立行政法人化を契機として、ハイグレードソイルの普及と設計・施工に係わる技術資料の整備や、本技術の改良・改善と用途拡大のための技術開発、本技術に係わる工業所有権の運営管理業務支援などを図る組織として「ハイグレードソイル研究コンソーシアム」が設立された³⁾。本コンソーシアムの参加メンバーは、本技術に関わる工業所有権を有する前述の共同研究の参加メンバーが中核となっているが、賛助会員を募り、開かれた組織となっている。

本報文では、ハイグレードソイルについて、近年の現場適用事例を中心に紹介する。

2. ハイグレードソイルの概要

ハイグレードソイルは、建設発生土に付加価値を付けて高度で多目的なニーズに対応できる土木材料を開発することを目的として、旧建設省土木研究所と(財)土木研究センターおよび民間企業の共同研究の成果として開発されたものである。本報文では、以下の4つのハイグレードソイルについて述べることにする。なお、いずれの工法も特許工法となっている。

(1) 発泡ビーズ混合軽量土工法 (写真-1)

発生土に、超軽量の発泡ビーズ(粒子)と安定材を混合して、軽量化を図る工法。通常の土に比べて、地盤に与える荷重を軽減することができるので、軟弱地盤や地すべり地での盛土等に用いると効果的である。発泡ビーズの混合比を変えることにより、湿潤密度を0.8~1.5 t/m³程度に設定できる。また、安定材の添加量を変えることにより、一軸圧縮強さを50~

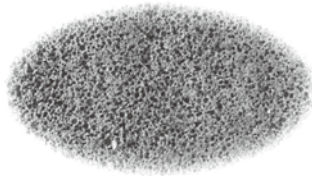


写真-1 発泡ビーズ混合軽量土工法

1,000 kN/m² 程度に調整できる。通常の土に近い変形追随性があり、透水係数も調整が可能である。

(2) 気泡混合土工法 (写真—2)

発生土に、水とセメント等の固化材を混合して流動化させたものに、気泡を混合して軽量化を図る工法。通常の土に比べて軽量なので、地盤などに与える荷重を軽減することが可能である。気泡の混合比を変えることにより、湿潤密度を 0.6 ~ 1.2 t/m³ 程度に設定できる。また、固化材の配合を変えることにより、一軸圧縮強さを 100 ~ 1,000 kN/m² 程度に調整できる。流動性があるので、ポンプ圧送による施工を行うことができ、転圧が不要なため施工が容易である。さらに泥土などの低品質な土も利用することができる。



写真—2 気泡混合土工法

(3) 袋詰脱水処理工法 (写真—3)

透水性を持つジオテキスタイル製の袋に、高含水比の粘性土や、河川・湖沼などに堆積している軟弱な土を詰めて、土の流れ出しを防止しながら脱水を促進し、袋の張力を利用して盛土や埋土に積み重ねて有効利用する工法。また、袋の持つろ過機能によって、脱水時の排出水の濁度を下げるとともに、土壤に強く吸着している環境汚染物質を袋内に封じ込めることが可能である。



写真—3 袋詰脱水処理工法

(4) 短繊維混合補強土工法 (写真—4)

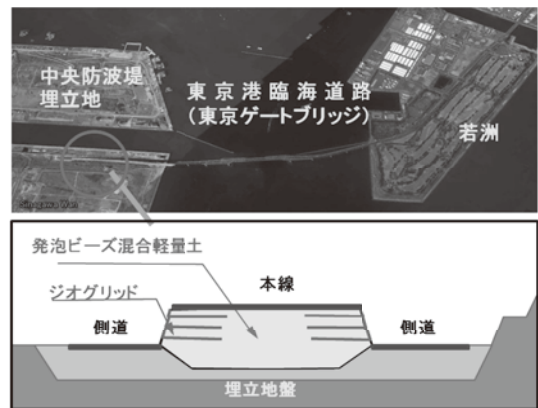
発生土または安定処理土に、短繊維を混合することで、降雨・流水などに対する耐侵食性や、強度・靱性(ねばり強さ)などの力学的特性、植生の根の引き抜き抵抗等の向上を図る工法。短繊維には、ポリエステル等の人工繊維を使用し、土に対する乾燥重量比で 0.1% 程度の混合で効果が得られる。なお、短繊維混合補強土に用いられる繊維には、化学的安定性、耐候性等に優れた環境に対して無害な素材を用いている。



写真—4 短繊維混合補強土工法

3. 発泡ビーズ混合軽量土工法の事例

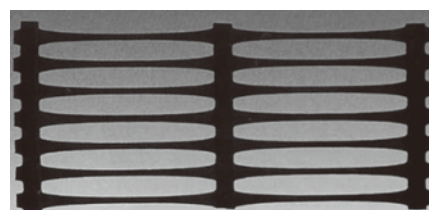
ここで紹介する事例は、東京港臨海道路(東京ゲートブリッジ)の取付け部で施工したものである。図—1に示すように東京ゲートブリッジの取り付け部は、中央防波堤埋立地に位置する。ここは軟弱な沖積粘性土が堆積しており、その上に埋め立てられた廃棄物の重さで長期的な圧密沈下が想定される地盤である。



図—1 施工箇所および施工断面イメージ

このため盛土を構築した際の沈下対策として、盛土材料に地盤への載荷重を低減できる「発泡ビーズ混合軽量土」とともに、施工断面にあるように急勾配に施工した際も盛土法面の安定が得られる「ジオグリッド」(写真—5)を用いる併用工法が採用された。

ジオグリッドは、引張抵抗性に乏しい土粒子間を格子状構造により拘束し構造物を内的に安定させるものである。このため、発泡ビーズ混合土との併用に当たり、ジオグリッドとの一体性の確保が必要であり、変形追随性や摩擦特性等の確認試験を行って発泡ビーズ混合土の配合を決定し、施工を行った。写真—6は施工時のジオグリッドによる法面補強の状況である。



写真—5 ジョグリッド



写真一六 ジオグリッドによる法面補強

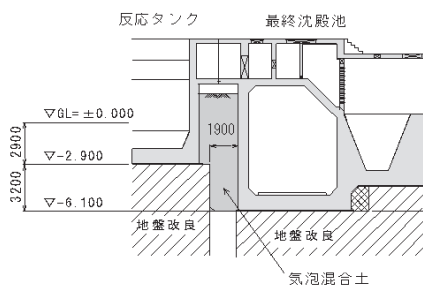
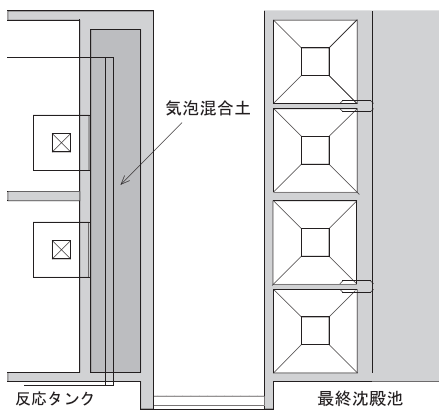


写真一七 完成時の状況 (H23.8.30撮影)

また写真一七は完成時の写真であり、当該箇所は平成24年2月12日に開通している。

4. 気泡混合土工法の事例

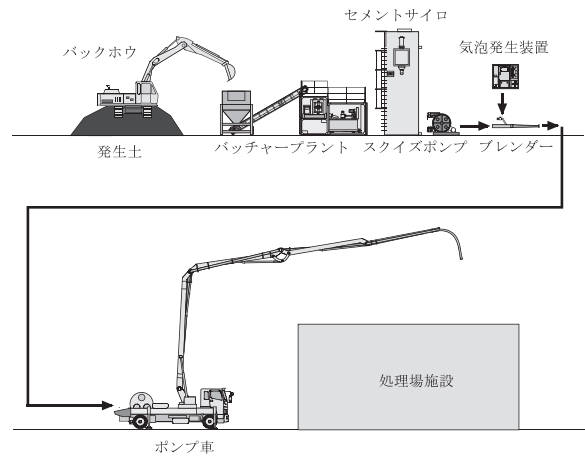
ここで紹介する事例は、図一2に示すように、新設の下水処理施設の構造物間の埋め戻しに用いた事例である。



図一2 気泡混合土工法の事例の断面図

当初計画では、構造物の埋め戻しは現地発生土を使用して、ダンプ運搬およびバックホウにて施工する予定であった。しかし、構造物が地表面から高い位置にあるため、当該箇所までのダンプおよびバックホウの乗り入れが不可能であり、代替え措置としてベルトコンベアによる運搬、人力による施工を考えたが工期が長く不経済であった。そこで、現場プラントにより現地発生土の再利用が可能であり、かつポンプ圧送による施工が可能である「気泡混合土」が採用されることとなった。図一3に気泡混合土の製造フローを示す。

現地発生土は砂分76.1%の砂質土であったため、気泡混合土の製造に当たっては、バックホウ式トロンメルを用いて事前に夾雑物と礫分を除去したうえで、解泥せずにベルトコンベアで直接ミキサ内に投入した。



図一3 気泡混合土の施工フロー



写真一八 気泡混合土製造現地プラント



写真一九 気泡混合土の打設状況

写真—8に、現地プラントの状況を示す。製造した気泡混合土は、スクイズポンプにてプラントからポンプ車に1次圧送し、ポンプ車を用いて打設箇所まで2次圧送を行い打設した。写真—9は、気泡混合土の打設状況である。

5. 袋詰脱水処理工法の事例

袋詰脱水処理工法は、これまでダム堆砂を利用したのり面復旧や多自然型護岸の造成などに用いられてきた⁴⁾が、平成23年3月の東日本大震災からの復興に向けても活用され始めている。

津波で被災した地域では、がれきやヘドロにより用水路や下水路が閉塞、水路としての機能が失われ、雨で冠水する状況となった。水路に堆積したヘドロの速やかな撤去が求められる一方、その受入れ先確保が困難であった。そこで、ヘドロを充填用袋に充填し、脱水させた後、地盤沈下・浸水した場所の盛土材料として有効利用した。幹線用水路の延長135m、下水路の延長2,300mからの浚渫土は、SPADシステム(Slurry Pack and Decrease System)により充填用袋に充填された。

浚渫土が自動式泥土前処理機にかけられ、混入しているがれき等の夾雑物が除去されたヘドロが泥土圧送ポンプで充填システムへ向けてポンプ圧送された(写真—10)。これが飛散防止機能を有する充填システムにより充填用袋に充填された(写真—11)。

充填用袋は、高含水比泥土の脱水に適するジオテキスタイル製の専用の袋材で、現場条件に応じて可搬



写真—10 浚渫土の前処理とポンプ圧送



写真—11 圧送されたヘドロの充填

型袋(1 m³用および1.5 m³用)と定置型袋(20 m³用および100 m³用)が用いられた。可搬型袋はヘドロを充填・脱水養生してから利用箇所に運搬・設置する場合に用いられ、1日程度の脱水養生期間で運搬が可能となった(写真—12)。定置型袋はヘドロの充填場所でそのまま盛土材として用いられた(写真—13)。いずれも紫外線によるジオテキスタイルの劣化を防止するため覆土された。



写真—12 可搬型袋の運搬と設置



写真—13 定置型袋を用いた盛土

各袋体は2日程度で20%程度減量化し、雨で再度泥状化することもなかった。脱水時の排水の浮遊物濃度や硫化水素の臭気測定値も基準値を下回った。

土木材料としての強度はジオテキスタイルの補強効果によって発揮されるため、環境負荷の少ない復旧工事となった。

今後も袋詰脱水処理工法による盛土材が有効利用され、復興に貢献することが期待できる。

6. 短繊維混合補強土工法の事例

短繊維混合補強土工法は、河川堤防ののり面の保護や、トンネル坑口地盤の補強に使用された実績がある。

河川堤防を拡幅や新設する場合、一般にのり面に芝を張って降雨によるガリ侵食を防止する。しかし、侵食に非常に弱い「まさ土」や「シラス」等の特殊土で作られたのり面では、芝が活着する前にのり面表層に変状を来す事例が度々見受けられる。そこで、シラスが多く分布する地域の河川において、シラスに短繊維を混ぜ込んだ短繊維混合補強土を堤防裏のり面に敷

設し、ガリ侵食を防ぐ方法が採用された。のり面勾配は3割、敷設したのり長は約19m、厚さは施工方法によって異なるが、10～30cm程度である。短繊維は長さ60mm、直径39 μ mのポリエステル製で、土に対する乾燥重量比で0.2%混合した。

施工は、出水期前の4月下旬に実施された。施工後3週間経った時点で、日雨量139mmの豪雨に見舞われた。写真—14に豪雨直後の状況を示す。シラスのみで被覆したのり面は、大きくガリ侵食を受けたのに対して、短繊維混合補強土で保護したのり面に変状は見られなかった。



写真—14 シラスを用いた短繊維混合補強土（施工後1ヶ月）

当該箇所では、その後も豪雨が続き、施工後3ヶ月間に、日雨量100mmを超えた日（最大252mm）は延べ4日、日雨量50mmを超えた日は延べ8日であった。写真—15に施工後3ヶ月経過した時点の状況を示す。短繊維混合補強土で被覆したのり面には、変状は見られず、植生が根付いている様子が確認された。

つぎに、トンネル坑口が低盛土で土被りが小さい地盤である場合、安定して掘削を行うため、固化改良を実施することがある。固化改良した地盤は、所要の圧



写真—15 シラスを用いた短繊維混合補強土（施工後3ヶ月）



写真—16 トンネル坑口地盤の靱性強化

縮強度は確保されるが、コンクリート同様引っ張りに弱い。写真—16はこのような固化改良地盤の短所を補うため、短繊維を混合して靱性（ねばり強さ）を付与した事例である。汎用混合機で改良土1m³当たり短繊維を2kg（乾燥重量比0.1%相当）混合し、バックホウによって敷均し、振動ローラーによる転圧を行った。

7. おわりに

本報では、建設発生土の有効利用技術であるハイグレードソイルの最新の状況について紹介した。ハイグレードソイルの各工法は、前述のハイグレードソイル研究コンソーシアムにおいて、さらなる技術開発や普及活動が行われている。建設発生土の有効利用率をさらに向上させるためには、新技術の開発および活用が今後も重要と考えられる。

JCMA

【参考文献】

- 1) 国土交通省：建設リサイクル推進計画2008, 国土交通省ホームページ, <http://www.mlit.go.jp/>, 2008.4
- 2) 国土交通省：平成20年度建設副産物実態調査結果【参考資料】, 国土交通省ホームページ, <http://www.mlit.go.jp/>, 2010.3
- 3) 一般財団法人土木研究センター：ハイグレードソイル研究コンソーシアム, <http://www.pwrc.or.jp/>
- 4) 森, 古本, 大野, 小橋：建設発生土リサイクル技術の適用用途拡大と技術向上の取り組み, 土木技術資料第46巻第1号, pp.26-31, 2004.1

【筆者紹介】



加藤 俊二 (かとう しゅんじ)
 (独)土木研究所
 地質・地盤研究グループ (土質・振動)
 主任研究員



齋藤 由紀子 (さいとう ゆきこ)
 (独)土木研究所
 地質・地盤研究グループ (土質・振動)
 主任研究員



稲垣 由紀子 (いながき ゆきこ)
 (独)土木研究所
 地質・地盤研究グループ (土質・振動)
 研究員



佐々木 哲也 (ささき てつや)
 (独)土木研究所
 地質・地盤研究グループ (土質・振動)
 上席研究員