

◆特集：循環型社会における建設リサイクルの取り組み◆

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

森 啓年* 古本一司** 大野真希*** 小橋秀俊****

1. はじめに

平成12年度における建設発生土の場外搬出量は、約2億8,400万 m^3 に及んでいるが、工事間で利用されているものはそのうちの約8,200万 m^3 と約3割であり、これは建設工事における土砂利用量1億5,600万 m^3 (再生コンクリート砂300万 m^3 含む)の約5割にすぎない。

そのような状況の中、平成14年5月に国土交通省における建設リサイクルの推進に向けた基本的考え方、目標、具体的施策を内容とする「建設リサイクル推進計画2002¹⁾」が策定された。ここでは、建設発生土情報交換システム、ストックヤード及び土質改良プラントの有効利用による工事間利用及び現場内利用を含めて、平成12年度には60%だった建設発生土の有効利用率(土砂利用量に対する建設発生土利用量の比率)を平成17年度に75%、平成22年度には90%にまで向上させることを目標としている。また、平成15年9月には建設発生土等の不適正処理の問題も含めた有効利用に関する課題についての国土交通省の基本的な考え方、目標、目標を達成するための具体的な施策等を内容とする「建設発生土等の有効利用に関する行動計画²⁾」が策定された。

土木研究所材料地盤研究グループ土質チームでは、「建設リサイクル推進計画97」以前より、利用が特に進まない低品質土の改良技術についての民間との共同研究による取り組みを進め、建設発生土の有効利用率の向上を図っている。また、平成14年度から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(混合補強土)」の普及と設計・施工に係わる技術資料³⁾の整備や会員の受託業務支援、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。なお、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記

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の近年の現場適用事例を紹介するとともに、新たな適用用途などの技術開発の成果について報告を行う。

2. ハイグレードソイルの概要

「ハイグレードソイル(混合補強土)」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、以下の四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)

土砂に超軽量の発泡ビーズ(粒子)を混合して、軽量化を図った土。通常の土砂に比べて、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。また、通常の土に近い変形追随性があり、透水係数も調整できるので、河川堤防などへの適用も可能である。

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った土。通常の土砂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。また流動性があるので、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。

③袋詰脱水処理工法(写真-3)

透水性の袋(ジオテキスタイル製)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、土の分散や流れ出しを防止しながら脱水を促進した後、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、脱水時の排水をきれいにするとともに、土壌に強く吸着している環境汚

The Latest Information About the High Grade Soil, the Excess Soil Recycling Techniques

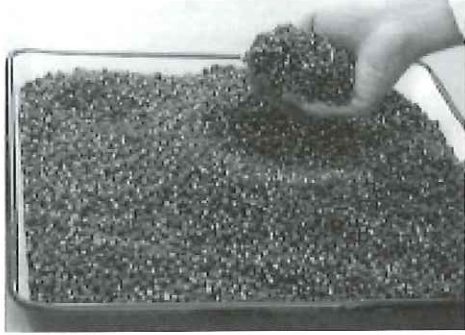


写真-1 発泡ビーズ混合軽量土工法

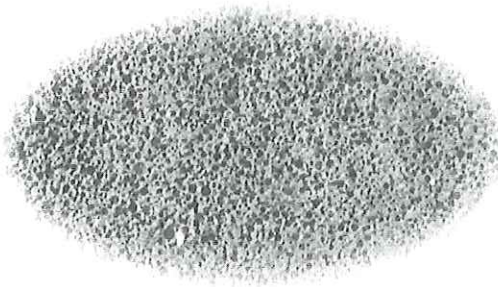


写真-2 気泡混合土工法



写真-3 袋詰脱水処理工法



写真-4 短繊維混合補強土工法

染物質を袋内に封じ込めることが可能である。

④短繊維混合補強土工法 (写真-4)

土または安定処理土に短繊維を混合することで強度、靱性(ねばり強さ)などの力学的特性の向上や降雨、流水などに対する耐侵食性の向上、植生の根の引き抜き抵抗の向上といった効果のある土質材料である。

3. 発泡ビーズ混合軽量土工法

3.1 概要

発泡ビーズ混合軽量土は、これまでに70現場以上において計約68,000m³用いられている。主な用途としては、下水管渠の埋戻しや橋台の裏込め、嵩上げ盛土などがある。

3.2 橋台の裏込めへの適用事例

1) 施工概要

道路嵩上げに伴う橋台基礎に対する土圧軽減(図-1)を目的として、発泡ビーズ混合軽量土工法が使用された。発泡ビーズ混合軽量土は、密度 $\gamma = 11 \text{ kN/m}^3$ 、一軸圧縮強さ $q_u = 110 \text{ kN/m}^2$ となるように、現地発生土 991.3kg に対して、水 45.2kg、固化材 54.2kg、発泡ビーズ 9.3kg の割合で配合し、計 1,630m³ が用いられた。

2) 施工結果

特に問題なく施工でき、敷均し・転圧後は写真-5のような状況であった。また、発泡ビーズは軽量であるため、施工時には風による飛散に留意する必要がある。そのため対策として、プラント側では混合槽への材料投入はブロワを用いた配管輸送とし、混合時の飛散に対しては、外周に

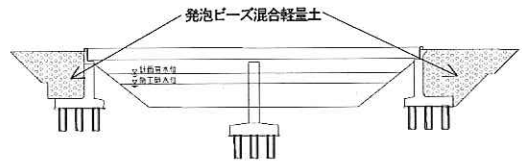


図-1 施工概要図

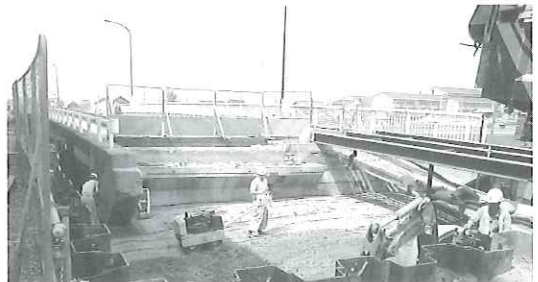


写真-5 施工後の状況



写真-6 施工後の状況 (十勝地震後)



写真-7 施工後の状況

防護柵の設置を行い、埋戻し箇所においては施工箇所周りに防護ネットを設置し、近隣周辺への飛散を防止した。

3.3 下水道管渠の埋戻しへの適用事例

1) 施工概要

下水道管渠の埋戻し材として、管への作用荷重軽減、圧縮沈下防止のために発泡ビーズ混合軽量土が利用された。発泡ビーズ混合軽量土は、密度 $\gamma = 11 \text{ kN/m}^3$ 、一軸圧縮強さ $q_u = 100 \text{ kN/m}^2$ となるように、現地発生土 970.8kg に対して、水 34.8kg、固化材 85.5kg、発泡ビーズ 8.9kg の割合で配合し、計 $3,000 \text{ m}^3$ が用いられた。

2) 施工結果

完成時は写真-6のような状況であった。なお、施工中発生した平成 15 年十勝沖地震の結果、下水管渠を発泡ビーズ混合軽量土で埋戻した箇所では周辺地盤の液状化による下水管渠の浮上りは見られず、管路設備に異常はなかった。この理由については現在、詳細調査中である。

4. 気泡混合土工法

4.1 概要

気泡混合土は、これまでに 5 現場において計約 $6,000 \text{ m}^3$ 用いられている。主な用途としては、橋

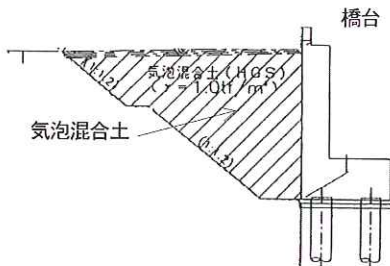


図-2 施工概要図

台の裏込め、橋脚、下水道管の埋戻しに用いられている。

4.2 橋台の裏込めへの適用事例

1) 施工概要

道路拡幅に伴う新設橋台の裏込めにおける土圧低減 (図-2) のため、気泡混合土工法が採用された。気泡混合土は、密度 $\gamma = 10 \text{ kN/m}^3$ 、一軸圧縮強さ $q_u = 300 \text{ kN/m}^2$ となるように、現地発生土 600kg に対して、水 270kg、固化材 150kg、気泡 2kg の割合で配合し、計 $2,533 \text{ m}^3$ が用いられた。

2) 施工結果

特に問題なく施工でき、完成時は写真-7のような状況であった。ただ、現地は河川水位以下での施工のため、鋼矢板による締切りや掘削工とともに、浮き上がり防止のため気泡混合土の高精度な密度の管理が要求された。また、道路路床として適用されたため、強度のパラツキについても留意が必要であった。そのような条件下においても、気泡混合土工法は転圧不要であり、かつ狭隘部分でも充填が可能であったため、施工が大幅に省力化された。

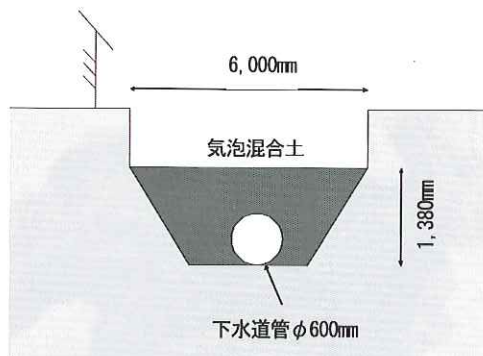


図-3 施工概要図



写真-8 施工後の状況

4.3 下水道管渠の埋戻しへの適用事例

1) 施工概要

下水道管渠布設時に民家が隣接しており、盛土荷重の連れ込み沈下による周辺への影響防止(図-3)のため、気泡混合土工法が採用された。気泡混合土は、密度 $\gamma = 7.2 \text{ kN/m}^3$ 、一軸圧縮強さ $qu = 300 \text{ kN/m}^2$ となるように、購入土 120kg に対して、水 450kg、固化材 150kg、気泡 450L の割合で配合し、計 $1,423\text{m}^3$ が用いられた。

2) 施工結果

特に問題なく施工でき、完成時は写真-8のような状況であった。ただ、現地は地下水位以下であり、浮上がりに対して所定の安全率を確保できないため、浮上がり防止杭を併用した。前述の施工事例と同様に、気泡混合土工法は転圧不要であり、かつ狭隘部分でも充填が可能であったため、施工が大幅に省力化された。

4.4 新たな適用用途

山岳道路建設の際には、従来のような切土を主体とした道路づくりから、盛土主体の道路づくりへと発想を転換することにより、切土による地形の改変を最小限にとどめることが可能であり、コスト削減や自然環境保全等の様々なメリットがある。

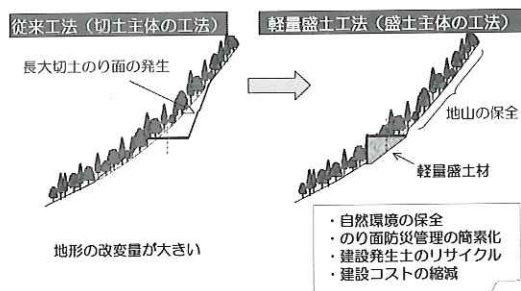


図-4 軽量盛土工法のメリット

る(図-4)。特に発泡ビーズ混合軽量土や気泡混合土などの軽量材を用いた軽量盛土工法は盛土に伴う斜面の安定度の低下を最小限にとどめ、従来工法では斜面の安定度の低下から施工が難しい急峻な斜面上にも道路の新設および拡幅を行うことを可能にすることから、このような盛土主体の道路づくりには有利な工法であると考えられる。

また、これまでの土木研究所における研究成果から、気泡混合土工法を用いることによって従来工法と比較して約3割程度のコスト削減が可能であるとともに、高盛土となる場合も適切な気泡混合土の強度と対策工を適用することにより耐震性を確保できることが確認されている⁴⁾。

5. 袋詰脱水処理工法

5.1 概要

袋詰脱水処理工法は、これまでに4現場において $8,500\text{m}^3$ 用いられている。主な用途としては、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がある。

5.2 ダム浚渫粘性土の有効利用への適用事例

1) 施工概要

水力発電用ダム(高さ87.0m、堤頂長189.5m、有効貯水容量 $2,159 \text{ 万 m}^3$)のドライアップ改修工事において、排砂管前面に堆積した土砂約 $4,500\text{m}^3$ をグラブ浚渫船にて掘削除去した。近くに浚渫土の処分場が確保できないことから、専用の台船上にてジオテキスタイル製の大型袋に詰め、堆砂の流出防止を目的に打設した鋼矢板背面に再度沈設して押さえ盛土として有効利用した(図-5)。袋材はジオテキスタイル製、幅3.8m×長さ10.0mの大型袋を用い、1袋あたりの充填土量は 27m^3 とした。また、袋は最大で5段積み重ねることから、引張強度 $T = 106\text{kN/m}$ の材料を使用した。

2) 施工結果

特に問題なく施工でき、浚渫土の充填～湖底設置～水位低下に至るまで袋は破断することなく、

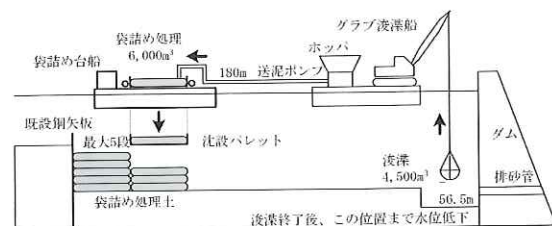


図-5 施工概要図



写真-9 施工中の状況

無事に施工は終了した。施工中の状況を写真-9に示す。

5.3 溜池の底質の土堰堤盛土への適用事例

1) 施工概要

溜池内の底質をのり尻部の盛土材料として有効利用するため、袋詰脱水処理工法が採用された。処理土量は840m³であり、脱水処理後全数量を上流掘削箇所をのり尻部盛土材料として利用した(図-6)。袋材はジオテキスタイル製、幅1.0m×長さ2.0m×厚さ0.5mの小型袋を用い、1袋あたりの充填土量は1m³とした。また、袋は最大で5段積み重ねることから、引張強度T=75kN/mの材料を使用した。

軟弱土掘削 S=1:250

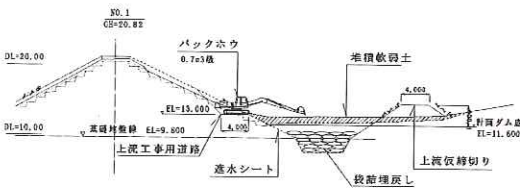


図-6 施工概要図



写真-10 施工中の状況

2) 施工結果

特に問題なく施工でき、4週間程度で袋の補強効果を考慮することにより盛土材として利用できていることが確認できた。施工中の状況を写真-10に示す。また、搬入路や施工ヤードが狭い場所での施工が可能であり、高含水比軟弱発生土の有効利用として有効性が確認できた。

5.4 新たな適用用途

袋詰脱水処理工法に使用する袋材や添加する凝集剤を工夫することで土粒子の封じ込めの能力を向上させ、ダイオキシン類に汚染された高含水比の土壌や底質を袋内に封じ込めるとともに脱水・減量化する技術の普及を目指して、施工マニュアル(案)が作成されている⁴⁾。なお、国土交通省より平成15年6月に出された『「河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル(案)」⁵⁾において袋詰脱水処理工法は「袋詰め工法」として、「除去底質(ダイオキシン類含有量150~1,000pg-TEQ/g)」を「土質材料として利用する」場合の「陸上処分」に示されている。

また、河川や湖沼における湿地及び干潟の回復もしくは創出技術の確立を目指して、袋詰脱水処理工法を用いたフィールド試験を浜名湖で実施中である。

6. 短繊維混合補強土工法

6.1 概要

短繊維混合補強土は、これまでに1現場で約1,500m³用いられた。用途としては、護岸の浸食防止がある。

6.2 護岸の浸食防止への適用事例

1) 施工概要

一般的に表面を緑化することによって浸食等は防ぐことができるが、緑化が完成するまでの期間における出水に対応するため、短繊維混合補強土を用いて護岸のり面を補強(図-7)することとした。施工範囲は約5,500m²、施工厚さは30cmとなっている。

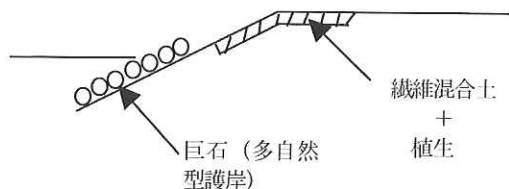


図-7 施工概要図



写真-11 施工後の状況

現場が水浸箇所であるため、短繊維が流出し生態系に影響を与えることも想定し、生分解性の短繊維を使用した。ただし、生分解性の短繊維は細いものが主流であり、浸食防止効果があるかどうか、また混合時に短繊維が切れないかどうかが不明であったため、室内実験などを行い、補強効果等を確認した。また、繊維と混ぜる土砂として、建設発生土を使用した。

2) 施工結果

特に問題なく施工でき、現在は写真-11のように草が生い茂っている。また、施工後、植物が繁茂する前に、二度の出水があり、短繊維混合補強土が水浸した。その際、巨石護岸（多自然型護岸）との境界部で一部小規模な侵食を受けたが、概ね原形をとどめており侵食防止効果があることが確認された。したがって今後の適用にあたっては、巨石などの異質な素材との境界部を補強することなど考慮する必要があると考えられる。

なお、土木研究所のヒアリング調査結果によると、全面を巨石護岸とした場合と比較して直工費で500万円程度減、残土処分費（運搬費、バックホウ掘削積込費含む）の削減で1,100万円程度、

合計1,600万円程度のコスト削減が可能であった。

7. おわりに

本報文においては、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。興味を持たれた方は事務局である(財)土木研究センターまで問い合わせいただきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省、「建設リサイクル推進計画2002」, 国土交通省ホームページ, <http://www.mlit.go.jp/>, 2002年5月
- 2) 国土交通省、「建設発生土等の有効利用に関する行動計画」, 国土交通省ホームページ, <http://www.mlit.go.jp/>, 2003年9月
- 3) 建設省大臣官房技術調査室監修, 「発生土利用促進のための改良工法マニュアル」, 財団法人土木研究センター, 1997年12月
- 4) 森、大野、桑野、恒岡, 「気泡混合土を利用した軽量盛土工法に関する研究」, 第5回環境地盤工学シンポジウム, 地盤工学会, pp.195-200, 2003年7月
- 5) 恒岡、森, 土木研究所資料第3902号「袋詰脱水処理工法による高含水比ダイオキシン類汚染底質・土壌封じ込めマニュアル(案)」, 独立行政法人土木研究所, 2003年7月
- 6) 国土交通省河川局河川環境課, 「河川、湖沼等における底質ダイオキシン類対策マニュアル(案)」, 国土交通省ホームページ, <http://www.mlit.go.jp/>, 2003年6月

森 啓年*



独立行政法人土木研究所
材料地盤研究グループ土
質チーム研究員
Hirotooshi Mori

古本一司**



独立行政法人土木研究所
材料地盤研究グループ土
質チーム研究員
Kazushi Furumoto

大野真希***



独立行政法人土木研究所
材料地盤研究グループ土
質チーム研究員
Masaki Ohno

小橋秀俊****



独立行政法人土木研究所
材料地盤研究グループ土
質チーム上席研究員
Hidetoshi Kohashi