

自走式土質改良機による土質改良技術— ESR 工法—

伊藤 敏夫・帆 莉 浩三・平方 和幸

ESR 工法は、自走式土質改良機を用いて建設汚泥を除く建設発生土を、効率的かつ高品質な改良土にするとともに、事前調査から配合設計、品質・施工管理までを一貫して行う技術である。

本工法は、国土交通省の「新技術情報提供システム (NETIS)」(No.HR-060002-A) に登録され、平成 18 年度の試行調査より「少実績優良技術」の指定を受けた工法である。

建設発生土の再利用および利用土砂の利用率が一定水準でとどまっている中、ESR 工法は、更なる建設発生土の利用促進につながる技術と考える。

キーワード：土質改良、自走式土質改良機、リサイクル、品質確保・向上、環境

1. はじめに

我が国における建設発生土は、平成 14 年度の国土交通省の調査によると、場外排出量に占める再利用率は全体の約 3 割、また、利用土砂に含まれる建設発生土の割合は 65.1 %にとどまっている¹⁾。加えて、都市化の進展等に伴う受入地の不足、不法投棄等による不適正な処分や住民苦情等の問題も発生しており、建設発生土の適正かつ効率的な処理の推進が急務であるという認識が広がっている。

これらの問題に対して、法体系の整備としては、平成 12 年に「循環型社会形成推進基本法」、 「資源の有効な利用の促進に関する法律」、 「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」などの制定および改正が行われている。また、国土交通省では、「建設副産物適正処理推進要綱」の改正、「建設リサイクル推進計画 2002」、 「建設発生土等の有効利用に関する行動計画」が策定され、利用土砂の建設発生土利用率を平成 17 年度までに 75 %、平成 22 年度までに 90 %までに向上させることを目標としている。

しかし、平成 17 年度の調査では、場外排出量に占める再利用率は約 3 割、また、利用土砂に含まれる建設発生土の割合は 62.9 %にとどまっており「建設リサイクル推進計画 2002」の平成 17 年度に掲げられている目標値のうち唯一、未達の状況²⁾にある。平成 22 年度の建設発生土の利用率に対する目標値 (90 %) をクリアするためには、一層の再利用の推進が必要である。

このような背景の中、新潟県においても建設発生土の利用が進められている。加えて、同県は、平成 16 年の「7.13 水害」、平成 17 年の「中越地震」により、甚大な被害を受けた社会資本の本格的な復旧・復興が現在も進められており、大量の建設発生土を迅速かつ効率的に改良処理する必要にも迫られている。

これらの状況を踏まえ、従来の土質改良の課題を見直し、事前調査から配合設計、土質改良、施工までを一貫管理し、建設汚泥を除く建設発生土の高品質かつ大量な再資源化を目的とした、「Ecologic On-site Plant System for Soil Restoration Method (ESR) 工法」を開発した。

本報文では、本工法の概要、施工事例について報告する。

2. 工法の概要

(1) ESR 工法の特徴

ESR 工法は、自走式土質改良機 (写真—1) を用いて建設発生土の改良を事前調査から施工管理までを一貫して行う技術である。

本工法の主な特徴を以下に示す。

①改良機が自走式 (クローラタイプ) であるため、建設発生土の発生現場あるいはその近傍において再資源化が可能である。

写真—2 は、自走式土質改良機の下に敷鉄板を敷いた状況である。本現場は建設発生土区分で泥土に分類される地盤の上であるが、このような工夫を行うこ



写真一 1 自走式土質改良機



写真一 2 敷鉄板の設置例

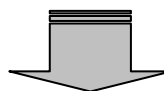


写真一 3 混合装置の例

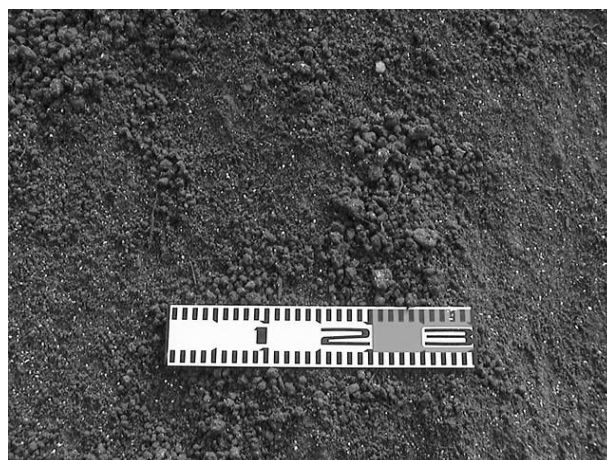
とで、現場内での自走および再資源化が可能である。
 ②建設発生土と改良材の混合ムラがなく、従来工法（バックホウやスタビライザによる原位置混合工法）に比べ改良材の使用量を低減できる。

写真一 3 に示すような数種の混合装置を使用することで高い混合性を可能としている。写真一 4 に改良前後の建設発生土を示す。混合性能は、建設発生土の性状とともに改良土の強度に影響を与えるため、現場で強度を確保するための強度比（現場で混合した改良土の強度に対する配合設計の改良土の強度）が、施工機械に応じて定められている（表一 1 参照）。強度

【 改良前 】



【 改良後 】



写真一 4 建設発生土の改良前、改良後

表一 1 主な土質改良機と一般的な強度比

土質改良機	一般的な強度比
中央プラント	0.8
スタビライザ	0.5 ~ 0.8
バックホウ	0.3 ~ 0.7

比は、配合設計時の強度の割増し係数として使用される場合もあり、強度比が小さいほど、改良材の添加量が多く必要で、施工コストに影響を与える。なお、本工法に使用する自走式土質改良機の強度比は、中央プラントと同じ0.8としている。

③コンパクトな改良機だが、中央プラント並みの作業量が得られる。

表一 2 に各土質改良機の一般的な施工能力を示す。本工法の施工能力は、建設発生土の状態によって異なるが、40 ~ 100 m³/hr 程度を有しており、他の土質改良機と比べ遜色ない施工能力であることがわかる。

表一 2 主な土質改良機と一般的な施工能力

土質改良機	一般的な施工能力
中央プラント	30 ~ 400 m ³ /hr
スタビライザ	100 ~ 300 m ³ /hr
バックホウ	20 ~ 40 m ³ /hr

④低粉塵、低騒音であり、周辺環境に優しい改良が可能である。

本工法の改良材の散布および改良作業は、自走式土質改良機内で行なわれることから、写真—5に示す従来工法で起こりうる改良材の散布時の飛散は抑制することができる。また、自走式土質改良機を用いた土質改良は、特定建設作業ではないが、作業時の騒音が75dB以下であり、周辺環境に配慮したものとなっている。



写真—5 散布時の改良材の飛散

(2) ESR 工法の施工管理手順

ESR 工法の施工管理手順を図—1に示す。

(a) 事前調査

本工法は、土質改良が必要な箇所柔軟に対応すべく、事前調査にて土質試験および現場条件の他に管理指標および設計強度の調査を行う。主な管理指標と適用箇所は表—3のとおりである。

(b) 配合設計・現場管理基準の決定

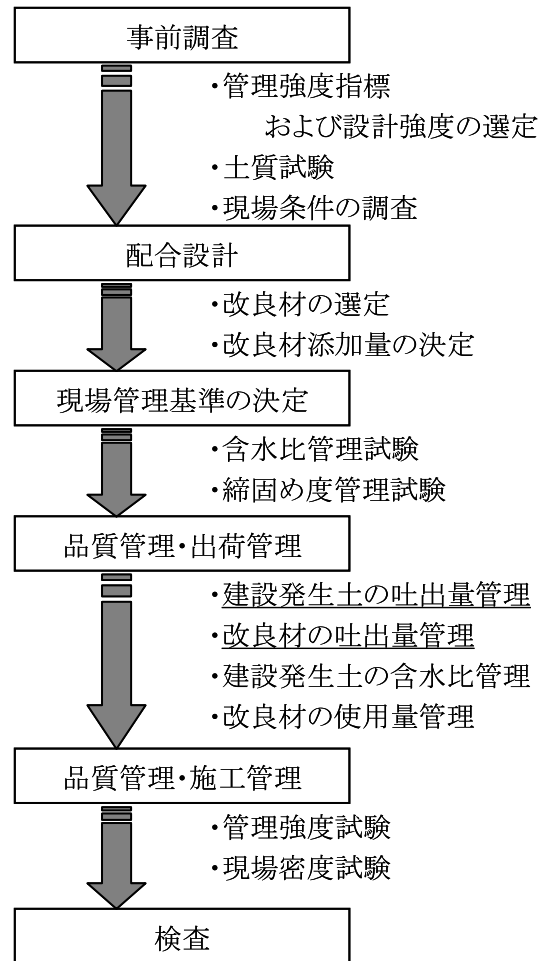
これらの工程は室内にて実施するものである。配合設計は従来工法でも行うが、本工法では、施工までの管理を行う技術であることから、施工時に必要な以下の管理基準についても試験を行う。実施事項は以下のとおりである。

・含水比管理試験

本試験は、現場では日々発生土の含水比が変化することから、この変化に対応した改良材の添加量を把握するために行う。

・締固め度管理試験

本試験は、表—3の管理強度指標は、コーン指数試験を除き、現場で直接確認することが難しい。



図—1 ESR 工法の施工手順

表一 3 主な管理強度指標と適用箇所

管理強度指標	適用箇所
コーン指数	道路路体 (トラフィックビリティの確保)
	河川築堤 (高規格堤防)
	河川築堤 (一般堤防)
一軸圧縮強度	発生土の改良
	道路路体 (圧縮性の軽減・安定性の向上)
	路盤安定処理
	構造物の裏込め
CBR	構造物の基礎地盤改良
	管路の埋設および復旧
	路床安定処理

一般的には、締固め度による間接的な評価で行うことから、締固め度の管理に必要な基準密度を把握するために行う。

(c) 品質管理・出荷管理

従来工法では、改良日の建設発生土の含水比と、配合設計の結果から一定面積に散布する改良材の量を決定し、改良を行うことで品質の管理を行っている。本工法では、自走式改良機内で散布・混合を行うことから以下の管理を行う必要がある。

・建設発生土の吐出量管理

本管理の目的は、改良材の添加量を建設発生土の状態に応じた添加量とするためと、自走式土質改良機の設定作業量と実作業量の関係を求めるために行うものである。

配合設計時の改良材の添加量は、所定の方法で締固めた状態の湿潤（もしくは乾燥）密度に対して行うが、自走式土質改良機を通過する際、建設発生土の状態はほぐれた状態であることから、配合設計の添加量を使用するには、ほぐれた状態への換算が必要となる。そこで、自走式土質改良機内から吐出される建設発生土の質量および密度を測定・管理し、そこから得られる密度（以下、ほぐし密度）から、自走式土質改良機内で添加する改良材量を決定している。また、自走式土質改良機で設定する作業量と実際に吐出される作業量は建設発生土の状態によって変化することから、検量線を求め、吐出量の管理を行っている。

・改良材の吐出量管理

本管理の目的は、自走式改良機内を通過する建設発生土に対して一定量の改良材が添加されているかを確認するために行うものである。

この他に、本工法では、従来工法でも行われる建設発生土の含水比管理および使用改良材量の管理を実施している。

(d) 品質管理・施工管理

本管理は、従来工法と同様であり、コーン指数試験を除き、締固め度による間接的な評価で行う。なお、締固め度を算出する際の基準密度は、図—1の現場管理基準の決定で実施する締固め度管理試験より求めた値とする。

3. 施工事例について

本章では、これまで実際に行われたESR工法を紹介



写真—6 護岸掘削改良工事状況（事例1）

表—4 主な管理強度指標と適用箇所

	コーン指数 (kN/m ²)	備 考
現場測定値	680	X = 13, σ = 63.8
室内目標値	735	設計強度 500 kN/m ² 冬季係数 0.85 強度比 0.8 を含む
強 度 比	0.93	0.93 = 680 ÷ 735

介する。

施工事例1（写真—6）は、信濃川河口にある可動堰の改築に伴い、河道掘削、護岸を行う際に発生する建設発生土の改良を行う工事である。この現場の建設発生土は、泥土に相当し、かつ大量の掘削土を第3種建設発生土相当に改良する必要があった。そこで、所定の品質を確保しかつコスト低減が可能な技術として本工法が採用されることとなった。

図—1に示した作業手順に従い、掘削発生土の改良を行った結果、改良土の品質および強度比は表—4に示す結果を得た。また、時間当たりの施工量は、87 m³であり、表—2で示した施工能力を満足する結果であった。

施工事例2（写真—7）は、河川災害復旧工事で発生した土砂を築堤工事に再利用するために行われた工事である。本現場（仮置場）に集積された建設発生土は約35万 m³で、調査の結果、第4種建設発生土に相当するものであった。この大量の建設発生土を現地で第3種建設発生土相当に改良する方法として、本工法が採用された。



写真—7 築堤改良工事状況（事例2）

施工事例3（写真—8）は、公園の地盤改良工事の状況である。本現場は、当初、深層改良された地盤上でスタビライザによる原位置混合する予定であった。しかし、上記の方法では深層改良部に影響を与えることが想定されたことから、現場での改良が可能で深層改良部に影響を与えない本工法が採用されることとなった。



写真—8 地盤改良工事状況（事例3）

4. おわりに

本工法は、施工事例に示した、河川築堤、発生土の改良、地盤改良に適用されるだけでなく、道路路体、路床安定処理、構造物の裏込め、管路復旧等に関する建設汚泥を除く建設発生土の改良に適用が可能である。

また、本工法は、国土交通省の「新技術情報提供システム（NETIS）」（No.HR-060002-A）に加え、新潟県の「Made in 新潟 新技術活用制度」（No.18D1019）にも登録しており、公的に認められた工法である。

今後、新潟県のみならず全国においても広くアピールを行い、安全・安心かつ効率的な社会資本の整備に寄与できる工法となるよう、更なる技術の向上を図る所存である。また、本工法は、NETISの平成18年度

の試行調査より、「少実績優良技術」に位置づけられている。今後、技術の安定性・現場適用性を証明すべく試行調査を続け、結果を蓄積する所存である。本工法の積極的な採用をお願いする次第である。

最後に、この場をお借りしまして御協力頂いた関係各位に御礼を申し上げます。

JCMA

NETIS 登録 HR-060002-A

《参考文献》

- 1) 国土交通省 HP：「平成14年度建設副産物実態調査について」2003.12
- 2) 国土交通省 HP：「平成17年度建設副産物実態調査について」2006.12
- 3) (独)土木研究所：「建設発生土の利用技術マニュアル（第3版）」2004.9
- 4) 日本石灰協会：「石灰安定処理工法」2006.7
- 5) (社)セメント協会：「セメント系固化材による地盤改良マニュアル（第3版）」2003.9

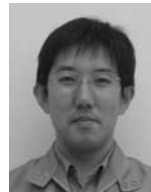
【筆者紹介】



伊藤 敏夫（いとう としお）
新潟県土質改良事業協同組合
理事長



帆苺 浩三（ほかり こうぞう）
新潟県土質改良事業協同組合
技術顧問
（福田道路株式会社 執行役員技術部長）



平方 和幸（ひらかた かずゆき）
福田道路（株）技術研究所
技術主任