



# 建設汚泥のリサイクル

## —安定液リユースシステムの開発—

飯塚 芳雄・白鳥 栄司・秋山 昇

建設汚泥の減量化・リサイクルを推進するため、RC 地中連続壁工事に使用した安定液（ベントナイト泥水）のリユース（再使用）システムを開発した。本システムは工事終了時の安定液を凝集脱水処理し、脱水ケーキを別の工事現場に運搬して再び安定液として使用するものである。脱水ケーキを用いて製造した安定液は、RC 地中連続壁、泥水シールドおよび場所打ち杭工法の掘削用安定液または泥水としての管理基準を十分満足する。

本報文では、建設汚泥の現状、法的位置付け、処理の課題、リサイクル指針についてその概略を紹介し、次に、安定液リユースシステムの構成、特長、実施例について具体的に記述する。

キーワード：建設汚泥、リサイクル、安定液、脱水処理、RC 地中連続壁工事

### 1. 建設汚泥の現状と問題解決に向けて

#### (1) 建設汚泥の法律上の位置付け

建設基礎工事から発生する「泥状の土砂」は、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」（以下、「廃掃法」と略す）の適用を受ける。厚生省（現、環境省）監修の「建設廃棄物処理指針」では、泥状とは「標準仕様ダンプトラックに山積みができず、また、その上を人が歩けない状態（略）」としている。

これを強度でいえば、コーン指数がおおむね  $200 \text{ kN/m}^2$  以下または一軸圧縮強度がおおむね  $50 \text{ kN/m}^2$  以下であり、ダンプトラック運搬中の練返しにより泥状を呈するものと定義している。

なお、浚渫土や地山掘削により発生したものは建設汚泥ではなく土砂として取扱われる。さらに有償売買されるものも対象外である。無機性の建設汚泥が産業廃棄物たるゆえんはこの「人が歩けない状態」に起因している。

1979年4月、千葉県市川市で仮置きしてあった建設汚泥が、土止めを崩壊して大量流失した。こ

の事件を契機に、社会的に建設汚泥に対して非難の声が高まり、厚生省（現、環境省）は産業廃棄物として、規制を強化した。

以上のような歴史的背景から、その上を人が歩けなくなって、中に埋まってしまうような状態の建設汚泥は、成分的に無害であっても一般の土とは別に、産業廃棄物として取扱われるようになった。

#### (2) 建設汚泥のリサイクルの状況

産業廃棄物は毎年約4億t発生し、建設業から発生するものは、そのうちの約20%を占める。さらに、建設汚泥はその内の約10%を占め、平成7年度は約1,000万t発生している<sup>1)</sup>。

一方、建設汚泥のリサイクル率は中間処理による減量化も含めて14%と低い。全産業のリサイクル率が82%であるのに対して、建設廃棄物のリサイクル率が58%と低いのは建設汚泥・混合廃棄物のリサイクル率が低いことに起因する。混合廃棄物は「原単位」管理や分別の推進により削減が推進されている<sup>2)</sup>。なお、図—1～図—3は、これらの状況をグラフ化したものである。

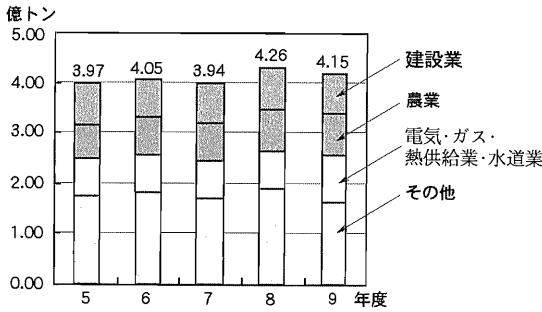


図-1 産業廃棄物の排出量推移  
環境省(旧厚生省)資料

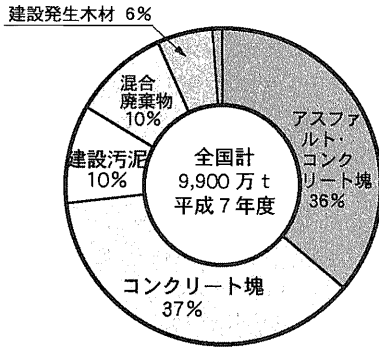


図-2 建設廃棄物の種類別内訳  
国土交通省(旧建設省)資料から作成

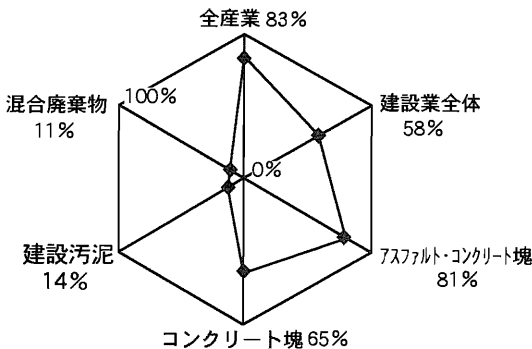


図-3 リサイクル率(平成7年度)  
国土交通省(旧建設省)資料から作成

(3) 建設汚泥処理の課題

建設汚泥を排出する主要な基礎工法は、三十数年前から建設工事の騒音・振動公害を防止するため、いわゆる「無騒音・無振動工法」として飛躍的に発展した。また、都市地域のインフラストラクチャ整備で必要不可欠となった工法が多い。これらの工法では、水に微細土粒子等を混合した「泥水」または「安定液」を使用して地盤を掘削するもので、泥水・安定液は安全性、施工性、コスト等の面で他に類を見ない優位な材料となっている。そのため、今後も各種の工事で使用されるものと考えられる。

一方、建設汚泥の性状は掘削地盤の土質や使用泥水の管理条件、掘削機械等により著しく異なる。そのため、「廃掃法」の「泥状」の解釈が広範囲に該当することになり、それぞれの建設汚泥に対応した処理方法が必要となっている(参考として、掘削工事の種類と排出される建設汚泥の性状を表-1に示す)。

また、建設汚泥はその性状を機械式脱水や固化材等により改質しても、正当に利用されない限り「汚泥」であり、管理型最終処分場に埋立て処分しなければならない。

この他、建設汚泥の排出時期は基礎工事の種類によって変化しており、排出量も工事規模や施工条件で大きく変わる。さらに工事場所の移動に伴う処分場の確保難やコスト変動等、多くの課題が残されている。

(4) 「建設汚泥リサイクル指針」の策定

21世紀、循環型経済社会を迎え、基幹産業として建設業は行政とも協力し、積極的にリサイクルの推進に取り組む必要がある。

このような状況の中、平成11年11月に建設省

表-1 建設汚泥が発生する主な掘削工法の種類と建設汚泥の性状

出典:建設汚泥リサイクル指針(建設省(現、国土交通省)策定)

主な掘削工法の種類	汚泥の性状	分類	
<ul style="list-style-type: none"> <li>泥水式シールド工法</li> <li>連続地中壁工法</li> <li>リバース工法</li> <li>アースドリル工法</li> </ul>	含水比が高く、機械式脱水により減量化が可能である。	泥水状汚泥	非自硬性汚泥
<ul style="list-style-type: none"> <li>泥土圧シールド工法</li> <li>アースドリル工法</li> </ul>	含水比が比較的低く、機械式脱水が困難である。	泥土状汚泥	
<ul style="list-style-type: none"> <li>高圧噴射攪拌工法</li> <li>ソイルセメント壁工法(SMW工法等)</li> </ul>	セメント等が混入しており、放置すれば固結する。	自硬性汚泥	

(現、国土交通省)が中心となって「建設汚泥リサイクル指針」<sup>3)</sup>が策定された。

「指針」はA4判、全253ページで、今までの建設省指針や建設省総合プロジェクト研究結果等各方面での成果を体系的に整理している。

本編は総論と制度編と技術編からなり、総論では建設汚泥の定義を明確にし、リサイクルの手順と関係者の役割を「概念体系図」(図-4参照)により明確化している。制度編では建設汚泥再利用のために、現行法制度でどのような手続きが必要なのか、

- ① 自ら利用、
- ② 有償売却、
- ③ 再生利用制度、

の活用の三つの方法についてフロー図を基に解説している。技術編は各種参考資料により、建設汚泥リサイクルのための品質改変技術を具体的に提示している。

今後、施工者側は、「同指針」の内容をよく消化し、具体的に生産現場で実行に移していく必要がある。

## 2. 安定液リユースシステムの開発

清水建設(株)では、ISO 14001の認証取得とともにゼロエミッション建設に取組んでおり、その一環として「4R活動」を推進している。

「4R活動」とは、建設副産物削減、リサイクル活動の側面である以下の四つの頭文字Rから命名したものである。

- ① Refuse：入れない
- ② Reduce：発生させない
- ③ Reuse：繰返し使う
- ④ Recycle：リサイクルする

この4Rのひとつの技術として、建設汚泥の削減を目的とした「安定液リユースシステム」を開

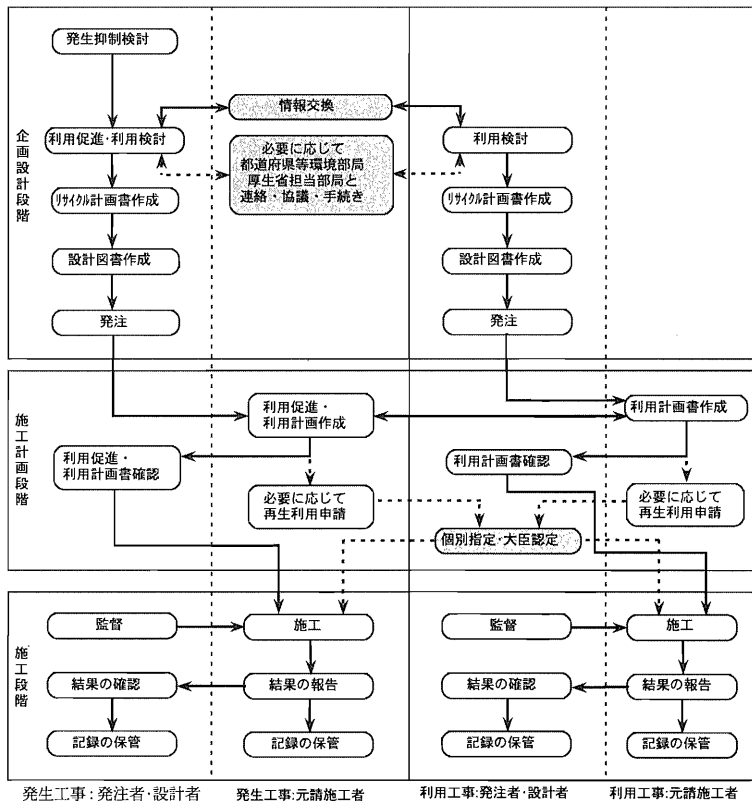


図-4 リサイクルの手順と関係者の役割

出展：建設副産物リサイクル広報推進会議、「建設リサイクル Vol. 7」, 14 ページ, 1999年5月20日, (株)大成出版社

発、実用化した。

以下、そのシステムを紹介する。

(1) 概要

地中連続壁工事は地中構築物の施工における山留め壁や山留め兼用本体壁として多く適用されている。この地中連続壁工事では、掘削溝壁の崩壊防止や掘削土の搬送等を機能として、水にベントナイト、CMC（カルボキシメチルセルロース）、分散剤等を配合した「安定液」が使用される。安定液は工事中繰返し使用するが掘削土砂やセメント成分等の混入により徐々に機能が失われる。そして、安定液機能の確保が困難となったり、調整コストが高い場合は廃棄される。また、工事終了時には安定液機能を保有している安定液も建設汚泥として廃棄されるのが一般的である。

1件工事における安定液の総使用量は土質や掘削方式にもよるが掘削総土量の50～90%であり、廃棄安定液の総発生量は掘削土量の40～80%である。この廃棄安定液の発生内訳はおおむね表2のようである。

工事終了時の安定液はさらに工事があれば十分使用可能な機能・性能を保有しているため、廃棄

表—2 1件工事における廃棄安定液の発生内訳

項目	割合
掘削土砂の混入による余剰液	0～30%
コンクリート打設時のセメント成分混入に伴うゲル状劣化液	5～20%
工事終了時の安定液	60～90%

処分せずにそのまま次の工事に用いることができる。しかし、安定液成分の大部分は水（80～95%）であり、運搬コストや保管設備等を考えると別の工事現場に運搬して使用することが必ずしも効率的とは言えず、やむを得ず建設汚泥として処理している状況であった。

本システムは工事終了時の安定液を凝集脱水処理し、脱水ケーキを安定液として再使用（Reuse）するものである。従来の凝集処理では脱水ケーキを再び安定液に戻すことは困難であったが、凝集剤の組合せによって脱水ケーキを再び安定液材料として使用できることが実験で確認された。これを基に、現場適用プラントの検討およびシステムの開発を進め、建設汚泥の減量化、リサイクルに極めて有効なシステムを実用化することができた。なお、使用する凝集剤、再生剤の安全性、環境への影響については、特に問題は認められないことを確認している。

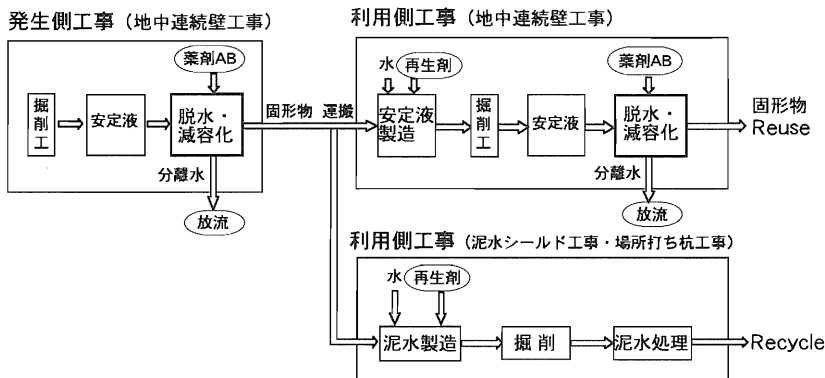
(2) システムの構成

安定液リユースシステムは、

- ① 地中連続壁工事で発生した安定液を脱水減容化する発生側工事、
- ② 脱水ケーキを再び安定液に再生して使用する利用側工事、

の両現場にまたがる一連の流れを総称したものであり、以下の効果を達成する。なお、両者の関係は図—5のようである。

- ① 発生側工事における建設汚泥発生量の大幅



図—5 安定液リユースシステムの工事間の流れ

削減

安定液を場内で脱水処理し1/3~1/6の固形物（脱水ケーキ）にした後、分離水は放流先の水質基準に適合させて放流する。なお、対象安定液は地中連続壁工事の掘削泥水に必要な機能を保有していることが条件である。

② 利用側工事における固形物の再資源化

固形物を別の泥水掘削工事（地中連続壁工事、泥水シールド工事、場所打ち杭工事等）で安定液又は泥水材料として再使用する。

この、安定液リユースシステムの脱水減容化設備および脱水ケーキを用いた安定液製造設備のフローを図-6に示す。

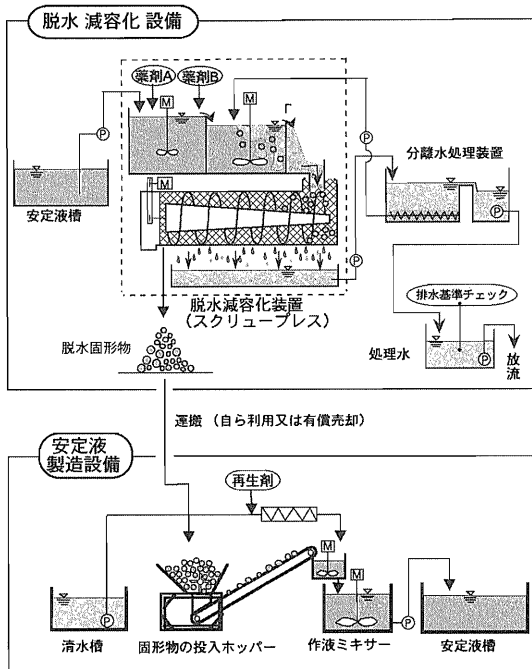


図-6 安定液リユースシステムのフロー

(3) システムの特長

- ① 脱水減容化設備は凝集剤添加によるフロック生成装置、スクリュープレス脱水機、分離水処理装置で構成され、対象安定液の濃度にもよるが、8~15 m<sup>3</sup>/hの処理能力で連続処理が行われる。
- ② この設備ではフロック生成部における凝集剤の添加・混合・攪拌方法および攪拌時間の設定にノウハウがあり、安定液の濃度変化が生じてても安定した水切りの良好なフロック生

成を可能としている。

- ③ 水切りの優れたフロック生成によって、スクリュープレス脱水機の性能は十分に発揮され、脱水穴から脱水ケーキがこぼれ落ちる割合も極めて少量（1%程度）となっている。  
 なお、こぼれ落ちた脱水ケーキは分離水処理装置で容易に沈降するため、処理水は清澄水となる。
- ④ 分離水の水質は、下水道、河川水の水質基準に容易に適合する。
- ⑤ 固形物（脱水ケーキ）は、ダンプトラック等で運搬可能な状態となる（自ら利用又は有償売却として再使用するが、建設廃棄物処理指針、建設汚泥リサイクル指針等に準じて取扱う）。
- ⑥ 固形物（脱水ケーキ）を用いた安定液製造は、従来の泥水混練ミキサで容易に可能であるが、脱水ケーキを再び微細土粒子に分散できる程度のミキサを用いる。
- ⑦ 再生安定液は、発生側工事で使用していた安定液の性状と同等となる。また、安定液製造時に混練水と固形物の割合を調整することで利用側工事で必要とする泥水（泥水比重1.02~1.2程度）に調整できる。

(4) 実施例

現場における実施例をまとめて表-3に示す。また、発生側工事および利用側工事の状況をグラビヤに示す。

実施工事の地盤は、事前に土壤環境基準項目の調査を行い汚染のないことを確認している。

発生側工事の対象安定液は、地中連続壁工事の掘削方式によって比重等の物性が異なるため、減容化率が変化する。実施例では、バケット掘削で1/6、回転式掘削で1/4の減容化と、運搬量の削減として十分満足する効果が得られた。

分離水の水質は公共下水道放流においてすべての水質基準項目を満足する。

脱水ケーキは利用側現場まで約40km（実施例2）トラック運搬したが、荷姿に変化はなく振動による流動化や遊離水の発生は認められない。

写真-1は地中連続壁工事（汚泥発生側現場）で安定液循環設備と同一場所に脱水減容化装置を

設置した状況であるが、スペース・規模等に問題は認められない。

利用側工事（実施例1）では、従来の安定液製造とほぼ同様の作業で脱水ケーキを安定液に再生した。再生安定液は安定液管理基準を十分満足し、従来の安定液と同様の条件で施工することができた。

発生側工事の処理コストは、従来の建設汚泥処理コストと同等であった。また、利用側工事の安定液製造コストは、脱水ケーキの運搬費を考慮しても同等あるいはそれ以下であった。この結果、本システムが現状の工事において施工コストの面からも十分適用可能であることが明らかとなった。

### （5）ま と め

地中連続壁工事から発生する建設汚泥を削減するため、工事終了時の安定液を脱水減容化し、脱水ケーキを別の工事で安定液材料として利用する試みは、新たなサイクル技術として極めて有効であり、今後同種の工事で広く普及を進めていきたい。なお、本システムは実用化して日が浅く、必ずしも十分な適用実績と

表-3 安定液リユースシステムの実施例

		実施例 1	実施例 2		
地中連続壁工事に用いた掘削機		バケット式掘削機	回転式掘削機		
安定液量（工事終了時）m <sup>3</sup>		600	900		
発生側 工事	安定液性能	項 目	試験方法	結果（管理基準）	結果（管理基準）
		比 重	マッドバランス	1.04 (1.03~1.2)	1.10 (1.03~1.2)
	粘 性	ファンネル粘度計	23.8 (20~36 秒)	22.9 (20~36 秒)	
	汚 水 量	API 汚過試験	14.0 (30 ml 以下)	24.0 (30 ml 以下)	
	砂 分 率	API 砂分計	<0.5 (1% 以下)	<0.5 (1% 以下)	
	pH	ガラス電極式	10.2 (7~12)	8.2 (7~12)	
	薬使用量	高分子凝集剤 (%)	0.1	0.1	
		無機系凝集剤 (%)	1.0	1.0	
	脱水減容化処理結果	脱水ケーキ量 (m <sup>3</sup> )	100	230	
		含 水 率 (重量%)	74	60	
単位体積重量 (t/m <sup>3</sup> )		1.19	1.03		
利用方法		有償売却	有償売却		
分離水量 (m <sup>3</sup> )		500	670		
放 流 先		公共下水道	公共下水道		
分離水	SS (600 mg/l 未満)	68	21.4		
	pH (5~9)	8.4	6.8		
	BOD (600 mg/l 未満)	10.3	4.7		
利用工事の施工方法		地中連続壁工法	泥水シールド工法		
再生剤添加率 (%)		0.4	1.0		
利用側 工事	再生安定液性能	製 造 量 (m <sup>3</sup> )	500	263	
		項 目	結果（管理基準）	結果（要求性能）	
	比 重 (-)	1.05 (1.03~1.2)	1.17 (1.15~1.2)		
	粘 性 (秒)	30 (20~36)	34 (30~40)		
	脱水試験汚水量 (ml)	8.0 (30 ml 以下)	9 (-)		
pH (-)	10 (7~12)	10 (-)			



写真-1 RC 地中連続壁工事の安定液循環設備とリユースの脱水減容化装置設置状況

は言えない状況にある。

安定液のリサイクルでは、対象地盤の土質条件や施工方法などによって使用安定液の性能が変化するため、より多くの工事での試みが必要と考えられる。

今後の普及に当たっては、リユース可能な安定液性能（品質）基準の標準化、発生側工事と利用側工事の情報のネットワーク化など、流通の効率化が検討課題である。なお、発生側工事では、「廃掃法」に従って汚泥の脱水処理施設の設置許可申請を行う必要があり計画的な対応が望まれる。

#### 《参考文献》

- 1) (財)先端建設技術センター：「平成12年度版総合的建設副産物対策」建設副産物リサイクル広報推進会議, p. 4
- 2) (社)建築業協会：「建設系混合廃棄物の原単位調査報告書」, (社)建築業協会, p. 8, 2000年1月
- 3) (財)先端建設技術センター：「建設汚泥リサイクル指針」, 大成出版社, 1999年11月11日

#### 【筆者紹介】

飯塚 芳雄 (いづか よしお)  
清水建設株式会社  
技術研究所テクノセンター  
主席研究員



白鳥 栄司 (しらとり えいじ)  
清水建設株式会社  
安全・調達本部環境部  
課長



秋山 昇 (あきやま のぼる)  
清水建設株式会社  
土木東京支店  
基礎工事部  
部長



// 橋梁架設工事業務の必携書 //

## 橋梁架設工事の積算

—— 平成12年度版 ——

建設省においてはこのたび「土木工事積算基準」の改正を行い、平成12年4月1日以降の工事の積算に適用されました。

そこで、当協会では当該資料に準拠した「橋梁架設工事の積算 平成12年度版」を発刊いたしました。

橋梁架設工事の積算業務に携わる関係者には、必携の書です。

■ 改訂内容：建設省土木工事積算基準、建設機械等損料算定表（平成12年度版）の改訂にあわせて、鋼橋・PC橋とも複合損料の改正を行い、また鋼橋のベント設備の見直し等を行っております。

■ B5判 941頁 カラー写真入り

■ 定 価：会 員 7,560円（本体7,200円）、送料 700円  
非会員 8,190円（本体7,800円）、送料 700円  
（官公庁（学校関係を含む）は会員価格です）

## 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

Tel.: 03(3433)1501 Fax.: 03(3432)0289