

無機性汚泥の再生利用システム

—脱水ケーキリサイクル装置「ケークル」—

栗原正春・伊勢屋 宏・川手雅嗣

西暦2000年を目標とした「建設副産物対策行動計画」(リサイクルプラン21)が建設省(国土交通省)によって策定され各種の施策が講じられてきた。その結果、全体としてのリサイクル率は、向上し、なかでもアスファルト・コンクリート塊のリサイクル率は80%を超え一定の成果は見られるが、一方建設混合廃棄物、建設汚泥、建設発生土のリサイクル率は、平成12年度目標60%に対して平成7年度実績値は14%と低迷している。このため従来の施策を見直し抜本的に充実、強化することが必要となっている。本報文では、広島県福山土木建築事務所で施工中の四川治水ダム本体工事で発生する汚泥(脱水ケーキ)を、建設資材として使用可能な状態にした土質改良処理施設について、その概要を紹介するとともに、当再生利用システムの特徴、改良土の品質基準とその適用・用途などについても報告する。

キーワード：脱水ケーキ、改良土、品質基準及び用途、再生利用、リサイクル

例を示す。

1. はじめに

建設省は、平成11年11月建設汚泥リサイクル指針の骨格と指針のうち技術基準に関するパートを担う「建設汚泥再生利用技術基準」を取りまとめ、処理土の利用用途を示した。

建設工事、砂利採取業、砕石業(以下「建設工事等」という)から発生する無機性汚泥を対象に再生利用技術について考え、本報文で紹介する「無機性汚泥の再生利用システム」はこれらに沿った工法として近年増加しているシステムであり、処理土は強度のある改良土となって埋立て、盛土、裏込め、堤防、土地造成、公園、グラウンドなどの他、セメント原料にも利用出来る。またクラッシャーランや再生クラッシャーランと混合すれば、水硬性複合路盤材としても利用出来る。

2. 再生利用の主な処理方法と利用用途例

利用するにあたっては、汚泥の性状、発生量、利用目的などに応じて適切な処理方法を考えなければならない。本技術は、脱水ケーキにセメント、石灰などによる安定処理を行い改良土とする処理システムをとっている(安定処理方法)。

表一1に主な再生利用処理方法とその利用用途

表一1 再生利用処理方法とその利用用途例

再資源化方法	形状等	主な利用用途例
焼成処理	粒状	ドレーン材 骨材 緑化基盤材 園芸用土 ブロック
スラリー化安定処理	スラリー状→ 固化体	埋戻し材 充填材
高度安定処理 ^{※1}	粒状 塊状	砕石代替品 砂代替品 ブロック
熔融処理 ^{※2}	粒状 塊状	砕石代替品 砂代替品 石材代替品
高度脱水処理	脱水ケーキ	盛土材 埋戻し材
安定処理	改良土	盛土材 埋戻し材
乾燥処理	土～粉体	盛土材

注) ^{※1}：安定処理とプレスやオートクレーブ養生の併用等による高強度化や、セメント等の添加量の増加により可能。
オートクレーブ養生：高温高压養生によりコンクリートを促進養生すること。

^{※2}：熔融スラグ化の技術は一般廃棄物や下水汚泥などではほぼ確立されているが、建設汚泥の分野ではまだ研究中である。

3. 処理システム概要(ケークル)

脱水ケーキ(以下「ケーキ」という)は、粘性があるため大変にハンドリングが難しい。これを定量的にかつ安定した改良土にするためには、そ

れ相応の機能を備える必要がある。

(1) 機能

ケーキ処理に求められる機能は次のとおり。

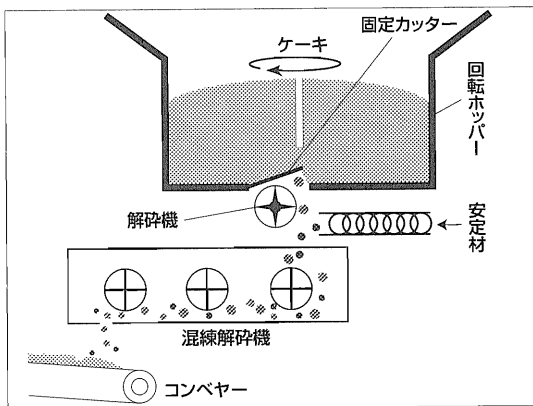
- ① 粘性があってもケーキを定量的に切出すこと。
- ② そのケーキを数ミリ単位の細片状に解砕すること。
- ③ 安定材を細片のすみずみまで均等に添加すること。
- ④ よく混練すること。
- ⑤ 製品(改良土)の見掛粒度として5 mm以下が95%以上であること。

(2) ケーキ処理機

ケーキ処理機「ケークル」は、独特の構造によりこの内容をクリアしている。図一1にその内容を示すが、概要は次のとおりである。

- ① 受入れホップ自体がゆっくり回転して、底部の固定カタからケーキが定量切出される。
- ② 切出されたケーキは、解砕機により数ミリ単位の細片状に解砕される。
- ③ 細片状のケーキ隔々まで一定量の安定材を添加する。
- ④ 多軸式混練解砕機により十分に混練した後、5 mm以下に解砕する。

以上のごとく、本処理システム(ケークル)は、定量切出し→解砕→安定材添加→混練→再解砕、の5工程を連続的に行うコンパクトな一体構造と



図一1 構造図

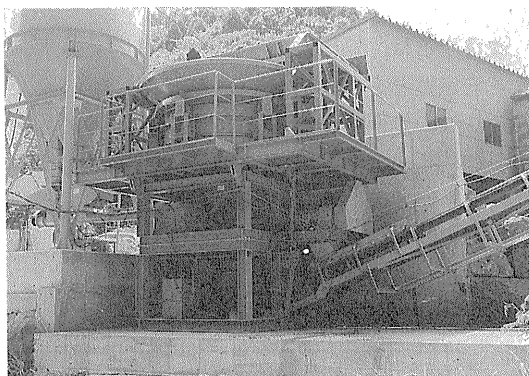
なっているシステムである。また安定処理した改良土は、この後強度を増すために、一定期間の養生を行い、それぞれの用途に応じた土質材料としての品質基準値をクリアさせる。

(3) 機械仕様

処理システムの本体並びに安定材サイロ等の機械仕様を表一2に、またケークル50本体写真を写真一1に示す。

表一2 主仕様書

処理能力	50 t/h
回転ホップ	・容量 9 m ³ 回転式 2 rpm (インバータ制御) 5.5 kW×2 基=11 kW 起伏用油圧装置付き 2.2 kW
解 砕 機	・回転数 500~700 rpm 15 kW 先端刃 ボルト交換式
混練解砕機	・回転数 500~700 rpm 3 連式、解砕機、15 kW×3 基=45 kW 先端刃 ボルト交換式
安定材サイロ	・容量 標準 40 (2種類貯留式) ・付属品: ロータリーフィーダ 0.75 kW, バグフィルタ、スクリュウコンベヤ 2.2 kW, コンプレッサ 1.5 kW
ベルトコンベヤ	600 mm 幅×20 m 長さ, 3.7 kW ※長さは、ストック量に合せて自由



写真一1 ケークル50本体

4. 安定材とは

改良土の用途や経済的な面も考慮して最も適切な安定材を選ぶべきである。大きく分けると、生石灰、セメント系安定材、セメントと生石灰の複合系安定材などがある。なお図一2に安定材のバリエーションを、また表一3に安定材を選定する場合の目安を示す。

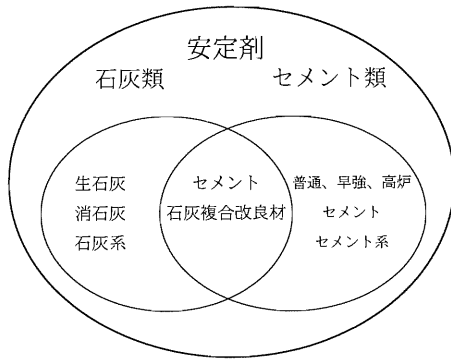


図-2 安定材のバリエーション

表-3 安定材の比較

種類	生石灰系	セメント系
化学反応	素早く反応 長時間持続	ゆっくり反応 一定時間で反応終了
発生時間	数時間～7日間	1～7日間
処理土状態	さらさらになる	硬くなる
強度	最初急速に強くなり、後は徐々に強度が増す	平均的に強度が増す
施工性	施工後も反応が継続	施工現場に搬入後、直ちに転圧をすれば施工性良い 時間をおくと転圧しにくい

5. 改良土とは

改良土とは、処理土のうちセメント、石灰等による安定処理を行ったものを言い、用途は多様である。この処理土を土質材料として利用する場合の品質区分は、原則としてコーン指数を指標とし、表-4に示す区分と品質基準とする。また処理土の利用用途は、表-5に示す適用用途標準を

表-4 処理土の土質材料としての品質区分と品質基準値

区分	基準値 コーン指数*1 qc (kN/m ²)	備考
第1種処理土	—	固結強度が高く隣、砂状を呈するもの
第2種処理土	800以上	
第3種処理土	400以上	
第4種処理土	200以上	

*1) 所定の方法でモールドに締固めた試料に対し、ポータブルコーンペネトロメータで測定したコーン指数

目安とし、利用用途に応じた品質区分を決定し処理を行わなければならない。

6. 広島県福山土木建築事務所四川治水ダム本体工事向け脱水ケーキ処理施設の概要

工事場所は広島県福山市加茂町字北山地先の四川治水ダムである。本ダムは、一級河川芦田川水系加茂川（支川四川）に治水ダムとして建設されるもので、洪水の調節、取得取水の安定化および河川環境の保全を目的として、加茂川治水計画の一環をなすものである。

この四川治水ダムが建設される加茂川は、その源を広島県福山市の北部笠木山（標高512.5m）に発して南へ向かって流れ、途中四川と百合川を合流しながら福山市加茂町の家屋密集地を通抜け、福山市御幸町地先で高屋川に合流する流域面積32.7km²、流路延長13.4kmの一級河川である。

本施設は四川治水ダム建設事業（ダム本体工事）による骨材洗浄濁水処理に伴い、発生する汚

表-5 処理土の適用用途標準

用途	工作物の埋戻し		道路路床盛土		構造物の裏込め		道路路体用盛土		河川堤防				土地造成			
									高規格堤防		一般堤防		宅地造成		公園・緑地	
	評価	付帯条件	評価	付帯条件	評価	付帯条件	評価	付帯条件	評価	付帯条件	評価	付帯条件	評価	付帯条件	評価	付帯条件
第1種処理土	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	最大粒径注意	◎	—
第2種処理土	◎	—	◎	—	◎	—	◎	—	◎	—	◎	—	◎	—	◎	—
第3種処理土	○	施工上の工夫	○	施工上の工夫	○	施工上の工夫	◎	—	◎	—	◎	—	◎	—	◎	—
第4種処理土	×	/	×	/	×	/	○	施工上の工夫	×	/	○	施工上の工夫	○	施工上の工夫	○	施工上の工夫

凡例：[評価] ◎：そのまま利用が可能なもの
○：施工上の工夫を行えば利用可能なもの
×：利用が不適なもの

[付帯条件] —：十分な施工を行えばそのまま利用可能なもの
/：施工上の工夫をしても利用が不適なもの



写真—2 四川治水ダム現地案内板



写真—3 汚泥処理設備 フローシート

泥（脱水ケーキ）を建設資材として使用可能となる土質改良等の処理を行う施設である。

写真—2 に四川治水ダム現地案内板を示す。

写真—3 に汚泥処理設備フローシートを示す。

(1) 処理施設概要

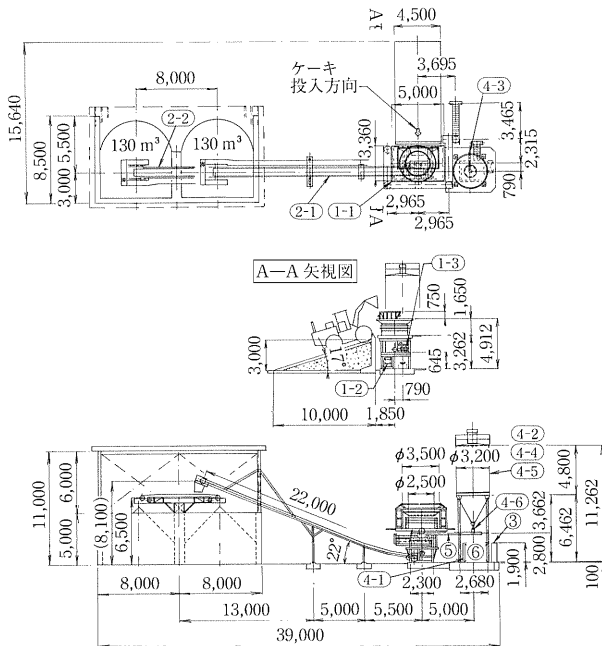
以下に処理施設の概要を記す。

- ・ 工事名称：四川治水ダム本体工事
汚泥（脱水ケーキ）処理設備
- ・ 処理設備運転対象時間：33 カ月
(実働 30 カ月)
- ・ 発注者：広島県福山土木建築事務所

- ・ 施工者：五洋・三井・鴻池共同企業体
株式会社気工社
- ・ 脱水ケーキ発生量：実稼働期間中における発生量として、100,800 t
(含水率 35% の場合)

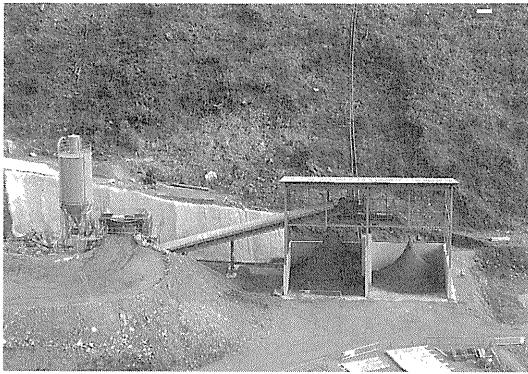
(2) 処理設備概要

- ・ 型式：ケークル 50
 - ・ 処理能力：50 t/h (35 m³/h)
 - ・ 所要電力：63.85 kW
 - ・ 全長
 - ・ 全幅
 - ・ 全高
 - ・ 機器仕様
- 図—3 に示す汚泥（脱水ケーキ）処理設備全体配置図を参照



記号	名称	数量	概要	動力 (kW)
①	ケークル	1式	処理能力 35 m ³	
①-1	ケークル 本体	1	解砕機 600 rpm 回転ホップ 9 m ² ×2 rpm	5.5×2 22
①-2	油圧ユニット	1	オイルタンク 40 ℓ ポンプ吐出量 7.7 ℓ/min	2.2
①-3	泥練機	1	ST-50	15
②-1	ベルトコンベヤ (1)	1式	750 W×22"×22 m	5.5
	支給品		バルバーン 2式 雨カバー 引き網スイッチ バックストップカムクラッチ付	
②-2	ベルトコンベヤ (2) (正・逆転コンベヤ)	1式	750 W×0"×8 m	3.7
	支給品		バルバーン 2式 引き網スイッチ	
③	制御盤	1面	1,200 W×1,900 H×550 D	
④	改良材用サイロ	1式	50 tサイロ	
④-1	サイロ本体および架台	1	50 tサイロ用	
④-2	満空レベル計	1式		
④-3	受入圧送管	1	SGP 100 A	
④-4	バグフィルタ	1	手動シューキング	
④-5	ブリッジ防止装置	1	エアレーション	
④-6	ロータリフィーダ	1	最大 6.0 m ³ /hr: インバータ制御	0.75
④-7	改良材計量装置	1		
⑤	移送コンベヤ	1	φ200 A×4,300 L×0" スパイラルチューブコンベヤ	2.2
⑥	コンプレッサ	1	KA 10"=15 TAD ドライヤ内蔵型	1.5
⑦	ケーキ養生ヤード	1式	130 m ² ×2	
	電気配線工事	1式	制御盤～各電動機 キュービクル～制御盤	
				合計電力 63.85 kW

図—3 汚泥（脱水ケーキ）処理設備全体配置図



写真—4 汚泥（脱水ケーキ）処理設備 全景

写真—4 に汚泥（脱水ケーキ）処理施設全景を示す。

（3） 処理目的

ダム本体工事に伴い、発生する発生土（汚泥）を建設資材として使用可能な処理土（改良土）とする。

（4） 処理内容

フィルタプレスより発生する脱水ケーキに、生石灰を混合して脱水ケーキの安定処理を行うものとし、リサイクル法、廃棄物処理法、発生土利用基準、建設汚泥再生利用技術基準によるものとする。

（5） 適用用途基準

ここでは、処理方法の決定から改良後の改良土の性状および施工に当たり、計画、決定しなければならない事柄を列挙する。

（a） 発生土の土質区分

発生土の土質区分は、原則としてコーン指数と日本統一土質区分値を指標とし、土質区分基準によるものとする。なお、土質改良を行った場合は、改良後の性状で判定するものとする。

（b） 用語の定義

- ・発生土は、細粒子（75 μ m以下の粒度）の汚泥。
- ・汚泥は、含水比が高く、粒子の微細な泥状のものであり、標準仕様ダンプトラックに山積みが出来ず、またその上を人が歩けない状態のもの（コーン指数がおおむね200 kN/m²

以下、または一軸圧縮強さがおおむね50 kN/m²以下）である。

- ・コーン指数は、JGS T 716-1990 の締固めたコーン指数試験による。

（c） 処理土（改良土）

安定材を混合し、化学的に性状を改良したものである。具体的には、発生土、または泥土を安定処理し、コーン指数800 kN/m²以下の性状に改良したものである。締固めて路床盛土に使用したものが、安易に溶出しないこと。

（d） 道路路床盛土

- ① 敷均し、締固めの施工が容易で、かつ締固めた後の強さ大きいこと。
- ② 圧縮性が少ないこと。
- ③ 雨水の浸食に対して強いこと。
- ④ 吸水による膨潤性が低いこと（写真—5の改良土参照）。



写真—5 改良土

7. 締固めた土のコーン指数試験結果

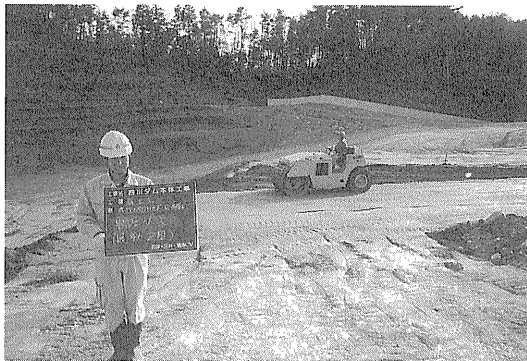
平成11年10月28日現在、ダム本体工事に着手した当時での改良土に対する安定材の最適な添加量並びに各々添加されて製造された改良土のコーン指数測定結果を述べる。

含水比33.1%の脱水ケーキに安定材としては石灰を2~6%添加した4種類の検体（改良土）を採取し、コーン指数値を各々測定した結果、表—6に示されるとおり目標としていた第2種処理土で基準とされているコーン指数値800 kN/m²を十分にクリアしており、処理土の適用用途標準に示されている用途には、ほとんど適用可能である。なおここで安定処理された改良土は、ダム工事施工契約より約5 km離れた所に福山都市整備

公社で開発中の宅地造成地があり、ここへ全量搬送して建設機械で転圧し（写真—6の盛土利用転圧状況を参照）、発生した脱水ケーキを改良土として資源化している。

表—6 JGS T 716 締固めた土のコーン指数試験

客先名 五洋建設・三井建設・鴻治組共同企業体 四川ダム工事事務所 殿						
1. 試験月日 11年10月28日				試験担当 河合		
2. 試験目的 固化剤の最適添加量						
3. 脱水ケーキの性状						
含水比		33.1%		含水率		24.9%
湿潤密度		1.88 t/m ³		乾燥密度		1.41 t/m ³
コーン指数		—kN/m ²				
4. 試験結果 コーン指数測定結果						
改良材の種類	養生時間	ブルーピングダイヤルゲージ 平均値 (50・75・100)	荷重 (kg)	コーン指数 (kN/m ²)	含水比 (%)	乾燥密度 (t/m ³)
生石灰	2%	10日	112.7	50.0	1,544	31.2
	3%	10日	134.3	59.8	1,846	31.1
	4%	10日	174.6	77.7	2,400	30.0
	6%	10日	220以上	100以上	3,000以上	29.5



写真—6 盛土利用転圧状況

安定材に生石灰を使用した安定処理方法であり、製造された改良土を使用して作業を行う場合、現場での施工性、作業効率の向上並びに地盤の支持力の向上等を第一に考えて検討され実施されたものである。今回紹介した処理技術並びに施工実績が、今後のリサイクルの推進に貢献出来れば幸いである。

《参考文献》

- 1) 監修・建設大臣官房技術調査室ほか：建設汚泥リサイクル指針（1999）
- 2) 監修・建設省大臣官房技術調査室：建設発生土利用技術マニュアル（1998）
- 3) 川手雅嗣：建設工事等から発生する無機性汚泥の再生利用システムについて，第10回廃棄物学会研究発表会講演論文集（1999）

【筆者紹介】



栗原 正春（くりはら まさはる）
広島県福山土木建築事務所
四川ダム建設事業所
所長



伊勢屋 宏（いせや ひろし）
五洋建設株式会社
土木本部土木部
統括工事長（四川ダム本体内工事共同企業体
所長）



川手 雅嗣（かわて まさつぐ）
株式会社気工社
営業部
技術担当部長

8. おわりに

今回、採用した「再生利用処理システム」は、