

# 脱水ケーキリサイクル装置

篠原 圭 介

建設工事の現場を中心に膨大な量のケーキ状で排出される汚泥が発生するが、そのままでは強度がなく、現在その大半が廃棄処分もしくはそのまま場内に埋め立て処分され、リサイクルされていない現状がある。ケーキ状汚泥は「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」で産業廃棄物に指定されているため適正な処理が必要となる。そこでケーキに少量の安定材を添加して安価で均一な強度のある改良土にし、建設資材として再生することができるよう開発した本装置（ケークル）の概要とシステムを紹介する。

キーワード：脱水ケーキ、改良土、ダム骨材プラント、汚泥処理、リサイクル、安定処理

## 1. はじめに

現在、最終処分場の能力は限界に近くなってきており、平成16年度末現在の産業廃棄物最終処分場の残存容量は約185百万 $m^3$ に対し、平成16年度の産業廃棄物の最終処分量が年間約26百万 $m^3$ であることから、残余年数は約7.2年と逼迫している。さらに地域別で見ると、首都圏では約3.4年分、近畿圏では約5.8年分しかない。また、新規の最終処分場については、近年の廃棄物処理に対する住民の不安や不信感の高まりを背景として、その確保が非常に困難となっている。他方では、不法投棄や不適正処理が後を絶たず、その解決が早急に求められている。

一方、平成17年度建設副産物実態調査によると、建設廃棄物のうちコンクリート塊やアスファルト・コンクリート塊の再資源化率はほぼ100%になっているのに対し、建設汚泥の再資源化率は47.9%と非常に低い水準にとどまっており、リサイクルされていない現状がある。

こうした状況を踏まえ、この膨大な量の廃棄物を資源化して再利用できないか、というのが大きな課題であった。ケーキに安定材を加えた上、混練して改良土にする工法は、従来から重機やパドルミキサーにより行われていた。しかしこの方法では均等な混練ができないため大量の安定材を必要とし、さらに処理土の強度にムラがあった。そこでケーキに少量の安定材を添加して、安価で均一な強度のある改良土にし、建設資材として再生することのできるケーキリサイクル装置「ケークル」を完成した。以下本稿で「ケークル」の

技術概要と最近の使用分野での実例を報告する。

## 2. 開発の目的

### ①安定処理

ケーキ状の汚泥を安定処理して再利用に適した改良土にするためには、いくつかの条件を満たさなければならない。それにはケーキに安定材を一定の割合で添加し、安定材がケーキの隅々まで均一に行き渡るように混練して、その後化学反応を待つために一定時間養生をおこなうことである。ケーキのリサイクル装置は、これら条件を満たすことのできる機能を備えたものでなければならない。

### ②定量供給

ケーキは粘性があるうえ含水率が一定でないため、通常のホッパーとフィーダーでは閉塞を起こして安定した定量切り出しは不可能となる。しかし機械処理にて連続的に安定処理をおこなうためには、定量的に切り出すということが必ず必要となる。

### ③解砕と混練

安定処理はケーキと安定材が化学反応を起こすことによって強度を増す。これをできるだけ少量の安定材添加で実現するためには、安定材をムラなくケーキ全体の隅々に行き渡らせることが必須条件となる。ケーキはそのままでは粘土塊の集まりであり、この状態でいくら大量の安定材を添加しても、ケーキ塊の表面に付着した安定材は芯まで行き渡らない。完全な混練をおこなうためにはケーキを数mm単位に解砕し、細片状のまま安定材を添加・混練しなければならない。

またケーキは水分を含んでおり粘着性があるため、解砕しても細片は互いにすぐ付着し易い性質をもっている。従って解砕と安定材添加が同時であることが望ましい。安定材添加後であれば、ケーキ細片が互いに付着しても、その中に安定材を包み込んでおり、十分な強度が得られる。このようにケーキの解砕・安定材添加・混練の工程は、できるだけ同時におこなうことが必要となる。

#### ④安定材添加

安定材の種類は生石灰またはセメント系の中から、テストにより適正強度の得られるものを選定する。添加量はケーキの性状や含水率、安定材の種類、混練の方法、養生時間、処理土の用途などによって異なるので一概には決められないが、通常1～3%程度で適正強度が得られるような設備を整えないと不経済となる。

### 3. 装置説明

#### 【機械の構造】

ケークルは、前項の条件を満たしたケーキリサイクル機として開発した。

ケークルは、ケーキの定量切り出し→細片状に解砕→安定材定量添加→混練・再解砕の4工程を、一挙に連続的におこなう一体構造の機械である。

ケークルⅡ50型の全景を写真-1に、ケークルⅡの構造図を図-1に示す。

#### ①定量切り出し

ケーキは重機により円形の受け入れホッパーに投入



写真-1 ケークルⅡ 50型の全景 (国土交通省 灰塚ダム工事現場)

する。ケーキの受け入れホッパー自体が約2rpmでゆっくり回転する。ホッパー内のケーキはホッパーと一緒に回転し、送り板によってカキ氷式カッターの切り出し口に送られ、厚さ70mm程度の帯状となって一定量ずつ押し出される。

#### ②解砕

切り出し口から押し出されたケーキは、直ちに高速回転の解砕機により、数mm単位の細片状に解砕される。

#### ③安定材添加

細片状に解砕されたケーキ片が互いに付着するより前に、サイロから引き出された安定材をスクリーンコンベヤーにより一定量添加する。安定材はケーキ片の間々まで行き渡る。

#### ④混練・再解砕

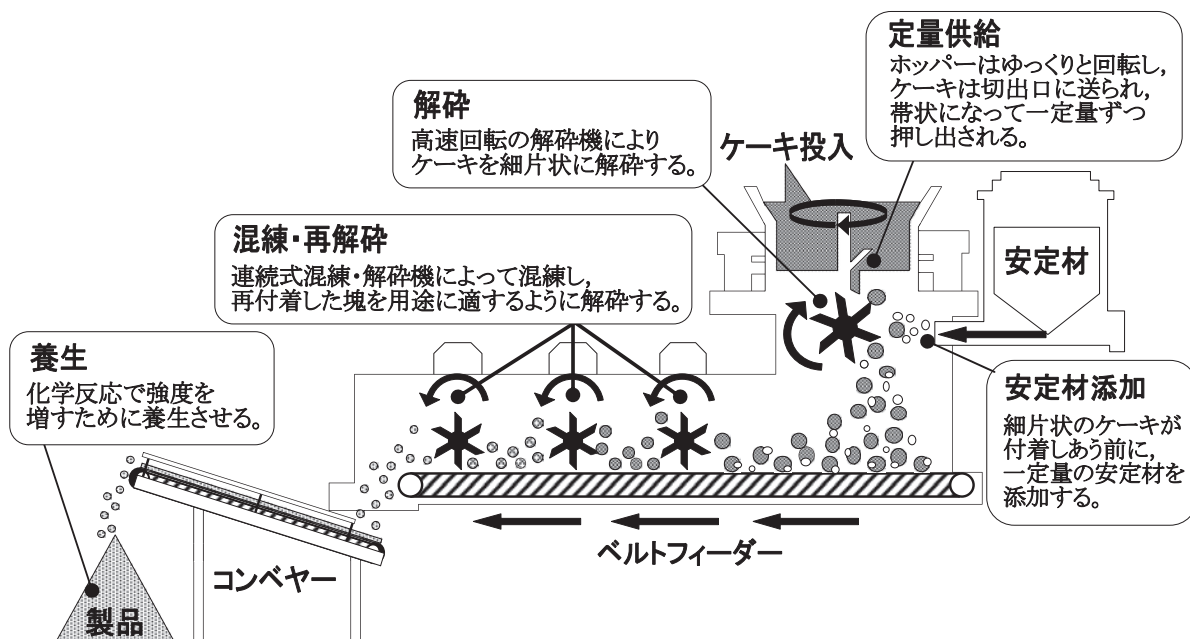


図-1 ケークルⅡの構造図

安定材添加後のケーキは、下部のベルトフィーダーにより排出部に向かう。その間、養生をおこなうと同時に回転式混練機により満遍なく混練され、互いに付着した塊も種々の用途に適するように再解砕されて機外に送り出される。また、ベルトスピードはインバーターにより調整もできる。

⑤養生

ケーキ処理した処理土はコンベヤーで野積みされ、安定材による化学反応を待って強度を増すために一定時間養生する。

【機械仕様】

ケーキIIの機械仕様を表一1に示す。

表一1 ケークIIの機械仕様

型式	50型	30型	ジュニア型
処理能力(最大)	50 t/h	30 t/h	10 t/h
回転ホッパー	9 m <sup>3</sup>	4.2 m <sup>3</sup>	1.7 m <sup>3</sup>
原料投入	タイヤショベル		バックホウ
解砕機	400 rpm		
混練解砕機	3軸回転式		
サイロ	1.8 m <sup>3</sup>		
総電力	65 kw	46 kw	30 kw

4. 成果

(1) 性能

ケーキの優れている性能として、

- ①粘性があってもケーキを定量的に切り出す。
- ②ケーキを数mm単位の細片状に解砕する。

- ③安定材をケーキ片の隅々まで均等に添加する。
- ④よく混練する。
- ⑤処理土の見掛粒度として5mm以下が95%以上である。  
上記を連続式でおこなう、一体式構造の機械である。

(2) 処理土の用途

ケーキ処理土の用途は次のとおりである。

①改良土

改良土として使用する場合、その強度はコーン指数で表示される。その品質と用途標準は国土交通省より基準が示されている。

以下に建設汚泥処理土の土質材料としての品質区分と品質基準値(表一2)と、建設汚泥処理土の適用用途標準(表一3)を示す。

尚、安定材の添加量は、脱水ケーキの性状により異なるが、一般的には1~3%の添加で、ほとんどのケーキが第2種処理土以上のコーン指数(800 kN/m<sup>2</sup>以上)

表一2 建設汚泥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 <sup>(*)</sup> qc (kN/m <sup>2</sup> )	備考
第1種処理土	—	固結強度が高く礫、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	

※所定の方法でモールドに締め固めた試料に対し、コーンペネトロメーターで測定したコーン指数

※スラリー化安定処理土の指標は、7日後の一軸圧縮強さとする。

表一3 建設汚泥処理土の適用用途標準

適用用途 区分	工作物の埋め戻し	建築物の埋め戻し	土木構造物の裏込め	道路用盛土		河川築堤		土地造成		鉄道盛土	空港盛土	水面埋立て
				路床	路体	高規格堤防	一般堤防	宅地造成	公園・緑地造成			
第1種処理土 (焼成処理・高度安定処理)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎
第2種 処理土	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
第3種 処理土	○	◎	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎
	○	◎	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎
第4種 処理土	△	○	△	△	○	○	○	○	○	△	○	◎
	△	○	△	△	○	○	○	○	○	△	○	◎

凡例：[評価] ◎：そのまま利用が可能なもの。

○：適切な土質改良(含水比低下、粒度調整、機能付加、安定処理等)を行えば使用可能なもの。

△：評価が○のものと比較して、土質改良にコストおよび時間がより必要なもの。

※留意事項は省略

表—4 強度試験結果（参考）

発生場所	原 料	ケーキの含水率	改良材種類	改良材添加率	養生期間	コーン指数 (kN/m <sup>2</sup> )
A 不動産(株)	砕石からのケーキ	39.0%	生石灰	2%	10 日	1668
B ダム建設工事	砕石からのケーキ	19.5%	生石灰	1%	10 日	2924
C 工材(株)	砕石からのケーキ	18.8%	生石灰	3%	10 日	3090 以上
D 生コン(株)	砕石ケーキ, 残コンスラッジ	49.2%	生石灰	2%	10 日	3090 以上
E 砕石工業(株)	石灰石脱水ケーキ	27.8%	生石灰	3%	10 日	3090 以上
(有)F 砂利興業	砂利汚泥のケーキ	22.0%	生石灰	2%	10 日	1522
G ダム建設工事	砕石からのケーキ	25.5%	生石灰	3%	16 時間	3090 以上

が得られる。

また当社での強度試験（コーン指数）の結果を参考に表—4 に示す。

## ②路盤材

路盤材として使用する場合、クラッシャーランまたは RC 材に混入して使うが、その混入率は路盤材としての粒度分布及び CBR 等の基準をクリアする範囲内で混合する。ケーキの性状によっては、安定材は生石灰の他にセメント系固化材を加える場合もある。

新規格のリサイクル路盤材である水硬性複合路盤材の場合、クラッシャーランまたは再生クラッシャーランに 20% 以内混入する。この新規格をクリアするケーキ処理機としては、ケークルが最も適した機械として、標準フローに採り入れられている。

## ③土地造成

ケークルにより安定処理された処理土は第 2 種処理土以上の強度を持つ。

そのため、宅地造成に用いることが可能となる。但し、施工上の配慮として覆土・敷土等を施す必要がある。

## ④埋め戻し

高含水の粘性土や泥土を含むような発生泥土等も、ケークルによって安定処理をすれば、構造物の埋め戻し等に有効利用できる。

## ⑤その他

セメント工場では、ケークル処理土がセメント原料としてリサイクルされている。

## 5. 経済性

ケーキを産業廃棄物として最終処分場に持ち込む場合の費用は一般的にトン当たり ¥10,000 ~ 25,000 かかる。安定処理する場合、ケーキに安定材を添加・混練して改良土にする工法は、従来から重機による他パドルミキサーや縦軸型混合機を中心としたものがあつた。しかしこれらは、ケーキの特性により連続定量切り出しが難しかったことと、安定材添加前に細かく解

砕していないため、大量の安定材（一般に 5 ~ 15% 以上）を必要とし不経済であるうえに、さらにケーキ塊の中まで安定材が行き渡らないため強度も不安定であつた。ケークルによって処理をおこなえば、定量で切り出されたケーキを数 mm 単位の細片状に解砕してから安定材を添加するので、安定材がケーキの隅々まで行き渡る。その結果、少量の安定材（通常 1 ~ 3% 程度）で第 2 種処理土の強度以上のコーン指数が得られる。また、機械は一体構造であるため設備費も安く、産業廃棄物としての処分料（一般的に ¥10,000 ~ 25,000/ トン当たり）に対して、¥400 ~ 800/ トン当たりで再資源化できる。

これにより廃棄物であつたケーキが、安価な建設資材として利用価値ある製品に生まれ変わることができる。

## 6. 使用分野の実例

開発当初は、骨材生産プラントから排出されるケーキの処理が対象であつたが、その後応用範囲が広がりさまざまな分野で広く使われるようになった。

### ①ダム建設工事

現在、国土交通省管轄工事において尾原ダム、志津見ダム、夕張シューパロダム工事現場などに納入し、廃棄物の再資源化に取り組んでいる。

ダム工事に際して発生するケーキは、従来は埋め立てられ覆土されていたが、これをケークルによって安定処理して、周辺の道路整備や公園造成、盛土材等に使用され、有効利用されるようになった。

ダム工事現場で稼働中のケークル II 50 型の全景を写真—2 ~ 4 に示す。

### ②セメント業界

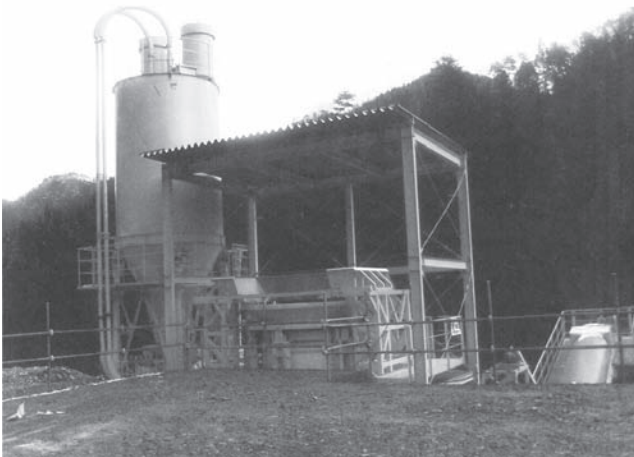
石灰石の水洗選別プラントから発生するケーキをケークルにて処理し、セメント原料に資源化している。

### ③土木工事関係

プラント内で発生したケーキに焼却灰等の廃棄物を



写真一2 稼働状況 (中国地方整備局 尾原ダム工事現場)



写真一3 稼働状況 (中国地方整備局 志津見ダム工事現場)



写真一4 稼働状況 (北海道開発局 夕張シュエバダム工事現場)

混合させてから安定処理し、配管工事等の埋め戻し材として利用している。これはケーキと廃棄物との配合比を調整することにより、さまざまな品質の改良土を生産することができる。

#### ④廃棄物処理関係

都市土木工事等で発生した砂礫分を含む高含水の汚

泥に建設発生土やケーキ等を混合させてから安定処理し、改良土として再生利用している。

なお砂礫対応として可倒式の解砕刃・混練刃も採用している。

#### ⑤建設汚泥

廃棄物処理プラントに持ち込まれた建設汚泥から砂利・砂などの資源を回収した後、汚泥を脱水処理後ケーキにし、ケークルで安定処理したのち、RC材(廃コンクリートリサイクル材)に混入して路盤材として使われたりしている。

#### ⑥汚染土壌関係

汚染土壌処理プラントに持ち込まれた汚染土壌に土壌改良材をケークルで加えて安定処理し、後工程で焼成する際のハンドリング性向上の目的をおこなう。

このように今後も応用範囲が他の分野にも広がっていくものと期待している。

他に廃石膏ボードの資源化にも使われた例がある。

## 7. おわりに

国土交通省は平成15年10月に「建設発生土等の有効利用に関する行動計画」を策定し、より一層の建設発生土等の有効利用を促進させており、また平成18年6月に「建設汚泥の再生利用に関するガイドライン」、「建設汚泥の再生利用に関する実施要領」、「建設汚泥処理土利用技術基準」、「リサイクル原則化ルール」を策定し、十分な処理をせず「自ら利用」と称して自らの保有する土地へ埋め立てする等の不適正処理(廃棄物処理法違反)は徹底的に無くすという方針を打ち出している。このような状況をふまえて今後のリサイクルの流れに対してもケークルは一層活躍する場が多くなるものと考えられる。

このケークルを利用した処理技術並びに施工実績が今後ますます環境への負荷の低減や資源の循環に貢献できれば幸いである。

JCMA

#### 《参考文献》

- 1) 編著・独立行政法人 土木研究所：建設汚泥再生利用マニュアル(平成20年12月10日発行)

#### 【筆者紹介】

篠原 圭介 (しのはら けいすけ)  
 (株) 気工社  
 資源・環境営業部  
 課長

