

ため池改修工事の効率化 - “ 砕・転圧盛土工法 ” による ため池堤体改修 -

砕・転圧盛土工法は、底泥土などの堆積土を材料として、強度・遮水性・変形性など当該改修事業で要求される品質の築堤土を、自由に製造することができます。このため築堤土の有無、堆積土の処分、品質や環境など施工上の制約条件に関らず、改修事業を速やかに実行できます。

[課題名:ため池改修工事の効率化、期間:平成9～11年度、組合構成:(株)フジタ、太平洋セメント(株)]

1. 背景

かんがい用貯水池であるため池・フィルダムは概して築造年代が古く、堤体の断面不足や漏水等により早急な改修を要するものが、約20,000箇所あると言われています。また古いため池には砂やヘドロなど軟弱な底泥土が堆積し、貯水容量低下や水質悪化の原因となっています。

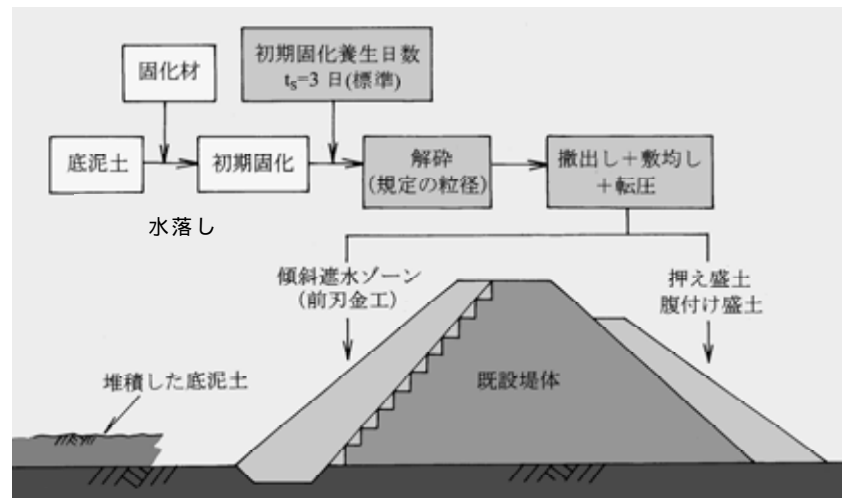
従来工法では、築堤土は購入、底泥土は処分していますが、遮水性と強度に優れた築堤土の入手や底泥土処分場の確保が、池周辺では難しい場合が増えています。

2. 砕・転圧盛土工法の概要

(1) 工法概要

砕・転圧盛土工法は、フィルダムやため池の改修に当たり、底泥土などの堆積土を材料として、築堤土を製造する工法です。単なる固化処理とは異なり、

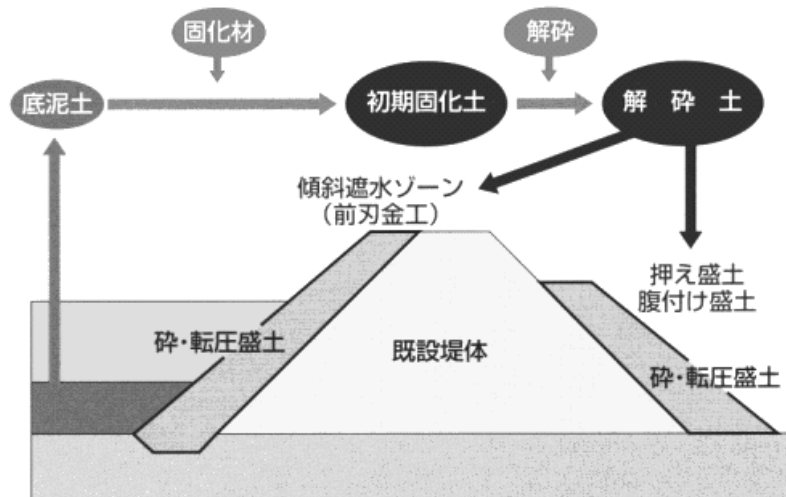
攪拌混合機とスラリー
添加による攪拌混合
養生・固化(2～4日)
解砕機による解砕(最大
粒径200～50mm)
盛土・築堤



砕・転圧盛土工法の概念図

というプロセスにより、強度・遮水性・変形性など、設計基準に適合し、当該改修事業で要求される品質の築堤土を、自由に製造することができます。このため築堤土の有無、堆積土の処分、品質や環境など施工上の制約条件に関らず、改修事業を速やかに実行でき、事業の効率化・迅速化、コスト縮減、貯水容量の確保・少ない用地、環境保全・交通安全などに効果があります。

特に「底泥土処分が必要」「築堤土が入手しにくい」などの場合、コスト、品質、環境上のメリットがあります。



底泥土と築堤土の移動（砕・転圧盛土工法）

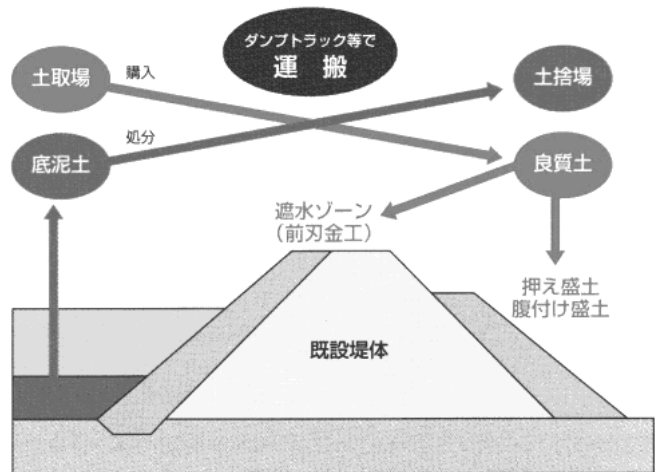
（２）従来技術との比較

従来工法〔標準工法/良質土による堤体改修と底泥土処分〕

設計基準に適合する標準的な堤体改修工法では、改修に当たって築堤土は購入、底泥土は処分しますが、遮水性と強度に優れた築堤土の入手や処分場の確保が、池周辺では難しい場合が増えています。

【主な課題】

- ・ 購入土の確保、処分場の確保、交通障害など、外部の制約条件がある。
- ・ 安定上、既設堤体勾配より緩くなり土工量が増え、貯水容量が減る。



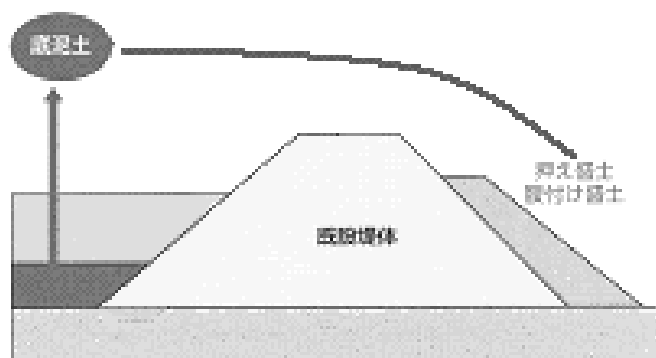
底泥土と築堤土の移動（従来工法・標準）

従来工法〔単純固化処理〕

底泥土を単に固化材で土質改良する工法は、剛性が高く既設堤体とのなじみが悪いため、堤体のような重要構造物の築堤土には使用できませんでした。

【主な課題】

- ・ 変形性がなくクラック等の原因となるため、堤体本体には適用できず、押え盛土など一部の利用に止まる。



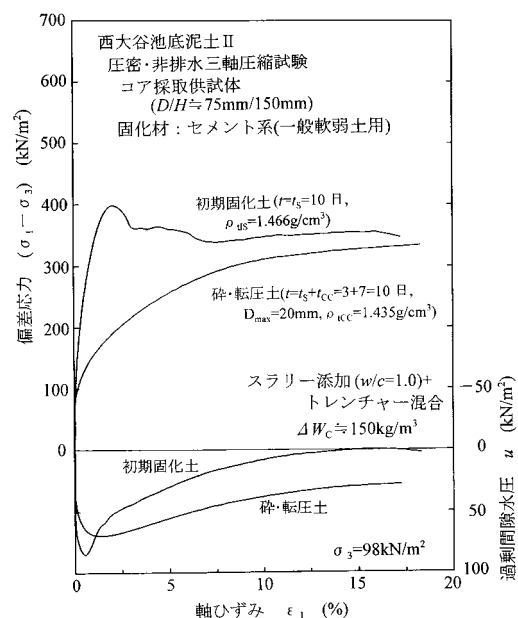
底泥土と築堤土の移動（従来工法・固化）

(3) 砕・転圧土の特性 - 強度・変形性・遮水性を自由に設定 -

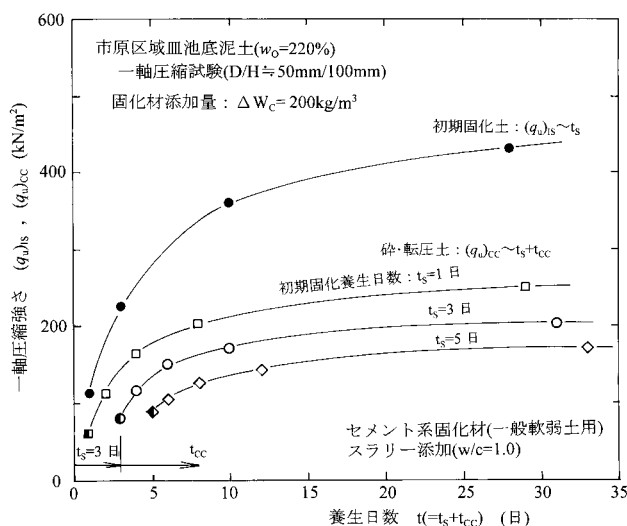
土を固化材と混合しただけの改良土は、強度は固化材添加量の加減により容易に制御できますが、剛性が通常土と比較して高く既設堤体とのなじみが悪いため、堤体のような重要土構造物の築堤土には使用できませんでした。

砕・転圧盛土工法は、一定期間 t_s だけ初期固化させてから、規定の最大粒径 D_{max} で解砕し、通常の盛土工事とほぼ同様に一定の層厚で撒出し・敷均してから転圧・盛土するものです。この砕・転圧土は、初期固化途上で一旦破砕することによりその後の再固化状態での強度と変形性が通常土に近くなる特性を利用したもので、その結果、堤体のような重要土構造物の築堤土に使用できるようになりました。

この工法の大きな特長は、底泥土を固化する際の固化材添加量や初期養生日数 t_s 、解砕時の最大粒径 D_{max} をコントロールすることで、目的に応じた強度や遮水性を有する築堤土を製造できることです。



初期固化土と砕・転圧土の応力ひずみ曲線



初期固化土と砕・転圧土の強度発現傾向



三軸圧縮試験による供試体の破壊モード

(4) 改修事業にもたらす効果

貯水池内に堆積した底泥土や土砂を利用して所要の品質（強度・遮水性・変形性）の築堤土を人工的に製造できるので、

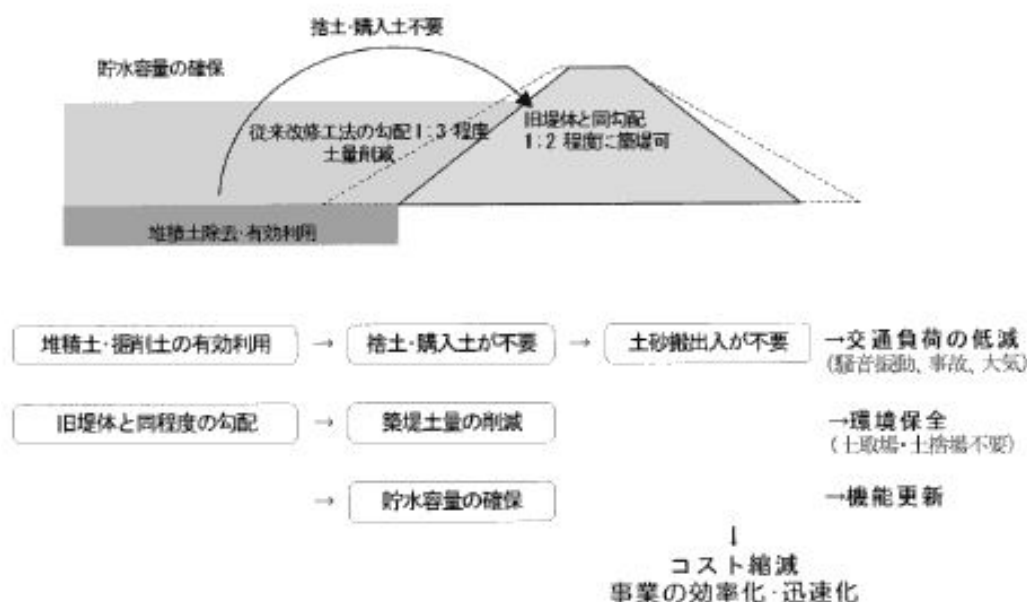
【土工量削減と貯水容量確保】…急勾配法面で計画でき、築堤土量の少ない改修が可能です。貯水容量も改修前を概ね維持できます。

【自然環境保全】…築堤土を確保するための土取り場と堆積土砂の処分のための土捨て場が不要となり、これらの確保のための自然破壊がありません。

【交通安全】…築堤土の搬入や捨て土の搬出に伴う運搬車両による交通障害（騒音・排気ガス・渋滞）がないなど、周辺環境の悪化がありません。

【改修事業とコストの効率化】…以上の結果として、底泥土の除去処分と堤体改修が同時に達成でき効率的で、かつ経済的です。

【緊急復旧】…築堤土はすべて内部調達できるので、地震や集中豪雨による災害の緊急復旧工法としても優れています。



砕・転圧盛土工法による堤体改修効果

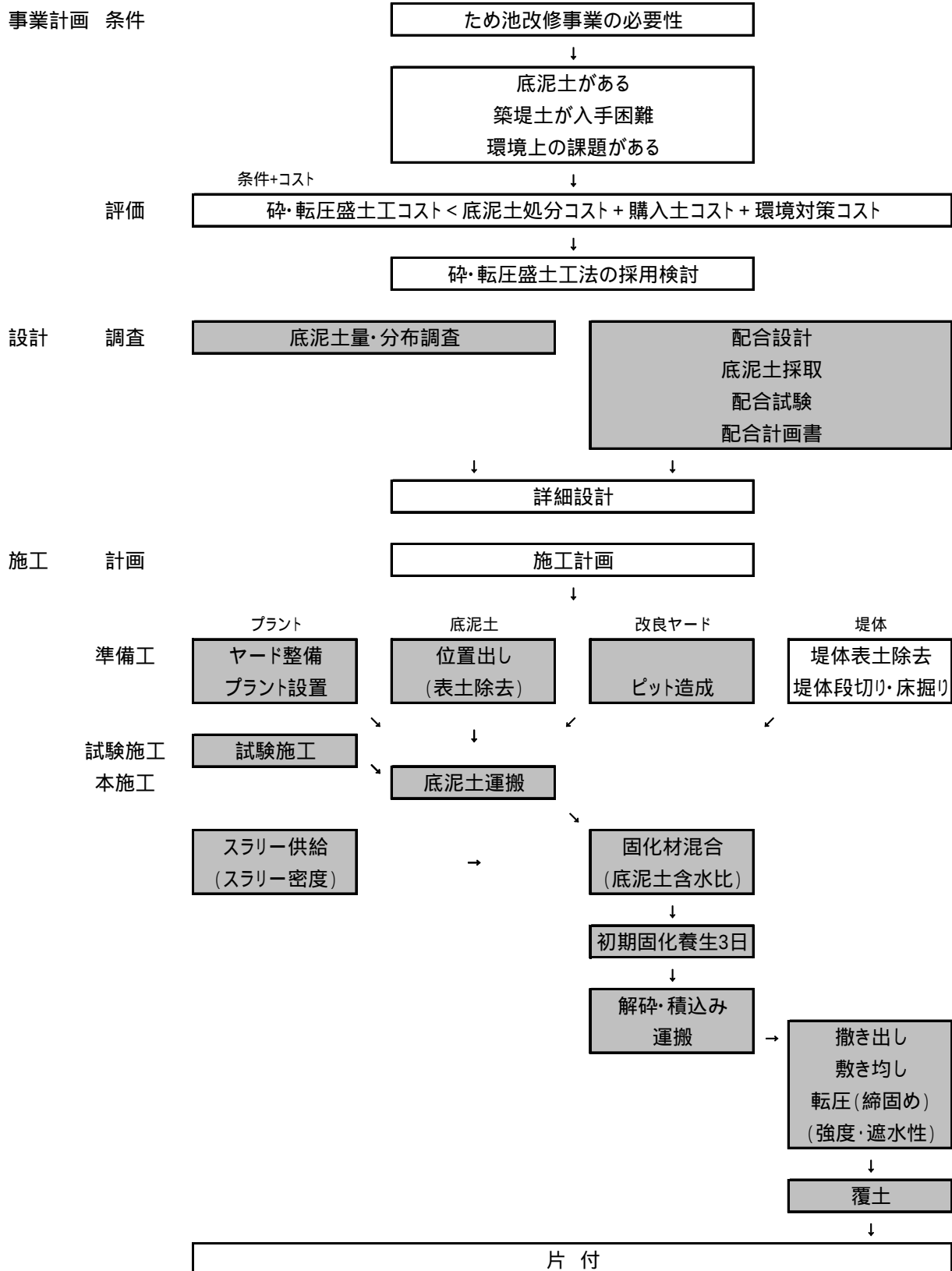
(5) 主な技術登録

- ・特許第 3241339 号「ため池の底泥を用いた盛土材の作製方法およびため池の堤体の補修、補強方法ならびに破碎機」
- ・農業農村整備新技術候補登録 194 ((社) 農業農村整備情報総合センター)
- ・平成 14 年度新技術導入推進農業農村整備事業実施地区 (東海農政局)
- ・平成 15 年度学会表彰 (社) 地盤工学会技術開発賞
- ・NETIS 登録 CB-050042 (国土交通省)

3. 改修事業と工法適用の流れ

ため池改修事業と砕・転圧盛土工法適用の流れは次のとおり。

(「5. 適用に当たって」参照)



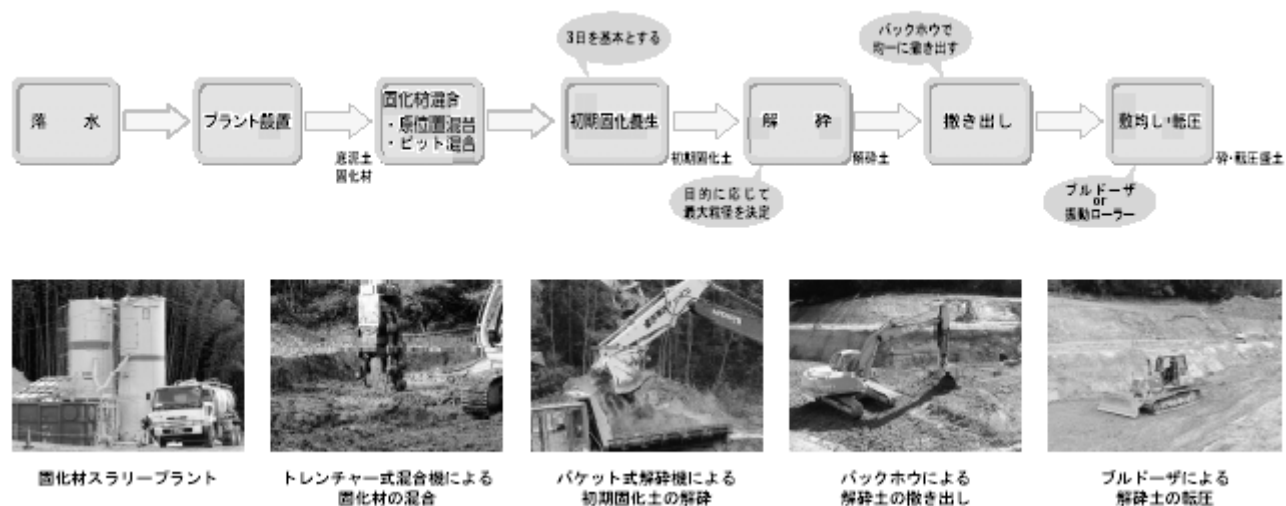
()は管理項目

■は本工法特有の工程

ため池改修事業の流れ

4．施工手順

砕・転圧盛土工法では、まず既設堤体と止水トレンチの掘削と並行し、固化処理ピット、プラントヤードの造成とスラリープラントの設置を行います。その後、底泥土の初期固化、初期固化土の解砕、築堤盛土の各工程を繰り返し、施工します。



施工手順の概要

(1) 準備工程



既設堤体と止水トレンチ掘削

通常の改修工事と同様、改修部の既設堤体と止水トレンチを掘削します。

この作業と平行して、固化材スラリープラントの設置、固化処理ピットの造成、底泥土の採取準備をしておきます。

(2) 初期固化工程

固化ピット内に投入された底泥土にセメント系固化材を添加して、これらを均一に混合して $t_s=2\sim 4$ 日だけ初期固化させます。



スラリープラント

スラリープラントで固化材を水・固化材比 $w/c=1.0$ のスラリーにします。



攪拌混合

固化材スラリー（水・固化材比 $w/c=1.0$ ）を、トレンチャー等の攪拌混合機の先端から一定流量でピット内の底泥土に吐出させながら攪拌します。

（３）解砕工程

初期固化期間 t_s だけ経過した初期固化土をバケット式解砕機により掘削して規定の最大粒径 D_{max} で解砕しながら不整地運搬車に積み込みます。



掘削した初期固化土を、押土プレートによりバケットの格子間から押出して解砕・積み込みを行います（解砕能力は約 $30 \sim 40\text{m}^3/\text{時間}$ ）

(4) 築堤工程

固化処理ピットから運搬されてきた解砕土をバックホウで撒出し、ブルドーザで一定層厚 $\Delta = 25\text{cm}$ 程度になるように敷均しをしてから、ローラ等で所定の回数だけ転圧して傾斜遮水ゾーンを 1 層毎に築造します。



撒き出し



転圧



敷均し

(4) 品質管理

施工中の品質管理では、傾斜遮水ゾーンが目標とする強度と遮水性を満足していることを確認します。これらは毎日実施する日常管理試験と、一定築堤土量毎に実施する定期管理試験からなっています。

日常管理試験

強度管理：一軸圧縮強さの推定のための球体落下試験

遮水性管理：コアカッター法による密度試験

定期管理試験（築堤土量 500～1,500m³毎、規模により異なる）

強度管理：築堤面から採取したコア供試体の一軸圧縮試験

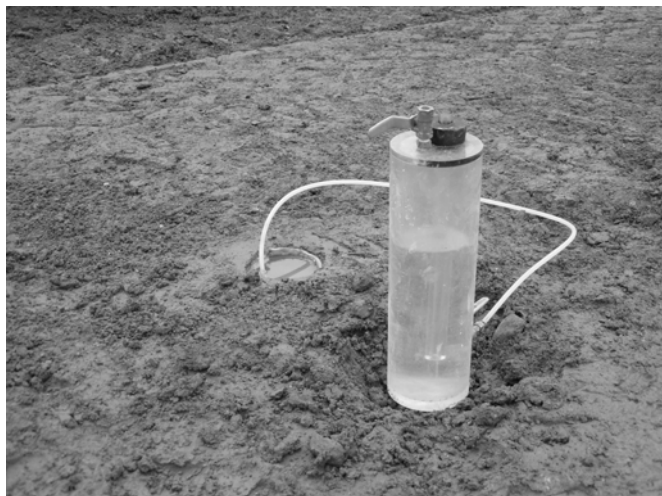
遮水性管理：現場透水試験とコア供試体の三軸透水試験



球体落下試験



一軸圧縮試験



現場透水試験



三軸透水試験

5. 適用に当たって

フィルダム、ため池、河川堤防等の堤体改修に適用できます。

(「3. 改修事業と工法適用の流れ」参照)

(1) 適用条件

効果の高い適用範囲 [遮水性・強度・変形性が要求され築堤土や処分地が確保困難]

フィルダム、ため池、護岸等の堤体改修。強度、遮水性、変形追随性が要求される盛土材料で、その事業で求められる品質要求基準への対応が可能です。特に「底泥土処分が必要」「築堤土が入手しにくい」などの場合、コスト、品質、環境上のメリットがあります。

自然条件 [底泥土の堆積]

改修予定のフィルダム・ため池または周辺に底泥土が堆積していることが必要です。設計上の底泥土の条件は次のとおりです。

遮水性：底泥土に細粒分 75 μ 以下が概ね 10%以上含まれていること。

強度：底泥土の条件はありません。

変形性：底泥土の条件はありません。

その他：ビート等、極端な有機物層でないこと。

含水比の条件はありません(施工実績は 220%まで)。

現場条件 [固化処理プラント・ピットの設置]

固化処理プラント(150m²)および固化処理ピット(1,600m²)の設置が必要です。概ね改良 5,000m³ 以上で、コスト上の効果があります。

引用基準

- ・砕・転圧盛土工法によるため池堤体改修設計・施工指針(新技術研究開発組合,2006.4)
(旧固化処理したため池底泥土による「砕・転圧盛土工法」の設計・施工指針)
- ・砕・転圧盛土工法によるため池堤体改修積算指針案(新技術研究開発組合,2006.4)
(旧固化処理したため池底泥土による「砕・転圧盛土工法」の積算指針案)

留意事項

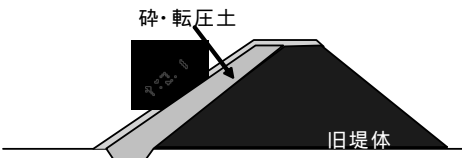
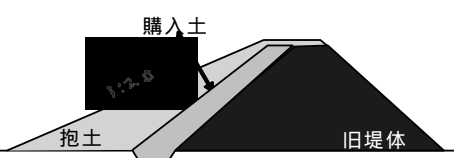
- ・配合設計は、事前の配合試験により行います。
- ・施工前には試験施工を行い、施工管理基準と品質を確認します。
- ・固化材の均一な混合、解砕のための綿密な施工管理が必要です。
- ・施工中は品質管理(強度・遮水性)を日常的に実施します。
- ・改良土は養生後、直ちに盛土する必要があるため、保管は出来ません。
- ・堤体のり面保護他のため、覆土を施工します。
- ・規定の特許許諾および特許料があります。

(2) 計画条件およびコスト比較

同じ改修事業でも、本工法と従来工法での計画条件は異なります。次の改修条件における計画数量とコストの比較例を示します（互いに共通の工種は除く）。

改修条件：堤高 14m、堤長 100m、設計基準内で可能な限り改修前の貯水容量を確保

同じ改修事業での計画条件およびコストの比較

工法 計画条件	砕・転圧盛土工法	従来工法
標準断面		
勾配	1:2.1	1:3.0
築堤土量	8,000m³ 刃金土7,000m ³ （砕・転圧土） 覆 土1,000m ³ （発生土）	14,000m³（購入土） （刃金土は遮水性を有するもの）
購入土	-	14,000m ³
底泥土浚渫	6,000m ³ （築堤材に利用）	12,000m ³ （場外処分）
固化材添加量	150kg/m ³ （築堤材・養生3日）	50kg/m ³ （処分用）
運搬距離	100m（池→ピット）（ピット→盛立）	15km（処分）
固化処理ピット	25m × 4.5m × 2m × 5基	-
解砕粒径	200mm × 200mm	-
特許使用料	60円/m ³ （農業農村整備事業）	-
概算工事費	52,800千円	88,600千円
堤体改修単価	6,600円/m³	6,300円/m³

砕・転圧盛土工法に関する工事（底泥土掘削・改良・築堤）の概算直工費は、搬出固化処理法（ピットを造成し初期固化）、固化材添加量 150kg/m³ 程度の標準的な施工条件において、およそ 6,600 円/m³（改良 10,000m³ 程度の場合）になります。

計画やコストに関する留意点は次のとおりです。

本工法では堤体断面または強度を自由に設定できるため、設計基準内の最急勾配に計画できます。このため同じ改修事業でも、従来工法とでは設計断面積が 10～20%以上小さくて済みます。築堤土量、工期は当初から少なく計画でき、工事費を削減できます。

築堤 1m³ 当り単価での比較は、本工法より築堤土量が多くなる従来工法の方が安くなる場合があります。工事費での比較と異なりますので注意が必要です。

従来工法と単価を比較する場合は、主に築堤土の購入費、底泥土の処分費と、砕・転圧盛土工法の土質改良費を比べることになります。目安として、積み込み運搬は除き築堤土購入費+底泥土処分費の合計が数千円程度であれば、本工法の方がコスト上も有利です。ただしプラント設置等を伴うため、小規模工事（5,000 m³ 以下）では割高になります。

6．施工実績

平成 13 年度の寺家池（三重県）以来、主に農業農村整備事業において着実に施工実績を得ています。



皿池（近畿農政局）



西大谷ダム（静岡県）



北谷池（三重県）

施工実績（一覧）

2006 年 4 月 現在

No.	工事名	工期	型式	堤高	堤長	改良土量
1	平成13年度菰川・寺家池地区防災ダム事業(池)寺家池堤体その1工事 *	H13.9.26 ~ H14.2.28	均一型	5.3m *	700m *	17,000m3 *
2	平成14年度虎吉沢地区ため池等整備事業第1工区工事	H14.9.19 ~ 12.10	傾斜遮水ゾーン型	8.4m	70m	4,000m3
3	平成14年度菰川・寺家池地区防災ダム事業(池)寺家池堤体その2工事 *	H14.8.12 ~ H15.2.28	均一型	5.3m *	700m *	15,000m3 *
4	平成13年度 ため池(都市型NT)北谷池地区県営ため池事業(都市型)(緑)堤体工事 *	H14.9.9 ~ H15.2.20	傾斜遮水ゾーン型	14m *	116m *	9,000m3 *
5	平成14年度北神戸農地保全事業市原区域地すべり防止(その5)工事	H14.12.10 ~ H15.5.29	同上	10.6m	120m	8,500m3
6	平成14年度 ため池(都市型NT)北谷池地区県営ため池事業(都市型)(緑)堤体工事 *	H15.6.17 ~ H15.11.28	同上	14m *	116m *	5,800m3 *
7	平成15年度防災ダム西大谷池地区合併1工事	H15.9.26 ~ H17.8.31	同上	14.6m	209m	20,000m3 (盛土31,000m3)
8	平成16年度 防ダム(ため池小 第9301-分2号奈良池地区 県営防災ダム事業(ため池・小)堤体(その2)工事 *	H16.9.29 ~ H17.2.28	同上	8.2m *	180m *	6,000m3 *
9	平成17年度 防災ダム(ため池小 第9301 - 分0003号奈良池地区県営防災ダム事業(ため池・小)堤体工事 *	H17.9.7 ~ H18.2.28	同上	8.2m *	180m *	6,850m3 *
10	H17 菜切谷地区(一般ため) - 051号 菜切谷ため池工事	H17.9.29 ~ H19.2.28 (施工中)	同上	11.8m	127m	6,000m3 (盛土19,000m3)
11	平成17年度ため池(一・小 第10130 - 分0002号西光寺池地区県営ため池事業(一・小)堤体その1工事 *	H17.10.12 ~ H18.3.20	同上	10m *	110m *	3,050m3 * (盛土4,800m3)
12	平成17年度ため池(一・小 第10130 - 分0001号 西光寺池地区県営ため池事業(一・小)堤体その2工事 *	H18.3.29 ~ H18.9.29 (施工中)	同上	10m *	110m *	7,100m3 *

* は堤体工事が分割発注されている。このため堤高と堤体は全体完了時の規模、改良土量は当該工事での盛土量を表す。

7. 技術情報

【技術資料】

砕・転圧盛土工法の設計・施工法について（農業工学研究所技報 202 号）

砕・転圧盛土工法によるため池堤体改修設計・施工指針（新技術研究開発組合, 2006.4）

（旧固化処理したため池底泥土による「砕・転圧盛土工法」の設計・施工指針）

砕・転圧盛土工法によるため池堤体改修積算指針案（新技術研究開発組合, 2006.4）

（旧固化処理したため池底泥土による「砕・転圧盛土工法」の積算指針案）

【技術登録】

特許第 3241339 号「ため池の底泥を用いた盛土材の作製方法およびため池の堤体の補修、補強方法ならびに破砕機」

農業農村整備新技術候補登録 194（（社）農業農村整備情報総合センター）

平成 14 年度新技術導入推進農業農村整備事業実施地区（東海農政局）

平成 15 年度学会表彰（社）地盤工学会技術開発賞

NETIS 登録 CB-050042（国土交通省）

【パンフレット】

砕・転圧盛土工法による老朽ため池の改修 - 底泥土を築堤土へ有効活用 -

砕・転圧盛土工法によるフィルダム堤体の改修（底泥土・発生土を有効利用した築堤工法） - 老朽化した堤体の耐震補強・漏水防止 -

西大谷ダム堤体の耐震補強工事 - 砕・転圧盛土工法による傾斜遮水ゾーンの築造 -

砕・転圧盛土工法による堤体の改修 - 品質とコストについて -

【CD】

砕・転圧盛土工法によるフィルダム堤体の改修-西大谷ダム（静岡県）改修実施例-

【参考文献（抜粋）】

固化処理した底泥土により築造した均一型堤体盛土の強度・遮水特性, 土木学会論文集, No. 750/ -65, pp. 205-221, 2003.

固化処理した底泥土を活用した老朽ため池の堤体改修事例, 土と基礎, Vol. 51, No. 11, pp. 5-7, 2003.

老朽ため池における底泥土を活用した堤体改修法とその適用事例, 水と土, 第 135 号, pp. 84-93, 2003.

砕・転圧盛土工法設計・施工法について, 独立行政法人, 農業工学研究所技報, 第 202 号, pp. 141-182, 2004.

日経コンストラクション「ズームアップダム西大谷ダム改修工事（静岡県）たい積した泥土を遮水材に利用」, 日経コンストラクション 8 月 27 日号, 日経 BP 社, pp. 38-42, 2004.

固化処理した底泥土による砕・転圧盛土工法, ARIC 情報, 第 73 号, pp. 44-50, 2004.

老朽化フィルダムにおける底泥土を活用した堤体改修工法, ARIC 情報, 第 75 号, pp. 24-34, 2004.

固化処理底泥土を用いた老朽化ため池の堤体改修法とその適用事例,建設の施工企画,10月号,No.656号,pp.15-20,2004.

固化処理した底泥土を活用した老朽化ため池の堤体改修法とその適用事例,基礎工,7月号,pp.36-40,2004.

底泥土を活用した既設フィルダムの堤体改修工法,ダム工学,Vol.14,No.3,
pp.177-188,2004.

固化処理底泥土により築造した傾斜遮水ゾーンによる老朽ため池堤体の漏水対策事例,土木学会論文集,No.764/ -67,pp.341-357,2004.

固化処理底泥土を用いた急勾配・高堤体ため池の補強法の事例研究,土木学会論文集,No.771/ -68,pp.289-308,2004.

砕・転圧盛土工法のフィルダム改修工事への適用—貯水池内の底泥土を固化処理して築堤土として活用—,建設機械,Vol.48,No.1(通巻479号),pp.47-51,2005.

固化処理底泥土による急勾配・高堤体ため池の補強事例,土と基礎,Vol.53,No.2,pp.28-30,2005.

固化処理したため池底泥土による「砕・転圧盛土工法」の設計・施工指針平成17年度版,「ため池改修工事の効率化」新技術研究開発組合,2005.

農業農村整備事業品質確保・向上対策事業平成16年度新技術等普及マニュアル(案),社団法人土地改良測量設計技術協会,2005

【問合せ先】

ため池改修工事の効率化新技術研究開発組合

(株)フジタ 土木本部 土木技術統括部 (組合代表者)

151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2 Tel. 03-3796-2297

太平洋セメント(株) セメントカンパニー 営業部

104-8518 東京都中央区明石町8-1 聖路加タワー Tel. 03-6226-9075

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所

305-8609 茨城県つくば市観音台2丁目1番地6 Tel. 029-838-7513