

砕・転圧盛土工法によるフィルダム堤体の耐震補強

五ノ井 淳・富 来 正・福 島 伸 二

筆者らは、老朽化ため池の堤体改修（補強や漏水防止）を目的に、貯水池内に堆積した底泥土を固化処理して所要の強度と遮水性を有するように人工的に製造した築堤土により堤体改修を可能とする砕・転圧盛土工法を開発してきた。本工法は堤体改修と底泥土の除去処分が同時に達成できることから、ため池よりも規模の大きいフィルダムの堤体改修に適用すれば経済的で効率的な改修が期待できる。本稿では、砕・転圧盛土工法をある老朽化したフィルダム堤体の耐震補強に適用した事例を紹介するものである。

キーワード：老朽化フィルダム、底泥土、固化処理、耐震補強、漏水防止、強度

1. はじめに

我国には築造年代の古いフィルダム（堤高 $H \geq 15$ m）は約 1,800 ヶ所といわれ、その多くは老朽化して堤体の断面不足や漏水により地震時の安定性が不足し早急な補強が必要とされている。しかし、最近ではダム近傍で所要の強度と遮水性をもつ築堤土の入手が難しく、計画的に補強が進まない状況にある。一方、このようなダムの池内には底泥土が厚く堆積し、その除去処分が必要とされている。このような状況はため池（ $H < 15$ m）の場合と同様であり、規模の大きいフィルダムの場合の方がより深刻である。

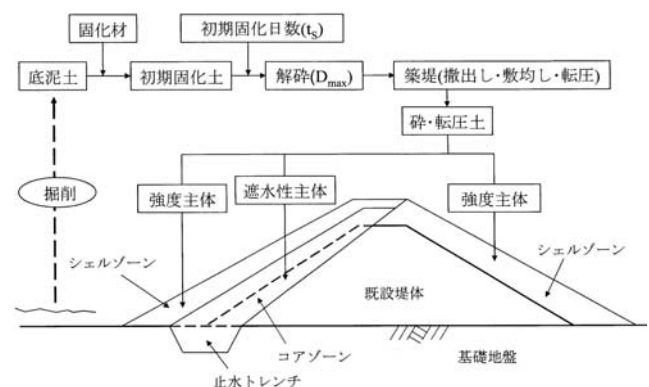
筆者らは、これまでため池を対象に池内に堆積した底泥土を固化処理して築堤土に活用できる砕・転圧盛土工法を開発¹⁾、数箇所の堤体改修に適用してきた²⁾。本工法は堤体改修と底泥土の除去処分を同時に達成でき、所要の強度と遮水性を有する築堤土を人工的に製造できるので急勾配法面での改修を可能とするなどの利点を有している。老朽化したフィルダムは堤高 $H = 30$ m 未満が大部分であり、ため池と同様に均一型かあるいはこれに近い堤体構造をしており、ため池で採用される改修法がそのまま適用できるものと考えられる。

本稿は砕・転圧盛土工法をある老朽化したフィルダム堤体の耐震補強に適用した事例を紹介するものである。

2. 砕・転圧盛土工法の概要

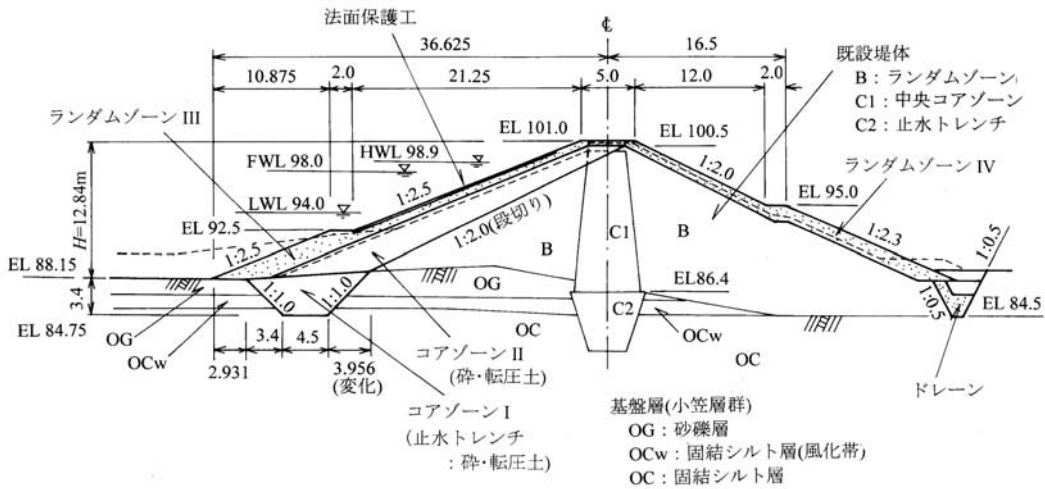
砕・転圧盛土工法は、図—1 に概念的に示すように、

堤体改修と池内の底泥土の除去処分を同時に達成するために、底泥土をセメント系固化材により固化処理して所要の強度と遮水性を有する築堤土に製造して、これを用いて堤体の補強や漏水防止のための築堤を行うものである。築堤は一定の初期固化期間 t_s だけ固化させた底泥土（これを初期固化土という）を規定の最大粒径 D_{max} で解砕し、これを通常の築堤土と同様に均一に撒出し、一定層厚に敷均してから転圧して1層毎に行うものである（これを砕・転圧土という）。なお、法面表層部には、砕・転圧土の乾・湿繰返しによる劣化や高アルカリ水溶出の防止のため、さらに植栽の基層とするための覆土を既設堤体からの掘削土などを用いて法面垂直方向に層厚 30 ~ 50 cm で施すものとする。



図—1 砕・転圧盛土工法の概念図

砕・転圧土は初期固化期間 t_s と解砕・転圧後の期間 t_{cc} を合わせた $t = t_s + t_{cc}$ が全固化期間となるが、 t_s は解砕・転圧後の再固化強度に影響する。また、 D_{max} は遮水性と強度の両方に影響し、 D_{max} の大きい砕・転



図一2 西大谷ダム改修前・後の標準断面

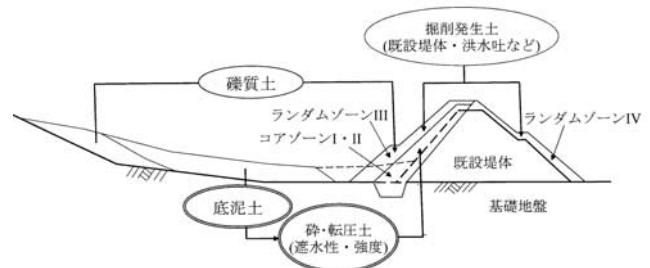
圧土ほど強度は大きく、遮水性は低下する。このため、砕・転圧土により所要の強度と遮水性をもつ堤体を築造するには t_s や D_{max} を適切に管理しなければならない。

一般に、固化処理土は脆性的でひずみ軟化型の応力～ひずみ特性にあり築堤土として使用するとクラックが生じやすいことが問題であった。これに対して、砕・転圧土は初期固化させた底泥土を固化途中中に解砕して通常の築堤土と同様に転圧して築堤したもので、再固化時の応力～ひずみ特性が通常の築堤土と似たひずみ硬化型となり、クラックが生じにくくなる性質を利用して既設堤体との密着性（なじみ）を良くしたものである。

3. 西大谷ダム堤体の耐震補強計画

西大谷ダムは昭和33（1958）年に築造された防災ダムで、40年以上の経過により堤体が老朽化して漏水や耐震性不足の状態にあるだけでなく、池内には底泥土から礫質土までの土砂が堆積し効率的な洪水調節が不可能になっていた。そこで、堤体の耐震補強と底泥土を除去して貯水容量回復のための改修を実施することになった。西大谷ダムはダム便覧に登録されたダムであるものの、図一2に改修前・後の標準断面を示すように、堤高が15mをわずかに超えるだけであること、中心コア型であってもコアゾーンC1～C2とランダムゾーンBの築堤土の差がほとんどなく均一型とみなせることから、ため池と同様の扱いが可能として「ため池整備」³⁾に準拠して改修を実施した。

堤体改修は砕・転圧盛土工法を採用して耐震補強と漏水防止のためのコアゾーンの築造と貯水容量回復のための底泥土除去を同時に行うことにした。堤体補強の堤体ゾーニングは、池内の底泥土や上流域に堆積



図一3 底泥土・掘削発生土の使用区分と堤体ゾーニング

表一1 西大谷ダムの補強前・後の堤体仕様

堤体仕様		補強前	補強後
堤体形式		中央コア型	傾斜コア型
堤高 (m)		14.1 (ダム便覧では 15.1)	14.6
堤長 (m)		188.0	188.0
堤体積 (m ³)		77,000	87,000
貯水量 (m ³)		289,000	316,000
砕・転圧土量 (m ³)		—	約 21,000
流用土量 (m ³)		—	約 11,000
法面 勾配	上流	1 : 2.5 (小段なし)	1 : 2.5 (小段あり)
	下流	1 : 2.0	1 : 2.1 ~ 2.3
その他の改修		—	取水トンネルの補修、 洪水吐の改築

した礫質土、既設堤体や洪水吐基礎からの掘削土を図一3に示すように使い分けて場内処分できるように決めた。すなわち、堤体上流側はコ池内の底泥土を用いた砕・転圧土によりコアゾーンI～IIを、その外側に既設堤体からの掘削発生土によりランダムゾーンIIIを築造した。堤体下流側はガリ侵食により断面不足であったため掘削発生土によりランダムゾーンIVを築造し、さらに浸潤面が法面途中に現れないように法尻部にドレーンを設けた。表一1には補強前・後の堤体仕様を示してある。

4. 砕・転圧盛土工法の施工手順

砕・転圧盛土工法の施工手順は、底泥土の初期固化、初期固化土の解砕、解砕土の築堤の各工程からなる。

初期固化工程は、写真—1に示すスラリープラントにより、固化材を水・固化材比 $w/c = 1.0$ のスラリー化にして底泥土に添加・混合して初期固化するもので、写真—2に示すようなトレンチャー型攪拌混合機などを使用して行う。



写真—1 固化材のスラリープラント



写真—2 トレンチャーによる初期固化状況

解砕工程は一定期間 t_s だけ固化した初期固化土を規定の D_{max} で写真—3に示すバケット式解砕機により掘削→解砕→積込みを連続的に行うものである。解砕日 t_s は3日を標準としているが、砕・転圧土の目標強度が高い場合には $t_s = 2$ 日、逆に低い場合には $t_s = 4$ 日というように変える。バケット式解砕機は 0.7 m^3 級バックホウをベースマシンに、最大力約 200 kN の押土板を装着した格子バケットを組合したものである。解砕は格子バケットにより掘削した初期固化土を押土プレートで格子空間から押出して積込み

を行うものである。この時の D_{max} の管理は、底泥土の塑性と固化性状、砕・転圧土の用途に応じて、格子間隔を 50 mm 、 100 mm 、 200 mm の3段階で変えて行う。通常の場合は 200 mm 間隔であるが、粗粒分を多く含む底泥土や高強度の砕・転圧土を扱う場合には 100 mm 、 50 mm と調節し、遮水性が確保しにくい場合ほど小さい値を採用する。



写真—3 バケット式解砕機による解砕状況

築堤工程は、築堤箇所まで運ばれた解砕土を粗粒から細粒子までの解砕土粒子が均一に混ざり合うようにバックホウで撒出し（写真—4）、さらにこれを一定層厚になるようにブルドーザで敷均してから（写真—5）、振動ローラ等により規定回数 N で転圧するものである（写真—6）。砕・転圧土の目標強度が低く、転圧機械のトラフィカビリティーが確保できない場合には、低強度でもトレフィカビリティーが得やすいブルドーザ（乾地型）の使用を検討するものとする。



写真—4 解砕土層均一化のためのバックホウによる撒出し



写真一五 解砕土のブルドーザによる敷均し



写真一六 振動ローラによる転圧

5. 西大谷ダム耐震補強工事の施工状況

砕・転圧盛土工法による堤体改修はコアゾーンの築造に底泥土からなる砕・転圧土を使用することを除いて、従来法と同様の施工段階を経て行う。まず準備工事として既設堤体面を草木、ゴミや異物を取り除いて清掃し（写真一七）、既設堤体の表層部の掘削（写真一八）と止水トレンチの掘削（写真一九）を仕上げてから、コア・ランダムゾーンの築造に移る。第4章に述べた砕・転圧盛土工法の施工手順に従って、コアゾーンI（止水トレンチ、写真一十）とコアゾーンII（写真一十一）を築造した。なお、写真一十一は堤体側にあるゾーンがコアゾーンIIで、その外側がランダムゾーンIIIを示しており、ランダムゾーンIIIはコアゾーンIIと並行して掘削発生土などにより築造した。西大谷ダムにおける砕・転圧盛土工法は、初期固化土の解砕日を $t_s = 3$ 日、解砕時の最大粒径を $D_{max} = 200$ mm とし、解砕土の撒出し層厚 30 cm とし、10 t 級振動ローラによる試験盛土から所要の強度と遮水性を確保できる転圧回数 N を決定した

($N = 6$ 回)。

コアゾーンI～IIと、ランダムゾーンIIIの築造終了後に張りブロック工（写真一十二）を施工した。下流側のランダムゾーンIV、法先ドレーンなどの施工は上流側の施工に並行して実施したことは言うまでもない。

耐震補強と漏水防止が完了した堤体の貯水状況を写真一十三に示す。



写真一七 改修前の既設堤体の状況



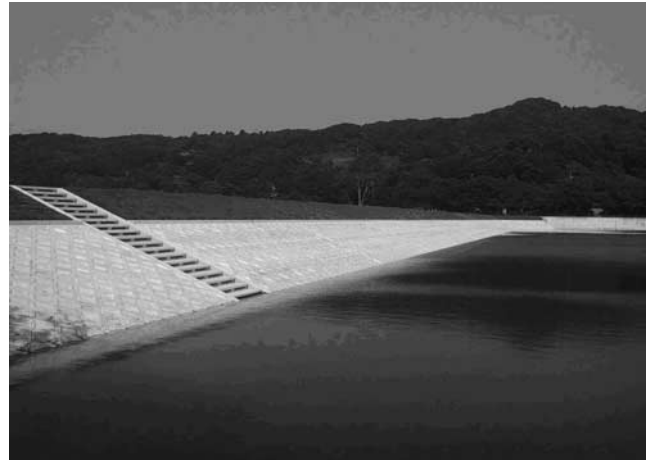
写真一八 既設堤体表層部の掘削状況



写真一九 止水トレンチの掘削状況



写真一10 コアゾーンI (止水トレンチ部) の築堤状況



写真一13 耐震補強の完了後の堤体上流側の状況



写真一11 コアゾーンIIとランダムゾーンIIIの築堤状況



写真一12 張りブロック工の施工状況

6. おわりに

砕・転圧盛土工法は、老朽化したフィルダムやため池の池内に堆積した底泥土を固化処理して築堤土に有効活用して堤体の補強や漏水防止のための改修を行うもので、堤体改修と底泥土の除去処分を同時に可能と

した効率的で経済的な堤体改修技術である。

本工法は所要の強度と遮水性を有する築堤土を人工的に製造できることから、急勾配の堤体築造を可能とし、築堤土の入手が困難な場合でも経済的な堤体改修が期待できる。特に、砕・転圧土は強度成分のうち粘着力に優れており、堤体上流側の法先部に粘着力により堤体安定に必要なせん断抵抗を付加できるので、ここで紹介したようなフィルダムやため池の堤体の耐震補強を効率的に行うのに適している。

J C M A

【参考文献】

- 1) (社) 農業農村整備情報総合センター：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－、設計・施工・積算指針(案) (2006)
- 2) 福島伸二・谷 茂：固化処理土を用いた老朽ため池堤体改修における堤体ゾーニングの事例研究, ダム工学, 17 [2], pp.125-140 (2007)
- 3) 農林水産省農村振興局整備部設計課：土地改良事業設計指針「ため池整備」, 農業土木学会 (2006)

【筆者紹介】



五ノ井 淳 (ごのい じゅん)
 (株)フジタ
 土木本部土木技術統括部
 担当課長



富来 正 (とみき ただし)
 (株)フジタ
 土木本部機械部
 担当部長



福島 伸二 (ふくしま しんじ)
 (株)フジタ
 土木本部土木技術統括部
 主席コンサルタント