

堤体内に底樋をもつフィルダムの固化改良土を用いた耐震補強事例

株式会社 フジタ 〇北島 明・福島伸二  
(独)農研機構 農工研フェロー 谷 茂

§ 1. まえがき

堤沢ダムは1952年に着工されたフィルダムで、堤体が老朽化して断面不足や漏水により耐震性が不足していたため耐震補強が実施された。堤体の特徴は我が国で初めての大ダム規準<sup>1)</sup>の整備された1953年より前に設計されたため堤体内に底樋が設けられていることである。堤体改修は、ダムサイト周辺で所要の強度と遮水性を有する築堤土が入手できなかったことや工事に伴って発生した底泥土の処分地を確保できなかったために、池内に堆積した底泥土や掘削発生土をセメント系固化材により固化改良して築堤土として利用できる砕・転圧盛土工法<sup>2)3)</sup>により実施された。本稿は、堤沢ダムにおける砕・転圧盛土工法による耐震補強と漏水防止のために採用された堤体ゾーニングパターンの概要と、底樋を持つフィルダムの堤体改修における課題についての私見を述べる。

§ 2. 堤沢ダムの概要

堤沢ダムは堤高 $H=17.0\text{m}$ 、堤長 $L=137.0\text{m}$ 、堤体積 $V=98,000\text{m}^3$ 、貯水量 $Q_T=26.29$ 万 $\text{m}^3$ の灌漑用のフィルダムで、堤体内に底樋を持っている。堤体は築造後55年以上の経過により老朽化して上流側法面が損傷してただけでなく、貯水位が常時満水位 $FWL=217.95$ より下3~4mを超えると漏水が顕著になるなど耐震性が不足していた。また、堤体だけでなく、洪水吐、斜樋・底樋等の取水施設も損傷して機能不全状態にあった。そこで、堤体は現行基準<sup>4)</sup>に合致するように耐震補強をし、併せて洪水吐や取水施設も改築することになった。しかし、堤沢ダムではダムサイト周辺で所要の強度と遮水性を有する築堤土を入手できなかったため、工事に伴って発生し、場外処分の難しい底泥土や掘削土を築堤土に利用できる砕・転圧盛土工法が採用された。

§ 3. 堤体補強のための堤体ゾーニング

堤沢ダムの堤体は中央コア型にゾーニングされているものの、底樋改築のための掘削された堤体横断面の観察によるとほぼ均質な状況にあり、均一型堤体として見なせる状態にあった。堤体の耐震補強は、図1に標準断面を示すように、既設堤体の堤頂部の約2.7mを掘削除去して堤高をため池仕様の $H<15\text{m}$ に変更し( $H=17.0\rightarrow 14.95\text{m}$ )、耐震補強を既設堤体断面内で行われることになった。堤高削減の理由は、現行基準<sup>4)</sup>では堤体内に底樋を設置できないため、引き続き底樋を堤体内に設置するためには堤高を $H<15\text{m}$ のため池仕様にする必要があったからである。堤沢ダムでは底樋を廃止して取水トンネルへの変更も検討されたが、トンネル用地が確保できなかったことや、利水者が堤高削減による貯水量の減少( $Q=26.3\rightarrow 20.4$ 万 $\text{m}^3$ )を許容できたためである。

堤体上流側は堤体を掘り込んで砕・転圧盛土工法による砕・転圧土からなるコアゾーンIとその外側に既設堤体からの掘削土によるランダムゾーンIIを腹付けた。止水トレンチは基礎地盤を遮水性が確保できる3.2mまで掘り下げて、コアゾーンを岩着させた。堤体下流側は表層部を掘削整形し、さらに法先にドレーンを配置した。表-1は耐震補強前・後の堤体仕様の比較を示す。また、写真1は堤体改修前・後の堤体上流側の状況をそれぞれ示す。

以上の堤体ゾーニングのうちの砕・転圧土ゾーンに必要とされ

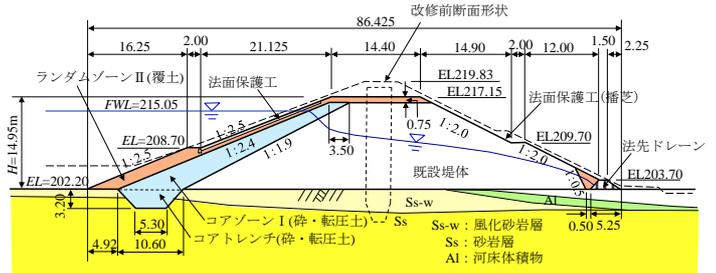


図1 堤沢ダムの改修前・後の標準断面

表1 堤沢ダムの耐震補強前・後の堤体仕様

	改修前	改修後
堤体形式	均一型	傾斜コア型
堤高 (m)	17.0	14.95
堤長 (m)	137.0	132.3
堤体積 (m <sup>3</sup> )	98,000	96,800
貯水量 (m <sup>3</sup> )	262,900	204,000
砕・転圧土量(m <sup>3</sup> )	—	15,310
法面勾配	上流	1 : 平均2.5
	下流	1 : 平均2.0
その他の改修	—	洪水吐・底樋・斜樋

る強度は、粘着力( $c'$ )<sub>CC</sub>をある一定の値に設定して安定計算を実施して、所定の安定性が確保されることを確認することで決定した。堤沢ダムでは、堤高削減により堤体の安定性が大幅に向上してきたことから、砕・転圧土ゾーンの強度を施工上必要な最低強度として( $c'$ )<sub>CC</sub>=38kN/m<sup>2</sup>(内部摩擦角( $\phi'$ )<sub>CC</sub>は室内配合試験による値として( $\phi'$ )<sub>CC</sub>=13.3°を考慮)に設定した。そして、安定計算から、図2に示すように、上・下流側で安全率 $F_s>1.20$ を満足していることを確認した。上記の( $c'$ )<sub>CC</sub>の値は、砕・転圧盛土工法における施工上必要な最低強度が締め固め機械のトラフィカビリティーを確保するために必要な強度で、粘着力で表示すると( $c'$ )<sub>CCTrafficability</sub>=50~60kN/m<sup>2</sup>に相当するので、これを安全側に評価(70%強度)したものである。

§ 4. 底樋を有するフィルダムの堤体改修の問題

堤沢ダムはフィルダム( $H\geq 15\text{m}$ )であるが、大ダム規準<sup>1)</sup>の整備された以前の設計であったため堤体内に底樋が設置されていたが、この場合と同様な例が他にもあると思われる。現行基準<sup>4)</sup>で

キーワード: フィルダム, 老朽化, 耐震補強

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2024-1 株式会社フジタ 技術センター 土木研究部 ☎046-250-7095



写真1 堤沢ダムの改修前・後の堤体上流側の状況

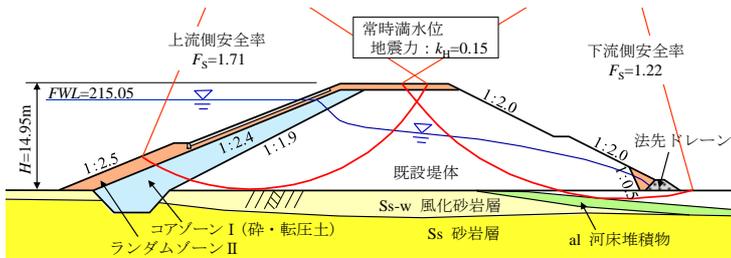


図2 耐震補強後の堤体の安定計算結果

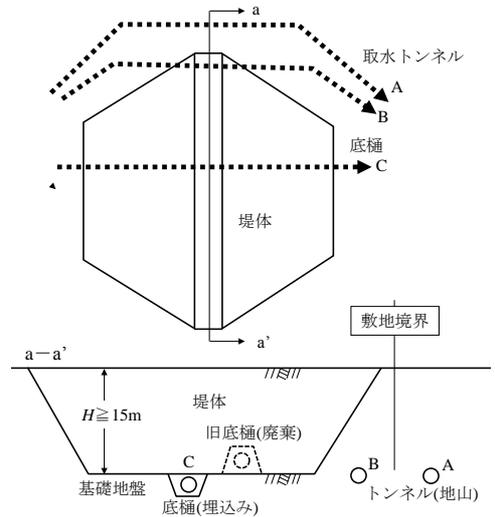


図3 底樋を廃止してトンネルで迂回

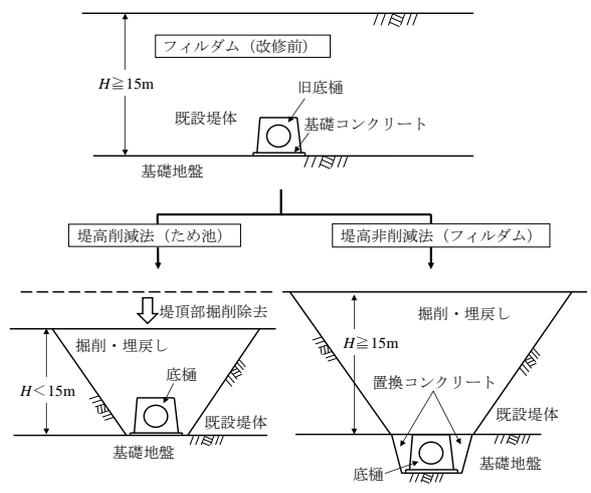


図4 底樋のあるフィルダム堤体の改修での対処法

は新設ダムでは堤体内への底樋の設置を認めていないので、堤体改修を行うには底樋を廃棄して取水トンネルに変更する必要がある。トンネルは図3のAのように堤体アバット部地山を、堤体を迂回するように掘り進み土被りのある良好な部分を経て下流側に通す必要から、新たな用地を取得する必要がある。アバット部の地山が全体的に良好であれば、トンネルは図3のBのように堤体に接近させて敷地内を通すことができ新たな用地を必要としない。

堤沢ダムでは、引き続き底樋を堤体内に設置する必要から、図4の左側に概念的に示すように、堤高を堤体内に底樋を設置することが許される  $H < 15m$  のため池仕様に変更すること、すなわち堤高削減により対処した。この場合の問題は堤高の削減により貯水容量が大幅に減少してしまうことである。

それでは、トンネルのための用地が確保できない、貯水容量の減少も許されない場合にはどのように対処すればよいだろうか。一つの方法として、図3のCのように、あるいは図4の右側に概念的に示すように、堤体外の基礎地盤に埋め込むことが考えられる。フィルダムでは、堤高がおおよそ30m以上では監査廊が設けられるが、底樋を監査廊と同様に考えれば、堤体改修では新設時のように基礎地盤に新たに加わる土被り圧が少ないので、基礎地盤が良好であれば可能であろう。ただし、底樋は監査廊が堤体軸に沿って構築されるのに対して、堤体を浸透方向と同じ方向に構

築されることから漏水経路になりやすいなど堤体安定に対する危険要因となるため、止水壁を追加設置するなど慎重な対応が要求されることは言うまでもない。

§5. あとがき

本稿は、老朽化して地震時の安定性が不足していた堤沢ダムについて、砕・転圧盛土工法により堤体の耐震補強を施した堤沢ダムの事例を紹介した。堤沢ダムは、大ダム基準の整備以前の設計であったため、堤体内に底樋が設置されており、引き続き底樋を堤体内に置くために、堤高をため池仕様  $H < 15m$  に削減することで対応した。全国には、ダムでありながら底樋を持つ事例が他にもあることが考えられるので堤高削減法が可能でない場合における対応についての私見を述べた。

【参考文献】1) 農林水産省農地局編：土地改良事業計画設計基準 第3部設計，第1編土堰堤，1953. 2) (社)農業農村整備情報総合センター編：ため池改修工事の効率化，一砕・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)，(社)農業農村整備情報総合センター 2006. 3) (社)農業農村整備情報総合センター編：砕・転圧盛土工法によるフィルダム堤体改修－，設計・施工・積算指針(案)，(社)農業農村整備情報総合センター 2009. 4) 農林水産省農村振興局監修：土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」技術書(フィルダム編)，2003.