

フィルダム堤体改修における固化改良土(砕・転圧盛土工法)の現場・室内試験による透水係数

株式会社 フジタ 正会員 ○堀田崇由・福島伸二・北島 明
(国研)農研機構フェロー 正会員 谷 茂

§ 1. まえがき

老朽化したフィルダムやため池の堤体改修(耐震補強や漏水防止)を目的に、貯水池内に堆積した底泥土を所要の強度と遮水性を有するように固化改良して築堤土(砕・転圧土)に利用できる砕・転圧盛土工法¹⁾²⁾が開発され、これまでにフィルダム4箇所とため池9か所に適用されている。砕・転圧盛土工法による堤体改修は、図1に概念的に示すように、既設堤体の上流側の一部を掘削除去した部分に堤体安定に必要な強度と貯水機能に必要なとされる遮水性を有する砕・転圧土ゾーンを腹付けることが基本となる。砕・転圧土ゾーンの遮水性の確認は、施工中の品質管理試験として室内透水試験と現場透水試験の2種類により調べられる。そこで、本稿は砕・転圧盛土工法により堤体改修を実施した4つのフィルダムを対象に、工事中に実施した砕・転圧土ゾーンの室内透水試験と現場透水試験のそれぞれによる透水係数の比較調査結果を報告する。

§ 2. 室内透水試験・現場透水試験

砕・転圧盛土工法により改修された堤体の砕・転圧土ゾーンは施工中の品質管理試験として、遮水性を確認するために室内透水試験と現場透水試験が実施される。施工中の透水係数の管理値は現場試験値を設計値に合わせ、室内試験値をこれより一桁小さい値に設定するのが一般的であるが、安定計算に必要な浸潤面の推定にどちらの値を採用すべきかを迷うところである。そこで、堤体改修をした4箇所フィルダムを対象に、砕・転圧土ゾーンと既設堤体上流側面付近の透水係数を室内透水試験と現場透水試験からそれぞれ求め、両者の大小関係を調べた。

室内透水試験は、図2に概念的に示すように、三軸圧縮試験と同様に円柱状の供試体を用いて堤体内の土要素が受ける応力状態を、等方圧密応力 σ_c を加えることで再現でき、応力下での透水係数を求められる三軸透水試験¹⁾²⁾である。試験から得られる透水係数 k_{TC} は供試体の飽和度を高めるために背圧 $\sigma_{BP}=100\text{kN/m}^2$ を加え、 σ_c を $\sigma_c=10\rightarrow 20\rightarrow 50\rightarrow 100\rightarrow 200\text{kN/m}^2$ のように段階的に増加させ、各 σ_c の段階で一次圧密終了後(過剰間隙水圧の消散により確認)に測定した。供試体は薄肉円形ライナーモールド(内径 $D=75\text{mm}$ ×高さ $H=100\text{mm}$ ×肉厚 $t=3\text{mm}$)とカッター・カラーからなるライナーサンプラーを地盤面に鉛直に貫入して採取した。なお、西大谷ダムと大原ダムの既設堤体では直径75mmの供試体では試験実施の困難な粗粒分を含んでいたため、写真1に示すように大型寸法の $D\times H=200\text{mm}\times 400\text{mm}$ の二つ割りの薄肉サンプラーに納まるように削り出して採取した。

現場透水試験は「締め固めた地盤の透水試験方法 JGS 1316」に準じて実施し、図3に概念的に示すようにマリOTT管を利用して試験孔に一定水位になるように注水するものである。試験孔はハンドオーガーで掘削し、砕・転圧土ゾーンでは直径100mm×深さ180mm、既設堤体では直径200mm×深さ250mmを標準とした。

§ 3. 試験結果

図4は堤体改修中の西大谷ダム、大原ダム、谷田大池、堤沢ダムの砕・転圧土ゾーンから採取した砕・転圧土供試体の三軸透水

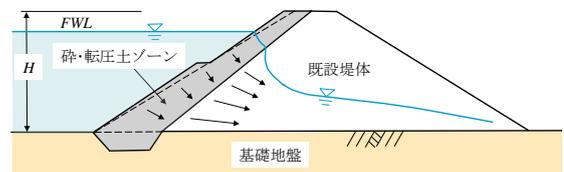


図1 砕・転圧盛土工法で改修したフィルダム

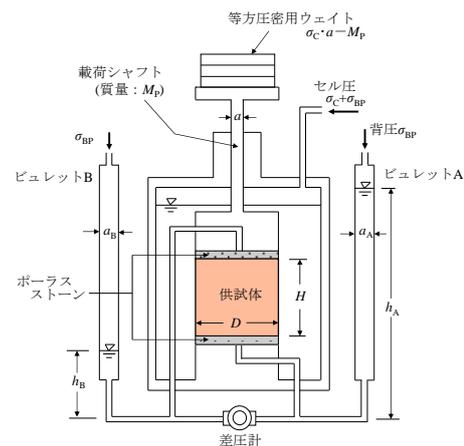


図2 三軸セルを用いた透水試験(三軸透水試験)



写真1 大型供試体(D/H=200mm/400mm)の採取

試験により得られた室内試験による透水係数($k_{TC}20$)と、現場透水試験から得られた透水係数 k_{Field} の関係を両対数図上に示す。 $(k_{TC}20)$

キーワード: 固化改良土, 透水係数, 室内試験, 現場試験

連絡先 〒243-0125 神奈川県厚木市小野2025-1 株式会社フジタ 技術センター 土木研究部 ☎ 046-250-7095

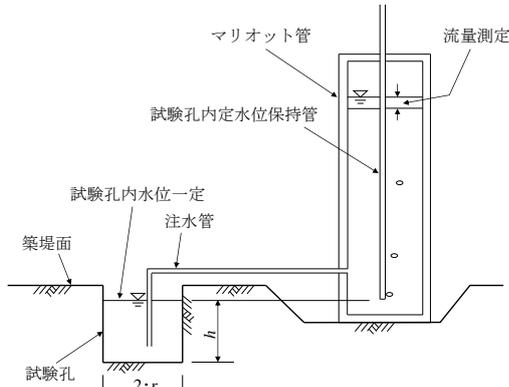


図3 マリオート管を利用した現場透水試験

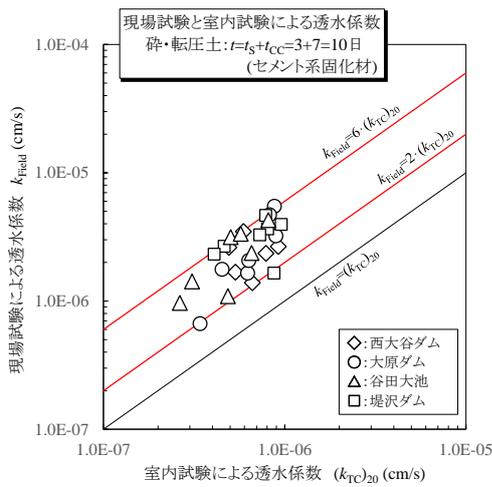


図4 砕・転圧土ゾーンの $k_{Field} \sim (k_{TC})_{20}$ 関係

は三軸透水試験の $\sigma_c=20\text{kN/m}^2$ における透水係数 k_{TC} であり、応力レベルの低い堤体面で実施した現場透水試験の結果と比較するために採用した値である。各ダムで砕・転圧土の目標強度レベルが異なるが、遮水性の要求レベルは、室内試験では $k_{lab} \leq 1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 、現場試験では $k_{Field} \leq 1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ である。図から、 k_{Field} は $(k_{TC})_{20}$ より大きいものの、設定されている管理値の現場・室内試験による透水係数の比である $k_{Field}/(k_{TC})_{20}=10$ に比較して小さく、 $k_{Field}/(k_{TC})_{20}=2 \sim 6$ (平均4.3倍) にあることがわかる。

次に、図5は中央コア型の西大谷ダム、大原ダム、堤沢ダム(ほぼ均一型)、均一型の谷田大池の4つのダムの既設堤体の遮水ゾーンについて実施した試験から得られた $(k_{TC})_{20} \sim k_{Field}$ 関係である。図から、 $(k_{TC})_{20} \sim k_{Field}$ 関係は、図6に示す粒度曲線からわかるように、各ダムで既設堤体を構成する盛土材の粒度特性が異なることを反映して透水係数の値が大きく異なり、粗粒分を多く含む西大谷ダムと大原ダムにおいて高い値を示している。 k_{Field} は $(k_{TC})_{20}$ より大きく $k_{Field}/(k_{TC})_{20}=6 \sim 20$ の範囲にあり、砕・転圧土ゾーンの場合より k_{Field} と $(k_{TC})_{20}$ の相違が大きいことがわかる。これは透水係数の異方性が砕・転圧土ゾーンでは認められないのに対して、既設堤体において認められる³⁾、ことが関係していると考えられる。すなわち、既設堤体での現場透水試験では鉛直方向に対して水平方向の透水性が大きい(堤沢ダムでは約6倍)、過大な透水係数が測定されるためと考えられる。

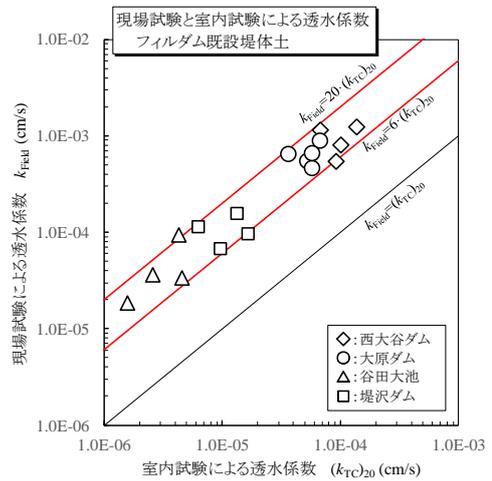


図5 既設堤体の $k_{Field} \sim (k_{TC})_{20}$ 関係

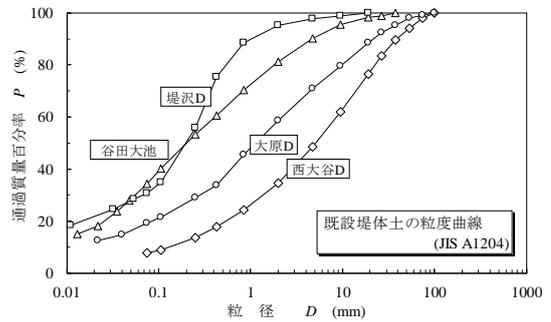


図6 各ダムの既設堤体遮水ゾーンの粒度曲線

改修後の堤体全体の安定性を精度よく評価するには、浸潤面の位置を規定する砕・転圧土ゾーンだけでなく既設堤体の透水性を把握する必要がある。砕・転圧盛土工法により改修した堤体の安定計算における浸潤面の推定では室内・現場試験間の相違を考慮してどちらかの透水係数を採用する必要があるが、現場試験値がより高い浸潤面位置を与えることや、強度パラメータに室内試験値が採用されることとの整合性、浸透流計算では浸透量が大きく相違するなどを考慮して決定すべきであろう。

§4. あとがき

砕・転圧盛土工法により堤体改修したフィルダムを対象に砕・転圧土ゾーンと既設堤体の室内試験と現場試験による透水係数の関係を調べた結果、以下のことがわかった。砕・転圧土ゾーンの k_{Field} は $(k_{TC})_{20}$ より大きく、 $k_{Field}/(k_{TC})_{20}=2 \sim 6$ の範囲にある。また、既設堤体の $(k_{TC})_{20} \sim k_{Field}$ 関係は $k_{Field}/(k_{TC})_{20}=6 \sim 20$ の範囲にあり、砕・転圧土ゾーンより相違が大きく、これは既設堤体にある透水異方性が影響しているようである。

【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) (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、—堆積土・発生土を有効活用したフィルダムのリニューアル技術—, 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. 3) 福島伸二, 北島 明：フィルダムの堤体改修における透水異方性問題, 土木学会第70回年次学術講演会, III-170, pp.339-340, 2015.