

嵩上げアースダムの安全性評価に関する基礎的な検討（その2）

独立行政法人土木研究所 正会員 山口嘉一、佐藤弘行、澤田尚

1. はじめに

近年，社会資本ストックの有効利用が重要な課題となってきた。ダム事業においても経済性や自然環境保全に配慮したうえで効率的に機能増強を図る再開発事業が増加しつつあり，このような背景からダム嵩上げ技術の確立が強く求められている。本研究では，昨年度の研究¹⁾に引き続いて，嵩上げアースダムの嵩上げ規模，既設ダムと嵩上げ新設部との透水性の差，ドレーンの構造などを变化させた浸透流解析²⁾を行い，すべり安定性に大きな影響を与える浸潤線の形状や現行設計法³⁾である震度法によるすべり安全率を整理・分析し，アースダムの嵩上げ設計上の基礎的な留意点について考察した。

2. 解析モデルと解析条件

解析では，モデルダムの基礎地盤を不透水層で，かつ，すべり円弧がダムの基礎地盤にかからないものとして実施した。モデルアースダムは，新規および嵩上げダムの二次元横断面とし，基本断面形状や諸物性は，図-1 および表-1 に示すとおり，アースダムとして標準的な値を採用した⁴⁾。浸透流解析は，堤高の96%水位で定常解析を行った。

新規ダムの場合，堤高を15～30mの間で5m間隔で設定し，ドレーンの配置は下流法面敷の1/3，2/3，全面の水平方向のみの3パターンとした。これは水平ドレーンの上流端に立上りドレーンを接続しても，浸潤線形状はドレーン周辺で若干変わるだけで，全体としてはほとんど変化しないことによる¹⁾。なお，透水係数は，堤体が $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ ，ドレーンが $1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ とした。

また，嵩上げダムの場合，新規ダムと同じ堤高の範囲とし，ドレーンは，新堤体に新たに配置したものしか効果がないものとして新堤体が旧堤体の上流側に位置する上流主点では旧堤体の配置からドレーンを配置していないが，新堤体が旧堤体の下流側に位置する下流主点では旧堤体の下流法面沿いに，堤敷への投影長さが新規ダムと同じとなるように配置した。なお，透水係数は，新堤体 1×10^{-5} ，ドレーン $1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ の一定とし，旧堤体は 1×10^{-3} ， 1×10^{-4} ， $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ と变化させた。

一方，すべり安定解析は，浸透流解析により得られた浸潤線を考慮して，設計震度0.15の震度法で解析を行った。なお，密度や強度は新旧堤体およびドレーンで同じとした。

3. 浸透流解析結果

図-1 に示す堤内浸潤線は，堤高が20mの新規・嵩上げダムにおける浸透流解析の結果である。これより以下の傾向が確認できる¹⁾。

上流主点では，新旧堤体で透水係数が同じ場合，堤内浸潤線が下流法面から浸出する。一方，旧堤体の透水係数が高い場合，新旧堤体の透水性差に基づき，その境界部での水位低下効果が見られる。

下流主点では，新旧堤体で透水係数が同じ場合，新規ダムの場合と同様に，ドレーンの配置長さが長いほど，下流法面付近の浸潤線が低下する。

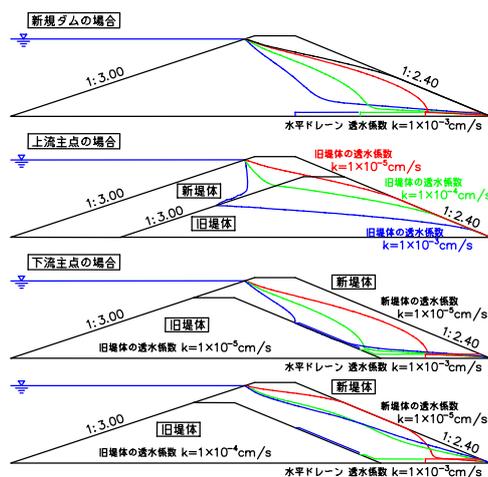


図-1 モデルダムの形状と堤内浸潤線

表-1 基本断面形状と諸物性

項目		モデル条件
堤高 (m)	新規ダム	15, 20, 25, 30
	嵩上げダム	旧堤体 15, 20, 25 嵩上げ高 5, 10, 15
	上流面，下流面勾配	1:3.00，1:2.40
貯水池水位	堤高の96%	
設計震度：震度法	0.15	
堤体の湿潤，飽和密度 (g/cm ³)	1.80，1.90	
堤体のせん断強度	粘着力 (kN/m ²)	27.6(2.81tf/m ²)
	内部摩擦角 (°)	25.0
透水係数 (cm/s)	新堤体 (新規，嵩上げ部)	1×10^{-5}
	旧堤体 (既設ダム)	1×10^{-3} ， 1×10^{-4} ， 1×10^{-5}
	ドレーン	1×10^{-3}
ドレーンの配置	新規ダム	下流法面敷の1/3, 2/3と全面 (図-1参照)
	嵩上げダム	

キーワード 嵩上げ，アースダム，すべり安全率，浸潤線，透水係数，ドレーン

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 独立行政法人土木研究所 水工研究グループ TEL 029-879-6781

下流主点で、旧堤体の透水係数が新堤体より大きい場合、この差が1オーダー程度であっても、ドレーンの配置効果が大きく減少し、新旧堤体の透水係数が同じ場合ほど下流法面付近で浸潤線が低下しない。

3. すべり安定解析結果

(1) 新規ダムの場合

震度法により算定した各最小すべり安全率を下流敷全面にドレーンを配置した（堤敷全長に対する割合が40%程度）場合の値で正規化し、これと堤敷全長に対するドレーン長の割合の関係を図-2に示した。上流側の最小すべり安全率は、水平ドレーン長によってほとんど変化しないのに対し、下流側では水平ドレーン長が短くなると急激に低下することがわかる。これは、図-1に示すようにドレーン長が短くなると堤体内下流側の浸潤線が高くなるのが原因であり、この傾向は堤高によらない。

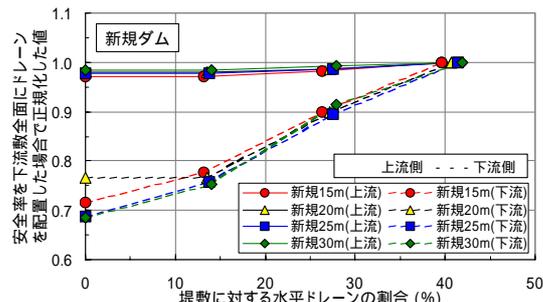


図-2 正規化した安全率とドレーンの配置

(2) 嵩上げダムの場合

図-3に旧堤体の透水係数と最小すべり安全率の関係を示した。なお、下流主点では、ドレーンを下流法面敷の全面に配置した場合を対象とした。

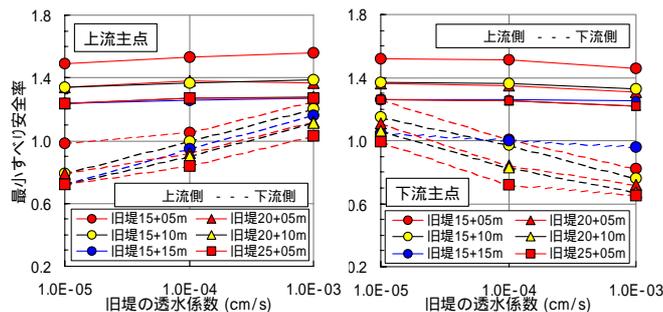


図-3 安全率と旧堤体の透水係数

下流側のすべり安全率は、旧堤体の透水係数の増加に伴い、上流主点で増加し、下流主点で減少するという旧堤体の透水係数の変化による堤内浸潤線の傾向が明瞭に表れている。また、上流側のすべり安全率では、上・下流主点ともに嵩上げ後の堤高ごとにほぼ同程度の値となる。これは旧堤体の透水係数の変化が上流法面付近における浸潤線の形状にほとんど影響しないことによる。

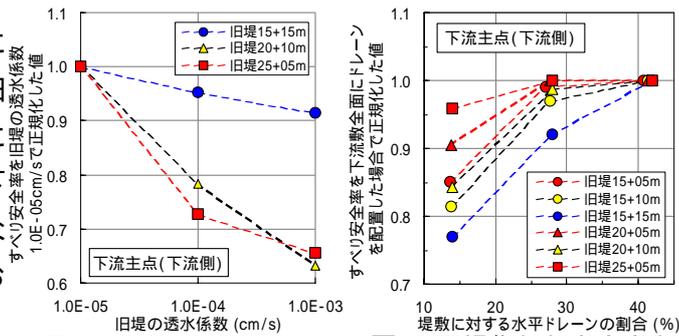


図-4 正規化した安全率と旧堤体の透水係数

図-5 正規化した安全率とドレーンの配置

一方、下流主点における下流側のすべり安全率は、上流側ほど嵩上げ後の堤高による傾向が明瞭ではない。そこで図-3から、嵩上げ後の堤高が30mとなる組合せを抽出し、旧堤体の透水係数 1×10^{-5} cm/s 時のすべり安全率で正規化したものを図-4に示す。これより旧堤20+10mや旧堤25+05mに比べて、旧堤15+15mと嵩上げ規模が100%となると旧堤体に対する新堤体の規模が大きくなり、旧堤体の透水係数の影響が大きく減少する傾向が確認できる。

図-5は、下流主点で、旧堤体の透水係数 1×10^{-4} cm/s の場合、下流側のみを図-2と同様に整理した結果である。すべり安全率を正規化した値が嵩上げ規模の順序に並んでいることから前述の旧堤体に対する新堤体の規模のすべり安全率に与える影響度合いが確認できる。

4. おわりに

本検討では、浸透流解析と円弧すべり解析により、嵩上げアースダムの新旧堤体の透水係数、嵩上げ型式、嵩上げ規模が安定性に与える影響を分析することで、アースダムの嵩上げ設計上の基礎的な留意点を整理した。今後は、嵩上げフィルダム設計上の留意点をさらに詳細に検討するために、築堤・湛水解析や動的解析を行う予定である。

<参考文献>

- 1) 山口・佐藤ら：嵩上げアースダムの安全性評価に関する基礎的な検討(その1),土木学会全国大会第57回年次学術講演会, 第 部門, pp.1421-1422, 2002年9月.
- 2) 山口・弘末ら：ルジオンテストの各種境界条件下での精度と結果の解釈,建設省土木研究所資料,第2518号,1987年11月.
- 3) (社)日本河川協会：改訂 解説・河川管理施設等構造令,2000年1月.
- 4) (社)地盤工学会：フィルダムの調査・設計から施工まで,1988年4月.