

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）

独立行政法人土木研究所 正会員 山口 嘉一
 独立行政法人土木研究所 正会員 佐藤 弘行
 独立行政法人土木研究所 正会員 澤田 尚

1. はじめに

社会資本ストックの有効利用の観点から、既設構造物の機能維持だけでなく、積極的に強化すること（再開発）が重要な課題となっている。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る。このような背景より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、嵩上げアースダムの嵩上げ規模、既設ダムと嵩上げ部の透水性、ドレーンの構造などを变化させた浸透流解析を行い、すべり安定性に大きな影響を与える浸潤線の形状のほか、最大流速、漏水量などについて分析し、アースダムの嵩上げ設計上の留意点について考察した。

2. 解析モデルと解析条件

浸透流解析は、モデルダムの基礎地盤を不透水層と仮定して実施した。解析モデルは、図-1 に示す新規および嵩上げダムの2次元横断面とし、上下流面勾配は、既設アースダムの調査結果や参考文献 1) に示される堤高と法面勾配の関係などから標準的な値を採用した。

なお、ダムの嵩上げ方法には、既設堤体の上流側に新設堤体を置く場合と下流側に置く場合があるが、本研究では、下流側に新設堤体を置く場合について検討した。

(1) 新規アースダムの場合

解析ケースは、表-1 に示すとおり、堤高 15～30mの間で5m間隔で設定し、ドレーンの配置を水平3パターンと立上り3パターンの組合せとした(図-1 参照)。また、ダムの透水係数は、堤体(不透水ゾーン)が $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 、ドレーンが $1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ の組合せとした。

(2) 嵩上げアースダムの場合

解析ケースは、新規ダムと同じ堤高の範囲(旧堤体の堤高と嵩上げ高を組合せ)、ドレーンの配置条件とした。また、ダムの透水係数は、新堤体 1×10^{-5} 、ドレーン $1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ の一定としたが、旧堤体は 1×10^{-3} 、 1×10^{-4} 、 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ と变化させた。

なお、堤体の不飽和浸透特性は、参考文献 2) に基づいて設定した。

3. 解析結果

ここでは、主に、新規ダムの堤高 20m と嵩上げダムの堤高 20m(旧堤高 15m、嵩上げ高 5m)の場合の結果について比較・考察した。

(1) 新規ダムの場合

堤体の不透水ゾーンおよびドレーンの透水係数を 1×10^{-5} および $1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ とした条件下では、浸潤線の形状は、図-2 に示すとおり、ほぼ水平ドレーンの下流法面敷に対する長さにより決まった。つまり浸潤線の形状は、水平ドレーンの配置に主に支配され、これに立上りドレーンを接続しても、ドレーン周辺の形状が若干変わるだけで、全体としてはほとんど変化しない。なお、この傾向は堤高によらない。

また、水平ドレーンの上流端が下流法面敷の全面よりさらに上流側に伸ばした場合の解析も実施したが、下

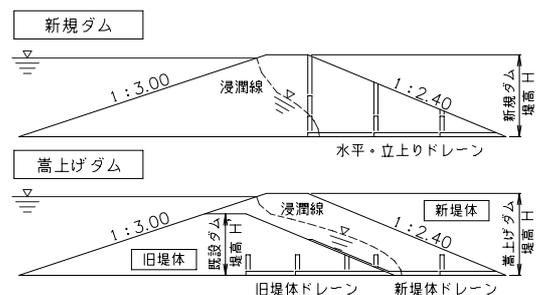


図-1 モデルダムの形状

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	旧堤体	15, 20, 25
		嵩上げ高	5, 10, 15
勾配	上流面	1 : 3.00	
	下流面	1 : 2.40	
貯水池水位		ダム高の 96%	
透水係数 (cm/s)	新堤体(新規ダム, 嵩上げ部)	1×10^{-5}	
	旧堤体(既設ダム)	$1 \times 10^{-3}, 1 \times 10^{-4}, 1 \times 10^{-5}$	
	ドレーン	1×10^{-3}	
ドレーン配置	種類	水平	立上り
	新規ダム 嵩上げ	旧堤体	下流法面敷の 1/3, 2/3 と全面
		新堤体	
		新堤体	

キーワード アースダム, 嵩上げ, 浸透流解析, すべり安定解析

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 0298-79-6781

流法面敷全面の場合と浸潤線形状はほぼ同じであることを確認している。

次に、堤内浸透量と水平・立上りドレーンの配置の関係について検討する。図-3に示すとおり、堤高によらず、水平ドレーンが長くなると浸透量が大きくなる傾向があるものの、図-4に示すとおり、立上りドレーンが高くなった場合の変化は小さい。この傾向は、ドレーンと浸潤線の関係のそれに対応している。

(2) 嵩上げダムの場合

旧堤体の存在により新規ダムと同様に堤敷に水平ドレーンを配置できない場合、嵩上げダムのドレーンは、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設定した。また、旧堤体のドレーン機能が残存する場合としない場合、新旧堤体の透水係数が異なる場合にも着目して解析結果を考察した。

新・旧堤体およびドレーンの透水係数を新規ダムの場合と同じ組合せの 1×10^{-5} および $1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ とし、旧堤体のドレーン機能が残存しない場合、浸潤線は新規ダムの場合とほぼ同様な形状となる。すなわち、嵩上げダムでは、新規ダムの水平ドレーンと同じ投影位置まで旧堤体下流法面沿いにドレーンを配置することで、浸潤線の形状を新規ダムの場合とほぼ同様にすることができる。

旧堤体にドレーンが配置され、その機能が残存する場合、浸潤線の形状は、新・旧堤体のドレーンが接続する場合と接続しない場合で大きく異なる。新・旧堤体のドレーンが接続する場合、水平方向のドレーン長さが長くなることになり、かなり浸潤線を低下させることができる。

新・旧堤体ドレーンが接続しない場合、旧堤体に配置されたドレーンの影響でその付近の浸潤線は低下するが、逆に、下流法面付近では上昇する結果となった。この傾向は、旧堤体でのドレーン配置が長いほど顕著である(図-5参照)。すなわち、旧堤体のドレーン機能が残存する場合、これと新堤体に配置するドレーンを接続させ、下流への排水ルートを確認しなければ、下流法面のすべり安定性を損なうことが予測される。

新堤体の不透水ゾーンおよびドレーンの透水係数は 1×10^{-5} および $1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ とし、旧堤体の透水係数を 1×10^{-3} あるいは $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ と新堤体より大きくした場合、浸潤線がかなり高くなり下流法面のすべり安定性を損なう恐れがある。この場合は、たとえ、ドレーンを新堤体の下流法面始点から配置しても、下流法面付近の浸潤線が低下しない(図-6参照)。すなわち、下流側に新堤体を設けるアースダムの嵩上げでは、新・旧堤体の透水係数が異なり、かつ、旧堤体の透水係数の方が小さい場合、この差が1オーダー程度であっても、下流法面付近の浸潤線が低下せず、下流法面のすべり安定性を損なう可能性がある。このような場合は、下流側に新堤体を設けるよりも上流側に設ける方が有効であることが予測できる。

嵩上げダムの堤内浸透量は、新規ダムと同様、ドレーンと浸潤線の関係に対応し、ドレーンの堤敷投影長さが長くなると浸透量が大きくなるが、立上りドレーンが配置されてもその変化は小さい傾向を示した。

<参考文献>

- 1) (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
- 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

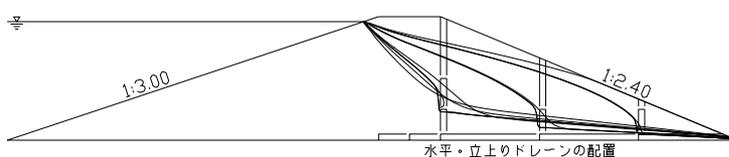


図-2 新規ダムの浸潤線(例:堤高20m)

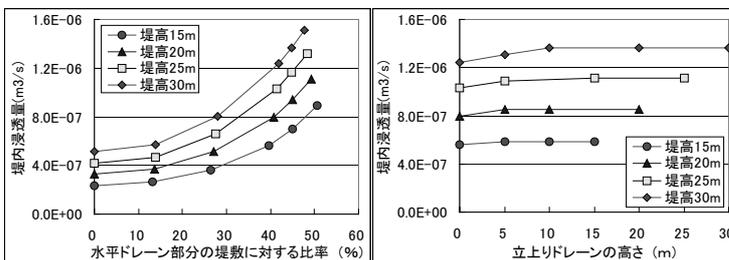


図-3 水平ドレーンと堤内浸透量の関係

図-4 立上りドレーンと堤内浸透量の関係

(下流法敷全面に水平ドレーンを配置)

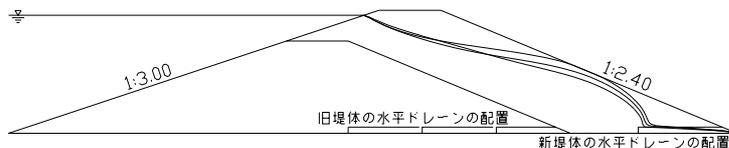


図-5 新旧堤体のドレーンが接続しない場合
(旧堤高15m・嵩上げ高5m)

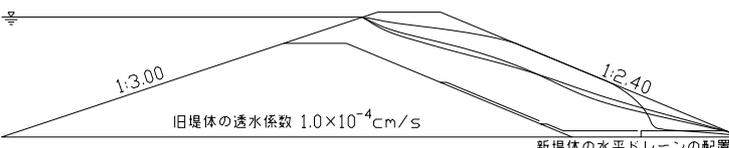


図-6 旧堤体の透水係数が新堤体より大きい場合
(旧堤高15m・嵩上げ高5m)