

修正震度法を用いたロックフィルダムの設計法に関する基礎的検討

独立行政法人土木研究所 正会員 ○坂本 博紀 正会員 大川 孝士
正会員 山口 嘉一 正会員 佐藤 弘行

1. 目的

現在, 公共事業のコスト縮減という社会的要請から, ロックフィルダムの設計・施工の合理化が求められている. 1991 年 6 月に策定された「フィルダムの耐震設計指針 (案)」¹⁾ (以下, 「指針 (案)」) は, 適用範囲が堤高 100m 程度以下のダムに限定されるものの, ロック材料などの粗粒材料の拘束圧依存性を考慮したせん断強度の評価方法や地震動に対する堤体鉛直方向の応答を考慮した震力係数を導入する修正震度法を用いることで, 現行の設計法である震度法と比べて, 強度と荷重に関してより実際に近い条件での照査法となっている. 本稿では, 将来的なロックフィルダムの設計法の合理化を見据え, 修正震度法を基に, 近年の地震データを用いた震力係数の見直しと併せてロック材料のせん断強度に材料安全率を設定してモデルダムに対する安定解析を実施し, 解析結果を現行設計法の震度法および現行照査法の修正震度法による解析結果と比較・分析することで, これらの解析条件が, 堤体のすべり安定性の評価に与える影響について検討した.

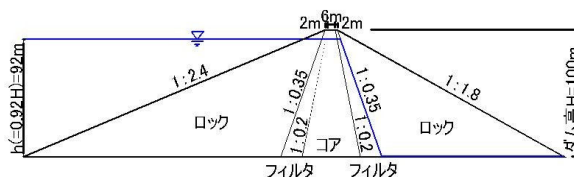


図-1 モデルダム断面 (H=100m モデル)

表-1 入力物性値一覧

ゾーン	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	飽和密度 ρ_{sat} (g/cm ³)	解析に用いる材料強度			
			$\tau = c + \sigma_n \tan \phi$		$\tau = A \sigma_n^b$	
			c (tf/m ²)	ϕ (°)	A (kgf, cm系)	b (kgf, cm系)
コア	2.220	2.230	0	35	—	—
フィルタ	2.130	2.240	0	36	—	—
ロック	2.141	2.312	0	43	1.639	0.812

表-2 解析ケース一覧

ケース名	解析方法	地震力	材料強度
ケース①	震度法	震度法による設計震度 (強震帯: $k=0.15$)	モール・クーロンの破壊基準による c 、 ϕ
ケース②	修正震度法 (指針(案))	指針 (案) の震力係数 ¹⁾ (H=50m, 100m) 委員会例示 (案) の震力係数 ²⁾ (H=150m)	Ab法 (ロック)
ケース③	修正震度法 (新手法) 材料安全率1.0	新手法による震力係数 ³⁾	Ab法 (ロック)
ケース④	修正震度法 (新手法) 材料安全率1.1	新手法による震力係数 ³⁾	Ab法 (ロック) 材料安全率1.1を考慮
ケース⑤	修正震度法 (新手法) 材料安全率1.2	新手法による震力係数 ³⁾	Ab法 (ロック) 材料安全率1.2を考慮

2. モデルダム形状と入力物性値

モデルダムの形状は堤高 $H=100\text{m}$ については, 震度法を適用して設計した断面として, 図-1 のとおりとした. $H=50\text{m}$, 150m のモデルダム形状については, 図-1 のモデルダム形状を基に堤高に比例する相似形状とした. 入力物性値は表-1 のとおりとした.

3. 解析ケース

本稿では堤高 $H=50\text{m}$, 100m , 150m のモデルダムについて, 表-2 に示す 5 ケースの安定解析を実施した. ケース①は現行設計法である震度法による解析である. ケース②は指針 (案) に従う修正震度法による解析で, 設計地盤震度 k_F は強震帯地域の 0.18, 堤体震力係数の分布は図-2 とした¹⁾. ただし, 指針 (案) は堤高 100m 程度以下のダムに適用されるため, ケース②の堤高 150m のモデルダムにはダム構造・設計等委員会フィルダム設計合理化検討分科会にて試算された堤高 110m ダムの震力係数²⁾ (以下, 「委員会例示 (案)」) を用いた. 委員会例示 (案) の震力係数は図-2 の k/k_F1 , k/k_F2 , k/k_F3 を図-3 の記載値としたもので, 指針 (案) の値よりも小さいことがわかる. なお, 委員会例示 (案) の震力係数は, 指針 (案) 策定後 10 年間の地震データを考慮して算定されたものである²⁾. ケース③～⑤は合理的設計法 (以下, 「新手法」) について検討するための解析で, 震力係数は, 近年の地震データを用いた震力係数の検討における中間的な結果³⁾から, 図-2 の k/k_F1 , k/k_F2 , k/k_F3 を堤高ごとに図-3 中の計算式に従い設定した. なお, 材料安全率は, 震度法で設計された既設ダムの試験値と設計値を用いて, 既設ダムの材料安全率の試算した結果を基に 1.0, 1.1, 1.2 の 3 ケースとし, これらをそれぞれケース③, ④, ⑤に用いた.

キーワード ロックフィルダム, 修正震度法, 震力係数, 材料安全率

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独) 土木研究所 水工研究グループ TEL: 029-879-6781

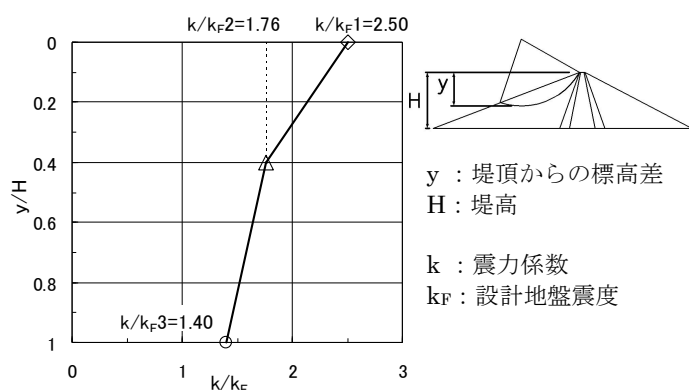


図-2 堤体震力係数

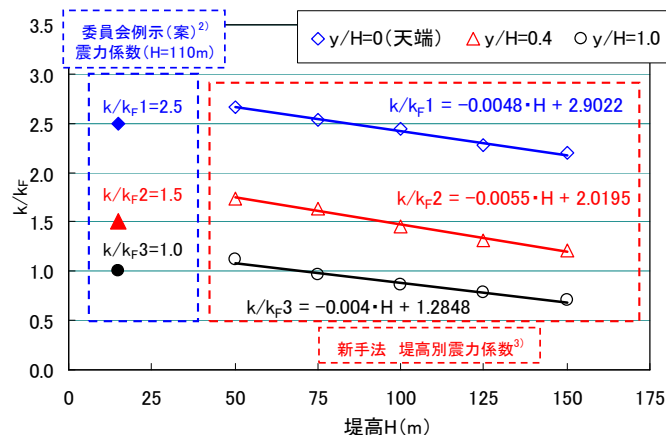


図-3 委員会例示(案)および堤高別の堤体震力係数

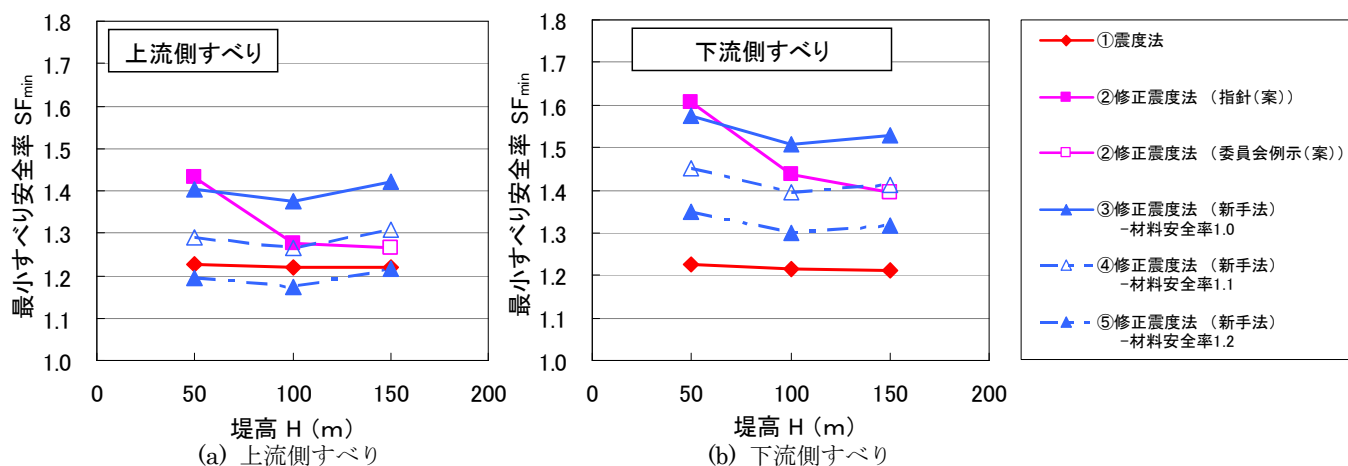


図-4 堤高と最小すべり安全率の関係

4. 解析結果

図-4に上下流側に分けて、各ケースの堤高Hと最小すべり安全率 SF_{min} の関係を示す。ケース①の震度法による解析結果は、堤高によらず SF_{min} はほぼ同じ値となっている。一方、ケース②の指針(案)による現行の修正震度法の解析結果では、堤高が高くなるにつれて SF_{min} が低下している。

ケース③～⑤の地震応答を踏まえて堤高ごとに震力係数を設定した新手法の解析結果では、堤高による SF_{min} への影響はケース②よりもかなり小さくなっている。

また、震度法(ケース①)の結果と新手法(ケース③～⑤)の結果を比較すると、新手法で材料安全率を上流側すべりで1.1～1.2の間の値、下流側すべりでは1.2より高い値で設定した場合に、震度法における設計断面と同程度のすべり安全率を確保することがわかる。今後は既設の多くのダムに対して同様な検討を実施して、合理的設計法における適切な材料安全率の設定のための基礎資料としていく必要がある。

5. まとめ

本稿ではロックフィルダムの合理的設計法の提案を見据え、修正震度法を基に、現時点における震力係数の見直し案とロック材料のせん断強度に材料安全率を設定した新手法によるモデル解析を行い、現行設計法である震度法で設計された断面の有する新手法における材料安全率について考察した。今後は適切な材料安全率と震力係数を設定するため、材料安全率について、応力-ひずみ関係や材料のバラツキなども考慮にいった検討を行うとともに、震力係数と材料安全率の関係を考慮した総合的な検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 建設省河川局開発課監修：フィルダムの耐震設計指針(案)，(財) 国土開発技術研究センター編集，pp.5-10, pp.43-48, 1991.6.
- 2) (財)ダム技術センター：ダム構造・設計等検討委員会フィルダム設計合理化検討分科会報告書，pp.40-41, 2001.3.
- 3) 大川孝士, 山口嘉一, 佐藤弘行, 坂本博紀：ロックフィルダムの堤高と震力係数の関係, 第46回地盤工学研究発表会講演集, 2011.7(投稿中).