

フィルダムの耐震性評価と耐震補強法の検討

(独) 農業・食品産業総合研究機構 農村工学研究所 正会員 ○谷 茂

(株) 竹中土木技術・生産本部 正会員 津國正二、(株) 竹中工務店技術研究所 正会員 塩見忠彦

1. はじめに

フィルダムの設計ではこれまで、堤体材料、構造計算法、施行方法について設計基準等に詳細に規定されている仕様設計で行われていた。発生頻度は低いが、1995年兵庫県南部地震のような地震動に対して、仕様設計の考え方で設計を行うには不合理な点もあり、兵庫県南部地震以降、構造物の性能のみを要求事項とする性能設計の考え方が取り入れられるようになってきた。本論文では、立地条件や機能によって高い耐震性能が求められるフィルダムを対象として、仮想のモデルフィルダムを対象に、①性能目標の設定、②地震時における現状の安全性評価、③耐震補強する場合の具体的な断面を仮定して地震時の安全性を検討し、性能目標を満足する補強方法について検討した。

2. 性能目標について

土構造物は一般に極限解析法で安定性の評価を行っているが、レベル2地震動を考慮した場合には、たとえば盛土では「安全率」が1.0を下回り、崩壊することになり、「どの程度危険なのか、安全なのか」が説明出来ない。このため性能目標として変位量を評価指標と考えると、そのために有限要素法解析による変位解析が必要になる。以下にフィルダムの場合の性能目標について述べる。

貯水構造物の要求される性能の指標としては天端沈下量が合理的と考えられる。ダムの機能の面から考えると、レベル2地震動に対しても貯水機能を保持出来る範囲の沈下量に納めなければならないことになる。貯水機能を最低限保持するためには貯水が堤体を越流しないことが必要になり、地震による波収まればよいことになる。余裕高さの式はダム設計基準に定められている。この式から求まる数値が許

容沈下量となり、堤高にかかわらず最低1.0m以上は確保されている。大きな変形が生じると、クラックの発生、すべり、パイピングなどいろいろな箇所に被害・変状が出る可能性、また地震後にはすぐに決壊しなくとも、パイピング現象が進行し、決壊に結びつく現象が報告されていることから、安全側の判断として堤高にかかわらず概ね1.0mぐらいを目安と考えたが、解析精度を考慮し、さらに×50%とした、安全側の0.5mを性能目標とした。

3. 解析事例

解析は図-1に示す仮想のモデルフィルダムを対象に、図-2に示す3つの地震波(照査用下限加速度応答スペクトル¹⁾に適合する地震波、八戸波NS成分の位相特性を用いて作成した地震波(八戸波)および仮想サイトでのシナリオ地震動)を入力地震動とした場合について動的応答解析を行った。動的解析時の土の構成式はMohr-Coulombモデルである。

図-3は耐震補強対策の検討で用いた3断面を示している。補強断面表-2に示すように、①は押え盛土の天端幅5.0m、高さ34.5m、法面勾配は上流側1.0:4.0、下流側1.0:3.3。補強断面②は押え盛土の天端幅5.0m、高さ34.5m、法面勾配は上下流共に1.0:4.0で途中に幅15mの小段を設ける。補強断面

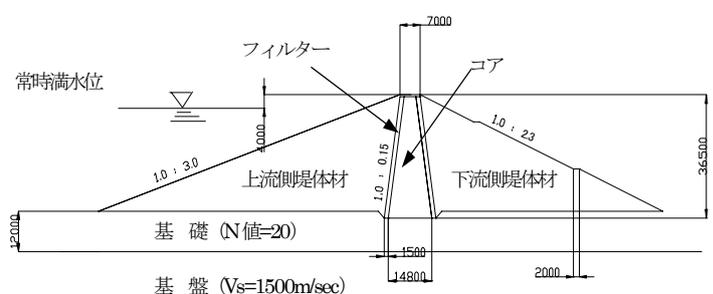


図-1 モデルフィルダムの標準断面

キーワード フィルダム、性能設計、耐震補強

連絡先 〒305-8609 つくば市観音台2-1-6 (独) 農研機構農村工学研究所施設資源部

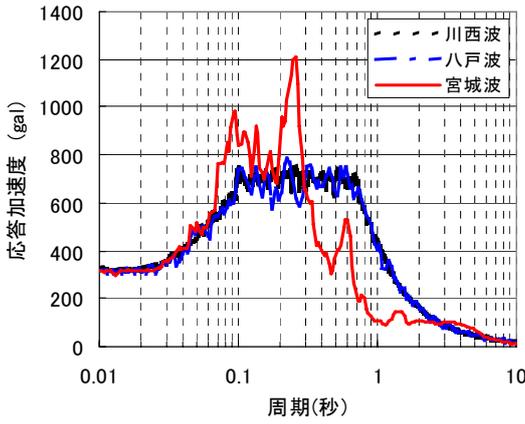


図-2 加速度時刻歴と加速度応答スペクトル

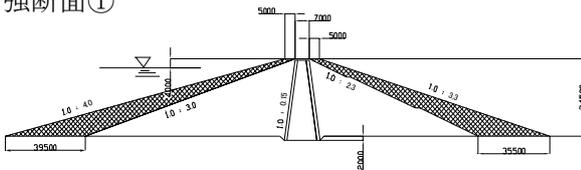
表 1 補強断面の諸元

	補強断面①	補強断面②	補強断面③
補強方法	押え盛土	押え盛土	改良土
補強後の天端幅	17m	17m	7m
上流側法勾配	1.0 : 4.0	1.0 : 4.0	1.0 : 3.3
下流側法勾配	1.0 : 3.3	1.0 : 4.0	1.0 : 2.3
補強位置	既設の外側	既設の外側	既設の内側

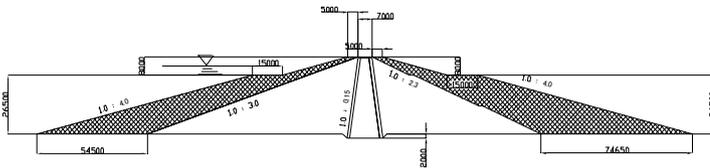
表 2 解析で用いた地盤定数

材料区分	N 値	Vs(m/sec)	飽和密度 (t/m ³)	内部摩擦角 φ (°)	粘着力 C(kN/m ²)
堤体材	8	170	1.86	32	5
コア	4	133	1.74	28	10
フィルター	-	-	2.17	40	0.1
基礎	20	237	2.1	32.3	0.1
基盤	-	1500	2.2	-	-
改良土	-	-	1.86	10	50

補強断面①



補強断面②



補強断面③

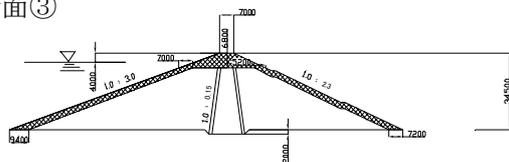


図-3 モデルフィルダムおよび補強後の標準断面

③は既設堤体の内側を改良土で置き換えたものである。補強断面①と補強断面②の押え盛土の材料は堤体と同じ材料を用いた。補強断面③の改良土には低強度の改良土を用いた。表-2には解析に用いた土質定数を示した。

次に解析結果について述べる。FEM 動的解析で得られた堤体天端での最大沈下量を表-3に示す。補強前では宮城波以外では沈下量が 50cm 以上となり性能目標をクリアできないが、補強後ではどの補強方法でも満足する。

耐震補強効果が最も高いのは、既設堤体の内側を改良土で置換えた補強断面③では、無対策のモデルダムの断面と比較して最大沈下量は 1/3 強にまで低減している。押え盛土で耐震補強をした補強断面①と補強断面②を比較すると、下流側の法勾配が補強断面①と比較して緩く、幅 15m の小段を設けていて押え盛土の断面が大きい補強断面②の方が、耐震補強効果は高くなっている。

また加速度応答スペクトルが同じでも、八戸波より川西波での沈下量が大きいことから、位相の差が解析結果に表れることが分かる。宮城波を用いた場合の沈下量が他の地震波を用いたときに比べ小さいのは、水平一次の固有周期 0.704 秒付近のパワーが、八戸波と川西波に比べて小さいためであると考えられる。

表 3 FEM 動的解析での堤体天端最大沈下量

地震波	堤体天端の最大沈下量 (m)		
	川西波	八戸波	宮城波
無対策	0.676	0.606	0.268
補強断面①	0.507	0.433	0.146
補強断面②	0.384	0.326	0.073
補強断面③	0.244	0.242	0.102

3. まとめ

本論文ではフィルダムのレベル 2 地震動における性能目標の設定、モデルフィルダムの耐震診断および耐震補強対策工について解析的に検討した。

参考文献；

- 1) 土木研究所(2005)：大規模地震に対するダムの耐震性能照査に関する資料、国土技術政策研究所資料,244、10-12