

Ⅲ - B305

ロックフィルダムの耐震設計の流れと評価項目に関する考察

電力中央研究所 正 岡本敏郎

1.はじめに

兵庫県南部地震によるフィルダムの被災や挙動に関する情報は2つある。1つは喜撰山ダム¹⁾であり、地震時の応答加速度が基盤で約80ガル、天端で約400ガルというが、被害は全くみられないということである。もう1つは、淡路島にある3つのフィルダムであり、観測が十分でないので詳細は不明であるが、特に大きい被害は見られていないと言われている。また長野県西部地震での牧尾ダムでは計器が振り切れたものの、天端付近のコア部の亀裂が堤軸方向に約2mの深さで入っただけで修復を行ったという。以上から現時点では、これまで言われてきたようにフィルダムの高耐震性がうかがわれるものの、ダム近傍に断層がある場合の強地震動に対する研究が必要である。一方、兵庫県南部地震後土木学会は以下の提言を行った²⁾。すなわち、水平震度の割り増しを含む耐震基準の見直しを行うこと、発生確率は低い極めて激しい地震も含め2段階の設計用地震を考慮すること、である。このため特に極めて激しい地震に対する検討が重要となり、ここではこのときのフィルダム耐震設計の流れと地震応答計算時の評価項目について基本的考えを示したい。

2.耐震設計の流れと評価項目

(1) 震度法との関係

従来の震度法による設計ではフィルダムで0.12~0.20の水平震度となっているが、実際には大規模ダムで0.15~0.18を用いることが多い。特に最近では地震が多い地帯では0.18を採用しているようである。しかしこの根拠は明確でなく、0.20では斜面がもたなく設計が不可能となるが多くなるため、0.20より小さく、従来多く用いていた0.15を割増した、のが実情であろう。これまでダムの設計は歴史地震を中心とした方法のため、最近の地震力の見直しは活断層などによる評価を取り入れていかねばならず、安全側の設計とする必要があったことも背景にあるといえるだろう。このような流れでは、静的震度法だけでなく、やはり地震応答という動的面から設計していくことが順当な合理的な方法といえる。しかし従来の震度法は断面を決定する方法として位置づけられ、動的解析による地震時安定性を特に応力の大きさや機能面から検討するとして全体の整合をとっていく必要がある。

(2) 入力地震動と安定性評価の考え方

上述のように入力地震動は、これまでダムの設計で用いられてきた歴史地震を中心として求められた標準的設計地震³⁾、活断層や地震地体構造を考慮した想定限界地震⁴⁾の2種類が考えられる。したがってこれらを使った地震応答解析結果の評価が重要となる。これまで実施してきた標準的設計地震を用いた地震応答解析では想定すべり面での安全率が1.20以下となることを確認してきた。よって今後もこのような評価を行うとし、想定限界地震を用いた地震応答解析では応力の大きさや機能を中心として評価することが考えられる。これまで提案されている地震応答解析の方法を組合せて、手法を中心とした耐震設計の基本的流れをまとめると図1のようになる。

(3) 限界地震時の安定性評価法

地震時応力の大きさによる安定性評価ではやはり想定すべり面での安全率を考えることができるが、基準安全率は1.20以下1.00以上となり、限界地震を用いたときにどの基準安全率が最も合理的か明瞭でない。安全側の設計検討では1.20とすることが考えられるが、確率的に非常に低い地震力を考えた場合の安定性としては大きすぎると思われる。極論すれば、1.00を下回らなければよいのであるが、具体的には瞬時に1.00を下回る場合などをどうするか検討を要する。したがって現在のところこの方面だけから安定性を合理的に評価することはできない。

フィルダム、耐震設計、安定性評価項目。我孫子市我孫子1,646 Tel.0471-82-1181 Fax.0471-84-2941

次に、機能を考えて見る。ダムの機能は貯水であるので、これに悪影響がある現象に対し検討すれば良い。ロックフィルダムの地震時崩壊のモードはこれまでの地震応答解析や振動台実験によると、天端近くのロック部の表層すべり、天端コア部の引張亀裂が代表的である。これらの他に地震時の現象として生じるものを考えると、せん断応力増大による斜面の崩壊、コア部での地震時強度低下と沈下、ダム堤体と基礎の間の地震時不同変位による遮水性の低下などがある。これらは斜面の安定性と遮水性の2つに大きく別れる。よってまずこれらについて機能上の検討をすればよいが、斜面が壊滅的崩壊をしないことを調べ、次に遮水上の問題が残っていないか検討する、という順番が考えられる。

(4) 安定性評価項目

以上により安定性評価項目については以下のものが考えられる。

- (1) 局所的破壊：局所安全係数が1.0以上あること、強度の定義によっては地震時変形の検討が可能
- (2) 全体的破壊：仮想すべり線に沿う安全率が1.2（限界地震では1.0）以上あること
- (3) 地震時および地震後変形：これらが十分小さいこと（過剰間隙水圧量が十分小さいこと）
- (4) 亀裂：天端付近のコア部の引張応力による亀裂の大きさを確認すること（特に上下流断面）
- (5) 不同変位：着岩部などで不同変位が十分小さく、遮水上の問題がないこと

さらに具体的には原子力発電所の立地多様化技術第2編第四紀地盤立地⁵⁾における安定性評価手法を取り入れることが可能である。遮水性検討に関するダム堤体と基礎の間の地震時不同変位については三次元的になり詳しくわからないが、岩盤を不動点としてアバット近傍のコア部の挙動は二次元断面の挙動と同じとすれば最大の不同変位は検討できる。また修復可能かどうかという視点も重要となる。以上の議論を整理すると図2のような関係となる。このとき、等価線形解析の限界、残留変形の計算法などの検討項目がある。鉛直地震力については5)によれば静的に加える。

3. おわりに

地震応答解析が行われてから大分時間が経過しているが、非線形解析法の開発が一段落した現在、今後はここで示した耐震設計や評価の流れの詳細検討と設計基準への採用が望まれる。

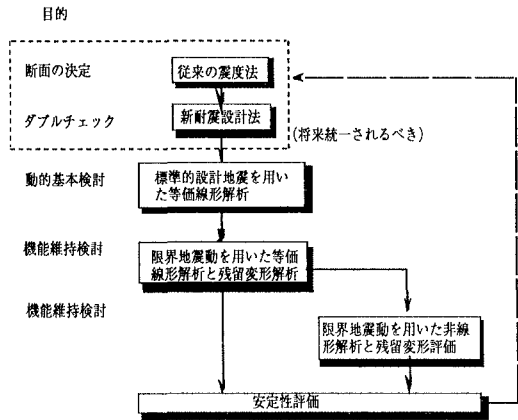
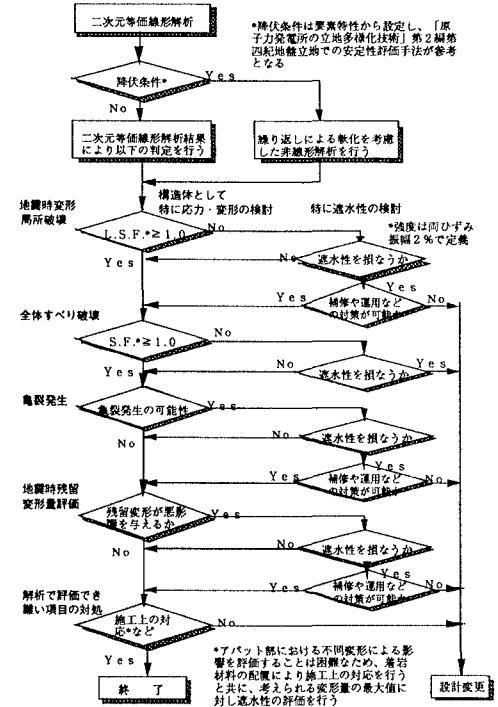


図1 安定性評価手法による耐震設計の流れ

図2 限界地震時の安定性評価項目とその流れ



参考文献

- 1)土木学会誌、2) 土木学会、3) 大ダム会議：ダム設計基準、4) 土木学会；原子力発電所の・・・、5)土木学会編