

新潟県中越地震時の観測波を用いたロックフィルダムの耐震性能照査解析

独立行政法人土木研究所 (正)山口 嘉一, (正)佐藤 弘行, ○(正)富田 尚樹 西日本技術開発(株) (正)水原 道法

1. はじめに

現在わが国におけるダムの耐震設計は、『河川管理施設等構造令』¹⁾ (以下、「構造令」という。)に基づき、「震度法」¹²⁾により行われている。この震度法で設計されたわが国のダムは、兵庫県南部地震や鳥取県西部地震などを含めた大規模地震において、その安全性が損なわれるような被害を被っていない。また、2004年10月23日に発生した新潟県中越地震においても、国土交通省系のダムではその安全性が損なわれるような被害を被っていない。この新潟県中越地震では、ダムサイトにおいて最大加速度500galを越える地震動が観測された。

本論文では、新潟県中越地震にダムサイトで観測された地震動が、ロックフィルダムの安定性(耐震性能)に与える影響を分析することを目的とし、堤高50m、100mおよび150mのロックフィルダムのモデルダムを対象に、動的解析とNewmark法を組み合わせることでこれら地震動に対するすべり変形量を算出し、その安定性に及ぼす影響について考察を行った。

2. 解析モデルとすべり変形解析方法

解析モデルは、図1に示す堤高H=50m、100mおよび150mの中央土質遮水壁型ロックフィルダムとした。また、ロックゾーンの上下流斜面勾配は、現行設計法である震度法^{1), 2)}によるすべり安定解析で、強震帯における震度k=0.15を与え、貯水位は堤高Hの92%(0.92H)(常時満水位相当)という条件で最小安全率がほぼ1.2(ただし1.2以上)になる勾配とした。断面決定に用いた物性値のほか、以下の動的解析に用いる物性値なども含めて、我が国のロックフィルダムの標準的な堤体材料と判断した七ヶ宿ダム³⁾の物性値や設計値を基本として設定した。

ここでは、複素応答法による等価線形解析により、入力地震動に対する堤体の応答加速度の時刻歴を求めた。そのうえで、設定したすべり土塊の入力地震動に対する応答加速度の平均値の時刻歴を求め、Newmark法^{4), 5)}によりすべり変形量を算出した。

断面決定、動的解析およびすべり変形量算出に用いた入力物性値は筆者らの既往の研究⁶⁾において用いたものと同じとした。

検討の対象とするすべり円弧は、図2に示す、上流側・下流側それぞれ20円弧とした。4つの設定円弧グループにおいて、それぞれ円弧の無次元高さy/Hを0.2、0.4、0.6、0.8および1.0の5円弧設定した。ここに、yは天端から円弧最深部までの深さである。

入力地震動は、図3に示す、新潟県中越地震時に川西ダムで観測された上下流方向の地震動(以下、地震動と略称する)⁷⁾、鯖石川ダムおよび新山本調整池で観測された地震動、また、比較のために兵庫県南部地震時に箕面川ダムで観測された地震動の最大加速度が500galになるように振幅のみを引き伸ばした地震動および鳥取県西部地震時に賀祥ダムで観測された地震動を用いた。なお、新山本調整池における観測地震動は余震時のものであること、751galという最大加速度は極めて高周波のスパイク状の波形によっていることに留意されたい。それぞれの地震動の減衰定数 $k=5\%$ とした加速度応答スペクトルを図4に示す。地震動の加速度時刻歴の正の符号は、下流方向への加速度を表す。

貯水位は常時満水位相当として、堤高Hの92%に相当する水位とした。

3. 解析結果

堤高と最大すべり変形量の間を関係を図5に示す。最大すべり変形量は、ロックフィルダムの耐震性能を評価するにあたり重要なパラメータであり、ここでは上流側に設定した20円弧で算出したすべり変形量の最大値である。なお、上流側斜面の方が下流

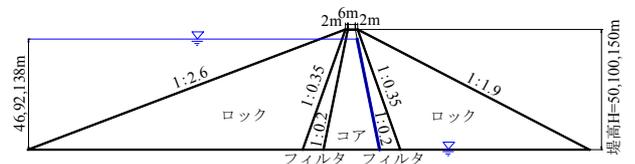


図1 解析モデル

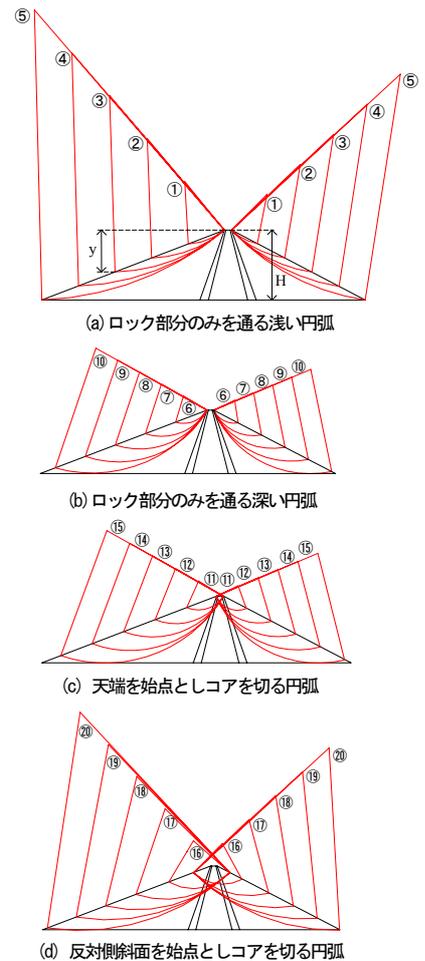


図2 解析の対象とした円弧

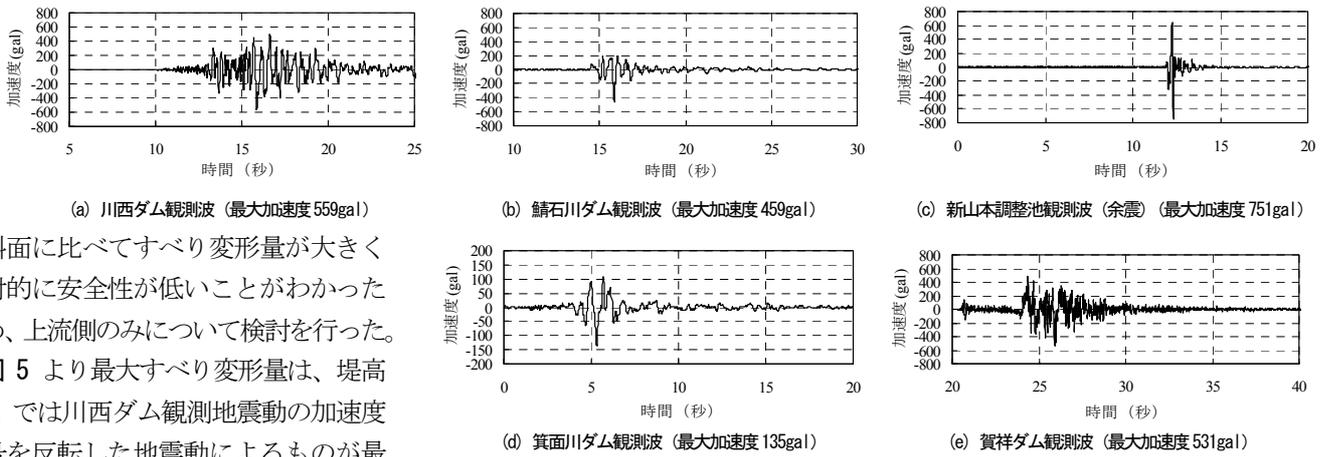


図3 入力地震動

側斜面に比べてすべり変形量が大きく相対的に安全性が低いことがわかったため、上流側のみについて検討を行った。

図5より最大すべり変形量は、堤高50mでは川西ダム観測地震動の加速度符号を反転した地震動によるものが最も大きく18.5cm、堤高100mおよび150mでは、箕面川観測地震動（引き伸ばし）の加速度符号を反転した地震動によるものが最も大きく、それぞれ17.1cm、22.4cmである。これらの最大すべり変形量は、耐震性能上全く問題ない値である。なお、鯖石川ダム観測地震動、新山本調整池観測地震動、賀祥ダム観測地震動、およびそれらの加速度符号を反転した地震動によるすべり変形量は、どの堤高においても5cm以下である。最大すべり変形量は、箕面川ダム観測地震動を反転した地震動とそうでない地震動、および賀祥ダム観測地震動では円弧⑫、それ以外の地震動ですべりが発生したケースでは全て円弧⑪において発生しており、いずれの円弧も天端下流端を始点とし、コアを切る高い標高に位置する円弧において発生している。

加速度応答スペクトルと、堤体の1次固有周期の関係は図4に示すとおりである。この図から、箕面川ダム観測波については、堤高が50、100、150m

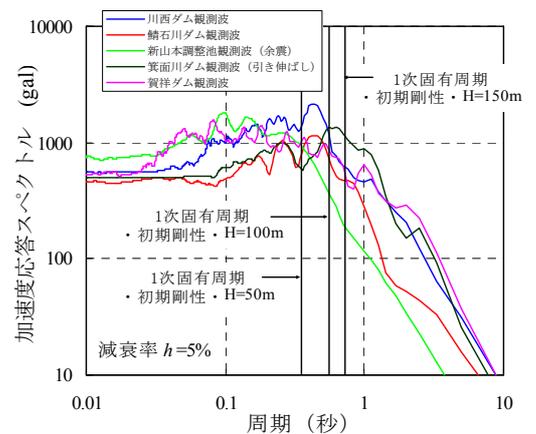


図4 加速度応答スペクトルと堤体の一次固有周期

と大きくなると1次固有周期での加速度応答スペクトルは大きくなり、川西ダム観測波については、堤高が50、100、150mと大きくなると1次固有周期での加速度応答スペクトルは小さくなっている。また、賀祥ダム観測波については、堤高が50、100、150mと大きくなると1次固有周期での加速度応答スペクトルは小さくなっている。これらのことから、入力地震動により、最大すべり変形量に差がでていることは、これらの入力地震動の周波数特性と関係していると考えられる。

4. まとめ

新潟県中越地震で観測されたこれらの地震動に加えて、最大加速度500gal程度である、過去にダムサイトで観測された実地震動や引き伸ばし波を用いて、ロックフィルダムの耐震性能照査をモデルダムを用いて実施した。その結果、これらの地震動に対して、現行の設計基準に従って設計されたロックフィルダムは耐震性能を確保できることがわかった。

最後に、JR 東日本には、本研究についてご理解を賜り、新山本調整池の観測波のデータを提供いただいた。ここに、記して感謝します。

最後に、JR 東日本には、本研究についてご理解を賜り、新山本調整池の観測波のデータを提供いただいた。ここに、記して感謝します。

参考文献

- 1) (財) 国土技術研究センター：改定 解説・河川管理施設等構造令，(社) 日本河川協会，2000.1
- 2) 建設省河川局監修：改訂新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説，設計編 [I]，(社) 日本河川協会，1997.10
- 3) 松本徳久、安田成夫、大久保雅彦、境野典夫：セツ宿ダムの動的解析，建設省土木研究所資料，第2480号，1987.3
- 4) 舘山 勝、龍岡文夫、古関潤一、堀井克己：盛土の耐震設計法に関する研究，鉄道総研報告，Vol.12，No.4，pp.7~12，1998.4
- 5) (財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計・同解説耐震設計，1998.11
- 6) 山口嘉一、富田尚樹、水原道法：ロックフィルダムの地震時すべり変形量に関する検討，ダム工学，Vol.15，No.2，pp.120~136，2005.6
- 7) 新潟県中越地震ダム工学会災害調査団：新潟県中越地震に関するダム工学会災害調査団調査報告，ダム工学，Vol.14，No.4，pp.283~296，2004.12

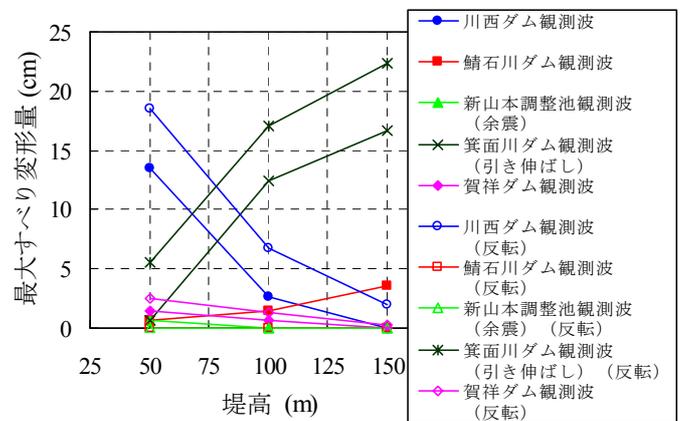


図5 堤高と最大すべり変形量の関係