

兵庫県南部地震におけるフィルダム堤敷の観測波からの基盤入力波の推定

建設省土木研究所 正会員 井根 健  
 建設省土木研究所 正会員 岩下 友也  
 建設省土木研究所 正会員 吉田 等

1. まえがき

ダムの耐震性を動的応答解析により検討する際に、入力地震動がその応答に及ぼす影響は大きい。ダムサイトとなり得るような硬質岩盤でこれまでに観測された強震記録は少なく、従来の動的解析では、既設ダムの底部監査廊で得られた記録を調整したものをダム基盤の入力波としていることが多い。しかし、この監査廊で得られた記録は、地盤とダムの動的相互作用によるダム堤体内の波動の影響を受けた反射波により、ダムの固有周波数近傍のスペクトル成分が減少した波形となる<sup>1)</sup>。動的解析において基盤入力を行う場合は、監査廊の観測記録から地盤とダムの動的相互作用の影響を取り除き、入射波だけの基盤における入力波に引き戻す必要がある。

本研究では、兵庫県南部地震において震源断層近傍に位置していた箕面川ダムの底設監査廊で観測された記録を用いて、ダムと地盤の動的相互作用の影響を取り除いたダム基盤での入力波の推定を試みた。

2. 箕面川ダムの概要

対象とした箕面川ダムは、堤高 47.0m の中央土質コア型ロックフィルダムである。ダム基礎の地質は中古生層である丹波層群の砂岩、粘板岩よりなり、弾性波速度  $V_p$  が 4km/s 程度の堅固な岩盤である。当ダムは兵庫県南部地震の震央から 48km、地震当日の余震域の東端より北東 11km の位置にある。監査廊に設置された地震計で最大水平加速度 135gal を記録した。

3. 基盤入力波推定の解析手法および解析モデル

ダムと基礎岩盤をダム軸直交方向の標準断面を対象として 2次元 FEM によりモデル化した。解析はプログラム DINAS による複素応答法で、解析対象周波数は 20Hz 以下とした。解析により求まる基盤底面の入力に対する監査廊での伝達関数で監査廊観測波のスペクトルを割ることにより、基盤スペクトルを求めた。それを逆フーリエ変換することにより基盤底面の入力波を推定した。なお、監査廊での観測記録は、水平動入力と上下動入力が同時入力された場合の連成した応答であるが、ここでは簡便に水平動入力に対しては水平方向の伝達関数を、上下動入力に対しては上下方向の伝達関数だけを考慮することとした。

解析モデルおよび物性区分を図-1に示す。基礎岩盤は厚さが 50m、S 波速度  $V_s$  が 1800m/s の均一の物性でモデル化した。基礎岩盤の側方および底面に粘性境界を設定した。物性値は、当ダムの堤体材料を用いた室内試験結果と現場施工管理試験結果から決定した。その物性を用いて得られたダムの固有周波数が、常時微動計測および地震記録から得られた固有周波数と一致しており、モデルの妥当性は確認した<sup>2)</sup>。予備解析として、等価線形手法によりダム敷を固定境界として監査廊での観測記録を入力した場合、天端での実測応答を十分に再現することが出来た<sup>2)</sup>。そこで、伝達関数の算出には、予備解析における堤体部の等価線形収束物性値を堤体材料の非線形挙動時の動的物性として使用し、線形解析により求めた。

4. 基盤入力波の推定

(1) 監査廊における伝達関数

解析により得られた監査廊におけるダム軸直交方向および上下方向入力に対する、それぞれ

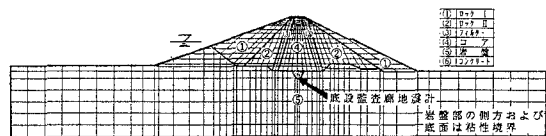


図-1 解析モデル

【キーワード】 フィルダム、入力地震動、基盤、兵庫県南部地震

【連絡先】 〒305 茨城県つくば市大字旭1番地 TEL 0298-64-4326 FAX 0298-64-2688

の方向での伝達関数を図-2に示す。ダム軸直交方向の伝達関数では3Hz付近、上下方向では4Hz付近に落ち込みがある。これは兵庫県南部地震時における堤体のダム軸直交方向、および上下方向のダムの1次固有振動数(2.9Hz, および4.2Hz)<sup>2)</sup>に一致している。

(2) 推定基盤入力波

図-2の伝達関数を用いて監査廊の地震記録から逆算した推定基盤入力波と監査廊での観測波の加速度時刻歴、および加速度フーリエスペクトルを図-3に示す。推定基盤入力波と監査廊観測波の時刻歴は、全体的にそれほど差はなく、基盤底面から監査廊までの波動の到達時間のずれが0.03sec程度見受けられる。最大加速度は、ダム軸直交方向で観測値が135galに対し推定基盤波が137gal、上下方向で観測値が80galに対し推定基盤波が89galとなった。

加速度フーリエスペクトルでは、ダム軸直交方向の3Hz付近、上下方向の4~5Hz付近で

推定基盤入力波は、観測記録よりも大きくなっている。これは、先にも述べたように、ダム堤敷ではダムの固有周波数付近での応答が小さくなることに起因している。ダム軸直交方向での観測記録はダムのダム軸直交方向1次の固有振動数である3Hz付近での入力エネルギーが小さいため顕著な差が出なかったが、上下方向では上下方向の1次固有振動数である4~5Hz付近の入力エネルギーが大きいため顕著な差がでた。

(3) 天端応答の整合による照査

推定した基盤波を図-1のモデルの基盤底面に入力し、ダム堤体部を等価線形手法により天端の応答を解析し、ダム軸直交方向について天端観測波と比較した結果を図-4に示す。解析結果は、最大加速度は少し大きめであるが、観測波をよく再現している。

5. まとめ

兵庫県南部地震において震源断層近傍に位置した箕面川ダムの底設監査廊での地震記録をもとにして、ダムと基礎岩盤の動的相互作用を取り除いた基盤入力波を作成した。これは、硬質岩盤上の構造物の動的解析に有用なデータとなる。今後この手法を用いてダム基盤の入力波を推定できるものと考えられる。特に、観測記録がダムの固有周波数付近のエネルギーを大きく含む波形の場合は、この手法は有効であると思われる。

(参考文献)

- 1) 例えば、中村昭ら：ロックフィルダムの地震時観測記録とその動的解析 -三保ダムを事例として-，土木研究所資料，第3228号，1994年1月
- 2) 岩下友也、吉田等：ロックフィルダムの実測地震応答解析とすべり安定性の評価 -兵庫県南部地震における箕面川ダムの挙動-，ダム技術，No.126,pp.27-35,1997年3月

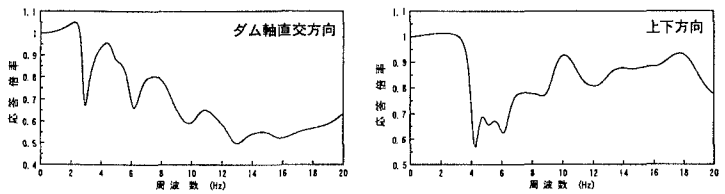


図-2 底設監査廊における伝達関数

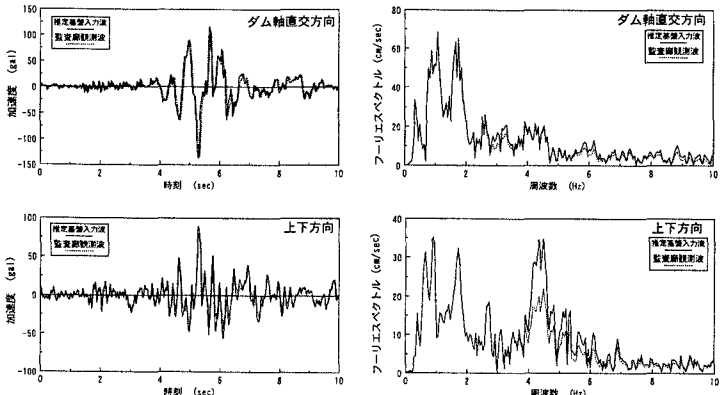


図-3 基盤入力波の加速度時刻歴および加速度フーリエスペクトル

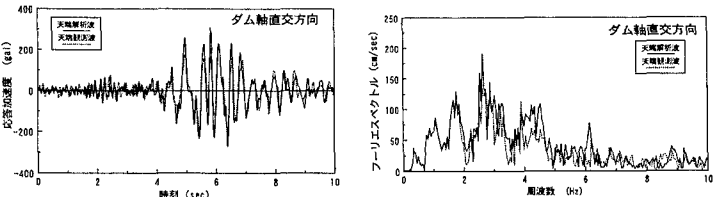


図-4 天端における解析結果と観測波の比較