

ダム門柱の入力加速度の推定における簡易三次元モデルの有用性

東電設計株式会社
東京電力ホールディングス株式会社

正会員 ○松本 陽介
正会員 栗田 哲史
正会員 恒川 明伸

学生会員 岩本 哲也
非会員 中野 靖

1. はじめに

ダム門柱の耐震性能照査を動的非線形解析で行うためには、門柱の解析モデルに入力する加速度時刻歴波形が必要となる。門柱の入力加速度を求める方法としてダムの三次元動的解析が候補として挙げられるが、モデル化に多くの時間と労力を要することが課題となる。そこで、ダム形状を詳細と簡易にモデル化した場合の動的解析結果を比較し、門柱の入力加速度を推定するためのモデルとして簡易なモデルの有用性を検討する。

2. ダムの諸元

検討の対象としたダムは堤高 75.5m、堤頂長 177.0m の重力式コンクリートダムである。ダム天端には 2 門の洪水吐ゲート（ローラーゲート、高さ：8.354m、幅：6.500m）が設置されている。また、堤体の 3 箇所（天端、監査廊、基礎）に地震計が設置されている。

3. 解析モデル・解析条件

図-1 に示すモデルはダムや関連構造物の形状を可能な限り設備図面通りにモデル化している（以下、詳細モデル）。ダム本体の他に門柱やゲートもモデル化の対象とした。図-2 に示すモデルは堤体と岩盤の形状を簡略化したモデルである（以下、簡易モデル）。堤高や堤頂長等の基本寸法は設備図面に合わせているが、堤体や岩盤の形状は直線でモデル化することを基本とし、越流部等の複雑な形状は省略した。門柱やゲートはモデル化していない。なお、両モデルとも貯水池は非圧縮性流体でモデル化した。基礎岩盤の底面と側面には、粘性境界を設定した。

動的解析用物性値を表-1 に示す。詳細モデルと簡易モデルの物性値は共通である。ダムと岩盤の弾性係数は、ダム天端と基礎の地震観測記録より求めた上下流方向の 1 次固有振動数が再現できるよう、同定解析から決めた値である。減衰はレイリー型減衰を使用し、ダムの上下流方向の固有振動数で 5～10% となるように設定した。

検討用地震動は下限スペクトル適合波（PGA300gal）である。モデルの基礎岩盤下流端で検討用地震動となるよう引き戻した波形をモデル底面より入力した。なお、水平 2 方向同時加震とし、鉛直動は入力していない。

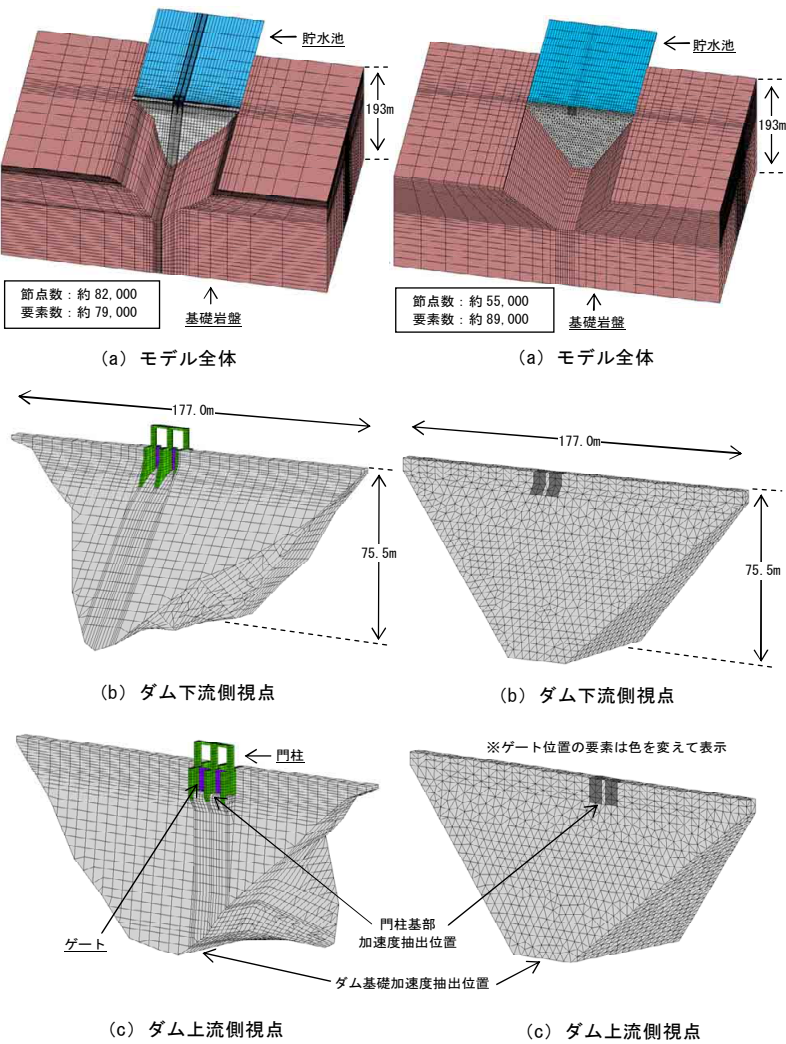


図-1 三次元 FEM 解析モデル
（詳細モデル）

図-2 三次元 FEM 解析モデル
（簡易モデル）

表-1 解析用物性値

項目		ダム	岩盤	備考
単位体積重量	kN/m ³	23.9	27.2	建設記録より設定
弾性係数	N/mm ²	30,000	20,000	同定解析より設定
ポアソン比	—	0.2	0.3	一般値

キーワード ダム門柱、三次元動的解析、入力加速度、耐震性能照査

連絡先 〒135-0062 東京都江東区東雲 1 丁目 7 番 12 号 東電設計株式会社 TEL 03-6372-5111

4. 解析結果

最大応答加速度分布を図-3 に示す．簡易モデルの加速度が若干小さいが，両モデルの加速度分布は良く似ている．簡易モデルの加速度が小さくなった原因として，越流部周辺のモデル化を簡略化した影響が考えられる．

応答加速度の時刻歴波形を図-4 に示す．門柱の解析モデルに入力する加速度の候補となる門柱基部の加速度時刻歴波形は，両モデルでほぼ一致していることが分かる．

門柱基部とダム基礎の加速度応答スペクトル（減衰 5%）を図-5 に，加速度応答スペクトル比（門柱基部／ダム基礎）を図-6 に示す．両モデルの加速度応答スペクトルや加速度応答スペクトル比は概ね一致している．なお，詳細モデルでモデル化した門柱の固有周期は上下流方向が 0.11 秒，ダム軸方向が 0.16 秒である．

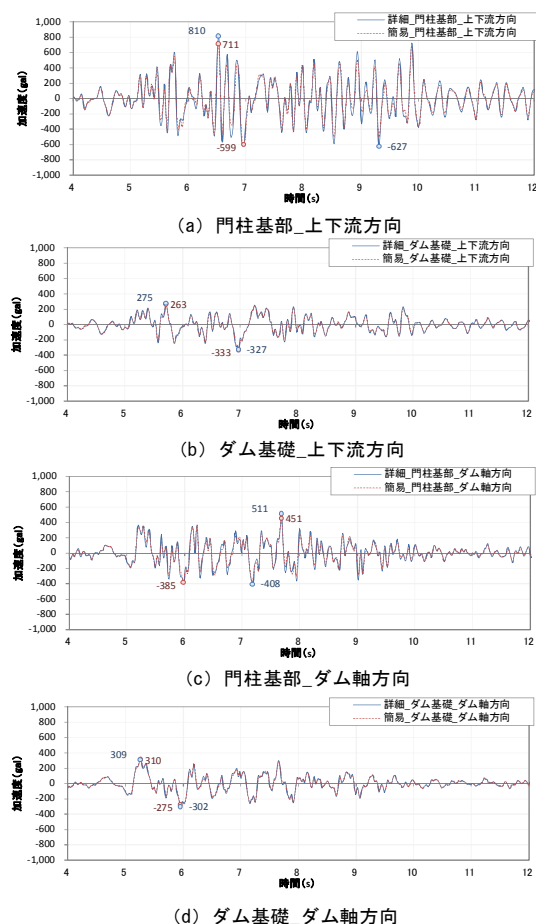


図-4 応答加速度の時刻歴波形

5. 簡易モデルの有用性について

簡易モデルより求めた応答加速度は詳細モデルに比べてやや小さくなる結果となったが，簡易モデルは次の理由により有用なモデルであると考えられる．

- 簡易モデルはダムの大局的な加速度の増幅が表現できている．
- 門柱基部の応答加速度時刻歴や加速度応答スペクトルは，詳細モデルと簡易モデルで概ね一致する．
- 簡易モデルは着岩部や門柱，洪水吐きゲート等の複雑な形状のモデル化を省略できるため，詳細モデルの 1/10 程度の時間でモデル作成が可能となる．

6. まとめ

堤体や岩盤の形状を簡易にモデル化した場合でも，詳細にモデル化した場合に近い精度でダム門柱位置の加速度を求めることができた．この簡易モデルは，地震観測記録を用いてダムの増幅特性が推定できない地点や，二次元解析で振動特性の再現が難しい V 字谷に建設されたダム等を対象とする場合に特に有用と考えられる．

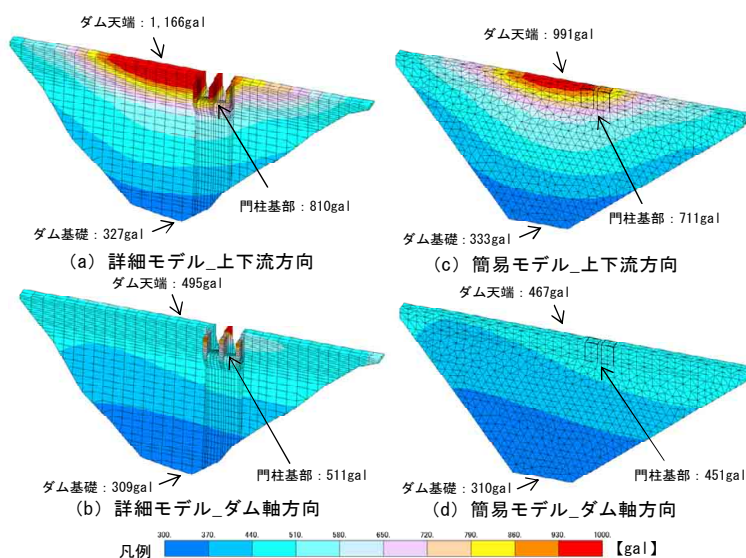


図-3 最大応答加速度分布

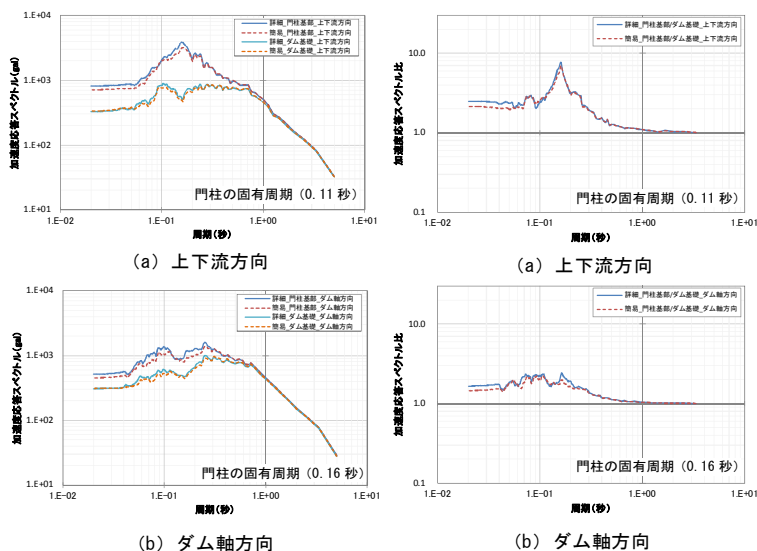


図-5 加速度応答スペクトル

図-6 加速度応答スペクトル比