

地震時挙動の再現解析によるダムピアのモデル化手法に関する検討

関西電力株式会社 正会員 ○大坪 祐介
関西電力株式会社 正会員 松岡 賢樹
関西電力株式会社 正会員 有光 剛

1. 目的

大規模地震に対するダムの耐震性評価においては、ダム堤体の評価のみならず、貯水をコントロールする機能を持つ付属構造物である洪水吐ゲート、およびゲートを支持するダムピアの評価も行う必要がある¹⁾。耐震性評価を行う主な手法となる動的解析を行う際には、解析モデルに対象となる構造物の振動特性を適切に反映することが重要である。著者らは、これらの付属構造物の地震時挙動を把握することを目的として、過去から継続的に地震観測を行っている²⁾。本稿では、洪水吐ゲートおよびダムピアの耐震性評価を行うための解析モデル化手法について、近年得られた地震観測結果の再現解析により検証した結果を報告する。

2. 地震観測

地震観測の対象としている構造物は、堤高 32.2m の重力式コンクリートダムに設置された洪水吐ゲートおよびダムピアである。構造物の諸元を表-1に示す。地震計は洪水吐ゲート、ダムピアのそれぞれに計 7 台設置している。地震計の配置を図-1に示す。また、再現解析の対象とした地震の諸元を表-2に、各観測位置の最大加速度を表-3に示す。

3. 再現解析

3. 1 解析モデル

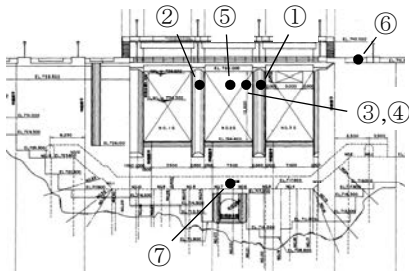
著者らは、洪水吐ゲートおよびダムピアの耐震性評価において、梁要素を用いてゲートとダムピアを連成させるモデル化手法を提案している³⁾。図-2に、提案手法によりモデル化し、再現解析に用いたゲート-ダムピア連成解析モデル（以下、連成モデル）を示す。ここで、ダムピアは非線形 M-φ 梁要素を用いて、RC 構造物の非線形性を考慮している。また、洪水吐ゲートは、非線形ファイバー要素を用いてモデル化している。

3. 2 検証の条件

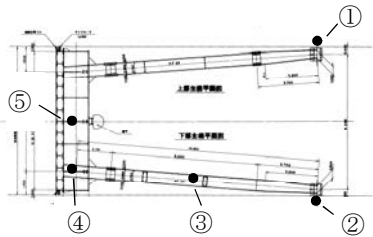
連成モデルの構築にあたっては、ダムピアのモデル化を簡略化することで計算負荷の軽減を図っている³⁾。そこで、本検証はダムピア部分のモデル化を対象とし、特に簡略化の程度が大きい堤体との接合部の拘束条件に着目する。具体的には、モデル化手法提案時と同じ完全固定条件を基本ケース（Case1）として、道路橋示方書で示される固有周期算出用の回転バネを設定したケース（Case2）と比較する。

表-1 構造物諸元

ゲート形式	ラジアル
扉高	13.2m
門数	3 門
ダムピア径間	9.0m



(a) ダム正面



(b) ゲート平面

図-1 地震計配置図

表-2 観測地震諸元

震源情報	発生日時	2017/6/25/7:02
	場所	長野県南部
	北緯	35°52.0'
	東経	137°35.1'
	深さ	4km
	マグニチュード	M5.6
	最大震度	5 強

表-3 最大加速度 (gal)

地震計	上下流	ダム軸	鉛直
①右岸ダムピア	170	309	119
②左岸ダムピア	197	342	106
③ゲート脚注中央	479	291	481
④ゲート横主桁端部	480	471	437
⑤ゲート横主桁中央	471	470	480
⑥ダム天端	233	199	115
⑦ダム監査廊	72	70	77

キーワード ダムピア，耐震性評価，地震観測，再現解析

連絡先 〒530-8270 大阪府大阪市北区中之島 3-6-16 関西電力(株) 再生可能エネルギー事業本部 TEL 070-2907-0348

3. 3 解析結果

主な解析結果として、ダムピアの振動が卓越するダム軸方向に着目し、地震計①（右岸ダムピア）の加速度時刻歴応答波形および周波数特性（応答/入力フーリエスペクトル比）を図-3に例示する。

Case1の加速度時刻歴応答波形を確認すると、解析でも、計測と同様に10～12秒付近で主要動が生じている。ただし、最大加速度は過小評価傾向にある。フーリエスペクトル比に関しては、計測では19Hz付近で卓越周波数が現れたのに対して、解析では22Hz付近に現れており、卓越周波数に差異がみられる。

一方で、Case2の加速度応答時刻歴波形では、Case1と同様に主要動が生じており、その最大加速度は過小評価傾向ではあるものの、Case1と比べると改善されている。フーリエスペクトル比は19Hz付近の卓越周波数を再現することができている。

これらの結果から、ダムピアと堤体との接合部の拘束条件に回転バネを用いることで地震時挙動の再現性を向上できる可能性が示唆された。これは、端部を固定条件とした場合には堤体の回転挙動は無視することとなるが、実際には少なからず堤体の回転挙動もダムピアの挙動に影響を与えているためと考えられる。

4. まとめ

本検討では、洪水吐ゲートとダムピアというダムの附属構造物を対象に、地震観測結果の再現解析を行った。地震時の計測結果と解析結果の比較することで、耐震性評価に用いる連成モデルに関して、ダムピア基部の拘束条件が地震時挙動の再現性に与える影響を把握することができた。

ただし、この結果は中小規模地震に対する再現解析により得られた知見であるため、今後も地震観測を継続し、大規模地震の観測記録を得た後にも、再度検証することが望ましいと考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局：大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）・同解説，2005。
- 2) 土居裕幸，田中良英，大坪祐介，中野歩，中西泰之，有賀義明：実挙動観測結果を用いた洪水吐ゲートの動的解析モデルに関する検討，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.69，No.4（地震工学論文集第32巻），I_601-I_608，2013。
- 3) 大坪祐介，高橋真弘，内田諭：ダムピアと洪水吐ゲートとの地震時相互作用に関する解析的検討，電力土木，No367，pp.54-58，2013。

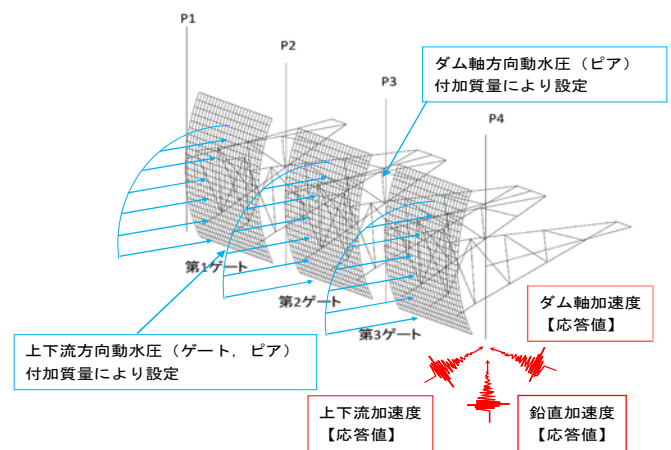
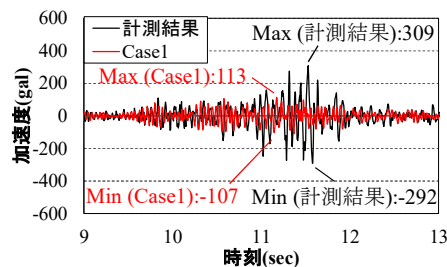
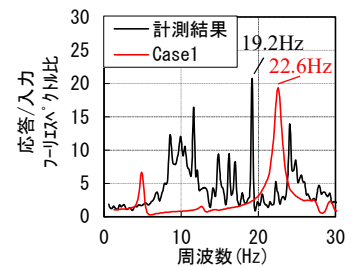


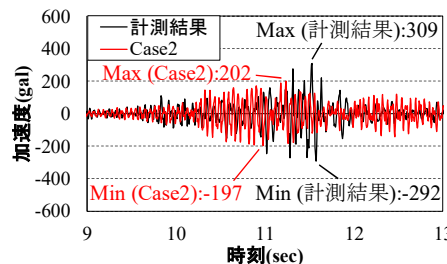
図-2 連成モデル



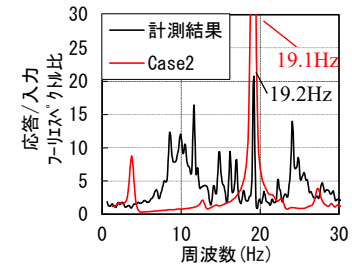
(a) Case1: 加速度応答時刻歴波形



(b) Case1: フーリエスペクトル比



(c) Case2: 加速度応答時刻歴波形



(d) Case2: フーリエスペクトル比

図-3 再現解析結果