

地震時における重力式ダムのクレストラジアルゲートの加速度計測と再現解析

水資源機構 正会員 佐藤 信光 富田 尚樹 正会員 坂本 博紀 正会員 ○市川 滋己
中央コンサルタンツ(株) 徳江 聡 倉田 幸介

1. はじめに

重力式コンクリートダムのゲートの耐震照査では、ゲートのみを3次元骨組モデルやシェルモデルで作成し、別途解析した堤体応答加速度や動水圧を入力した動的解析により耐震照査されている。ダム本体については、堤体に設置された地震計の地震記録により、これまでの研究で堤体の地震応答特性は把握されている。しかし、ダムゲートについては地震時の実測応答はこれまでほとんど把握されておらず、ゲートに作用する実際の貯水や動水圧の影響も確認されていない¹⁾。本稿は、地震応答や動水圧の影響が大きい重力式ダムのクレストラジアルゲートについて、実ゲートに加速度計を設置し、地震時の加速度計測を行うとともに、ゲートを3次元シェルモデルで再現動的解析を行い、実際の地震時のゲート応答挙動を報告する。

2. 重力式ダムのクレストラジアルゲートにおける加速度計測

重力式コンクリートダム(H=140m)のクレストラジアルゲートに、ゲートの振動モードを考慮して複数の加速度計を設置した。ゲートの諸元を表1に、加速度計の配置を図1に、加速度計の諸元を表2に示す。ダム門柱の天端部にも加速度計を設置し、この最大加速度値 5cm/s^2 を起動のトリガー条件とした。

2015年7月より計測を開始し、現時点(2016年2月)までに多数の地震記録を観測した。なお、貯水位はゲート敷高標高以下であり、空体条件のゲートの地震応答記録である。

3. ゲートの解析モデル

クレストラジアルゲートの解析モデルは図2に示すように、脚柱、主横桁、縦桁、スキンプレート、トラス等のゲートの主要部材及び補助部材を全てシェル材でモデル化した。ゲートの境界条件は耐震解析等に準じて設定するが、本検討で観測された地震力がそれほど大きくないことから、下部戸当り部の条件を固定として設定した。減衰定数は鋼材の一般的な2%のレーリー減衰(15.30Hz, 23.77Hz)で設定した。入力加速度はトラニオンピン位置での観測記録を解析モデルに入力して、貯水・動水圧がない空体条件で線形動的解析を実施し、加速度計設置位置での解析応答と観測結果の比較を行った。

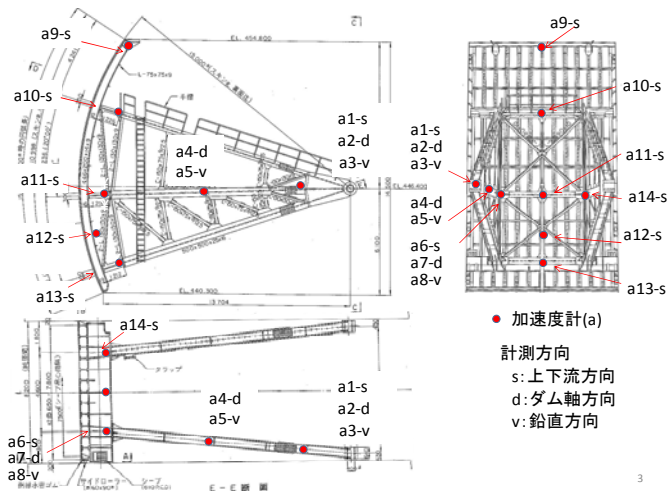


図1 クレストラジアルゲートの加速度計の配置

表1 ゲートの諸元

区分	非常用洪水吐
型式	ラジアルゲート
基数	4 門
扉高	14.5 m
純径間	8.2 m
扉体半径	15.0 m

表2 加速度計の諸元

型式	サーボ型加速度計	
フルスケール	$\pm 3000\text{cm/s}^2$	
サンプリング周波数	200Hz	
起動	門柱	5cm/s^2
設置	ゲート	14基
	門柱	3基

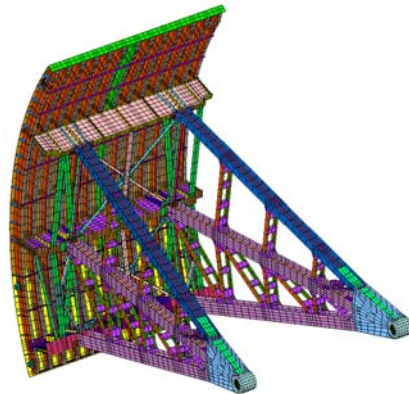


図2 3次元シェルモデル

キーワード ラジアルゲート, 振動計測, 3次元FEMモデル, 線形動的解析

連絡先 〒338-0812 埼玉県さいたま市桜区神田 936 番地 (独)水資源機構 総合技術センター TEL 048-853-1785

4. 実測記録と再現解析の比較

最大加速度が大きい2015年7月6日の地震記録を基に、再現解析を実施した。比較結果を以下に示す。縦桁の実測と解析を図3で比較すると、最大加速度は双方とも縦桁上部の3倍以上に増幅し、フーリエスペクトルならびに振動モードとも概ね解析で再現されている。ここで、レーリー減衰(15.30Hz, 23.77Hz)の減衰定数を2%から4%に増加させたところ、縦桁上部の最大加速度応答が概ね実測と一致した。脚柱の実測と解析を図4で比較すると、鉛直の最大加速度は解析が大きくなっているが、トラニオンピンの入力波形の影響と考えられる。脚柱の弱軸となる鉛直のフーリエスペクトルと振動モードは概ね再現された。

フーリエスペクトルについては主要モードの固有周期が実測と解析で一致しており、卓越周期における振動モードについても概ね一致し、縦桁と脚柱(弱軸)の揺れが共振しないことを確認した。

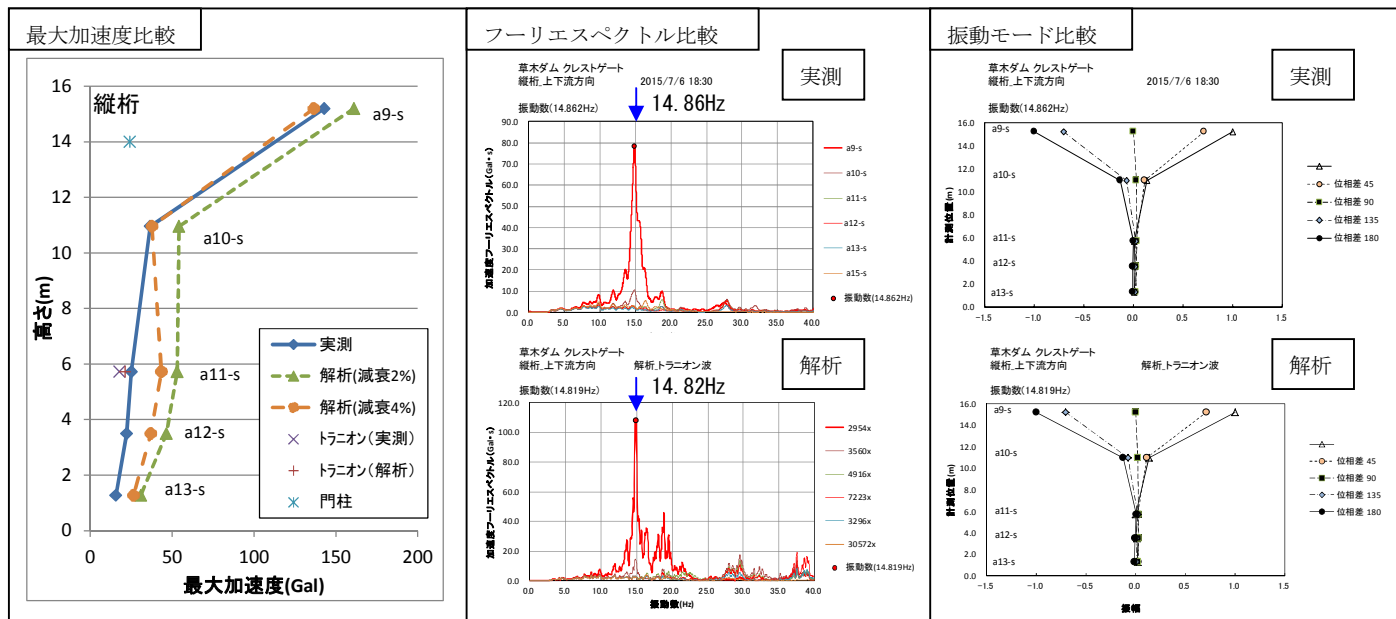


図3 縦桁上下流方向の比較

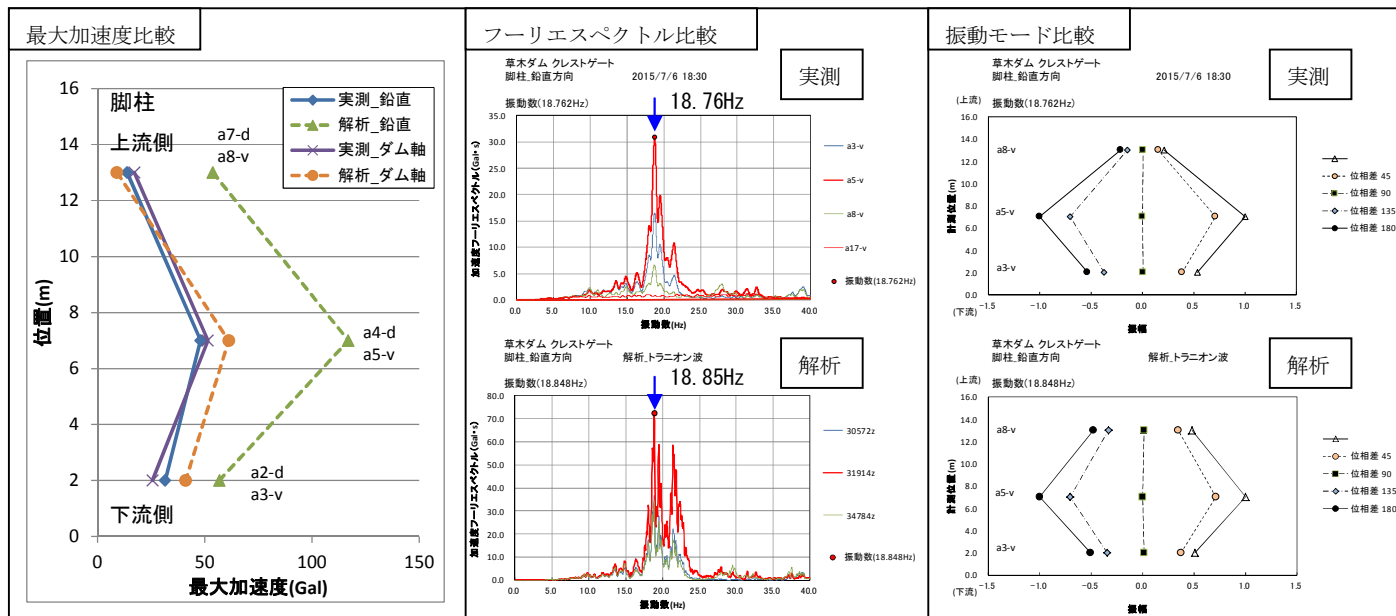


図4 脚柱鉛直方向の比較

5. おわりに

クレストラジアルゲートの実測記録を用いた再現解析の結果、空水条件におけるゲートの構造特性や振動モードが解析上でも概ね再現され、地震動によるゲート振動の実態を把握した。今後は、ゲートに貯水と動水圧が作用した地震時のゲートの応答特性を実測と解析で検討する予定である。

参考文献 1) 経済産業省原子力安全・保安院；発電設備耐震性能調査報告書，2012. 2.