

地震時の重力式ダムクレストゲートの動水圧および加速度計測と再現解析

(独)水資源機構 正会員 ○藤田 将司 正会員 佐藤 信光 正会員 富田 尚樹
 センチュリテクノ(株) 非会員 林 植恒 非会員 小澤 良明
 筑波大学 正会員 田中 聖三

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、ゲートに作用する動水圧の影響が大きい。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、実ゲートに動水圧計および加速度計を設置し、地震による加速度計測²⁾、空水時の再現解析³⁾に引き続き、貯水時の動水圧計測を初めて実施した。その貯水時の実測値および再現解析により、貯水や動水圧によるゲートの加速度応答の影響を分析したことを報告する。

2. 実測記録の分析

表1に示すゲート諸元の実ゲートに動水圧計および加速度計を設置した。各計測器の設置位置を堤体部加速度計も含めて図1および図2に示す。これらの計測器による実測地震記録を図3に示す。同図のゲート部wp1の動水圧は、ゲート部a11-sの加速度とほぼ同位相、同比率の記録となった。図4にゲート上流水位の変化による固有振動数(上下流方向)の影響を示す。(a)空水時はゲート(a11-s)とゲートを支えている門柱(a15-s、T1-s)は概ね同じフリースペクトルとなっている。一方、(b)貯水時には、貯水時ゲート(a11-s)の固有振動数が約8Hzで卓越するが、その振動数付近でゲートを支えている門柱(a15-s、T1-s)の振動が減衰している。なお、この減衰は、堤体基礎の地震波形(L1-s)に見られず、堤体の固有振動数(1次:約4Hz、2次:約9Hz)とも関係していない。したがって、貯水とゲート連成によるゲートの卓越振動が門柱の揺れに影響し、減衰現象を生じていると考えられる。

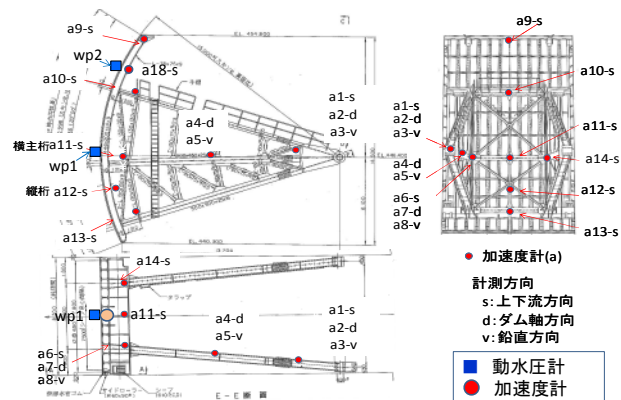


図1 クレストラジアルゲートの動水圧計、加速度計の配置

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

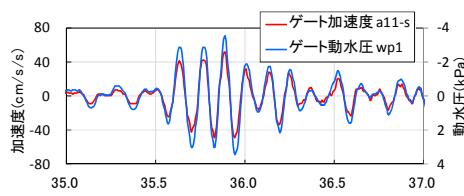


図3 実測地震記録(2017/11/2)



図2 堤体部の加速度計の配置

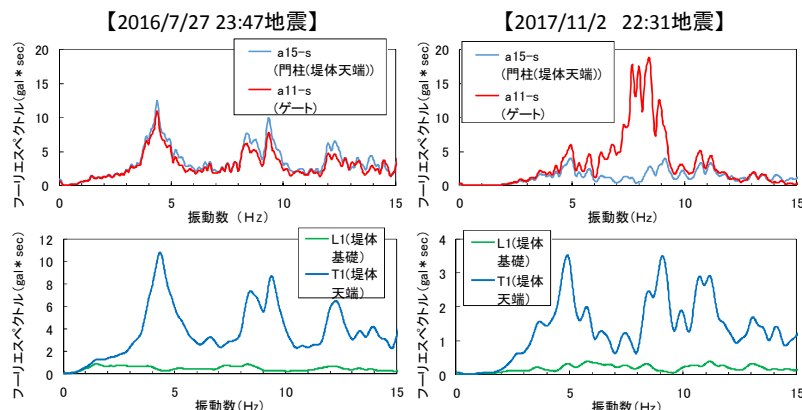


図4 ゲート上流水位の変化による固有振動数(上下流方向)の影響

キーワード ラジアルゲート、動水圧計測、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

3. 実測記録と再現解析の比較

貯水時の代表地震の観測波を用いて、再現解析を実施した。図5にゲートの各部材をシェル要素でモデル化した解析モデルを示す。ゲートにかかる動水圧は、図6に示すモデルを用いて、非圧縮性流体動水圧マトリクスを作成し、図5のゲートモデルに付与した。なお、図6における貯水と構造物の連成面はゲート扉体面とした。入力地震動は、門柱（堤体天端）に設置した加速度計（a15-s、a16-d、a17-v）の地震観測波（図7）とした。解析コードはISCEFを用いた。

実測と再現解析の比較を図8に示す。減衰定数 8%のレイリー減衰 (8.08Hz、22.09Hz) とすると、加速度および動水圧は実測値と解析値が概ね一致し、再現性が良い結果となった。ただし、過年度の空水時再現解析の検討結果³⁾ではレイリー減衰の減衰定数が鋼材の一般的な2%であり、貯水時の再現解析では減衰定数が大きく、差が出ている。これは、2.で示したように、動水圧等の影響により、貯水時はゲートの卓越振動数が8Hzで卓越して門柱の振動にも影響を与えており、空水時と異なること。また、図8(c)に示したようにゲートの加速度分布が異なることが関連している可能性が考えられる。これらを解明するため、複数の実測地震記録に対して分析や再現解析を実施していく予定である。

4. おわりに

クレストラジアルゲートの貯水時に作用する動水圧を初めて実測し分析した。その結果、貯水とゲート連成によるゲートの卓越振動が門柱の揺れに影響し、減衰現象を生じていると考えられた。実測記録を用いて再現解析を実施したが、ダムゲートと貯水の連成条件より作成した付加質量マトリクスを付与したゲートモデルで、入力地震動を門柱部の振動とし、減衰定数を8%とすると再現性が良い結果となった。ただし、空水時で再現性が良かった減衰定数2%との違いがみられた。この違いを解明するため、今後も計測を継続し、複数の実測地震記録に対して分析や再現解析を実施していく予定である。

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. 2) 佐藤ほか；地震による重力式ダムクレストラジアルゲートの貯水時の実測加速度応答特性の分析，第73回土木学会年次学術講演会，2017.9. 3) 徳江ほか；重力ダムのクレストゲートにおける空水時地震応答の再現解析と減衰定数の推定，第73回土木学会年次学術講演会，2017.9.

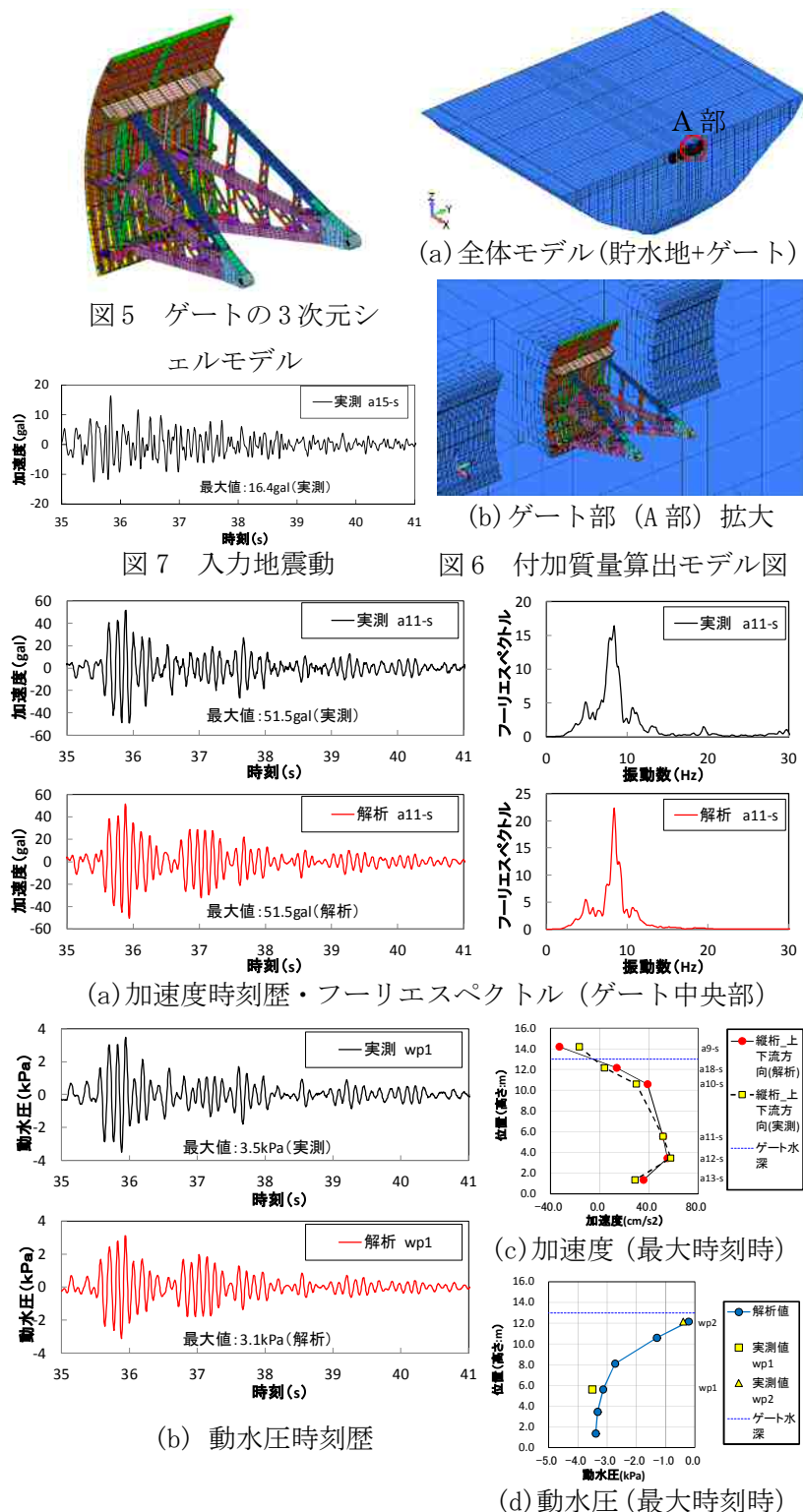


図8 実測と再現解析の比較