重力ダムのクレストラジアル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

水資源機構 正会員 佐藤 信光 藤田 将司 冨田 尚樹 中央コンサルタンツ(株) 〇正会員 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、ゲートを3次元 モデルで作成し、堤体解析の応答加速度や動水圧を入力した動的解析 による耐震照査を行っているが、ダムゲートの地震時応答については これまでほとんど把握されていない¹⁾。そこで、昨年度より地震応答 や動水圧の影響が大きい重力式ダム(H=140m)のクレストラジアルゲ ート(表1)について、図1に示す位置に加速度計を設置し、地震応 答計測を行うとともに、3次元シェルモデルによる再現動的解析を実 施している²⁾。本稿では空水時のゲート振動の再現動的解析の入力地 震動について検討を行った上で、地震応答解析と実測記録との比較に

2. ゲートの実測加速度応答の整理

本検討ではゲートの加速度記録(2015.7~2016.11)のうち、ゲートに 貯水が無い空水時の記録を整理した。図2は堤体天端の門柱とゲート 扉体の加速度応答倍率である。横主桁と門柱の応答倍率(al1-s/al5-s) は概ね1倍となった一方、ゲート縦桁頂部と門柱の応答倍率(a9-s /al5-s)はばらつきがあるが最大加速度が大きくなると2~6倍程度 となっている。このうち、最大加速度が大きく応答倍率が比較的高い Case1 と Case2 を再現解析の対象とした。

3. モデル上への入力地震動の検討

ゲートの地震応答解析の入力波としてはトラニオンピン位置付近で の実測記録を採用しているが、図3に示すような位置の違いによりゲ ート振動の再現性が低くなっていることが過年度の課題となっていた。 そこでこの加速度計の実測地震波形から、モデル上のトラニオンピン 位置における入力地震波形への変換を実施した。

線形モデルにおける入力波とターゲット波の間には以下の線形関係 が成立する。

ターゲット波	ター	ターゲット点の増幅率		入力波
$(AX_{TARGET}(f))$	$\left[R_{XX}(f)\right]$	$R_{XY}(f)$	$R_{XZ}(f)$	$(AX_{INPUT}(f))$
$\left\{ AY_{TARGET}(f) \right\}$	$= R_{YX}(f)$	$R_{YY}(f)$	$R_{YZ}(f)$	$\left\{ AY_{INPUT}(f) \right\}$
$\left(AZ_{TARGET}(f)\right)$	$R_{ZX}(f)$	$R_{ZY}(f)$	$R_{ZZ}(f)$	$\left(AZ_{INPUT}(f)\right)$

ここで、R_{IJ}は、J方向の入力に対するI方向の増幅率を表 す。入力波によらず周期ごとの増幅率は同様であるため、ホ ワイトノイズを入力波として応答値を得ることで、その地点

の3次元伝達関数マトリクスを計算できる。こうして得られた伝達関数マトリクスの逆行列を算出し、実測波 (=ターゲット波)にかけることで、トラニオンピン位置の波(入力波)を求めることが可能である。





図1 加速度計の配置









図3 加速度計設置位置とトラニオンピン

4. 実測記録と再現解析の比較

実測された2地震の記録の変換波形を入力地震動として再現解析を実施した結果を図4に示す。レイリー減 衰(15.30Hz, 23.77Hz)の減衰定数2%において、地震記録による若干の差異はあるものの、最大加速度分布、 波形及びフーリエスペクトルにおいて再現性が確認された。これらの結果より、鋼製構造物で一般的に用いら れるレイリー減衰の減衰定数2%について、空水時の鋼製ゲートにおいても妥当であると判断できる。



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 ードが解析上でも再現され、減衰設定の妥当性を確認した。一方貯水時については空水時と異なる挙動が観測 されており、今後は貯水時の地震時応答特性の再現手法について検討を進める方針である。

- 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, 平成28年度土木学会学術年次講演会, 2016.9.