

## レベル2地震動に対するダムゲートの耐震性能照査手法に関する研究

独立行政法人 水資源機構 技術研究研修センター 正会員 佐藤信光

正会員 佐藤信光

非会員 赤松芳彦

中央コンサルタンツ(株) 東京支店 正会員 ○高萩正幸

正会員 原 茂樹

正会員 是 健一

## 1. はじめに

平成11年3月に改訂された「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）」では、水門扉の耐震設計は、震度法による照査を行うことが規定されており、さらに高レベルの地震動についても、実情に応じて照査する必要があると記載されている<sup>1)</sup>が、具体的手法については明確にされていない。

そこで、本研究では、代表的なゲート形式（ラジアルゲート、ローラゲート）について、レベル2地震動に対する耐震性能照査手法の検討を行ってきた。本稿では、その一例として、高圧ラジアルゲートを対象とした動的解析による耐震性能照査について報告する。

## 2. 高圧ラジアルゲートの耐震性能照査

### (1) 耐震性能照查概要

対象としたダムの高圧ラジアルゲートの概要を表-1に、照査フローを図-1に示す。

貯水位の条件は常時満水位、ゲートの開閉状態は全閉状態、地震動の加振方向は上下流方向とした。

動的解析には、立体骨組構造物の動的解析プログラム“DYNA2E”を用いた。解析モデルは、主構造部材（縦主桁・水平桁・脚柱）とその他の補助構造部材を3次元梁要素でモデル化し、スキンプレート・点検設備等は節点重量として考慮した。図-2に解析モデルの概要図を示す。

境界条件は、トラニオンピン部を剛結、下部戸当り部をダム軸方向と鉛直下向きのみ拘束した。また、上部戸当り部は、扉体との最小離隔が5mmであり（図-3）、上流方向の変位に対して扉体と戸当り部が衝突する可能性があるため、上流方向はこの衝突を模擬するためのバネによる拘束、ダム軸方向は拘束、その他は自由とした。

ゲートの解析に用いる入力地震動は、ハイブリッド法により求めたモデルダム地点の想定地震動を用いてダム堤体の動的解析を行い、得られたトラニオンピン直近の節点の応答加速度（図-4）とした。図-5に加速度応答スペクトルを示す。

キーワード：高圧ラジアルゲート、時刻歴地震応答解析、地震時動水圧、固有振動数

連絡先：〒135-6009 東京都江東区豊洲3-3-3 中央コンサルタント（株） Tel. 03-3532-2541 Fax. 03-3532-2513

表-1 モデルダムの概要

型式		重力式コンクリートダム
ダム本体	堤高	67.4 m
	堤頂長	438.0 m
	堤体積	約670,000 m <sup>3</sup>
	堤頂巾	8.0 m
貯水池	洪水時満水位	E.L. 201.0 m
	常時満水位	E.L. 191.4 m
	最低水位	E.L. 164.4 m
	ダム天端	E.L. 205.4 m
高圧ラジアルゲート	門数	2 門
	敷高	E.L. 156.0 m
	純径間×扉高	B 4.000m×H 4.100m
	扉体形式	格子桁継主桁方式
主構形状	水密方式	π型（平行脚柱形）
	固定部形式	摺動式四方ゴム水密（B 3）段差無し
	開閉装置	支柱ガーダ方式
	油圧シリンダ式	摺動式油圧シリンダ式（定格出力140kgf/cm <sup>2</sup> ）

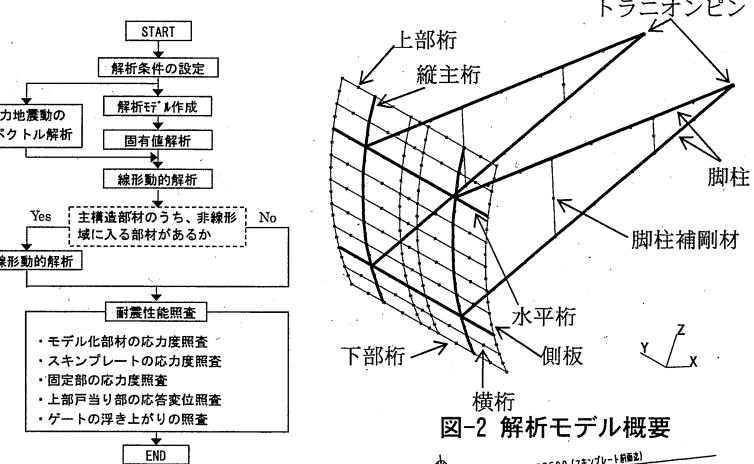


図-1 耐震性能照査フロー

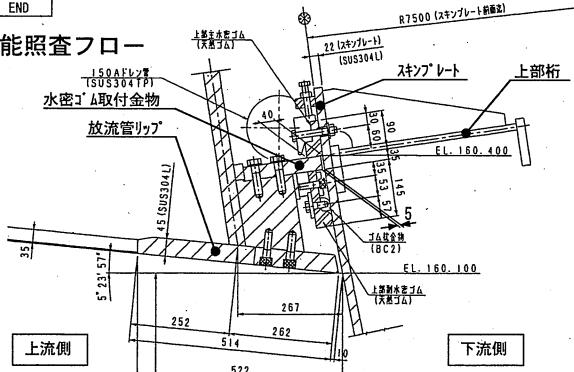


図-3 上部戸当り部詳細図

## (2) 地震時荷重

地震時荷重は、ゲートの慣性力、上流側管路部の貯水の慣性力、及び動水圧を考慮した。

ダム堤体の動的解析を行う場合の動水圧は、Westergaard の簡易式を用いて付加質量として与えることが一般的であるが、本研究では、ダム堤体に作用する動水圧が外力としてゲートに作用するものとして、Westergaard の簡易式（式-1）の設計震度を入力地震動に置き換えて時刻歴荷重を求め、上流側管路部の貯水の慣性力とともに節点荷重として考慮した。

$$p_d = 7/8 \cdot W_0 \cdot \sqrt{H \cdot h \cdot K} \quad \dots \dots \text{式-1}$$

ここで、 $p_d$ ：水深  $h$  の点での動水圧  $W_0$ ：水の単位体積重量  $H$ ：水面から基礎地盤までの水深  $h$ ：水面から動水圧の作用する点までの水深  $K$ ：設計震度

## (3) 固有値解析

減衰定数は、道路橋示方書を参考として 0.02 とした<sup>2)</sup>。ゲートの上下流方向の固有振動数を表-2 に示す。

## (4) 線形動的解析

各部材の応力度を表-3 に示す。モデル化した全ての部材が弾性範囲内の応答を示した。

## (5) スキンプレートの応力度照査

動的解析の節点荷重（動水圧と上流側管路部の貯水の慣性力）をもとに、従来設計手法によりスキンプレートに生じる応力度を照査した。その結果、扉体中央部で地震時許容応力度を上回る箇所はあるが、全て弾性範囲内の応力度となった。

## (6) 固定部の応力度照査

動的解析より得られたトラニオンピン部の水平反力と鉛直反力をもとに、固定部に作用する最大反力を求め、従来設計手法により固定部に生じる応力度を照査した。その結果、設計荷重の 1.9 倍の正反力と設計では考慮されていない負反力が生じ、トラニオンピンの曲げ応力度とトラニオンペデスタル（図-6）の支圧応力度が許容値を上回る結果となったが、全て弾性範囲内の応力度となった。

## (7) 上部戸当り部の応答変位照査

上部戸当り部の節点の上流方向最大変位は 2mm となり、扉体と上部戸当り部の衝突は生じないことが確認できた。

## (8) ゲートの浮き上がりの照査

動的解析より得られたトラニオンピン部の回転反力をもとに、シリンダ軸力を求め、開荷重との比較を行った結果、開荷重 730KN に対してシリンダ軸力が 51KN となり、ゲートが浮き上がらないことが確認できた。

## 3.まとめ

今回行った動的解析では、入力地震動の振動成分が、ゲートの固有振動数よりも低振動領域であったために、動的解析の応答値が小さい結果となったが、今後は、より高振動領域の振動成分を含む地震動を用いて検討を進めるとともに、動水圧の算出方法、減衰定数、ゲートの固有振動数に貯水が及ぼす影響、非線形域のゲートの耐震性能照査手法について、検討を行う予定である。

- 【参考文献】**
- 1) ダム・堰施設技術協会：ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・マニュアル編）pp.61, 1999.3
  - 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 pp.115, 2002.3

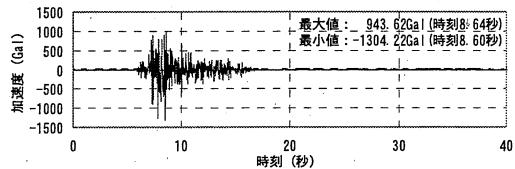


図-4 入力地震動

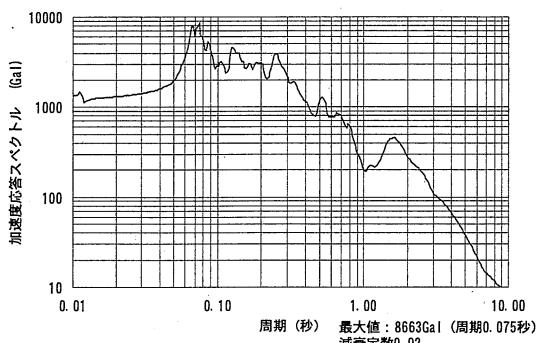


図-5 加速度応答スペクトル

表-2 固有値解析結果

上下流方向 固有振動モード	固有振動数 (Hz)	有効質量比 (%)
1 次	32.62	18.8
2 次	72.64	52.1

表-3 各部材の応力度

部材名称	材質	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	
		最大応答値	降伏応力度	最大応答値	降伏応力度
主構造部材	SS400	62.7	135	85.1	235
水平桁	SS400	34.5	135	43.7	235
脚柱	SM400A	2.8	135	132.8	235
縦桁	SS400	47.4	135	54.3	235
横桁	SS400	43.1	135	35.4	235
側板	SUS304L	21.3	101	42.4	175
上部桁	SS400	5.5	135	9.4	235
下部桁	SUS304L	10.8	101	18.0	175
脚柱補剛材	SM400A	2.4	135	27.4	235

※曲げ応力度は、軸力と曲げモーメントにより生じる応力度を示す。

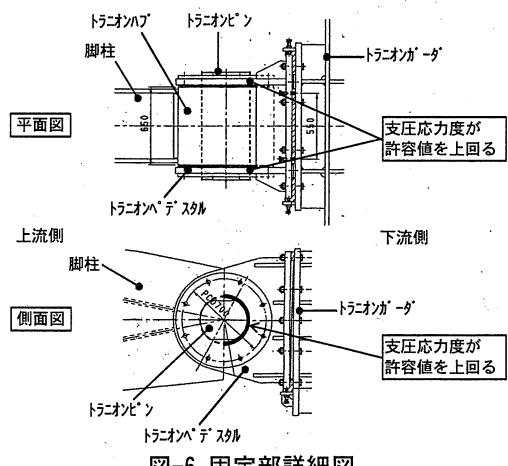


図-6 固定部詳細図