

地震によるダムピアの変形を考慮した洪水吐きラジアルゲートの損傷解析について

東電設計(株) 正会員 ○三浦 千穂
 東電設計(株) フェロー会員 中村 秀治
 東京電力ホールディングス(株) 梶田 茂樹
 東京電力ホールディングス(株) 青木 研一郎
 東京電力リニューアブルパワー(株) 橋本 淳

1. はじめに

洪水吐きゲートは地震時にダムピアが接触することでダム軸方向に変形を受ける可能性がある。洪水吐きゲートの地震時荷重は、地震による慣性力、動水圧、波浪高などを考慮し、基本的にダム軸直角方向への力の作用を想定して設定される¹⁾。これによりラジアルゲートの場合には、主桁と脚柱の耐力は確認できるが、ダム軸方向に対する安全性への懸念が残ることになる。ダムピアが洪水吐きゲートに接触する影響を考慮した検討事例として、大坪ら²⁾は、ダムピア-ゲート連成解析モデルを用いてダムピアと洪水吐きゲートの地震時相互作用を考慮した耐震性能評価を実施している。本報告は表-1に示す形状($R/H=1.12$, $C/H=0.66$)のラジアルゲートについて、ダムピアの接触によるダム軸方向の変形に対する損傷形態を解析的に検討したものである。

2. ラジアルゲートモデルの生成

ゲート諸元は表-1に示した通りである。図-1の解析モデルはコンピュータプログラムで自動的に生成している。

モデル各部位は、4辺形及び3角形シェル要素(スキンプレート、主桁、脚柱、補剛材)、はり要素(脚柱間連結材、スキンプレート補剛及び主桁間連結材)、6面体ソリッド要素(水密ゴム、サイドローラー)で構成されている。スキンプレートとダムピアの遊間は15mmとし、滑り、支圧、摩擦等の接触条件を設けた。

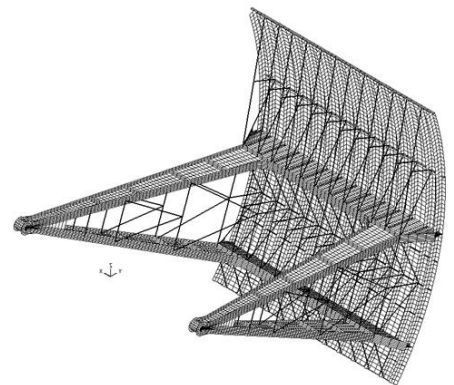


図-1 ラジアルゲートモデル

3. 解析方法

汎用構造解析コード ADINA ver.9.6 を用いて、変位増分による弾塑性大変形解析を行う。ダムピアとゲートの摩擦・接触条件を考慮し、座屈発生や変形及び解除後の残留変形が評価できる解析条件とした。具体的解析手順は次の通りである。

- (1) 満水位における地震損傷が最も厳しいものとみなし、設計満水位相当の静水圧を作用させる。
- (2) 図-2に示すように、静水圧作用下で左岸側ゲート側面にダム軸方向のピア変位を与え、ピアを介してゲートに変形を与える。可能な限り実態に即した载荷条件とし、右岸側ピアは静止状態とし、十分剛性が高いものとする。左岸側ピアは最大変位に達した後、変位を元に戻すものとする。

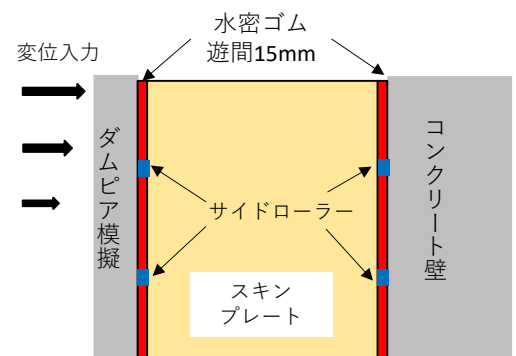


図-2 解析イメージ

4. ピア変位の設定

ダムピアに与える変位は、別途実施した大規模地震(レベル2地震動)に対する地震応答解析から得られたダムピアのダム軸方向変位から設定した。ゲート頂部での相対変位量は65mmであり、高さ方向の変位分布は図-3に示す通りである。

キーワード ダム軸方向地震動, ラジアルゲート, スキンプレート, 地震時損傷

連絡先 〒135-0062 東京都江東区東雲 1-7-12 (KDX 豊洲グランスクエア) 東電設計(株) TEL.03-6372-5257

5. **解析結果** ゲートの損傷解析を行い、図-4、図-5 に変形形状と応力分布を示す。更に、左岸側スキンプレート頂部に生じた変位、応力を表-2 に示す。

表-1 洪水吐きラジアルゲートの諸元

扉高(H)	10.7 (m)	
半径(R)	12.0 (m)	
設計満水位	10.4 (m)	
径間	9.0 (m)	
トラニオンピン高さ(C)	7.1 (m)	
使用鋼材	SS41	
降伏応力	235 (N/mm ²)	
板厚	スキンプレート(t)	9.11 (mm)
	主桁ウェブ	8.47 (mm)
	主桁フランジ	9.65 (mm)
	脚柱ウェブ	8.78 (mm)
	脚柱フランジ	11.45 (mm)

表-2 左岸側スキンプレート頂部変位と応力

载荷条件	解析結果	
静水圧载荷	ダム軸方向変位	4.76(mm)
	応力	9 (N/mm ²)
静水圧载荷変位を载荷	ダム軸方向変位	50.2 (mm)
	応力	336 (N/mm ²)
静水圧载荷変位を解除	ダム軸方向残留変位	22.9 (mm)
	残留応力	293 (N/mm ²)

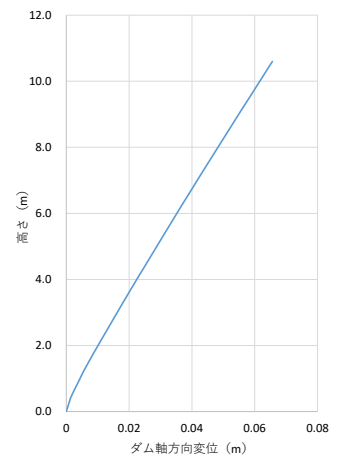
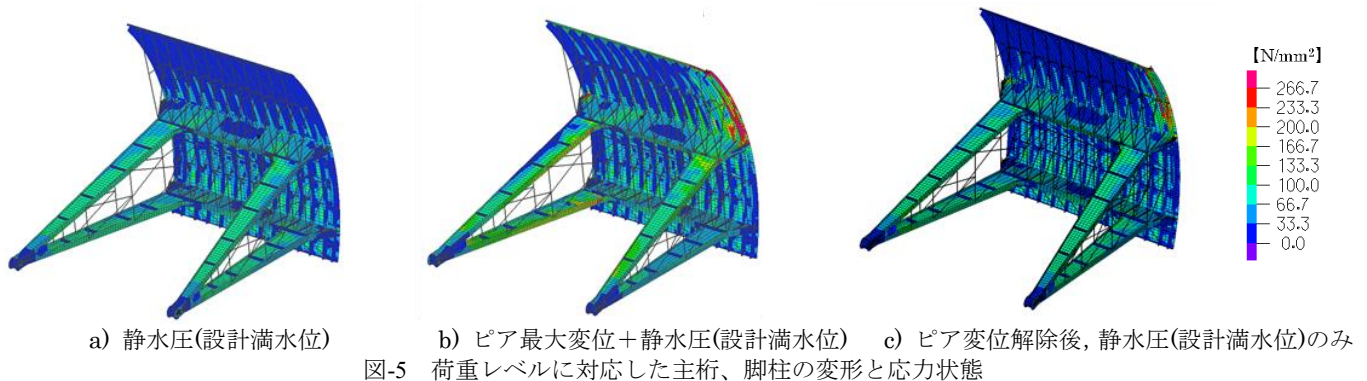
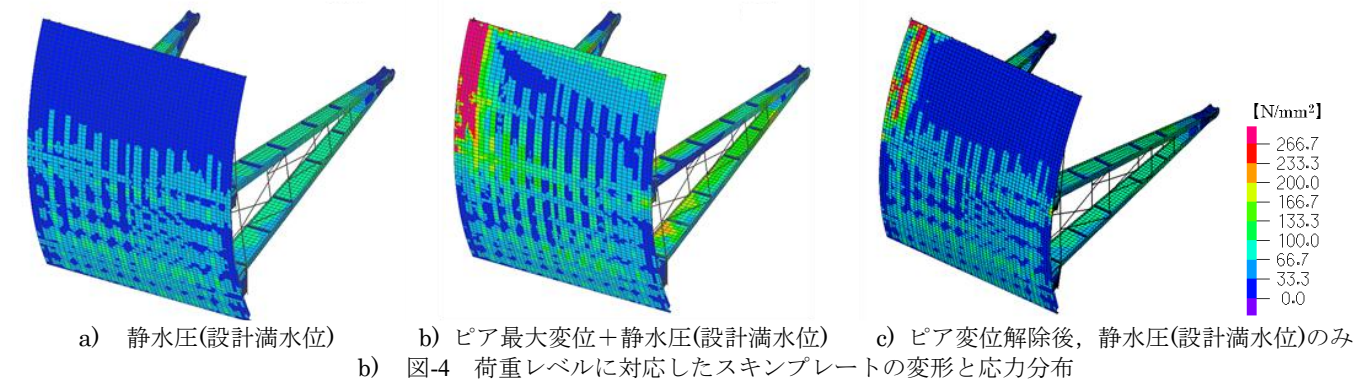


図-3 入力変位分布



解析結果より定性的に確認された事項は次の通りである。

- (1) スキンプレートに生じる変形は局所的であり、ピアに接触して強制変位を与えられた近傍に限られる。
- (2) スキンプレートの変形形状は下流側に折り畳むように曲がり、主桁近傍では急変する状況も見られる。
- (3) スキンプレートには変位解除後も残留変形や残留応力が発生する。この損傷はゲートからの漏水に直結するため、流出量に対する検討が必要になると考えられる。
- (4) 主要構造部材である主桁と脚柱の接合部付近で、最大変位作用時に応力集中が発生するが、変位解除後には、ほぼ消失する。

6. 結 び

ダム軸方向の地震力によるダムピアの変形がラジアルゲートにもたらす損傷程度に関する検討例は少ない。地震後のスキンプレートの残留変形に伴うゲートの操作性、貯水の流出制御などの検討が必要になると考えられる。

参考文献

- (1) ㈱水門鉄管協会：水門鉄管技術基準，水門扉編，第5回改訂版，2007。
- (2) 大坪,中島,内田：地震時相互作用を考慮したダムピアと洪水吐ゲートの耐震性評価手法に関する検討.No.377 電力土木 2015.5