

新設ラジアルゲートの実測と解析に基づくトラニオンピン近傍脚柱応力の考察

中国電力(株) 正会員 ○仁科 晴貴 河内 友一 南條 英夫
 広島大学 フェロー会員 中村 秀治

1. はじめに

中国電力神野瀬発電所高暮ダムの洪水吐ラジアルゲートは昭和24年に設置されてから60年以上経過し、経年による腐食進行が見られることから、現在取替工事を実施中である¹⁾(図-1)。新規ゲートの設計においては、通常設計で仮決定した板厚を条件とし、シェル要素による3次元FEM解析を実施している。なお、取替前のラジアルゲートの設置後60年における腐食実績を元に、新規ゲートの将来的な腐食量を2mmと設定した²⁾。これは概ね設置後60年間の腐食に相当するが、新規ゲートでは取替前ゲートと比較して塗装性能が向上していることから、実際は更に長期の耐久性が期待できると考えられる。更にこの板厚条件では将来的に主桁と脚柱の腐食が同等程度に進行した場合、構造体としての応力バランスが悪くなることが予想されたので、腐食進行した場合の発生応力を同程度とするよう、脚柱板厚を通常的设计値よりも10mm程度増やしている。

以上の検討経過に基づいて製作、設置された高暮ダム5号新設ゲートについて、平成26年5月に応力実測を行った。本報告は、トラニオンピン近傍脚柱応力の実測値と解析値を考察し、維持管理技術の高度化に向けた検討を行ったものである。



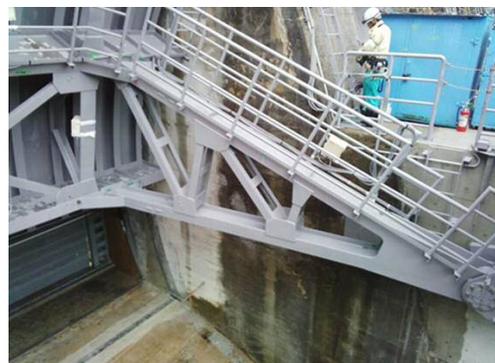
(a) 背面側から見た扉体構造

2. 実測条件とFEM解析モデルおよび解析条件

対象ゲートは縦補助桁横主桁方式、 π 形2段で、扉高:6.55[m]、径間:8.00[m]、扉体半径:7.00[m]、常時満水位:6.05[m]である。実測はスキンプレートとゲート前面に設けた仮ゲートの間に水位変化を与え、各水位における部材ひずみを計測する手順で行った。

解析モデルは左右脚の実測値と初期不整の違いを考慮するため全体モデルとし、開発済の「維持管理用解析モデルによる3次元有限要素解析システム³⁾」を用いて作成した。境界条件はダムクレストで鉛直変位を固定し、ピア接触部でダム軸方向を固定し、トラニオンピン中心位置を全方向固定(回転自由)して水圧に耐えるものとした。

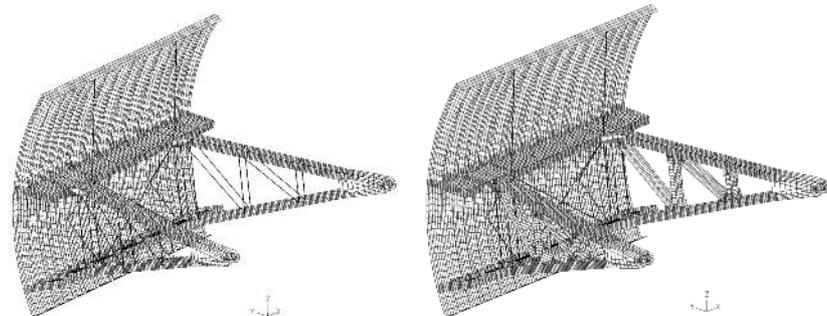
脚柱間連結材については、通常、はり要素でモデル化しているが、図-1(b)に示すように剛性の高いN型なので、シェル要素の適用を試みて、はり要素との違いを初めに検討した。両モデルにおける脚柱と主桁の発生応力はほとんど一致することを確認している。



(b) N型脚柱間連結材



(c) トラニオンピンとトラニオンガーダー



(a) はり要素でモデル化

(b) シェル要素でモデル化

図-2 脚柱間連結材の解析モデル化

図-1 新設洪水吐ゲートの設置状況

キーワード 新設ラジアルゲート, 脚柱応力, トラニオンピン, トラニオンガーダー, FEM解析

連絡先 〒739-0046 広島県東広島市鏡山3-9-1 中国電力(株)エネルギー総合研究所 Tel.050-8202-5271

3. 実測結果とFEM解析結果の比較検討と解析による推定精度向上の試み

図-3は新規ラジアルゲートのひずみ計測位置と記号を示しており、表-1は設計計算値、実測値、FEM解析値(不整考慮しない、考慮)の比較表である。実測値に特徴的なのは、左右脚共に特に上段脚柱中央側フランジ(LKUR 1-1, LKUR 1-2, RKUL 1-1, RKUL 1-2)の圧縮応力が小さいことであろう。前述の通り本ゲートは長期耐久性を考慮した設計がなされており、応力的には余裕のある扉体であるが、この実測値と設計計算値および解析値との乖離は要検討と考えられた。

トラニオンピンの不整を考慮する場合、図-4に示すように、わずかな傾きをつけてパラメータ解析する方向が提案されている^{4),5)}。検討結果

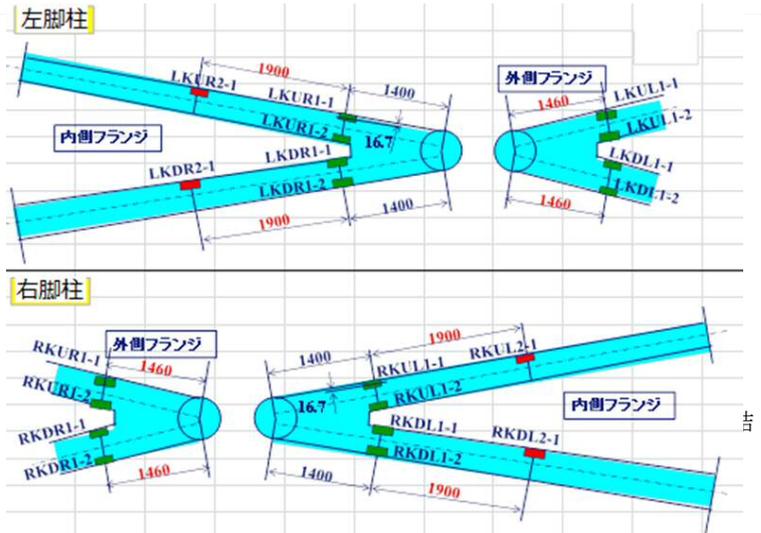


図-3 新規ラジアルゲートのひずみ計測位置

表-1 新規ラジアルゲートの実測値と解析値の比較

は表-1の右カラムに示した通りであり、不整を考慮することで、実測値に近い解析値の得られることが明らかになった。

具体的不整量としては、左、右脚柱共にトラニオンピンがハブの両端(ピア側と中央側)で0.2mm程度(左脚柱0.249mm, 右脚柱0.184mm), 下流側に傾きがあるというものである。水压载荷中の変位も考えられるので、最終耐力に与える影響と共に今後検討すべき課題であろう。

4. むすび

本報告は維持管理におけるFEM解析技術をさらに有効なものにするため、高暮ダムの更新にあたり新規ゲートの初期状態の計測値を用いて、解析モデルの高精度化検討を行ったものである。重要な

トラニオンピン近傍脚柱応力において、実測値と解析値に乖離が生じた場合、トラニオンピンの傾きを初期不整として検討する方法がある。本方法を用いてパラメータ解析を試みた結果、両脚柱共下流側に0.2mm程度の傾きを仮定することで、計測値に近いFEM解析値が得られることを確認した。不整の原因については更に検討が必要であるが、今後、扉体の維持管理上の知見として有益と考えられる。

参考文献 1) 杭本 弘, 国重正彦, 浅間康史: 神野瀬発電所高暮ダム洪水吐ゲートの取替工事計画の概要, 電力土木, No.368, 2013. 2) 河内友一, 西川雅章, 中村秀治: 耐久性能を具体的に考慮した新規ラジアルゲートの設計について, 土木学会第69回年次学術講演会予稿集, I-570, 2014.9. 3) 河内友一, 西川雅章, 中村秀治: 水力発電所鋼構造物健全度診断技術の高度化, 電力土木, No.357, 2012.1. 4) 土木学会鋼構造物委員会: 腐食した鋼構造物の性能回復事例と性能回復設計法, 鋼構造物シリーズ 23, 2014.8. 5) 中村秀治, 河内友一: 既設ラジアルゲートの耐荷力解析の精度向上と維持管理用解析モデルに関する検討, 構造工学論文集, Vol.59A, 2013.3.

実応力測定位置	設計値 (N/mm ²)	実測値 (N/mm ²)	FEM 解析値(N/mm ²)			
			トラニオンピンの初期不整			
			考慮しない	考慮		
r = 0.249 mm φ = 90 度	r = 0.184 mm φ = 90 度					
左 脚	LKUR1-1	-29.6	-4.1	-19.0	-9.6	—
	LKUR1-2	-29.6	-5.8	-22.6	-8.5	—
	LKUR2-1	—	-8.9	-20.7	-16.4	—
	LKUL1-1	-29.6	-21.4	-17.6	-26.9	—
	LKUL1-2	-29.6	-29.2	-21.0	-35.7	—
	LKDR1-1	-27.3	-11.5	-27.7	-17.3	—
	LKDR1-2	-27.3	-9.3	-21.0	-10.8	—
	LKDR2-1	—	-20.4	-23.4	-19.5	—
右 脚	LKDL1-1	-27.3	-39.5	-26.0	-37.3	—
	LKDL1-2	-27.3	-28.6	-19.1	-28.8	—
	RKUL1-1	-29.6	-8.4	-19.1	—	-11.1
	RKUL1-2	-29.6	-8.2	-22.6	—	-11.4
	RKUL2-1	—	-12.8	-20.9	—	-18.2
	RKUR1-1	-29.6	-15.9	-17.8	—	-25.7
	RKUR1-2	-29.6	-24.9	-21.1	—	-33.1
	RKDL1-1	-27.3	-12.6	-27.7	—	-18.5
脚	RKDL1-2	-27.3	-8.7	-20.8	—	-12.7
	RKDL2-1	—	-20.8	-23.3	—	-21.0
	RKDR1-1	-27.3	-33.8	-26.0	—	-36.0
	RKDR1-2	-27.3	-28.4	-19.1	—	-27.1
平均2乗誤差平方根	15.3	—	10.8	4.9		

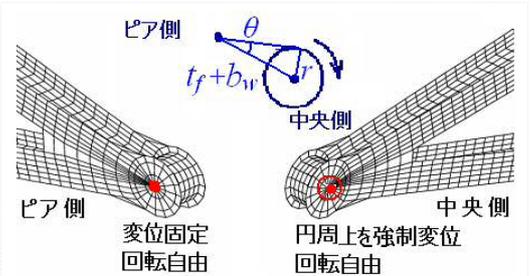


図-4 トラニオンピンの不整考慮

土木学会第69回年次学術講演会予稿集, I-570, 2014.9. 3) 河内友一, 西川雅章, 中村秀治: 水力発電所鋼構造物健全度診断技術の高度化, 電力土木, No.357, 2012.1. 4) 土木学会鋼構造物委員会: 腐食した鋼構造物の性能回復事例と性能回復設計法, 鋼構造物シリーズ 23, 2014.8. 5) 中村秀治, 河内友一: 既設ラジアルゲートの耐荷力解析の精度向上と維持管理用解析モデルに関する検討, 構造工学論文集, Vol.59A, 2013.3.