

ラジアルゲート脚柱の応力分布に対するトラニオンガーダの影響について

中国電力(株) 正会員 ○南條 英夫
中国電力(株) 西川 雅章
広島大学 フェロー会員 中村 秀治

1. はじめに

中国電力(株) 神野瀬発電所高暮ダムの洪水吐ラジアルゲート(1~5号)は昭和24年に設置されてから65年以上経過し、腐食進行が著しいことから、現在取替工事を実施中である¹⁾(図-1)。新設ゲートの設置に当たって、5号新設ゲートは平成26年5月に、4号新設ゲートは平成27年5月に、3号新設ゲートは平成28年5月に据付完了直後の有水試験において、トラニオンピン近傍の脚柱など耐荷力評価上重要な部位の応力計測を行なうことにより、将来の維持管理上の初期値を得るとともに、その実測値とFEM解析値を比較している²⁾。この結果、実測値との乖離が少ないFEM解析値を得るためには、トラニオンピンの軸方向不整を考慮する必要があることが明らかとなった²⁾。新設ゲートはトラニオンガーダと一体のトラニオンピンで支持される形となっており(図-1(a), (b))、トラニオンガーダの剛性が腐食により低下した場合はトラニオンピンの軸方向不整量が增大する可能性がある。

本報告は、「トラニオンガーダの腐食」がゲート耐力低下に及ぼす影響を把握することを目的として、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、扉体とトラニオンガーダの連成挙動を明らかにして、維持管理におけるトラニオンガーダの留意点について検討したものである。

2. 実測条件とFEM解析モデルおよび解析条件

本報告で対象とする高暮ダム洪水吐き3号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]、設計水位: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。

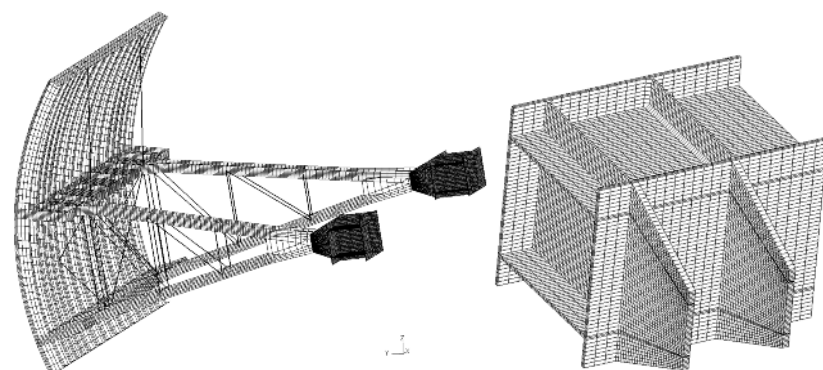
解析モデルは左右脚の初期不整の違いを考慮するため全体モデルとし、開発済の「維持管理用解析モデルによる3次元有限要素解析システム³⁾」を用いて作成した。更に、3次元ソリッド要素を用いてトラニオンガーダの解析モデルを別途作成し、扉体とトラニオンガーダの接続するトラニオンピン部では制約条件(Constraint Condition)を用いて一体化している。境界条件はダムクレスト、ダムピアと扉体の接触部などは実態に合わせて設定した。本解析に用いた解析コードはADINA ver.8.8である⁴⁾。



(a) 新設ゲートの脚柱構造



(b) トラニオンピンとトラニオンガーダ



(a) 扉体とトラニオンガーダの一体化モデル (b) トラニオンガーダのモデル

図-1 高暮ダム新設洪水吐ゲートの設置状況

図-2 高暮ダム洪水吐きゲートのトラニオンガーダを含めた解析モデル

キーワード 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, 初期不整

連絡先 〒730-8701 広島県広島市中区小町4-33 中国電力(株)流通事業本部 Tel.050-8202-2754

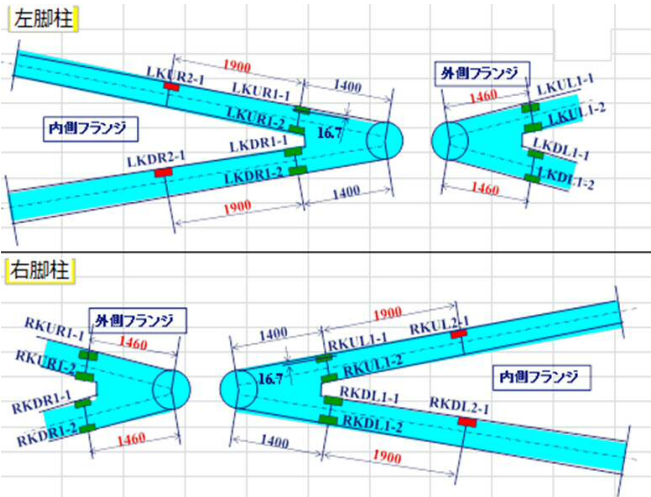


図-3 新設ラジアルゲートのひずみ計測位置

3. 計測値と FEM 解析値の比較

図-3 は新設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 は実測値、FEM 解析値(不整考慮、不整考慮しない)の比較表である。ここで“不整”は、トラニオンピンを介して扉体とガーダを一体化する際、僅かであってもハブとピンの方向に誤差があれば、現場で接合する際に扉体内に変形と応力を生じることになることを指している。図-4 は表-1 を図示したものである。不整考慮の必要性が分かる。

4. トラニオンガーダの扉体応力分布に対する影響

トラニオンガーダの影響について得られた結果は次の通り。

- (1) トラニオンガーダはコンクリートピア側に水压荷重が作用し、中央側には僅かなので、せん断変形が生じにくい。従って、ガーダが不整を著しく増加させるわけではない。
- (2) トラニオンピンはトラニオンガーダと一体であるが、ピンの初期不整は建設時から将来にわたって、その扉体固有の特性として維持される。腐食劣化と共に顕著に不整が拡大されるわけではないので、将来にわたってガーダがゲート耐力を支配する可能性は低いと考えられる。

- (3) トラニオンガーダのウェブは水平に近い状態で配置され、箱桁形状である。従って、ガーダ内は密閉状態に近く、腐食環境条件としては厳しいことが考えられる。維持管理上、トラニオンガーダは扉体の一部として、腐食防止等には扉体と同等の注意を払う必要がある。

5. むすび

本報告は維持管理における FEM 解析技術を有効なものにするため、高暮ダムゲートの更新にあたり、新設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を図る一環として行ったものである。トラニオンピン近傍の脚柱応力において、不整の影響が大きいことから、不整を考慮する方法を見出し、トラニオンガーダが将来にわたり、不整にどのように作用するかを検討した。得られた知見は今後の維持管理に活用する予定である。

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) 仁科晴貴, 河内友一, 南條英夫, 中村秀治: 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, 土木学会第 70 回年次学術講演会予稿集, I-244, 2015.9. 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) ADINA R & D, Inc.: ADINA User Interface Command Reference Manual Volume I: ADINA Solids & Structures Model Definition, 2011.

表-1 新設ラジアルゲートの実測値と解析値の比較

実応力 測定位置	実測値 (N/mm ²)	FEM 解析値(N/mm ²)	
		不整考慮 しない	不整考慮
左 脚	①LKUR1-1	-3.9	-9.5
	②LKUR1-2	-8.4	-12.9
	③LKUR2-1	-8.7	-11.5
	④LKUL1-1	-11.7	-11.4
	⑤LKUL1-2	-19.8	-15.3
	⑥LKDR1-1	-14.6	-21.0
	⑦LKDR1-2	-12.6	-17.3
	⑧LKDR2-1	-20.4	-19.3
	⑨LKDL1-1	-29.7	-24.9
	⑩LKDL1-2	-23.1	-19.7
右 脚	⑪RKUL1-1	-2.1	-9.6
	⑫RKUL1-2	-12.0	-12.9
	⑬RKUL2-1	-8.9	-11.6
	⑭RKUR1-1	-12.4	-11.5
	⑮RKUR1-2	-14.4	-15.3
	⑯RKDL1-1	-7.6	-21.0
	⑰RKDL1-2	-11.7	-17.3
	⑱RKDL2-1	-17.9	-19.3
	⑲RKDR1-1	-38.5	-24.9
	⑳RKDR1-2	-22.5	-19.7
実測値に対する平均 2 乗誤差平方根		5.7	1.8

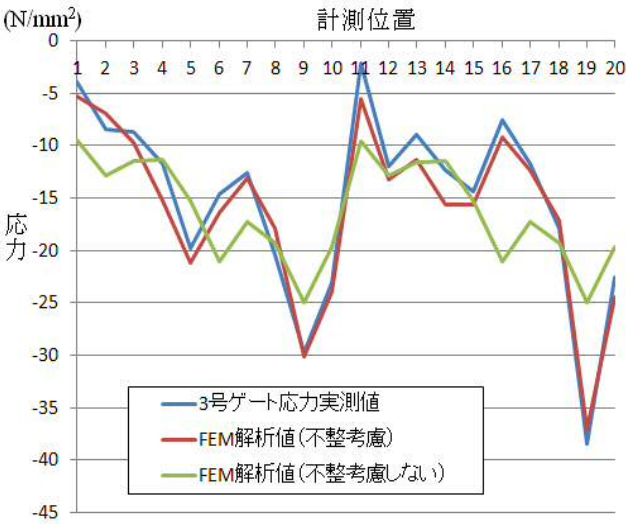


図-4 実測値と解析値の比較