

## ラジアルゲート支承部の摩擦抵抗モニタリング

○（財）電力中央研究所 正会員 塩竈 裕三  
北海道電力（株） 正会員 神藤 謙一

## 1. はじめに

ラジアルゲート（図1）は、円弧状の受圧部で止水を行い、脚柱、支承部を介して、水压荷重をダムピアなどに伝達する構造を持ち、支承部を中心にして、ワイヤーロープ等によりゲート全体を回転させることで開閉を行う水門である。

1995年、アメリカ合衆国カリフォルニア州 Folsom Dam に設置されたラジアルゲートが、ゲートの操作中に損壊する事故が発生した。その事故原因のひとつとして、経年劣化による、支承部を構成する軸-軸受間の摩擦抵抗の増大と、これに起因したモーメント荷重の脚柱への付加が挙げられている。

この事故を契機に、支承部の摩擦抵抗評価は、ラジアルゲートの健全性評価の重要項目として注目度を増し、国内外で実ゲートを対象とした摩擦抵抗の評価事例が多数報告されるようになってきた。

しかし、これらの既往事例の多くは、試験放流など短時間の限られた条件下での測定をもとにしているため、長期のゲート運用中に摩擦抵抗の変化が生じると、ゲートの健全性の過小、あるいは過大に評価につながることになる。

そこで本研究では、ラジアルゲートの健全性評価精度の向上に資するべく、支承部の摩擦抵抗荷重の影響を最も受ける脚柱のひずみを常時モニタリングし、運用中の摩擦抵抗の変化を把握することとした。

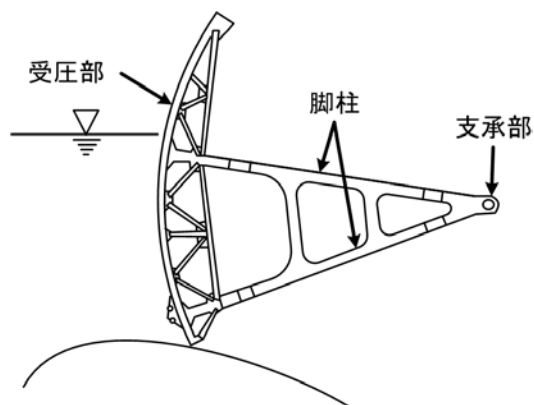


図1 ラジアルゲート

## 2. モニタリングの概要

モニタリングの対象とした I ダム洪水吐きゲート（1957 年設置）の外観を写真1に示す。I ダムに設置された3門のゲートのうち、最も操作頻度が高い中央のゲートをモニタリング対象として選定し、その右岸側脚柱でひずみのモニタリングを実施した。

ひずみの測定点を図2に示す。ゲート操作時に大きな曲げ応力が生じると考えられる支承部に近い断面（図2の断面1、断面2）を測定断面として設定した。また、脚柱軸方向の曲げモーメント分布の把握のため、脚柱間連結部材に近い断面（図2の断面3）も測定断面として設定した。



写真1 モニタリングの対象ゲート

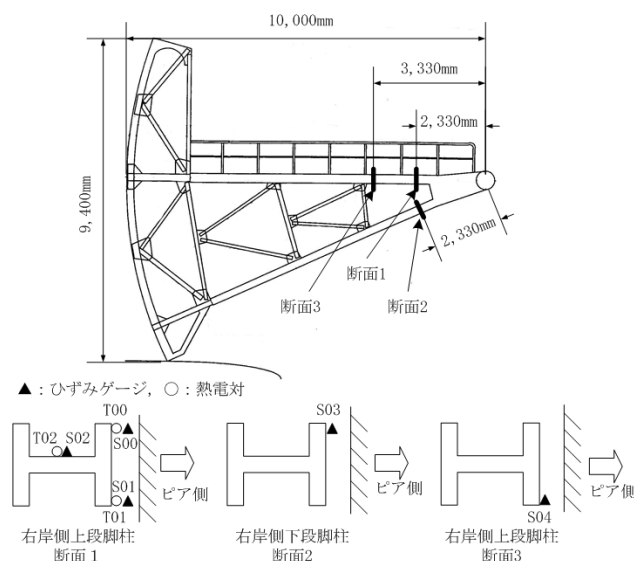


図2 対象ゲートにおけるひずみの測定点

キーワード 状態監視, 水門, 維持管理, 水力鋼構造物, 摩擦

連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所 地球工学研究所 構造工学領域

Tel : 070-6568-9672, Fax : 04-7183-2962, E-mail : shiogama@criepi.denken.or.jp

これらのひずみ測定点において、電力中央研究所で開発した遠隔観測システムを用い、平成16年3月から平成17年8月にわたって、常時4秒間隔でモニタリングを実施した。モニタリング中、4秒間隔の間に  $5 \times 10^{-6}$  を超えるひずみの変化が現れた際（主に、ゲート操作時）は、その変化の前後、4秒間隔で110回分の測定値（変化の前10測定値、変化の後100測定値）を保存した。それ以外の変化が少ないときは、10分に1回、1測定分を保存した。

### 3. モニタリングの結果

図3は、ゲート操作時のひずみ変化の一例で、放流開始から、ゲート開度を変化させて放流量を調整する際のものである。図の水平軸は時間を、左の鉛直軸はひずみの変化を、右の鉛直軸はゲートの開度をそれぞれ表している。

図3によると、まず、放流開始時（7時）に大きなひずみ変化が現れている。引き続きゲート開度を上昇させる場合（10時から13時20分）は、わずかなひずみ変化しか見られない。しかし、上昇から下降へと操作方向が転じる際（13時40分）に、再び大きなひずみ変化が現れ、その後も同様に操作方向が反転する際（18時30分、21時40分）に大きなひずみ変化が現れている。これらのゲート操作に伴う大小のひずみ変化は、それぞれ支承部の摩擦抵抗に起因していると考えられる。

図4は、実測値と解析値を比較したもので、水平軸はゲート操作時にゲートに作用していた水位を、縦軸はゲート操作による脚柱の応力変動量を表している。図中○で示した193個のプロットは、モニタリング期間中に得られた、ゲート操作反転時のひずみ変化量（図2の測定点S00）をもとに、操作反転前後の水位を考慮して、摩擦抵抗による脚柱の応力変動量を抽出したものである。

図中実線で結んだプロットは、摩擦抵抗を代表する値である摩擦係数（ $\mu$ ）をパラメータとしてFEM構造解析により求めた、当該ひずみ測定点での応力変動量の解析値である。

支承部の摩擦係数がゲート操作等の運用条件によらず一定であれば、実測値は、図中に示した解析値の曲線に類似した線状の分布となるはずである。

しかし、モニタリングによって得られた実測値は、

摩擦係数を0.05から0.20とした解析値の範囲にばらついており、解析値との比較から推定された個々のプロットに対する摩擦係数は、平均値0.131、変動係数19.4%という結果であった。

このばらつきは、支承部の摩擦抵抗の変化に起因していると考えられ、短期間の限定された条件下で得られた測定結果が必ずしも摩擦抵抗の上限を与えるものではなく、長期のゲート運用中においては、それらを超える摩擦抵抗が現れる可能性があることを示唆している。

そのため、支承部の摩擦抵抗による付加荷重に対して余裕の少ないゲートの健全性評価においては特に、本研究で示したモニタリングなどによる摩擦抵抗の変化の把握が必要であろうと考えられる。

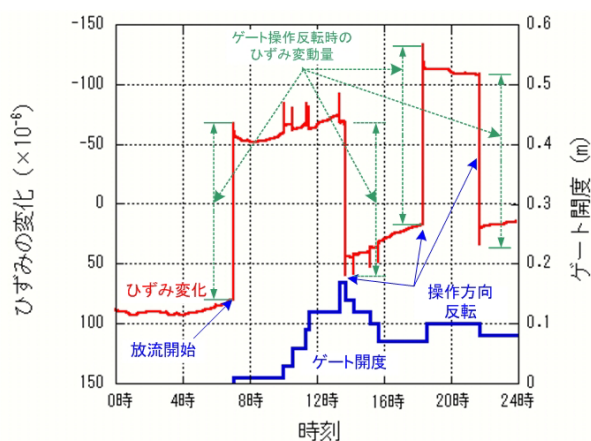


図3 ゲート操作時のひずみ変化の例

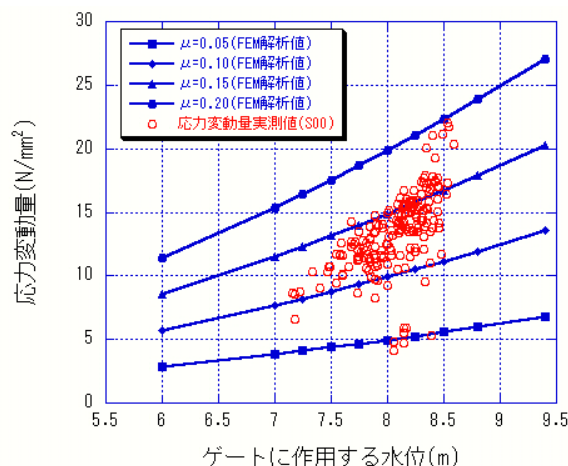


図4 ゲート操作反転時の応力変動量と摩擦係数を変化させたFEM構造解析結果との比較

### 参考文献

塩竈裕三, 神藤謙一, 遠藤義彦: ラジアルゲート脚柱応力の常時モニタリングによる支承部摩擦特性の評価, 電力中央研究所報告, 研究報告 N05027, 2006.