

# 浚渫用船舶が接触した洪水吐ゲートの湛水時計測による安全性照査

Safety verification using monitoring while ponding of spillway gate hit by dredger

北海道電力(株)土木部  
北海道電力(株)水力部  
北電総合設計(株)土木部  
室蘭工業大学

○正員 横辻 幸 (Osamu Yokotsuji)  
正員 村田 浩一 (Koichi Murata)  
非会員 佐藤 希久 (Marehisa Sato)  
フェロー 岸 徳光 (Norimitsu Kishi)

## 1. はじめに

平成18年8月18～19日の集中豪雨(ダムにおける累計雨量399mm、推定最大ダム流入量1,400m<sup>3</sup>/s)によって岩知志ダム調整池内に係留していた土砂浚渫用クレーン船等が流出し、ダム本体および洪水吐ゲートに接触して一部損傷を受けたため、損傷状況調査結果に基づいて補修工事を行った。下記に示すとおり、洪水吐ゲートは3門であるが、左岸側のNo.1は開閉装置の故障により動作不良となったため、洪水吐流下能力確保のための緊急措置として下端を1m程度切断したことから更新し、残りの2門は補修のうえ再利用することとした。本稿では、ゲートの損傷状況、健全性を確認するために実施した湛水時の計測結果と3次元FEM解析結果との比較による安全性照査結果について報告する。

## 2. ゲートの諸元

ゲートの諸元を表-1に、設計図を図-1にそれぞれ示す。

表-1 ゲートの諸元

項目	内容
門数	3
型式	鋼製ラジアルゲート
有効寸法	高さ 9.100(m)、径間 10.800(m)
揚程	10.5(m)
水密方式	前面3方ゴム水密
材質	SS41
製造年月	昭和33年7月(1958年)

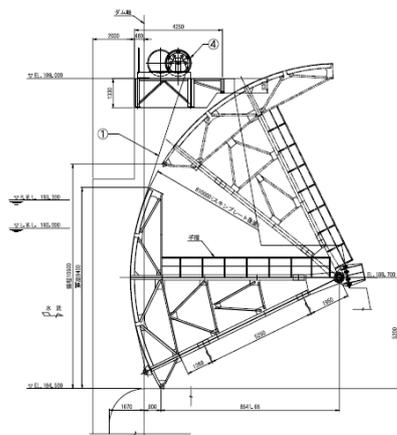


図-1 ゲート設計図

## 3. ゲートの損傷状況

ゲートの損傷状況は下記のとおりである。

- ・外観目視調査の結果、主としてスキンプレートに破れ(400mm等)、へこみ(深さ80mm等)、擦り傷等の損傷が見受けられたが、主桁、脚柱、トラニオンハブ付近、アンカレッジ基礎部の鋼材に、変形および塑性変形による塗膜の異常は確認されなかった。さらに、No.1およびNo.3の戸当り金物には損傷が認められなかったが、No.2の底部戸当り金物には変形が確認された。
- ・No.2およびNo.3脚柱の寸法調査の結果、曲がりは「水門扉検査要領(社団法人水門鉄管協会)」に記載されている寸法検査の許容値内であった。また、打音法調査の結果、脚柱の現場継手部(リベット)に異常は確認されなかった。
- ・染色浸透探傷試験の結果、No.2およびNo.3の溶接部に異常は確認されなかった。
- ・ゲートのアンカー部はコンクリートに埋設されているため直接評価することは出来ないが、アンカレッジの移動やピアコンクリートの異常(クラックや浮き等)は確認されなかった。

## 4. 計測計画

ダムおよびゲートの利用再開に当っては、常時満水位(WL.193.300m)以下の範囲内で貯水位を上昇および下降させることにより、安全性を確認する目的で、湛水時計測を実施した。湛水は、「試験湛水実施要領(案)平成11年建設省」に則ることとし、ダムに関しては漏水量、揚圧力、変形を計測し、異常の有無を確認しながら慎重に行った。



写真-1 ゲート損傷状況 (No.3)

表-2 計測項目・内容

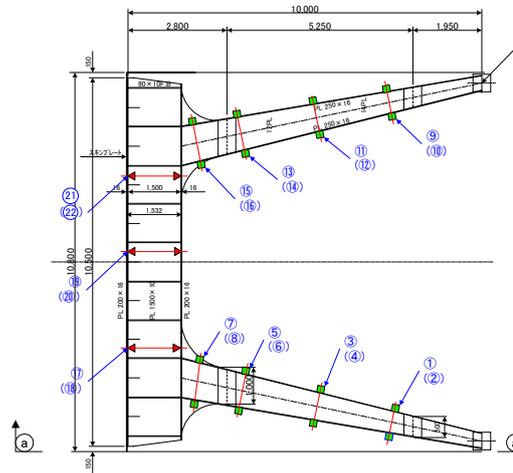
項目	内容	数量	No. 2、No. 3 ゲート	No. 1 ゲート
静的応力	ひずみゲージを貼付け、ひずみから応力を算出し3次元FEM解析結果と比較して安全性を評価する。なお、桁の応力は一方方向のひずみ値から、またスキンプレートの応力は二方向のひずみ値を用い、ポアソン効果を考慮してそれぞれ算定する。	140 点	50 点(56 成分)/門 水位計・温度計: 2 点	38 点(40 成分)
動的応力	静的応力測定箇所のうち主桁 2 断面、脚柱 4 断面の動的ひずみを測定し、定常放流時の振動等による応力増分を把握して安全性を評価する。	60 点	20 点(20 成分)/門	20 点(20 成分)
振動	主桁に加速度計を設置して加速度波形を測定し、Petrikat のスペクトル図を基準にして安全性を評価する。	12 点	6 点(18 成分)/門	—
変形、変位	変位変換器により下部主桁の変形およびアンカレッジの変位を測定して、主桁とアンカレッジの健全性を評価する。	12 点	主桁: 3 点/門 アンカレッジ: 2 点/門	— アンカレッジ: 2 点

ゲートの計測は、再利用する No. 2 および No. 3 を対象として静的・動的応力測定、振動測定、変形および変位測定を実施したが、参考までに今回更新した No. 1 の静的・動的応力、変位測定も行った。

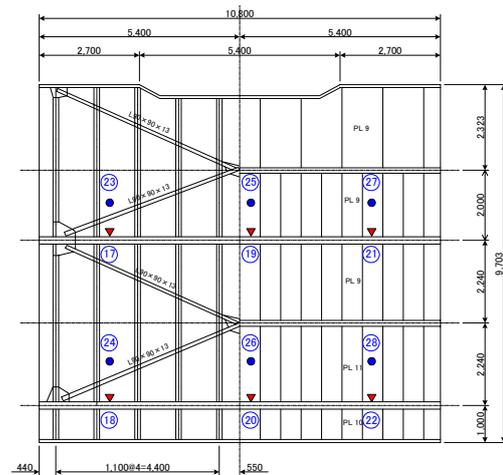
計測項目と計測内容を表-2 に、測定位置を図-2 にそれぞれ示す。

表-3 静的応力測定結果 (各部位最大値)

		静的応力 (MPa)		
		No. 1	No. 2	No. 3
主	桁	66.3 (111)	20.5 (100)	20.1 (100)
脚	柱	82.7 (118)	82.7 (100)	79.4 (100)
	スキンプレート	52.0 (118)	39.5 (100)	42.8 (100)



(平面図)



(正面図)

図-2 測定位置図

## 5. 計測結果

### (1) 静的応力

湛水期間中の静的応力は、測定ひずみに弾性係数を乗じて算出した。応力は水位や気温の変動に伴って変化するが、部位別の最大値は表-3 に示すとおり許容応力以下であることから、ゲートの強度は問題無いものと考えられる。

3次元 FEM 解析結果と実測結果の比較を図-3~4 に示す。図より、主桁下段下流側の応力に差異が見られるものの、脚柱、スキンプレートを含めてその他の部位では非常に良く対応しており、応力の対称性や連続性が確保されていることから、安全性に問題は無いと考えられる。

### (2) 動的応力

動的応力は、ゲート微小開度状態 (0~10cm) において 3 回測定した。ダム放流に伴う増分応力を表-4 に示す。

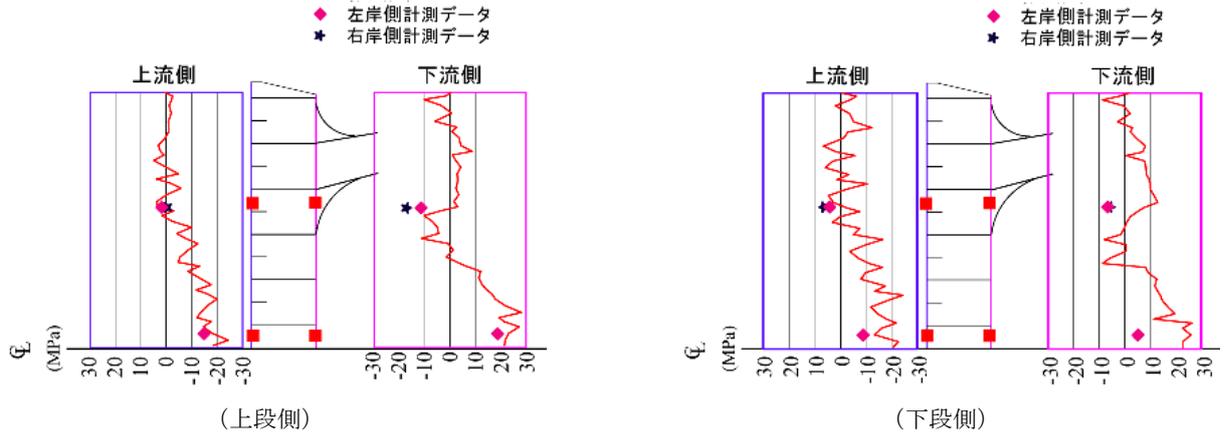


図-3 FEM 解析結果との比較 (No. 2 ゲート/主桁)

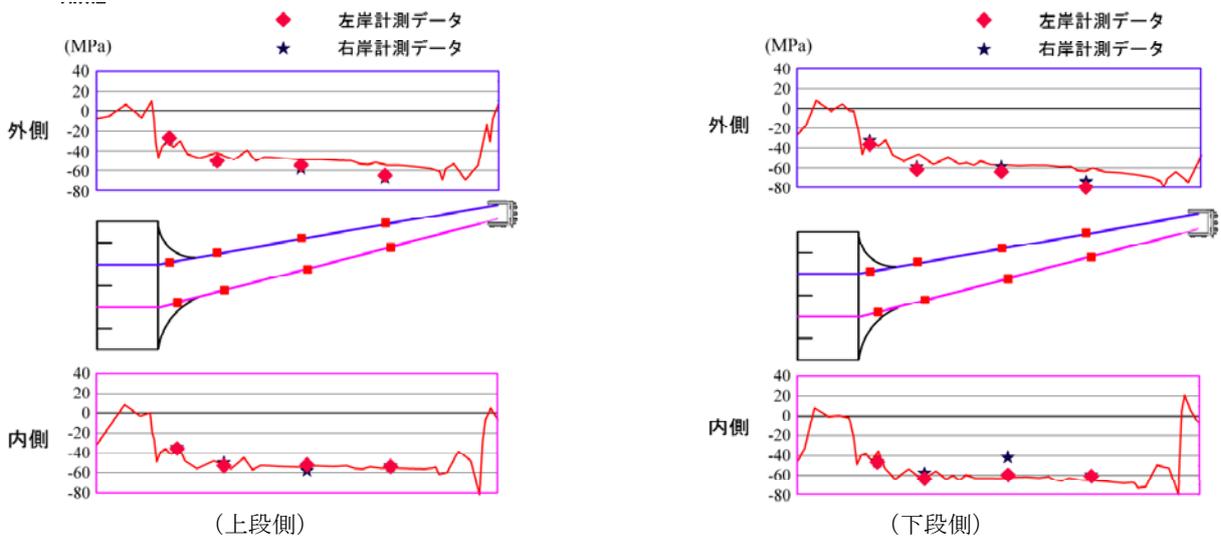


図-4 FEM 解析結果との比較 (No. 2 ゲート/脚柱)

表-4 動的応力測定結果 (各部位最大値)

		増分応力 (MPa)		
		No. 1	No. 2	No. 3
主	桁	0.3	0.4	0.5
脚	柱	0.7	0.4	0.5

ダム放流に伴う増分応力は総じて小さく、最大でも 0.7 MPa 程度であることから、静的応力に動的応力を加えても許容応力以下であり、スキンプレート損傷によるゲート本体の不整は発生していないことが分かる。

### (3) 振動

ダム放流時におけるゲートの振動を把握するため、動的応力測定時にひずみ変換型加速度計を使用して振動(加速度)測定を行った。なお、加速度計は主桁フランジの剛性の高い箇所に設置した。

放流安定時の測定データ(加速度)の一例を図-5に、各データをFFT処理したフーリエスペクトル図を図-6にそれぞれ示す。測定においては顕著な振動が生じなかったため、加速度が相対的に大きなNo.3の測定結果を下記に示す。

上段主桁ではX(上下流)方向、Y(左右岸)方向、

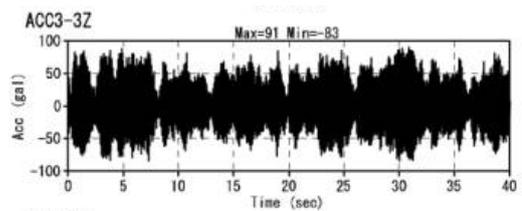


図-5 振動測定結果 (加速度図)

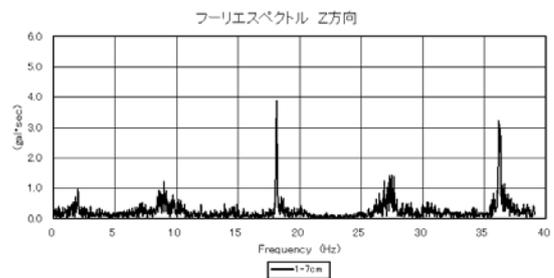


図-6 フーリエスペクトル図

Z(上下)方向の全てにおいて18Hz付近に、また下段主桁は、X方向28Hz、Y方向18Hz近傍に卓越振動数が示されている。開度7cm(1回目)の加速度振幅は、他の測定結果と比較すると大きい値である。これは沈木がゲ

一トに接触した影響であると推察されるが、本試験に含めて振動評価を行った。なお、Petrikat の図との比較は、加速度波形の最大振幅を用いて評価する通常的手法と、加速度フーリエスペクトルを用いて評価する手法の2ケースで検討した(図-7参照)。

この結果、全てのデータは「すこぶる安定」～「安定」の領域にあることから、振動性状の観点からもスキンプレート損傷によるゲート本体への影響は無いものと判断される。

(4) 変形、変位

a. 主桁のたわみ

水圧が相対的に大きくなる下部主桁の水平変位を計測した結果、No. 3 ゲートのたわみ量の最大値は 1.42 (mm)、たわみ度は 1/6, 200 となり、許容値である 1/1, 000 より格段に小さいことから、ゲート本体の健全性は十分保持されていることが明らかになった。

b. トラニオン部の変位

トラニオン部変位量の最大値を表-5に示す。変位量の最大値は 0.45mm であるが、3次元弾塑性有限要素解析による変位量 0.31 mm とも概ね一致していること、水位に連動した弾性的な変化を示していることのほか、コンクリート面にクラックが認められないこと、常時満水位における 36 時間の時間経過においても変位量がほとんど変わらないことから、アンカーの引抜けは無いものと考えられる。

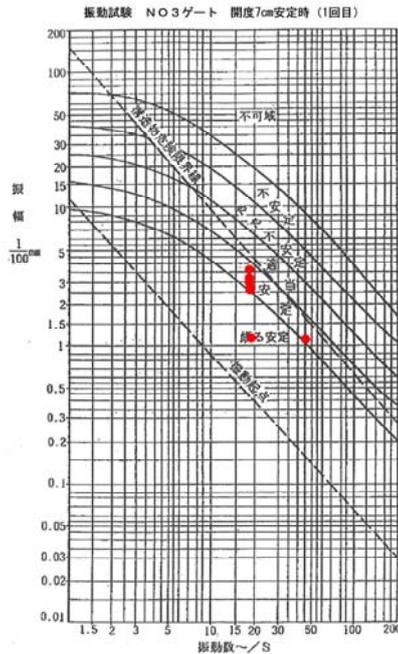
表-5 トラニオン部の変位

		変位量 (mm)
No. 1	左	0.45
	右	0.25
No. 2	左	0.13
	右	0.24
No. 3	左	0.16
	右	0.41

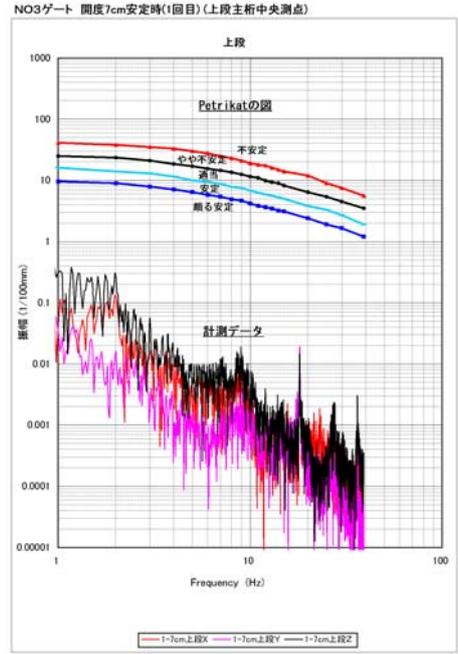
6. まとめ

洪水吐ゲート測定結果は以下のとおりである。

- ①静的応力の測定結果は、全てにおいて許容応力値以内である。また、脚柱および主桁の応力は、いずれの場合もほぼ対称性を満たしており、3次元 FEM 解析と比較して応力値および分布性状ともほぼ同様であった。
- ②動的応力の測定結果から、動的応力の増分は総じて小



(卓越振動数を用いて評価する手法)



(フーリエスペクトルで評価する手法)

図-7 振動評価結果

さく、最大で 1 MPa 以下であった。

- ③振動測定の結果から、No. 3 ゲートにおける開度 7cm の振動加速度は沈木の影響により若干大きい値となっているが、その他は全て小さい振幅を示しており、自励振動となるような傾向も見られなかった。
- ④変形および変位測定の結果、主桁のたわみは許容値内であった。また、常時満水位におけるトラニオンガード部の変位は、3次元 FEM 解析結果と概ね対応しており、36 時間程度経過後の増加傾向も示されていないことから、アンカレッジの引抜けが無いことを確認した。

以上のことから、洪水吐ゲートに関する湛水時試験結果で特に問題となる点は見当たらず、ゲートは健全性を有しているものと考えられる。

7. おわりに

岩知志ダム洪水吐ゲートにおいては、これら現地調査、湛水時計測結果および3次元 FEM 解析との比較から、浚渫用船舶接触による重大な損傷は無く健全性を有していると判断し、平成 19 年 4 月 18 日より岩知志発電所の運転を再開している。

同発電所の運転再開に当っては、「ダム構造・設計等検討委員会 発電検討部会 岩知志ダム技術検討部会 (事務局:ダム技術センター)」を始めとする多くの方々のご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

【参考文献】

- ・村田浩一, 横辻宰, 樋口総一郎, 岸徳光: 浚渫用船舶が接触したダム堤体の安全性照査, 土木学会北海道支部論文報告集, 第 64 号, 2008. 1.