

耐久性能を具体的に考慮した新規ラジアルゲート設計について

中国電力㈱ 正会員 ○河内 友一 中国電力㈱ 西川 雅章
広島大学 フェロー会員 中村 秀治

1. はじめに

水門鉄管技術基準水門扉編(第5回改訂版, 2007)に, 水門扉の設計基本条件は, 同基準第5条に適切な水密性及び耐久性など各々の設備の要求性能が条文化されている。また, 同基準第201条補修又は取替は, (1)振動による構造不安定の懸念がある場合, (2)性能低下が著しく運用に支障がある場合, などが挙げられている¹⁾。これらを実務に反映することを目的に, 中国電力では, 扉体各所に発生する応力の数値化による維持管理や更新計画を策定するため, 洪水吐ラジアルゲート, ローラゲートの維持管理に特化した3次元有限要素解析システムの開発, 運用を進めた²⁾。このシステムを17ダムの洪水吐ゲートの健全度診断に活用し, 至近の維持管理計画や高経年ゲートの更新計画を策定した³⁾。本報告では, ゲートの設計にあたり, 取替前の腐食実態など耐久性能を考慮した解析システムを用いた検討内容について報告する。

2. 水門鉄管技術基準における耐久性能関連規定

国の基準が性能規定化へと移行する中, 水門鉄管技術基準も第5回改訂版では, 要求性能を①確実に開閉できること, ②考慮すべき荷重に対して安全であること, ③適切な水密性を有すること, ④適切な耐久性を有すること, ⑤有害な振動を生じないこと, ⑥操作および保守管理が容易で安全に行えることとしている。要求性能を実現させるための具体的事項として「みなし規定」が条文に導入されおり, 要求性能②の荷重については, (a)考慮する荷重, (b)使用材料, (c)許容応力度, (d)応力照査法, 等が記されている。

要求性能④の耐久性能については, 同基準第201条補修又は取替えの条文及び解説に記載があるが, 「精密な調査に基づく安全評価による。」に留まり, 具体的な実施内容は実務担当者の判断に委ねられているのが実態である。参考文献4)においても, 残存耐荷力評価方法, 残存耐荷力照査, 健全度の判定に関する基本的考え方が示されているが, 将来を含めた耐久性能に言及した参考文献や事例紹介は少ない。

3. 既設ゲートの維持管理状況

中国電力は約100箇所の水力発電所を保有しているが, ゲートなどの鋼構造物の多くは設置から長期間が経過し, 適切な更新計画を策定する必要がある。中国電力の洪水吐ゲートの設置時期および60年以上経過するゲートの割合の変化を図-1に示す。既存ゲート設置時期が一時期に集中していたため, 今後の更新時期が集中する恐れがある。そこで, 補修・補強・更新に関わる予算の平準化を図るため, 「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」の開発, 運用を進めてきた⁵⁾。維持管理用解析モデルの一例を図-2に示す。

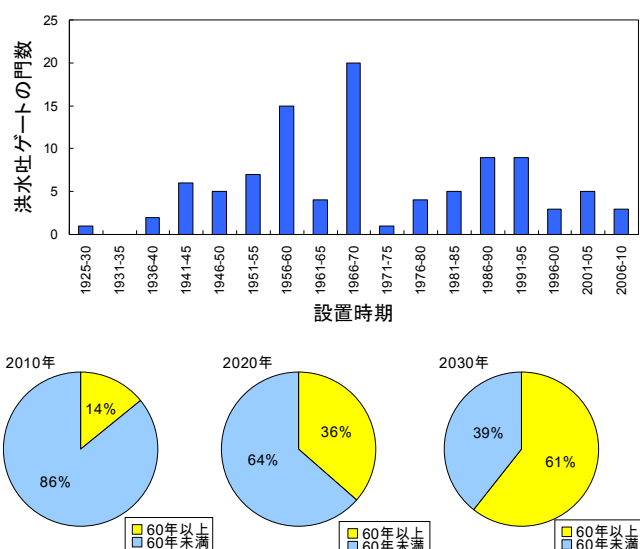


図-1 洪水吐ゲートの設置時期の分布(上)と設置後60年を経過するゲートの割合の変化(下)

キーワード 水門扉, 性能規定化, 耐荷性能, 耐久性能, 腐食劣化, FEM 解析

連絡先 〒739-0046 広島県東広島市鏡山3-9-1 中国電力㈱エネルギー総合研究所 TEL 050-8202-5270

4. 新規ラジアルゲートの耐久性能向上を考慮した設計例

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年以上が経過していたが、経年による腐食が進行したことから、平成25年度から取替工事を実施中である。この新規(取替後)のラジアルゲートを対象として、前述の維持管理用解析モデルを用いて耐久性能向上を考慮した設計を実施した。通常のラジアルゲートでは、主桁、脚柱をラーメン構造と仮定して部材の板厚を設計するが、高暮ダムの新規ゲートの設計では、通常の設計で仮決定した板厚を条件とし、シェル要素による3次元モデルを用いた有限要素解析を実施した。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は表-1のとおりであった。この腐食実績を元に、新規ゲートの将来的な腐食量を2mmと設定した。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、実際にはさらに長期の耐久性が期待できる。

通常の設計で仮決定した板厚に腐食を考慮した条件の解析結果(応力コンター図)を図-3に示す。主桁フランジに発生している引張応力(中央・赤)に対し、脚柱に発生する圧縮応力(全体・青)が大きく、絶対値で倍程度の値であった。これは、通常のラーメン構造の部材設計ではスキムプレートと主桁の協働効果が考慮されないが、3次元有限要素法ではその効果が考慮されるため、主桁に発生する応力が小さくなったと考えられる。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。設備の長寿命化および更新を考えるうえで、主桁と脚柱の老朽化度合はできるだけ同等であることが望ましい。そこで、腐食が進行した場合の発生応力を同程度とするように、脚柱の板厚を通常の設計値よりも10mm程度増やすこととした。なお、板厚を増やしたときのゲート製作費の増分は、ゲート全体工事費の割合で0.5%程度と僅かであった。

5. むすび

本報告においては、洪水吐ラジアルゲートを対象として、耐荷性能と耐久性能の具体的照査事例を示した。構造物ごとに設計上の着目点は異なるので、本手法をそのまま適用するのは困難としても、類似の考え方が採用可能な例は多いと思われる。国レベルの基準類が性能規定化される中で、今後の維持管理における耐荷性能、耐久性能の具体的照査事例として参考にして頂ければ幸いである。

参考文献

- 1) (社)水門鉄管協会：水門鉄管技術基準 水門扉編，2007.9.
- 2) 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，pp.56-59，2012.1.
- 3) 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，pp0.71-75，2013.11.
- 4) 土木学会鋼構造委員会：腐食した鋼構造物の耐久性照査マニュアル，鋼構造シリーズ18，2009.3.
- 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.

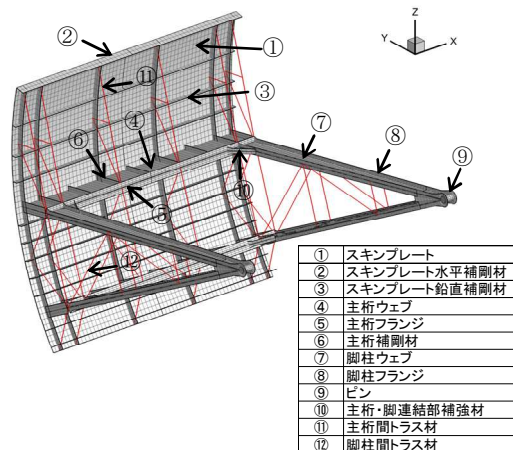


図-2 洪水吐ラジアルゲートの維持管理用解析モデル

表-1 取替前ラジアルゲートの実績腐食量

スキムプレート	0.020mm/年
主桁ウェブ	0.016mm/年
主桁フランジ	0.002mm/年
脚柱ウェブ	0.013mm/年
脚柱フランジ	0.005mm/年

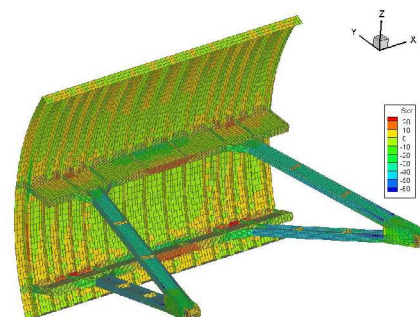


図-3 新規(取替後)ラジアルゲートの解析結果(将来の腐食を考慮)