

既設鋼製ゲートの健全性評価に向けたF E M解析用モデル（自動作成）の開発

中国電力株式会社流通事業本部

正会員 ○南條英夫

中国電力株式会社エネルギー総合研究所

正会員 河内友一

1. はじめに

水力発電は純国産の再生可能エネルギーであり、その重要性は従来にも増して高まっている。その一方で、水力発電所の多くは建設から数十年が経過していること等から、水力発電所の機能を維持・継続するには、適切な時期に設備の更新・補修を実施していく必要がある。

水力発電所に設けられているゲートの大半は鋼製であるため、経年とともに腐食が進行する。腐食が著しく進行すると耐力が低下することから、設備の健全度を把握したうえで、適切な時期にゲートを更新・補修する必要がある。しかし、ゲートの構造や腐食の進行度合いは各発電所によって異なっており、更新・補修する優先順位を単純に建設後の経過年数だけで判断することはできない。健全度を評価するには、その応力状態をより正確に把握する必要があるが、使用中のゲートの実応力測定は制約が多いうえ、多額の費用もかかる。

そこで、多数のゲートの健全度を効率的に評価するために、3次元有限要素解析によりゲートの現在および将来の応力状態を把握し、安全性を確保した上で更新工事数を平準化（同年度に更新工事が集中しないように配慮）した更新計画を策定した¹⁾。

本稿では、ゲートの3次元有限要素解析を効率的に行うために開発した解析用モデルの概要を紹介する。

2. 解析用モデルについて

通常、ゲートに生じる応力値は弾性域であることがほとんどであることから、解析手法は線形弾性解析とした。解析モデルは、4角形、3角形の曲面シェル要素および梁要素を組み合わせた3次元モデルとした。

多数のゲートの健全度診断を同等レベルで効率的に行うことを目指し、以下の特長を有する解析用モデルを設定するとともに、そのモデルの自動作成プログラムを作成した。

有限要素解析モデルであるため詳細な形状の再現まで可能であるが、ゲート形状に忠実なモデル化に過度にはこだわらず、主要諸元の入力によりコンピュータプログラムで解析用データを自動作成する。これにより3次元CAD等による解析モデル作成と比較して作成時間と費用が大幅に改善される。

格子密度や再現性の違いによる解析結果の差異を極力小さくするために、再現する部材および主要部材の要素分割数を統一する。とくに、格子を過度に細分化せず、最低限応力分布を再現できる程度の格子密度とする。

モデル自動作成プログラムを構造物毎に一度作成しておけば、構造物の生涯を通じて利用でき、定期診断や部分補修時など経年劣化に対応した適切な耐力評価と将来予測が可能になる。また、各種ゲートは形状に類似性があり、一地点のモデル自動作成プログラムは他地点にも大部分が共通利用できる。

このようにモデル構成・格子分割数を統一することで、ゲートの部材寸法等の諸元の入力のみで解析用モデルの作成が可能になり、モデル作成作業を大幅に省力化することができた。

また、このモデルを用いた解析結果を実測値と比較した結果、図-2に示すとおり、解析値は実測値を概ね再

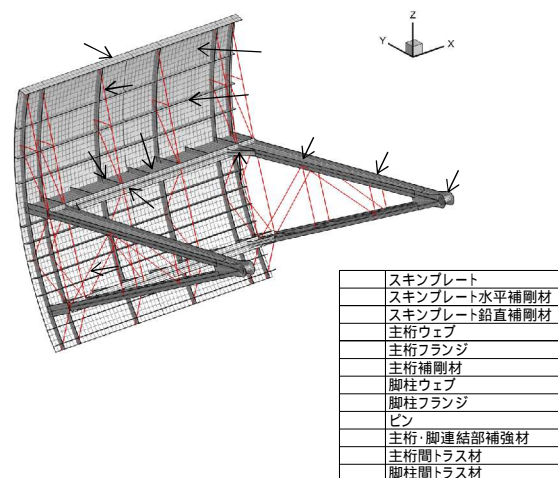


図-1 洪水吐ラジアルゲートの解析モデル

現できており、今回の解析手法は健全度診断に必要な精度を有していることを確認した。

3. 解析結果の活用方法（長期更新計画の策定等）

開発したモデルを使用して、ゲートの健全度について現状把握および将来予測を行い、ゲート更新の優先順位付けを行った。

健全度診断に用いる板厚は、現状把握には直近で計測した板厚を、将来予測には図 - 3 に示すこれまでの板厚の計測実績から得られた腐食速度を勘案した将来の想定板厚を用いた。

以上のような健全度診断結果（現状及び将来予測）から、更新の優先順位付けを行い、安全性を確保したうえで極力更新工事数を平準化させた今後 30 年間の更新計画を策定した。

今後、6 年に 1 回の定期診断（板厚計測を含む）ごとに今回作成したモデルにより板厚条件を変更した再評価を実施し、更新計画を随時見直しする予定である。

また、解析結果から得られた応力状態の予測をもとに、重点監視および重点保守部を定め、設備状況の確実な把握と延命化を実施していくこととしている。

4. 中型ゲートへの適用のための改良

前述した解析モデルの自動作成プログラムは、更新・補修費用が高額となる大型ゲート（扉体面積 50 m²以上）を対象としていた。しかし、中型ゲート（扉体面積 10 m²以上 50 m²未満）も経年劣化が進行しており、数も多いため、大型ゲートと同様に適切な維持管理・更新計画の策定が求められている。

そこで、以下のとおり解析モデル自動作成プログラムの改良を実施し、様々な形状がある中型ゲートにも適用可能とした。

様々なローラ支持タイプへ対応を可能とした。

主桁の数が多いゲートにも対応可能とした。

スキンプレーットの形状、断面形状の自由度を改良した。

排砂ゲートの解析のために泥圧も考慮可能とした。

5. おわりに

今回開発した解析用モデルを用いることにより、多数のゲートの健全度診断を効率的に実施できた。解析結果は実測値との比較により必要な精度を有していることを確認しており、この解析結果を用いることにより、安全性を確保した上で更新時期を平準化したゲート更新計画を策定できた。

今回の検討を進めるにあたり、中村秀治広島大学名誉教授（現：東電設計株式会社）に長期間に亘ってご指導いただきました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 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，pp56

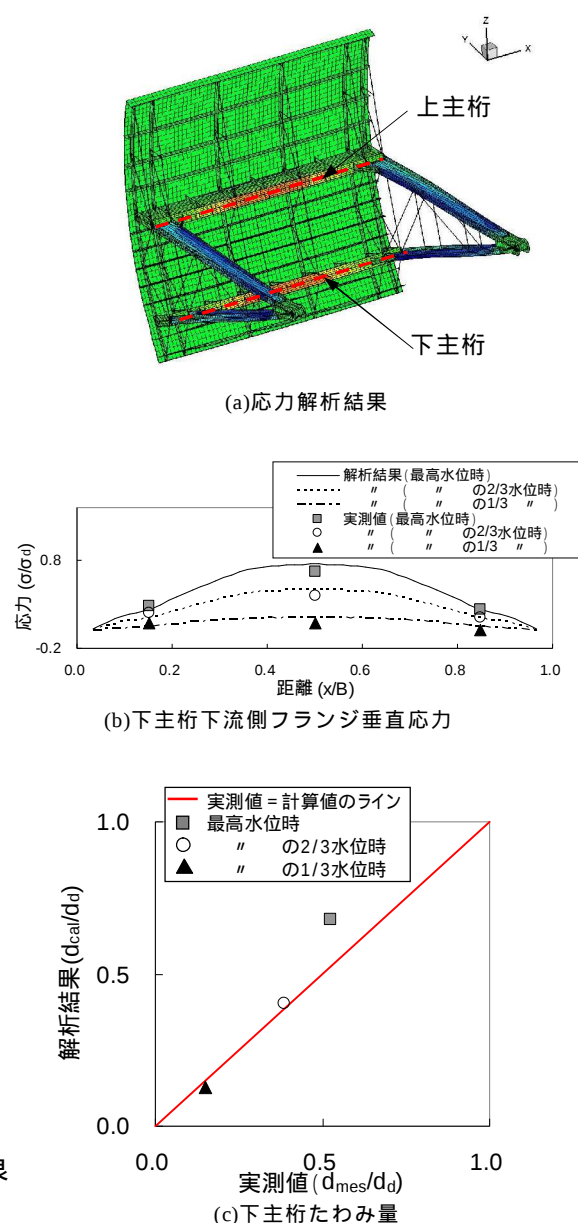


図 - 2 ラジアルゲートの解析結果と実測値との比較

