

水門扉の全体解析による実応力と安全性評価

広島大学大学院 学生会員 ○木下 一孝

広島大学大学院 学生会員 パッタマ トンシン

中国電力株式会社 正会員 舞田 裕之

広島大学大学院 フェロー会員

中村 秀治

広島大学大学院 正会員

藤井 堅

中国電力株式会社 正会員

西川 雅章

1. はじめに

構造物の設計においては詳細な全体モデルによる解析ではなく、部分的なモデルで応力評価することが多い。詳細な全体モデルによる解析は、解析プログラムの検証を要し、データ作成の作業量および計算量が多くなる一方、部分的なモデルで応力計算を行えば、簡便かつ安全側に評価できるといった長所があるためである。しかし、近年、性能照査型設計への移行期にあり、詳細解析による限界状態の把握の重要性は高まっている。

本研究では、ローラーゲートを対象とし、設計計算と全体解析による発生応力とを比較することで、今後の維持管理を踏まえた安全性の検討を行い、許容し得る腐食厚を定量的に把握することを目的としている。

2. 解析条件

解析コードはABAQUSを使用した。図1に解析モデルを示す。本解析モデルは2次部材にはり要素を使用し、上段・下段主桁やスキンプレートに対しては4節点シェル要素を使用している。鋼材はSS400とし、材料物性は、降伏応力=300MPa、ヤング率=206GPa、ポアソン比=0.3とした。降伏はMisesの降伏条件により判定している。

境界条件は左右対称性を考慮し、水圧を受けるスキンプレート中央のX方向、下部のダムクレスト接触位置のZ方向、両端ローラー部のY方向を固定した。

荷重条件は、図2に示すように静水圧をスキンプレートに作用させた。設計水位(静水面が扉体頂部)以上の荷重を加える場合には、越流状態を想定し、水位を上昇させることにしている。

3. 静水圧作用時の解析結果

ここでは、静水圧作用時にローラーゲートの上段主桁と下段主桁に生じる応力について、設計計算と全体解析の結果を比較する。図3は、各主桁の設計計算と全体解析から求めた最大応力を示す。この結果より、設計計算では、安全側に評価されており、実構造物の安全率は、設計時に想定したものより高いことがわかった。

腐食により板厚が減肉し、強度低下を招くことが懸念されるが、全体解析結果より実構造物の強度は、設計で

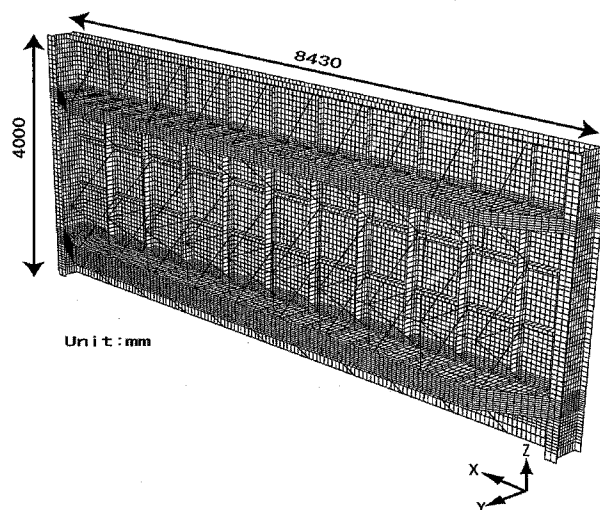


図1 解析モデル

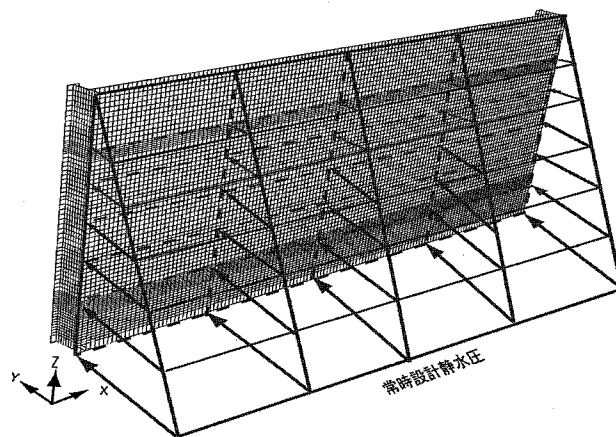


図2 荷重条件

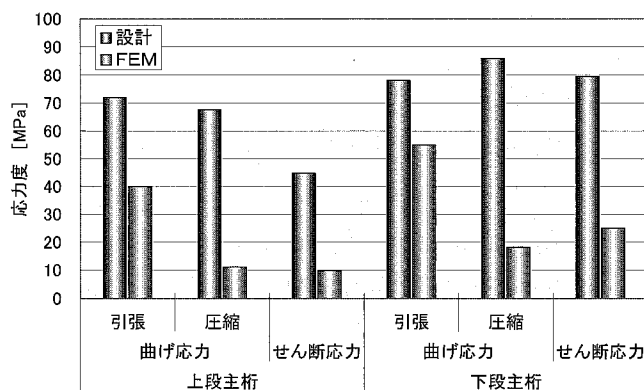


図3 各部材に生じる応力の比較

考えているよりも高く、腐食による強度低下を補うことが可能であると考えられる。

4. ローラーゲートの限界状態

ローラーゲートの限界状態を把握するため、越流状態を想定し、水位を上昇させた場合のローラーゲートの挙動を示す。これにより、性能設計における水門の使用限界状態、終局限界状態、崩壊性状等が明らかになる。

図4には、ローラーゲートに作用する水圧の合力と上段・下段主桁のウェブ中央の下流側への水平変位との関係を示している。図4中に示した1から3の水圧作用時の変形・応力状態を図5.1～5.3に示す。図5は、各々、設計水位（扉体頂部）より約1.0m、10.0m、13.0m上昇したときの状態を示している。

図4より、水位を上昇させて行くと水門扉中央の漏水防止上の変形制限である(径間/800)=10.5mm で使用限界状態に至り、さらに水位を上昇させていくと、下段主桁よりも上段主桁が先に降伏することがわかる。設計で想定している静水圧分布では、相対的に下段主桁が負担する荷重が大きいため、下段主桁の板厚は、上段主桁に比べて厚い。しかし、水位を上げていくと、下段主桁と、上段主桁の分担する荷重が相対的にあまり変わらなくなるため、板厚の薄い上段主桁が先に降伏する。図4における2は水位が設計水位より約10.0m上昇し、主桁が降伏し始めた状態で、終局限界状態と見なすことができ、図5.2に示すような応力、変形状態となる。さらに水位を上げると真の崩壊に至り、その変形状態は図5.3に示す通りである。

5. 結論

設計計算による応力と全体解析による発生応力には、差異があり、全体解析による発生応力の方が小さくなり、その割合をある程度定量的に評価できることが明らかになった。したがって、実構造物の有する安全率は設計時に想定している安全率より高くなることがわかった。この点を考慮すれば、設計上想定した安全率は保持したままで、維持管理上許容し得る腐食厚を設定することが可能になるものと考えられる。

参考文献

- 1) (社) 水門鉄管協会：水門鉄管技術基準—水門扉編，平成12年
- 2) 日本鋼構造協会：土木鋼構造物の性能設計ガイドライン，平成13年10月

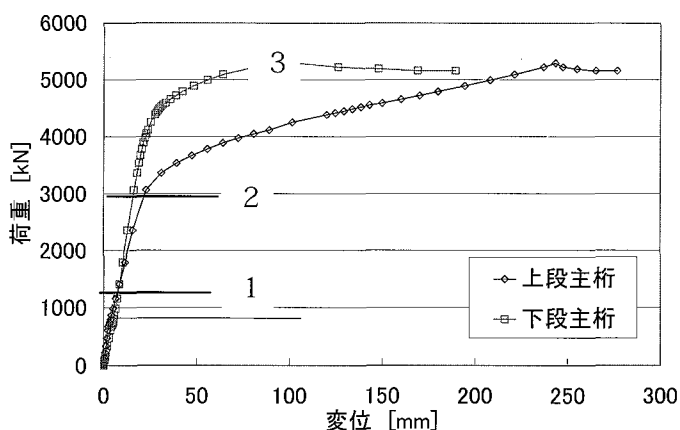


図4 主桁の荷重-変位曲線

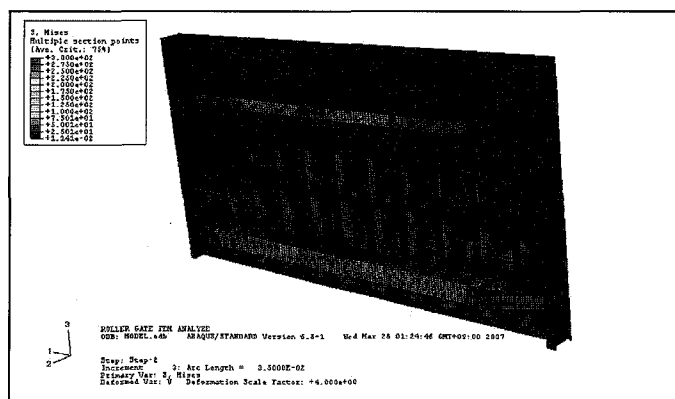


図5.1 水位が1.0m上昇した場合の応力状態

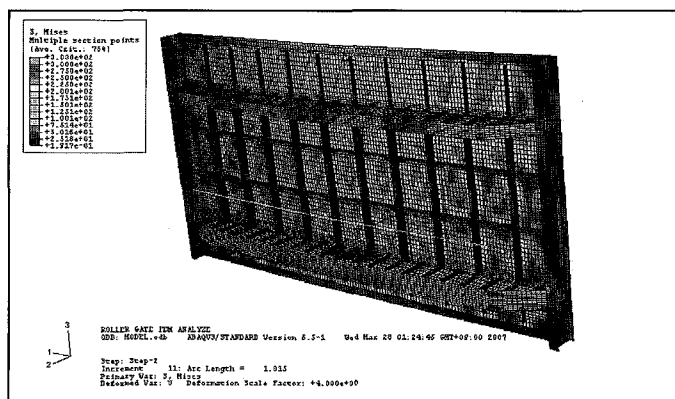


図5.2 水位が10.0m上昇した場合の応力状態

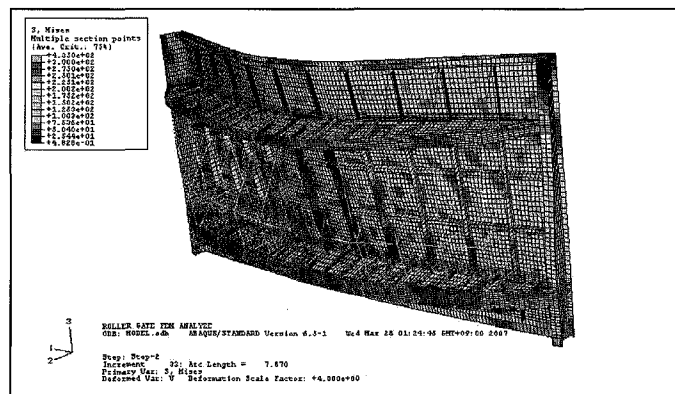


図5.3 崩壊時の応力分布と変形状況