

## 審査の結果の要旨

氏名 塩 竈 裕 三

ダムに設置されるゲートの主要な構造形式のひとつであるラジアルゲートにおいては、開閉時のヒンジ支承部での摩擦抵抗により、脚柱へ過大なモーメント荷重が作用し損傷に至る事例がある。設置年代の古い既設ラジアルゲートにおいては、開閉時のモーメント荷重が設計荷重として考慮されていないゲートもあり、モーメント荷重に対する安全性の確認が重要となっている。既設ゲートの安全性確認には設計基準が流用されてきたが、実際に作用しているモーメント荷重と設計荷重とが大きくかい離している場合があるなど、設計基準をそのまま維持管理に流用することに対する合理性が疑問視されてきており、既設ゲートを対象とした管理基準が求められていた。

以上を背景に、本論文では、既設ラジアルゲートの開閉時を対象として、応力照査により安全性を確認する際の管理基準値となる応力値を提案することを目的とし、実測応力などの既設ゲートの現状を精度よく評価しうる実測データを用いた場合について、信頼性理論に基づく管理基準値を提示している。

1章では、既往の研究を紹介し、取り組むべき課題として1)支承部で過大なモーメント荷重が生じた際の脚柱の限界状態に関する実験的な検討、2)実ゲートにおける支承部摩擦係数の変化の把握、3)管理基準値設定の方法論の構築を挙げている。

2章では、開閉時における脚柱の限界状態を実験的に把握するため、ラジアルゲートの縮尺模型を用いた耐荷力実験を行っている。実験の結果、脚柱の曲げモーメント分布が脚柱を補剛するトラニオンカバーの長さに応じて変化しカバー長が伸びるに連れて設計値と実験値とのかい離が大きくなること、カバー長によらず脚柱のうちトラニオンカバーとの境界近傍におけるフランジ曲げ圧縮縁の局部座屈が限界状態となることを明らかにしている。

3章では、支承部摩擦係数の供用中の変化を把握するため、実ゲートの脚柱において開閉時のひずみ変化をモニタリングし、摩擦係数の推定を行っている。推定の結果、個別の支承部を採り上げた場合、その摩擦係数はゲート操作ごとにばらつくが、ばらつきの程度は多くのゲート支承部間での摩擦係数のばらつきに比べて小さいことを明らかにしている。

4章では、ラジアルゲートに作用するもうひとつの主たる荷重である静水圧荷重について、同荷重下で脚柱に生じる応力の計算、実測に関連する不確実性を定量化するため、実ゲートで得られた実測応力と設計計算式による計算応力との比較を行っている。比較の結果、同じ水圧荷重条件下での計算応力と実測応力との差を計算応力に関わる不確実性と定義した場合、この不確実性が脚柱軸応力成分の計算値の大きさに依存することを明らかにしている。また、実測応力を応力照査の水圧荷重下での応力値へ外挿する際に生じる、外挿した応力と実際の応力との差を実測応力に関わる不確実性と定義した場合、この不確実性が外挿における外挿比率の大きさに依存することを明らかにしている。

5章では、管理基準値を提示するため、計算応力を用いた応力照査および実測データを活用した応力照査それぞれにおける照査に関わる不確実性の差をもとに、実測データを用いた応力照査における管理基準値を信頼性理論によって求める考え方を示し、具体的な管理基準値を計算している。まず、4章までに明らかとなった開閉時におけるラジアルゲート脚柱の限界状態、モーメント荷重算定の基本となる支承部摩擦係数のゲート間のばらつきおよび静水圧荷重に対する脚柱の計算応力に関わる不確実性をもとに、計算応力を用いて応力照査を行う場合の安全性を信頼性指標値として算出し、開閉時のモーメント荷重が設計荷重として考慮される前後のゲートで安全性に差があることを明らかにしている。そして、この結果をもとに目標となる信頼性指標値を設定し、個別のゲート支承部におけるゲート操作ごとの摩擦係数のばらつきおよび応力測定時の静水圧荷重条件に依存した実測応力の外挿に関わる不確実性をもとに、実測データを用いた応力照査における管理基準値を計算している。管理基準値は、実測応力の外挿に用いる外挿比率の大きさに応じて変化する値となっており、外挿比率を小さく抑えた測定条件で実測応力を得る場合、得られた実測応力が現行の管理基準値である設計許容応力度より大きな値であっても、十分に安全性が確保される場合あることを示している。

6章では、全体の結論をまとめている。

鋼鉄道橋や水圧鉄管など、設計における応力照査上の基準値と既設構造物の維持管理における応力照査上の基準値を分ける例があるが、いずれも経験的に定められた側面が強いものに対し、本論文で提案している管理基準値は実測データに基づき信頼性理論に則って求められた定量的で目標とする安全性レベルが明示された値となっている。既設ゲートに対して求めるべき安全性レベルについての議論は残るが、提案された管理基準値は、既設ゲートの安全性に関して、ゲート設備管理者における説明責任の向上に寄与する成果であると考えられる。応力照査に用いる計算値や実測値の精度向上が、評価される構造物の安全性レベルの向上あるいは照査に適用すべき管理基準値の緩和につながるという本論文の結論は、測定やモニタリングなど既設ゲートのより正確な実態把握に対するゲート設備管理者の動機付けとなり、既設ゲート全体の安全性の維持、向上につながれると考える。また、管理基準値導出の検討過程で得られたゲート支承部における摩擦力の残留、トラニオンカバーを剛体とした梁計算による模型実験の脚柱曲げモーメントの再現という知見は、これら単独でラジアルゲートの維持管理の実務において直ちに活用されうるものである。

以上の様に、本論文は、ラジアルゲートの安全性照査に関して工学上多大な知見を呈示していると判断する。よって、博士（工学）の学位請求論文として合格と認める。