

## 主論文審査の要旨

我が国のアーチダムは、戦後の経済成長に伴い増大する電力需要に応じ大型電源開発を目的として建設され、現在では経年 50 年を超えるものが多く高経年化が進行している。一方、我が国におけるダムの耐震設計は、「第 2 次改訂ダム設計基準」に基づき、ダム自重に経験的に定めた設計震度を乗じた慣性力を水平地震力として静的に作用させる静的震度法が基本である。この手法で設計された我が国のコンクリートダムでは、幸いこれまでの地震で大きな被害はなく本手法で設計されたダムの耐震性は確認されている。また、近年の K-net 等の強震観測網の整備に伴い、設計震度を上回る強震動がダムサイトで観測されている。このような事情を勘案すると、大規模地震に対するダムの耐震性能を合理的に評価する必要があり、国土交通省は「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説」を施行し試行運用を行っている。

以上の背景を鑑み、本論文では、高経年大規模コンクリートアーチダムの常時・大規模地震時における健全性評価手法を構築し、今後の高経年大規模コンクリートアーチダムの維持管理技術の高度化のための手法を提案している。

本論文は、序論と結論を含む 6 章より構成されている。

第 1 章では、本研究の背景や目的、アーチダム建設の歴史や技術基準の変遷を整理し、対象とした上椎葉ダムと一ツ瀬ダムの概要を纏めている。

第 2 章では、日常計測データ分析と、FEM 静的解析に基づく常時健全性評価法および結果について述べ、漏水量と堤体変位の統計解析結果からダム本体はダム水位や外気温等の変化に追随し安定した挙動を示していることを明らかにしている。FEM 静的解析では、鉛直ジョイント部の剥離・すべり・再接触を考慮した非線形モデルを構築し、供用状態に応じた温度応力を考慮することで実ダムの堤体変位を再現し、ダムの耐荷機構を明らかにし、両ダムの常時健全性を評価している。

第 3 章では、レベル 2 地震動評価と、FEM 地震応答解析による耐震性能評価、および地震後安定性評価の方法と結果について述べている。レベル 2 地震動評価では、距離減衰式と断層モデルでの評価を踏まえレベル 2 地震動を作成している。FEM 地震応答解析では、上椎葉ダムは線形解析結果から、一ツ瀬ダムは非線形解析結果から、堤体内部における高引張応力の発生領域は堤体上下流表層のごく一部に留まることを示している。また、地震時の損傷を考慮した地震後の静的解析を実施した結果、地震後の損傷拡大は軽微で地震後も貯水機能が維持できることを示している。

第 4 章では、両ダムで実施した 2 種類の常時微動の計測法と結果、および計測結果に基づく地震応答解析モデルの精緻化について述べている。高密度計測では低次の固有振動モードと固有振動数の関係を把握し、長期計測では他ダムを対象とする既往研究で指摘されているアーチダム固有振動数のダム水位依存性を確認している。加えて、ダム固有振動数の温度依存性を本研究で初めて捉えている。これらの結果に基づきダム堤体の健全性を評価している。

第 5 章では、解析法や、地震波の入力成分数、ダム水位条件、堤体形状の違いが地震時応

答に与える影響について評価している。静的震度法による解析との比較により地震応答解析に基づく耐震性評価の必要性を示している。また、ダム水位より高い堤体右左岸アバット部にアーチ軸力（圧縮力）の低下に起因する高引張応力が発生することを明らかにし、水位条件の違いにより損傷モードが遷移することを示している。地震動の上下流方向成分のみの入力と、右左岸方向成分を同時入力したケースを比較し、両者に有意な差がないことを示している。堤体形状の違いでは、非対称モデルは、地震時において入力方向と同方向成分のみでなく直行成分のモードも励起されるため、出来る限り対称性を保持した堤体形状が望ましいことを示している。また、ダム水位と固有振動数の関係は堤体形状に関係なく、常時微動計測結果や他のアーチダムでの既往研究結果で得られた関係と一致し、ダム水位変化に対するアーチダムの動的特性の変化はアーチダムの一般的な挙動であることを示している。

第6章では、本研究で得られた成果を総括している。

本研究の成果は、査読付き論文3編および国際会議論文2編として発表されており、その成果は大規模コンクリートアーチダムの耐震性向上に対して大きく貢献するものとして、その学術的および実用的価値が極めて高く評価されている。以上の研究成果より、審査委員会は研究業績が環境共生工学専攻・社会環境マネジメント講座の学位審査基準を満足していることを確認し、本論文が博士（工学）の学位授与に十分値する内容であると認めた。

#### 最終試験の結果の要旨

審査委員会は、学位論文提出者に対して当該論文の内容および関連分野全般について試問を行なった。その結果、論文提出者は当該研究分野および周辺領域について十分な知識と理解力を有していると判断した。また、外国語に関しては、2編の論文を国際学会で発表しており、研究者として十分なレベルの能力を備えていると認めた。以上の結果より、論文提出者は博士（工学）としての能力を十分備えていると判断した。

審査委員	環境共生工学専攻	社会環境マネジメント講座	教授	松田泰治
審査委員	環境共生工学専攻	社会環境マネジメント講座	教授	山尾敏孝
審査委員	環境共生工学専攻	社会環境マネジメント講座	教授	溝上章志