

京都大学	博士（工学）	氏名	金 銅 将 史
論文題目	コンクリートダム の健全度診断における振動モニタリングの活用に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、コンクリートダム の構造物としての健全度診断手法の 1 つとしての振動モニタリングの具体的な実施方法を、ダム の維持管理の実務における活用方法を含めて論じた結果をまとめたものであって、全 9 章からなっている。</p> <p>1 章は序論であり、本研究の背景及び目的について述べている。</p> <p>2 章では、コンクリートダム の健全度診断及び関連研究の現状を概観した上で、コンクリートダム への振動モニタリングの適用に向けた課題を整理している。</p> <p>3 章では、コンクリートダム の健全性に関する基礎的情報として各種変状の発生傾向等を把握するため、国内のダム での既往点検記録や実際のダム の状況を整理するとともに、ダム 堤体から採取されたコンクリートの圧縮強度など長期材齢での各種物性試験データの分析を行っている。その結果、ダム の安全性に直ちに影響を及ぼすものでなくても種々の変状の例があることや、このうち比較的報告例が多い漏水やひび割れは供用開始後の経過年数が長いダム で報告が多い一方、それ以外のダム でも一定の報告例があることなどを明らかにしている。また、圧縮強度をはじめとする物性値の面からは、明らかな健全性の低下を示す例は見当たらないが、更なるデータの蓄積と継続的な分析が必要なことなどを指摘している。</p> <p>4 章では、コンクリートダム の健全度診断における振動モニタリングの活用可能性に関する予察的検討として、数値解析的検討を行っている。ダム 堤体の安定性に影響する水平ひび割れや、堤体表面からの物性値（弾性係数）の低下を伴う長期的な健全性の低下を想定した場合のダム 堤体の振動特性に及ぼす影響について固有値解析により調べ、堤体内のひび割れやダム コンクリートの物性（弾性係数）の低下が進行すると、ダム 堤体の固有振動数が低下する可能性があるとの予測を得ている。</p> <p>5 章では、実際のコンクリートダム を対象に、常時微動計測や地震動観測記録の分析を行っている。まず、ダム 基礎部と天端での同時観測（計測）記録から求めたダム 堤体の伝達関数よりダム 堤体の固有振動数を同定し、その変化からダム 堤体の基本的な振動特性について論じている。そして、振動特性（固有振動数）の変化要因として、主に貯水位と外気温の変化が挙げられることを指摘している。その上で、健全度診断において必要となるこれらの健全性の変化以外の要因による影響を定量的に考慮（分離）可能とする具体的方法を提案している。すなわち、貯水の振動による堤体の付加質量効果が貯水位により変化すること及び外気温変化に伴ってコンクリートの体積変化が生じ、横継目の拘束条件（密着性）が変化することを考慮した重回帰モデルを提示し、同モデルによるダム 堤体の固有振動数の予測値が実測値を比較的よく再現することを確認している。なお、ダム 堤体内放流設備からの放流水のような振動源があるダム では、当該放流水の影響も考慮できる重回帰モデルとすることで、実測値の再現性が向上することも指摘している。</p> <p>6 章では、地震動によるダム 堤体の振動特性への影響について、地震動作用中のダム 堤体の伝達関数の経時変化の分析により考察している。その結果、強震動により構</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	金 銅 将 史
<p>造的損傷を生じた海外のダムでは，地震動作用中にダム堤体の固有振動数の不連続な低下が生じ，その後も回復していない例があることから，地震動によるダム堤体の健全性への影響確認にも振動モニタリングによる診断が有効なことを明らかにしている．なお，比較的強い地震動が作用した国内のダムで，特段の構造的損傷がなくても一時的に固有振動数の低下が認められる例があるとして，その原因を地震時の横継目変位の測定データ等から考察し，堤体横継目の僅かな相対変位が原因と考えられることを指摘している．また，このことにより，地震動によるダム堤体の健全性への影響は，地震後一定の期間振動モニタリングを行い，固有振動数の不可逆的変化（低下）の有無を確認することにより診断すべきことを指摘している．</p>			
<p>7章では，前章で考察した地震動によるダム堤体の振動特性への影響に関して，数値解析的検討を行い，堤体横継目の拘束条件が緩まることによりダム堤体の固有振動数が低下することを確認している．また，地震後に重力式コンクリートダムの横継目部から漏水が報告される例があることを踏まえ，既往地震での同種事例の調査や数値解析的検討及び常時微動計測による実測挙動の分析により，地震動がダム堤体の止水機能に及ぼす影響について論じている．その結果，この種の漏水は地震時に堤体各ブロックの相対挙動による負荷が集中しやすい箇所が発生する可能性があること，横継目部の挙動はその拘束条件（密着性）に影響を受けることなどを指摘している．</p>			
<p>8章では，コンクリートダムの維持管理の実務における健全度診断手法の1つとして振動モニタリングの活用を図っていく上での指針となるよう，前章までに得られた知見をもとに，振動モニタリング活用の利点，活用目的（用途），具体的な実施方法と実施上の留意点等を整理して提示している．</p>			
<p>9章は，以上各章の考察で得られた成果を総括し，結論としている．</p>			

## (論文審査の結果の要旨)

本論文は、コンクリートダムの構造物としての健全度診断手法の1つとしての振動モニタリングの具体的な実施方法を、ダムの維持管理の実務における活用方法を含めて論じた結果をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. コンクリートダムでは、安全性に直ちに影響を及ぼすものでなくても漏水やひび割れなど種々の変状の例がある。また、圧縮強度をはじめとする物性値の面から明らかな健全性の低下を示す例は見当たらないが、更なるデータの蓄積と継続的な分析が必要である。
2. ダム堤体の安定性に影響する水平ひび割れや、堤体表面から物性値（弾性係数）の低下を伴う堤体材料の健全性の低下が長期的に進行した場合、ダム堤体の固有振動数は低下することが予想される。
3. 実際のコンクリートダムでの常時微動計測や地震動観測記録の分析から、ダム堤体の固有振動数は、健全性以外の要因として、貯水位や外気温の変化の影響を受けて変化する。これは、貯水位変化による堤体の付加質量効果の変化及び外気温変化により生じるコンクリートの体積変化に伴う堤体横継目の拘束条件（密着性）の変化によるものと考えられ、本研究で提示したようなこれらの影響を考慮（分離）可能な重回帰モデルを用いることで、ダム堤体の健全性をモニタリングすることが可能になる。
4. 強震動により堤体に構造的損傷を生じたダムでは、地震動作用中にダム堤体の固有振動数の不連続な低下が生じ、その後も回復していない例があることから、地震動によるダム堤体の健全性への影響確認にも振動モニタリングによる診断が有効である。ただし、比較的強い地震動を受けたダム堤体の固有振動数は、特段の構造的損傷がなくても堤体横継目の僅かな相対変位により一時的に低下することがあるため、構造物としての健全性への影響は、地震後一定期間モニタリングを行い、固有振動数の不可逆的变化（低下）の有無により診断する必要がある。
5. 地震後に重力式コンクリートダムで報告例がある横継目部からの漏水は、地震時に生じる堤体各ブロックの相対挙動による負荷の集中がその要因となりうる。なお、横継目部の挙動はその拘束条件（密着性）に影響を受ける。
6. コンクリートダムの維持管理の実務において振動モニタリングの活用を図るため、その利点、活用目的（用途）、具体的な実施方法や留意点等を示した。

以上、本論文は、コンクリートダムの健全度診断手法の1つとしての振動モニタリングの具体的な実施方法をダムの維持管理の実務における活用方法を含めて論じた結果をまとめたものであって、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成30年8月24日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。