

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 ヤズダニ マホムド

本論文は、コンクリートアーチダムの基礎岩盤のせん断破壊に対する耐震安全性を照査する手法を提案するものである。

1995年の兵庫県南部地震以降、重要構造物の耐震安全性確認は大きな関心を集めている。ダムは典型的な重要構造物であり、十分な耐震安全性を保有するよう設計されているが、設計において想定された地震より大きな地震動に対してどれほどの安全性を有しているかは明らかではない。ダムが保有する耐震安全性を定量化する方法としては、想定される地震の何倍の大きさまでダムが耐えられるかを明らかにすることが考えられる。そのような仮想的な入力地震動に対して、考慮すべき終局限界状態としては、コンクリートダム堤体にクラックが発生・進展し、崩壊に至る状態と、基礎岩盤がせん断破壊し、崩壊に至る状態が考えられる。

本論文では、条件の厳しいと考えられる、コンクリートアーチダムの基礎岩盤・アバットメント部に着目し、地震時に岩盤に含まれる不連続面が開口、せん断し、さらに破壊領域が拡大することにより終局限界状態に至る現象に対する解析手法と、耐震安全性を評価する手法を提案している。

第1章では、研究の背景と目的が述べられている。

第2章では、本論文で対象とするアーチダムの解析条件が記述されている。

第3章では、アーチダムの耐震安全性の簡易評価手法が提案されている。提案されている手法では、まずアーチ堤体と基礎岩盤に対する3次元動的解析を実施する。解析結果より、基礎岩盤において最大せん断応力が発生する個所と、その点を通る照査平面を定める。照査平面は最大せん断応力の作用する面と岩盤の不連続面方向より定める。今回の解析では水平面が選ばれている。最大せん断応力が発生する個所を含む3次元要素の節点変位の時刻歴より、照査面においてその要素の境界に囲まれる部分領域境界の時刻歴変位を求め、それを入力条件として2次元部分領域動的解析を実施する。求まる応力場の時刻歴より、岩盤に内在する不連続面におけるせん断すべりに対する局所安全率を計算し、各不連続面群に対する破壊領域が時間の関数として求まることが示されている。この簡易評価手法で、破壊の開始、破壊領域の拡大が求まるが、部分領域の解析では連続体を仮定しており、不連続面の破壊に伴う応力の再配分は考慮されていない。

第4章では、不連続面の開口・せん断を考慮したアーチダムの耐震安全性評価手法が提案されている。第3章の簡易評価手法と同様の解析手順をとるが、部分領域の解析において、不連続面の挙動を表すためにインターフェースを用いている。2セットの不連続面群

を考え、それぞれの方向に応じた格子上のインターフェース要素を配置する。インターフェース要素では、引張強度はゼロとして開口を許し、与えられた粘着力と摩擦角に基づく破壊条件が満足された時にせん断変位を生ずる。簡単のために、せん断破壊後は、完全塑性条件を仮定している。

解析の結果として、不連続面の開口・せん断変位分布が時間の関数として求まる。入力地震動の大きさが増大するに従い、最大の破壊領域が拡大する様子が明らかにされている。破壊状況を表す指標として、最大すべり、破壊面積、損傷量（すべり変位の積分値）を定義し、それぞれの指標が時間と共にどのように変化するかが示されている。それぞれの指標の最大値が不連続面の強度特性に応じてどのように変化するか、入力地震動の大きさの増大に伴い、各指標の最大値が増加する様子が明らかにされている。

さらに、耐震安全性を評価する方法が提案されている。入力地震動を仮想的に大きくしてゆき、崩壊に至るような終局限界状態が求まったとき、その終局限界状態に対して、想定する地震動に対するダム安全性が定量的に表される。提案する評価手法を、本論文の解析結果に適用することを試みているが、入力地震動の大きさの増加に伴い、各指標の値は比例的に増加するばかりであり、急激な増加等の終局限界状態の兆候を示しておらず、安全性を定量的に表示するには至っていない。原因については、不連続面において完全塑性を仮定したことを挙げており、軟化挙動を導入する等により、終局限界状態を解析により再現し、提案する耐震安全性評価手法を適用することは今後の課題であるとしている。

以上のように、本論文は、コンクリートアーチダムの基礎岩盤のせん断破壊に対する耐震安全性を照査する手法を提案しており、重要構造物の耐震安全性を確認するという要請に応えるものである。耐震安全性を増すという要請があった場合には、PS アンカーの施工が必要になるが、どの位置にどれだけの PS アンカーを施工すれば、どの程度耐震安全性が増加するかということも、本論文で提案された手法により明らかにすることができ、補強の最適設計を可能となる。不連続面の特性に統計的なバラツキを与えて解析を行うことにより、より実岩盤に近い解析を行い、岩盤の保有する不確定性の影響を評価することも可能となる。不連続性岩盤の進行的なせん断破壊の解析は、岩盤力学の重要な課題であり、本論文は岩盤力学の発展にも貢献するものと考えられる。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。