

氏名	なか しま しんいちろう 中 島 伸 一 郎
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 2108 号
学位授与の日付	平 成 14 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 土 木 工 学 専 攻
学位論文題目	重 力 ダ ム 基 礎 岩 盤 の 弱 層 処 理 に 関 す る 研 究

論文調査委員	(主 査) 教 授 足 立 紀 尚	教 授 大 西 有 三	教 授 岡 二 三 夫
--------	----------------------	-------------	-------------

### 論 文 内 容 の 要 旨

ダム建設において、堤体と基礎岩盤との相互作用は重要な課題である。特に、自然生成物である基礎岩盤については、不連続面の力学的挙動も含め十分に解明されていない事項が多く、系統だった研究が求められ、さらに今後は、地形的制約、環境問題等の理由で、地質条件の悪い地点でのダム立地が予想されており、弱層を含むダム基礎岩盤の評価手法の確立が強く望まれている。本論文は、弱層および置換プラグが重力ダム基礎岩盤の力学的安定性に及ぼす影響を、重力ダム模型実験とそれに対する剛体安定解析ならびに数値解析によって解明し、合理的な設計規範の構築に関する研究成果をまとめたものであり、序論、結論を含め7章から成っている。

第1章は、序論であって、良好なダムサイトの減少により、比較的大規模な弱層の上にダムを建設する場合が増加し、弱層を含むダム基礎岩盤の評価と合理的な工法に関する研究が強く望まれていることを論ずるとともに、本研究の目的ならびに内容の概要を示している。

第2章では、重力ダム基礎岩盤の弱層処理設計の現状と置換プラグ処理に関する過去の研究について概観し、本研究で解明すべき以下の課題をまとめている。すなわち、①弱層と堤体との相対的位置関係および弱層と堅岩と堤体との相対剛性が、基礎岩盤の応力分布や破壊性状などの力学安定性に及ぼす影響の把握、②置換プラグ設置の力学的効果の解明、③置換プラグの深さおよび剛性が基礎岩盤の力学安定性に及ぼす影響の把握、④剛体安定解析手法のプラグ設計への適用性の検討、ならびに⑤本問題を説明し得る数値解析手法の構築である。

第3章では、本研究で開発した重力ダム模型実験装置と実験方法について詳述している。重力ダム模型実験は、重力ダムの上下流断面をモデル化したもので、岩盤供試体上に設置した堤体模型に、堤体自重および静水圧を模擬した荷重を載荷して、堤敷応力分布および岩盤内応力分布を計測するものである。本章では、弱層を含まない岩盤供試体、すなわち「弱層無しモデル」に対する実験を行い、実際のダムに作用する荷重状態を踏まえて、本実験における載荷方法の妥当性を確認するとともに、基礎岩盤の応力分布や破壊性状に関する基礎的なデータを求めている。

第4章では、弱層の存在、プラグの設置を考慮した重力ダム模型実験の結果と考察を示している。まず、堤敷内に鉛直方向の単一弱層が存在する場合を想定し、弱層位置を変化させた「弱層モデル実験」を行った。実験の結果、弱層の存在および弱層位置によって満水状態における堤敷応力分布は大きな影響を受けること、また堤敷応力分布の変化は弱層周辺岩盤の弱層方向への変形によることを明らかにしている。特に、堤敷下流端付近に弱層が存在する場合には、下流岩盤に著しい応力集中が生じ、基礎岩盤の破壊強度は弱層が無い場合と比べ著しく低下すること、一方、弱層が堤敷中央より上流に存在する場合には、破壊強度は弱層が無い場合と同等であることを示している。ついで、弱層に置換プラグを設置した実験により、置換プラグによる荷重伝達機構や耐荷力の変化、すなわちプラグの効果を検討した結果、いずれの弱層位置においても、プラグの設置により堤敷応力分布は弱層が無い場合の応力分布に近づくこと、また、置換プラグの効果は、プラグの設置による接地面積の拡大効果と弱層部への剛性の高いプラグの挿入による周辺岩盤の弱層方向への変形抑制効果の二つであること

を明らかにしている。

第5章では、第4章で行った模型実験の条件に対して剛体安定解析を実施し、実験結果と比較しながらその適用性について検討している。すなわち、ダム設計における剛体安定解析では、堤敷応力分布を台形分布と仮定し、弱層部が負担すべき荷重を上・下流岩盤に配分するという荷重配分法を用いる。しかし、台形分布をベースとした荷重配分では不十分であり、弱層位置による基礎岩盤の変形特性の差異およびプラグ深さによる変形抑制効果を考慮した荷重分担の検討方法が必要であること、また、基礎岩盤の破壊強度は下流岩盤のせん断安定性によって決定されることを明らかにしている。さらに、弱層が無い場合の破壊荷重時に弱層下流岩盤のせん断安定性が確保されるようなプラグ深さを必要プラグ深さと定義づけると、2.0以上の安全率を確保するためには、下流弱層モデルでは堤敷幅の3～10%、中央弱層モデルでは堤敷幅の3%程度のプラグが必要であることを示した。

第6章では、3次元弾性有限要素法を用いて模型実験の数値解析を行い、解析結果と実験結果を比較し、本解析手法が模型実験の満水状態における現象をよく表現し得ることを確認している。ついで、本解析手法を用いて弱層位置および弱層剛性が満水状態における基礎岩盤の安定性に及ぼす影響について検討した結果、弱層が堤体内に出現する場合には、堤体下流端のせん断安定性を確保することが重要であること、堤体下流端よりも下流に出現する弱層については、堤体上流端の引張安定性を確保することが重要であることを示している。なお、堤体下流端より下流側に出現する弱層が、上流端引張に影響を及ぼさなくなる位置は、堤体下流端より堤敷幅の1.7倍程度下流であることを明らかにしている。

第7章は、結論であり、本研究によって得られた結論を要約するとともに今後の課題について述べている。

#### 論文審査の結果の要旨

本論文は、重力ダム基礎岩盤の置換プラグによる弱層処理工法の設計規範の確立を目的に、室内模型実験、剛体安定解析ならびに数値解析により、弱層が重力ダム基礎岩盤の安定性にいかなる影響を与えるかを解明する一連の研究成果をまとめたものであって、得られた主な成果は以下のとおりである。

1. 岩盤供試体上に重力ダム堤体模型を設置し、ダム堤体自重および静水圧を模擬した荷重を載荷でき、堤敷応力分布および岩盤内応力分布を計測可能な、ダム軸直交断面をモデル化した模型実験装置を開発している。
2. 弱層の存在および弱層位置によって堤敷応力分布は大きな影響を受けること、また、堤敷応力分布の変化は弱層周辺岩盤の弱層方向への変形によることを明らかにしている。特に、堤敷下流端付近に弱層が存在する場合には、下流岩盤に著しい応力集中が生じ、基礎岩盤の破壊強度は弱層が無い場合と比べ著しく低下すること、一方、弱層が堤敷中央より上流に存在する場合には、破壊強度は弱層がない場合と同等であることを示している。
3. 置換プラグによる荷重伝達機構や耐荷力の変化、すなわちプラグの効果を検討した結果、いずれの弱層位置においても、プラグの設置により堤敷応力分布は弱層が無い場合の応力分布に近づくこと、また、置換プラグの効果は、プラグの設置による接地面積の拡大効果と弱層部への剛性の高いプラグの挿入による周辺岩盤の弱層方向への変形抑制効果の二つであることを明らかにしている。
4. 従来のダムの剛体安定解析を弱層を含む基礎岩盤に適用する場合、堤敷応力分布を台形分布とする仮定は不十分であって、弱層位置による基礎岩盤の変形特性の差異およびプラグ深さによる変形抑制効果を考慮した荷重分担の検討方法が必要であること、また、基礎岩盤の破壊強度は下流岩盤のせん断安定性によって決定されることを明らかにしている。
5. 実験結果をよく説明できる3次元有限要素解析により、弱層が堤体内に出現する場合には、堤体下流端のせん断安定性を確保することが重要であること、堤体下流端よりも下流に出現する弱層については、堤体上流端の引張安定性を確保することが重要であることを示している。

以上、要するに本論文は、耐久性のあるダム基礎岩盤処理工法の設計法の高度化に貢献する研究であって、学術上、実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14年1月28日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。