学位論文題名

コンクリートダムにおける人工岩盤基礎の
設計に関する研究

学位論文内容の要旨

近年、コンクリートダムの建設を計画しているダムサイトにおいて、良好な基盤岩盤に恵まれない事例が増えている。このようなダムサイトでは、表層の風化岩盤等を除去して、所定の強度を有する基礎岩盤が現れるまでに多大な掘削を要し、その結果、掘削法面積、ダムの堤体積が増加することから、ダム建設コストの増大、建設工事の長期化の一因となっている。また、現在の日本では、建設されて半世紀以上となるダムが増えていく中、既存ダムの機能向上を目的としたダム再開発の時代を迎えている。現在のダムを運用しつつ、そのダムの堤体嵩上げ、放流設備増強等の再開発を行うには、周辺地盤や年間を通じたダムの運用規則等の限られた厳しい条件の中で再開発事業を確実に実施しなければならず、高度な設計、施工、ダム管理技術が求められる。今後、公共事業費が年々減少していく中で、治水、利水上必要とされるダムを、より経済的に、かつ、より早く建設するためには、新たな技術革新が必要不可欠であり、特にその中でも、建設コスト、工期に大きな影響を及ぼす低強度の基盤岩盤に対処する技術開発が強く望まれている。

本論文は、ダムサイトの一部に弱部等が存在することにより、従来であればコンクリートダムの建設が技術的に困難と考えられるような基盤岩盤に、コンクリートやCSG等の人工材料を用いた人工岩盤を設置することで、コンクリートダムを合理的に建設する方法について検討を行ったものである。特に、基礎岩盤の弱部をコンクリートで置き換える置換処理工、及びダム堤体の端部処理として、近年採用事例が増えてきている造成アバットメント工に着目し、模型実験と有限要素法による応力解析を実施し、設計条件及び設計の手順等について検討を行ったものである。

本論文は、全5章より構成されている。

第1章は、序論であり、本研究に取り組むに至った背景と本研究の目的について述べている。

第2章は、本論文の基礎となる重力式コンクリートダムの設計法、及びダム建設において最も重要となるダム基礎岩盤の評価法について述べた。さらに、重力式コンクリートダムの基礎岩盤の一部に軟質岩盤が分布する硬軟複合岩盤を想定し、模型実験と応力解析の結果から、ダムの安定性に及ぼす影響について検討を行い、ダム設計上の留意点を整理した。

第3章は、強度の小さいダム基礎岩盤を人工岩盤で置き換えることにより、コンクリートダムの建設が可能となる置換処理工法に着目し、模型実験と応力解析の結果から、その効果の確認と合理的な設計法の提案を行った。ここでは、模型実験と数値解析より、置換処理工は、置換深さが大きくなるほど、せん断抵抗力が大きくなり、また、その設置は基礎岩盤内に生ずる応力が低減される等の効果があることを明らかにし、設計については、置換処理工施工後の基盤岩盤において通常の

重力式コンクリートダム の安定計算を実施する方法を示すとともに、上下流断面における 2 次元有限要素解析等により、置換処理工及び基礎岩盤における応力を算出し、置換処理工の設置効果を踏まえた設計法を提案した。

第 4 章では、コンクリートダム のアバット部において、ダム基礎とするには強度不足となるような低固結地盤がある場合に、その地盤をすべて掘削除去する代わりにコンクリートの躯体を設けて人工の岩盤を造成し、そこにダム堤体を結合させるという近年新たに提案された造成アバットメント工に関する設計方法について述べた。具体的には、造成アバットメント工を「標準型造成アバットメント工」及び「傾斜型造成アバットメント工」の 2 タイプに分類し、造成アバットメント工がダム本体よりも先行して斜面部に設置されるため、施工時とダム完成後の各段階の応力状態を重力式コンクリートダム の設計時に用いられる荷重条件に対して明らかにし、それを踏まえた設計法の提案を行った。

標準型造成アバットメント工においては、躯体が基本的に自立する構造物であると定義し、施工時には造成アバットメント工が単独で斜面に設置される場合が最も不安定な状態となるため、ダム軸方向の応力解析を行い、地山の掘削勾配が緩く、低面幅が大きく、低固結地盤の変形性が大きくなるほど、躯体底面の谷側法肩付近に発生する圧縮応力が大きくなる傾向にあり、また、ダム完成時には置換処理工は地山ダム堤体に密着して囲まれた状態にあるため、転倒の危険性は無く、堅岩に着岩する躯体底面の上下流方向長さ(せん断抵抗長)が十分に確保されれば、構造物としての安定性を満足することができることを明らかにした。さらに設計については、応力解析の結果を踏まえ、重力式コンクリートダム の設計法を準用し、施工時の安定性については、有限要素法等を用いて、谷側の法肩付近に生ずる応力集中に着目した応力照査方法を提案した。

傾斜型造成アバットメント工においては、躯体が斜面に沿って設置され、滑動に対しては、造成アバットメント工の躯体底面における堅岩部との接触面で安定性を確保する構造物であると定義し、有限要素法による解析から、施工時及びダム完成後とも、躯体底面部付近において引張応力、圧縮応力が最大となる傾向にあること、また完成後は造成アバットメント工の上部貯水位付近の地山と躯体の接触面付近に引張応力が生じる傾向にあること、さらに、位変動に対しても、地山接触面に生ずる応力の変動が小さく、また、ダム堤体の自重や貯水等の外力が躯体を通じて地山に分散して伝達されるため、基盤地盤内に生ずる応力の低減効果があるという特徴を有することを明らかにした。さらに設計については、造成アバットメント工は堅岩部に着岩する躯体底面において、滑動に対するせん断抵抗力を確保することを基本とし、躯体底面形状は重力式コンクリートダム の設計法と同様に必要な安全性を確保するものとし、躯体及び基礎地盤の応力評価は、有限要素法等による解析結果を踏まえて行うことを提案した。

第 5 章は、結論であり、各章で得られた結果や知見をもとに本研究の総括を行っている。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 三 上 隆
副 査 教 授 大 沼 博 志
副 査 教 授 名 和 豊 春

学 位 論 文 題 名

コンクリートダムにおける人工岩盤基礎の 設計に関する研究

近年、コンクリートダムの建設を計画しているサイトでは、良好な基礎岩盤に恵まれない場合が増えている。このようなサイトでは、所定の強度を有する基礎岩盤が現れるまで、多大な掘削を要し、建設コストの増大や工事の長期化の一因となっている。また、我が国では、建設後、半世紀以上経ったダムが増えていく中で、ダムを運用しつつ、機能向上を目的とした既存ダムの堤体嵩上げ等の再開発を行うには、周辺岩盤の対処等高度な設計及び施工技術の開発が求められている。さらに、公共事業費が年々減少していく中で、治水・利水上必要とされるダムを、安全かつ経済的に建設するには、新たな技術開発が必要不可欠であり、特に、建設コストや工期に大きな影響を与える低強度の基礎岩盤に対する技術開発が強く望まれている。

本研究は、ダムサイトの一部に低強度の弱部等が存在することにより、従来であればダムの建設が困難と思われる基礎岩盤に、コンクリートや CGS 等の人工材料を用いた人工岩盤を設置し、コンクリートダムを安全かつ合理的に建設するための設計について検討を行ったものである。特に、基礎岩盤の弱部を人工材料で置き換える工法（以下、置換処理工と称する）及び近年採用事例が増えつつあるダム天端付近の弱部に人工岩盤を造成する工法（以下、造成アバット工と称する）に着目し、模型実験と数値解析により、応力特性と設計上の留意点を明らかにしたものである。

第 1 章は、序論であり、本研究の背景と目的について述べている。

第 2 章は、まず、本研究の基礎となる重力式コンクリートダムに対する現行設計法と基礎岩盤の評価法について述べている。次に、硬軟複合岩盤における重力式コンクリートダムの設計上の問題点の検討を行い、硬軟複合岩盤のせん断強度と摩擦係数は、設計で用いられる面積加重平均値よりも小さくなることを模型実験により明らかにし、また堤体全体の滑動安全性は、軟岩部のせん断抵抗力の低下及び硬岩部に発生する大きなせん断力により低下するため、設計時には、有限要素法等による応力照査の必要性を指摘している。

第 3 章は、置換処理工について記述している。模型実験と応力解析から置換処理工の効果として、置換処理工の置換深さに比例して、せん断抵抗は増加すること、また貯水位が高くて大きな水平荷重が作用する場合は、堤趾部付近に置換処理工を設置することが効果的であることを明らかにしている。さらに、置換処理工の規模が大きくなるほど、基礎岩盤に伝達される応力が分散され、岩盤に発生する応力が小さくなること、また設計に当たっては、有限要素法等のによる滑動安全性

の照査が重要であることを明らかにしている。

第4章は、造成アバット工について、標準型と傾斜型の二つのタイプを取り上げて、応力特性と設計についての留意点を整理している。標準型の応力特性として、掘削勾配が緩く、底面幅が大きく及び低固結地盤の変形性が大きいほど、発生応力が大きくなること、一方傾斜型のそれについては、底面部付近において引張応力、圧縮応力ともに最大となり、湛水時には躯体上部の地山接触付近にも引張応力が生ずる傾向があること等を明らかにした。また設計においては、滑動安全性の確認が重要であり、特に傾斜型の場合には、有限要素法等による応力照査が必要不可欠になることを指摘している。

第5章は、結論であり、本研究で得られたコンクリートダムにおける人工岩盤基礎の応力特性と設計についての知見を取り纏めるとともに、今後の課題について言及している。

これを要するに、著者は、新たなコンクリートダムの建設及び既設コンクリートダムの再開発において問題となる低強度の岩盤基礎に対処するため、置換処理工及び造成アバット工による人工岩盤基礎の応力特性を模型実験及び数値解析から明らかにし、設計上有益な知見を得たものであり、構造工学及びダム工学の発展に寄与するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。