

学 位 論 文 題 名

コンクリートダムの施工の効率化に関する研究

学位論文内容の要旨

コンクリートダム工事の特徴としては、①多量の資材、労働力が必要であること、②特殊大型機械類が必要であること、③骨材生産からコンクリート打設までの一連の作業の中で、一つのトラブルが全体の円滑な施工の流れを阻害すること、④工事は長期にわたり、地域社会への影響の度合いが大きいこと、⑤繰り返し作業が多いこと、等が挙げられる。

このようなことから、従来から機械化、自動化等の試みが数多く行われてきているが、最近の建設業をとりまく社会環境の変化、すなわち人手不足、高齢化、環境保全などの面からも、ダム建設工事に於いて、特に効率化施工が求められているのが現状である。

本研究では、ダム工事のコンクリート打設を対象に、施工技術の機械化、自動化、システム化を行い、更に一台の大型タワークレーンでダム全域をカバーでき、またコンクリートの運搬・打設を完全に自動化した打設システムを提案し、実用化している。

本研究により、得られた主な結果を要約すれば次のとおりである。

第1章においては、コンクリートダム施工に関する既往の研究成果を略述するとともに、本研究の目的と意義を明らかにし、次いで本論文の内容について略述している。

第2章においては、コンクリートダム工事における労働生産性を上げるためには、施工の効率化が必要であること、このためには施工の機械化、自動化を実施する必要があることを指摘している。更に、効率化に影響を及ぼす工種について品質、原価、工程および安全の面から検討した結果、コンクリート打設が全てにわたって大きな影響を持っていることを明確にしている。

第3章においては、施工の効率化を骨材製造時の細骨材および粗骨材表面水の調整方法ならびに骨材製造プラントからバッチャープラントまでの骨材輸送の自動化の面から検討している。

著者が提案した振動による細骨材表面水調整方法により、安定したコンシステンシーのコンクリートが製造できることを実証している。また、粗骨材の表面水の影響は、超硬練りコンクリートを製造する場合には大きいこと、そのため粗骨材の表面水調整が重要であることを指摘している。その方法として著者が提案した方法を用いることで、コンシステンシーの評価値である VC 値の変

動を従来の1/2以下にすることができることを実証している。

次に、骨材輸送に関しては、骨材輸送を完全自動化することで、骨材輸送作業の省力化および作業員を苦渋作業から開放できることを明らかにしている。

第4章においては、施工の効率化をコンクリートのコンシステンシー制御、打継目処理、型枠、コンクリートの運搬・打設、給水設備、目地切りおよびコンクリートの冷却の面から検討している。

超硬練りコンクリートのコンシステンシー管理方法として、細骨材、セメント、粒径の小さい粗骨材を先に投入し、水を入れながらミキサの電力値でコンシステンシーを制御し、次に残りの粒径の大きい粗骨材を投入して練り混ぜる二段階練り混ぜ方法が効果的であることを実証している。実構造物に本方法を適用した結果、VC値の変動を従来の1/2以下にすることができた。

次に、打継目処理においては、岩盤清掃に超強力吸引作業車の採用と、また水平打継ぎ面のレイタンス除去にグリーンカットの機械化を実用化することにより、大幅な省力化、品質の向上、安全性の確保および作業環境の改善を可能にしている。

著者が提案した自動型枠は、従来工法に較べて型枠作業を著しく省力化することができ、作業員が高所で作業する必要がなくなることから安全性を大幅に向上させている。従来、苦渋作業の代表格であった型枠清掃作業においては、型枠清掃機械を開発・実用化することにより、作業員の安全衛生上の問題点を解決している。また、コンパクトな寸法でかつ、狭所進入性に優れたミニラフテレーンクレーンをダム工事として初めて導入し、堤体内におけるクレーン作業の安全性の向上を図っている。

次いで、トレスルジブクレーン方式において、従来方式とは異なり初めてコンクリート運搬機械にトランスファーカーを開発・実用化し、あわせてバケット開閉のための自動給気装置およびバケットゲートの遠隔開閉装置の実用化により、安全性の確保とサイクルタイムの短縮を可能にしている。また、汎用型のタワークレーンをダム工事の重作業に耐えるように改造し、走行装置と組み合わせることにより、経済的なダム用走行式タワークレーンの実用化を図っている。

また、コンクリートのダンプ直送運搬方式を実施検討し、比較的堤高の低いダムではダンプトラック方式が施工の効率の面から最も適していることを指摘している。

次いで、従来の高架水槽方式に代えて、インバーター制御の圧力一定方式のポンプシステムをダム工事に適用することにより、環境保全を図っている。

更に、高周波振動押込みシリンダー式目地切り機の開発・実用化を行い、RCD工法施工時の品質の向上、作業環境の改善を行っている。

最後に、堤体コンクリートの冷却方法として、堤体内に自然放熱面を設置して自然冷却を促進

させるクーリングスロット工法を提案し、本方法が従来から実施されているパイプクーリング工法に代わる効果的な冷却工法であることを明らかにしている。

第5章においては、コンクリートダムの打設では、バッチャープラントから打設箇所までの運搬において、従来は人的作業が不可欠であったが、著者はこの一連の作業を効率化、安全性の確保、環境保護等の観点から機械化、自動化を行った新打設システムを提案し、実用化している。本システムは、大型のタワークレーンを走行させることで、バンカー線設備を盛替えることなく、1台のタワークレーンでダム全域をカバーでき、またバッチャープラントから打設箇所までのコンクリート運搬・打設を完全に自動化したものである。提案した打設システムは、初期投資金額は従来方式に比較し高いものとなっているが、省力化を果たしたことにより全工期の運転経費を含めて検討すると経済性においても優れたものとなっている。

新打設システムは安全性についても、従来の主流であるケーブルクレーン方式と比較して優れている。本システムの汎用性について、これまで施工されたダムを対象にして検討した結果、堤体打設量10万 m^3 クラスのダムから、100万 m^3 クラスのダムまでの範囲でその汎用性を確認している。

新打設システムの適用により、ダム建設工事全体の延作業人員を約1.5%省力化することができ、絶対数ではIダムの場合、約2,200人となる。第4章で述べた一連の細部技術の効率化に関する研究成果と合わせると、ダム工事全体の作業人員を約4.7%、絶対数で約7,000人省力化することができるものと考えられる。

第6章は、本研究の総括であり、各章における成果について整理、要約し、更に今後に残された課題について述べている。

学位論文審査の要旨

主査	教授	藤田	嘉夫
副査	教授	角田	與史雄
副査	教授	佐伯	昇
副査	教授	鎌田	英治

最近の建設業をとりまく社会情勢の変化、すなわち人手不足、高齢化、環境保全などの面から、コンクリートダム工事においては特に施工の効率化が要望されている。本論文は、コンクリート

ダム工事において、施工の効率化に最も影響が大きいコンクリート打設に着目して実証的研究を行い、施工技術の機械化、自動化、システム化を実行するとともに、コンクリートの運搬・打設を完全に自動化したシステムを提案したもので、6章から構成されている。

第1章では、本研究の背景、目的及び概要について述べている。

第2章では、コンクリートダム施工上の問題点を抽出、分析し、労働生産性を上げるためには、施工の機械化、自動化、システム化を行い施工を効率化する必要があること、施工の効率化に影響する工種としては、品質、原価、工程、安全のいずれの面からも、コンクリート打設が最も影響が大きいことを指摘している。

第3章では、まず著者が提案した細骨材及び粗骨材表面水調整方法により、従来よりも処理時間を短縮し、また超硬練りコンクリートのコンシステンシーの変動を従来の $1/2$ 以下にできることを実証している。次に、貯蔵ビンからバッチャープラントまでの骨材輸送の完全自動化を提案し、輸送作業の省力化と品質、安全性、作業環境の改善を図っている。

第4章では、まず超硬練りコンクリート用二段階練りませ方法を提案し、実工事に適用してコンシステンシーの変動を従来の $1/2$ 以下にできることを実証している。

次に、岩盤清掃用吸引作業車の採用、水平打継ぎ面用グリーンカット機械の提案、ダム用自動型枠の開発、型枠清掃機の開発、狭所作業用クレーンの導入、押込み式目地切機の開発など各種施工技術の機械化、自動化を実行し、安全性、品質、作業環境、省力化を著しく向上させている。また、給水設備としてポンプシステムと堤内配管を採用することにより、給水作業の合理化を図っている。さらに、堤体内に自然放熱面を設けるクーリング工法を提案し、効果的な冷却工法であることを検証している。

次いで、経済的なダム用走行式ジブクレーン方式を実用化し、また初めてコンクリート運搬用にトランスファーカーを開発し、同時にバケット開閉用自動給気装置及びバケットゲートの遠隔開閉装置を実用化して、安全性の確保とサイクルタイムの短縮を図っている。また、ダンプトラックによるコンクリート運搬方式も、堤高が低いダムの場合には有効であることを指摘している。

さらに、開発した施工技術の効果を、省力化指数を定義して、実際のダム工事について検討し、その結果骨材輸送の自動化、打継目処理の機械化、自動型枠及び給水設備の合理化により、建設工事全体の延作業人員を約3%省力化できることを提示している。

第5章では、省力化、安全性、環境保全の観点から、機械化、自動化をさらに進展させた新運搬・打設システムを提案し、実用化している。本システムは、用地などの制約がない貯水池側に設置した走行式大型タワークレーンでダム全域をカバーし、バッチャープラントから打設箇所ま

でのコンクリートの運搬・打設を完全に自動化したものである。本システムを前述のダム工事に適用し、作業人員をさらに1.5%省力化できることを明らかにしている。

新運搬・打設システムは、初期投資金額は従来方式より高額になるが、省力化により全工期の運転経費を含めると経済性においても優れており、また安全性についても従来のケーブルクレーン方式よりも優れていることを確認している。さらに、適用範囲についても、既往のダム工事を対象にして検討し、堤体コンクリート量10万 m^3 から100万 m^3 までの規模のダムに広く適用できることを明らかにしている。

このように、安全性の確保、品質の安定化、作業環境の改善、省力化及び環境保全を基本に、関係する施工技術の効率化を図るとともに、完全に自動化したコンクリート運搬・打設システムを初めて提案し、実用化したことは高く評価できる。

第6章は、研究の総括及び今後の課題について述べている。

これを要するに、本論文はダム工事におけるコンクリート打設を対象に、施工技術の機械化、自動化、システム化を実行し、完全に自動化したコンクリート運搬・打設システムを提案し、実用化したもので、コンクリートダム工事に関して有用な多くの知見を与えており、ダム工学及びコンクリート工学の進展に寄与するところ大である。よって、著者は博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。