

京都大学	博士 (工学)	氏名	高田 翔也
------	---------	----	-------

論文題目	ダム貯水池における沈木動態と洪水吐きのリスク管理に関する研究
------	--------------------------------

(論文内容の要旨)

本研究は、2017年の長野県裾花ダムにおける堆砂および沈木によるゲート操作不能事例を参考に、常用洪水吐き呑口敷高への堆砂進行に伴う土砂および沈木による常用洪水吐きの機能低下という一連のリスクシナリオについて、他ダムも含めた再発防止に向け、リスクシナリオ時点毎の各事象解明と、そのリスクの帰結について総合的な検討を行ったもので、全体7章で構成されている。

第1章では、ダムの洪水吐きの役割を概説し、近年の洪水吐きの機能低下事例がもたらすリスクについて示すとともに、裾花ダムにおけるゲート操作不能事例のリスクシナリオを対象として、本研究で取り組む研究背景および目的を整理している。

第2章では、裾花ダムにおけるゲート操作不能事例について、想定されるリスクシナリオを提示している。また、ダム貯水池堆砂および流木に関する既往研究のレビューおよび管理の現状を整理し、ダム貯水池の管理課題において、裾花ダムの事例のリスクシナリオにおける外力条件の位置づけや水理的条件を整理している。加えて、想定されるリスクシナリオに対して、ダム貯水池における沈木動態およびゲート周辺の堆砂形状変化に着目し、それらの把握による外力評価の必要性について言及している。さらに、ゲートの設計技術の変遷や設置状況、洪水吐きの点検・管理体制について整理した上で、現在のゲートの設計条件には堆砂および沈木等の外力が考慮されていないことから、その評価の必要性について指摘している。

第3章では、はじめに、沈木に起因する貯水池管理上の課題について、ダム管理者へのアンケートにより網羅的に調査した結果を示し、主な課題として貯水池堆砂対策時に沈木が混在することによる効率低下、取水口等の障害、洪水吐きゲートの閉塞等があることを整理している。次に、通常の堆砂測量に用いられるMBES（ナローマルチビーム測深）データの詳細分析による沈木探査手法を提案し、裾花ダムにおける試行調査結果から、その有用性と測量機器選定およびデータ分析における留意点を提示している。さらに、ダム貯水池における沈木動態に焦点を当て、沈木探査の結果から、洪水時に網場で捕捉した流木の沈降が沈木の発生過程の一つとして主要なルートであることを示している。さらに、同現象について、現地の流木および立木を用いた沈降実験により、約3ヵ月間の密度変化過程を実験的に把握し、流木または立木、樹種毎の変化特性の違いについて明らかにしている。さらに、上記結果を踏まえ、モニタリング手法および沈木発生量の低減、沈木発生位置のコントロールの観点でダム貯水池の流木—沈木管理方法を提案している。

第4章では、常用洪水吐き近傍のより局所的な領域を対象とし、放流に伴い形成されるすり鉢状の堆砂洗堀形状の規模（体積、長さ）について、裾花ダムにおける現地観測データに基づき、運用実績と形状の経年変化の関係を分析している。その結果、放流条件に応じて数千 $m^3$ の規模の堆砂洗堀形状が形成されることや、同じ放流量の条件では貯水位が低い場合に洗堀形状規模が大きくなること、浚渫後では局所的に $50^\circ$ の勾配を持つ堆砂形状が形成されていること、等が明らかとなった。さらに、洪水吐き呑口敷高に堆砂が接近した状況について、鉛直二次元の固定床水理模型実験により、沈木の駆動力となる堆砂洗堀形状内の流況を把握し、ゲート操作不能時の沈木の引き込み範囲について示すとともに、ゲート周辺の浚渫による対策について、一時的な土砂および沈木の捕捉効果は確認されるものの中小規模の出水で再埋め戻しが生じる可能性が高く、対策の持続性の観点で課題があることに言及している。

第5章では、当初設計では考慮されていない土砂および沈木に起因するゲートの構造的なリスクを

京都大学	博士 (工学)	氏名	高田 翔也
<p data-bbox="159 268 1428 571">検討している。裾花ダムのゲート形式である高圧ローラゲート全般について、土砂および沈木の外力に起因して操作不能に至る現象を対象に、フォルトツリーを作成・提案している。同フォルトツリーでは、操作不能の主な要因として、物理的な干渉によるものと開閉能力不足に起因するものとに大別し、さらに 10 の主要因事象で示している。また、裾花ダムの構造条件を対象に同フォルトツリーを適用し、圧着式の水密部における異物噛み込み、および、泥圧または固形物としての堆砂による開閉荷重増を主な外力増分として特定し、裾花ダムにおけるゲート操作不能シナリオを定量的に推定することに成功している。加えて、対策手法として圧着式から摺動式への水密方式の変更やシリンダ推力の向上について、施工性や経済性に留意が必要な点を含めて言及している。</p> <p data-bbox="159 616 1428 884">第 6 章では、はじめに他ダムも含めたリスクの高いダムの抽出方法として、呑口敷高と堆砂高さのクリアランスを用いることを提案している。次に、リスク顕在化時の洪水調節機能への影響について検討し、ゲートの機能低下が洪水調節容量の損失をもたらし、異常洪水時防災操作への移行リスクを高める点を指摘している。さらに、3 章から 5 章までの一連のリスクシナリオについて整理した結果を示すとともに、今後の課題を提示している。加えて、現時点の知見を踏まえ、堆砂進行下における常用洪水吐きの機能低下を対象としたリスク管理手法として、スクリーニングおよびリスクの特定・把握、リスク分析、リスク評価、リスク対策について検討フロー案とともに提唱している。</p> <p data-bbox="159 929 1428 963">第 7 章では、本研究の主要な結論をまとめるとともに、今後の課題の整理を行っている。</p>			

氏名	高田 翔也
----	-------

(論文審査の結果の要旨)

本研究は、裾花ダムのゲート操作不能事例を参考に、他ダムも含めた同事象の再発防止に向けて、常用洪水吐き呑口敷高への堆砂進行に伴う土砂および沈木による洪水吐きの機能低下というリスクシナリオについて、諸現象のメカニズム解明に基づいた常用洪水吐きのリスク管理手法を提案することを目的として研究を実施したものである。具体的には、ダム貯水池における沈木の動態および常用洪水吐き周辺の堆砂形状変化の特性、土砂および沈木に起因するゲートの構造的リスク要因を解明した上で、現状の課題を整理し、堆砂が常用洪水吐き敷高に接近したダムにおけるゲートの機能確保に関するリスク管理フロー案を提案している。本研究で得られた主な成果は次のとおりである。

1. ゲート操作不能事例を通じて新たに出現した沈木というリスク要因について、MBES（ナローマルチビーム測深）による探査を試行した初めての研究である。同試行を通じて、沈木探査の要件として計測時の水理条件やビーム幅等の機器性能が重要であることの言及は今後の水平展開上有益な知見である。さらに、従来着目されていなかったダム貯水池における沈木に関連する課題について、アンケート調査により、網羅的な課題整理を行ったことも重要な成果である。
2. 現地で採取した流木および立木を用いた室内実験により、樹種等の違いにより密度変化過程が異なり、数カ月程度で沈木となることを確認しており、ダム貯水池における沈木発生過程の一つとして、網場捕捉後の流木の沈降現象を時間スケールも含めて示すことに成功している。これはダムの管理現場における流木管理について重要な示唆を与える。
3. 堆砂が接近した常用洪水吐き呑口周辺の堆砂形状について、国内では先例のない経時的な現地観測データから、ゲート操作と形状変化の関係性を示すことに成功しており、ゲートの機能確保およびダム堤体近傍の堆砂管理の上で重要な知見である。
4. 当初設計では考慮されていない土砂および沈木に起因する常用洪水吐きのゲート操作不能事象について、初めてフォルトツリー分析を試行した研究である。同アプローチにより、高圧ローラゲートにおける構造的リスク要因の抽出に成功しており、その成果は、今後のゲート機能確保に向けた対策手法の選定に大いに寄与するものと期待される。

以上のように、本研究は、貯水池の堆砂が計画規模を超えて進行しているダムにおいて、堆砂および新たに出現したリスク要因である沈木に起因する、常用洪水吐きゲートの機能低下のリスクに対して分析を初めて行った研究であり、工学的な課題解決への貢献の観点から高く評価される。さらに、ゲート操作不能事例について、リスクシナリオを想定し、総合的な検討を行った上で提案されたリスク管理フロー案は、今後堆砂が進む他ダムにおいても水平展開が可能であり、ゲートの長期的かつ確実な機能発揮のために、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、令和5年4月25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。