

機関番号：15301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21700847

研究課題名(和文) 歴史的ダムの保存・整備技術に関する実証的研究

研究課題名(英文) Empirical study on preservation and improvement method of historical dam

研究代表者

樋口 輝久 (HIGUCHI TERUHISA)

岡山大学・大学院環境学研究科・准教授

研究者番号：20304339

研究成果の概要(和文)：これまでに行われた歴史的ダムの保全・改修の事例を調査し、ダムの形式ごとに特徴、問題点を整理した。さらに、保全・改修の方針、手法をもとに、a) 堤体補強、b) 嵩上げ、c) 凍結融解防止、d) 用途変更、e) 残置、f) 形式変更、g) 付属設備の改修の7項目に分類し、個々の事例を紹介し、それぞれに対する評価を行った。特に歴史的価値が失われてしまった事例に対しては、採るべき適切な保全方法について言及した。

研究成果の概要(英文)：I investigated repaired historic dams and clarified a characteristic and problems every form of the dam. Furthermore, based on a policy of maintenance, technique of repair, I classified it in seven items, a) reinforcement of dam body, b) raising, c) prevention of freezing and thawing, d) change of use, e) remain, f) change of form, g) repair of ancillary facilities, and commented on each case and evaluated for them. For the case that historic value had been lost, I mentioned the appropriate maintenance method that the person in charge should adopt among other things.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			0
年度			
年度			
総計	1,700,000	510,000	2,210,000

研究分野：土木史

科研費の分科・細目：文化財科学・文化財科学(1801)

キーワード：ダム、歴史的構造物、保存・活用、保存技術、歴史的ダム保存事業、土木遺産

1. 研究開始当初の背景

2000年に創設された土木学会選奨土木遺産に認定された土木遺産が200件を越えるなど、歴史的構造物に対する社会的関心の高まりを

背景として、近年、それらを地域の活性化、国土整備に活かす事例が増えてくるとともに、文化財として保護される構造物も増加してきた。

しかしながら、現状においては、それらの土木遺産を歴史的または文化的資産として維持管理、補修・補強するための基本的な考え方や手法が確立されていない。したがって、歴史的構造物とはいえ、土木構造物は現在でも供用されているものが多く、施設管理者が、それらの土木構造物を単なる社会基盤施設として、従来の構造物と同様に業務の延長線上で、扱ってしまう可能性がある。実際に施設管理者が、それらの価値、重要性を意識しないままに扱ってしまったために土木遺産の歴史的・文化的価値が損なわれたり、また、良かれと思って保存・補修、整備したことが、逆にマイナスの結果をもたらしてしまったりした事例もある。

そこで、本研究ではこうした改悪を防ぎ、歴史的構造物の持つ文化的・資産的価値を維持しつつ、管理、補修・補強していくために、これまでの事例を収集し、その方針と結果を分析することによって、歴史的構造物を保存・整備するための基本的な考え方や設計施工技術を示そうと試みる。

なお、土木分野における歴史的構造物の保全に関する研究の蓄積は、いまだに数少なく、文化庁においても、国土交通省等においても、土木遺産の保全に関する指針は示されていない状況である。

研究代表者は、平成14年以降、ダム技術史の確立をめざす中で、近代ダムの特徴として多様なダム形式の存在を明らかにし、当時の記録をもとにその設計方針、施工方法等の発展過程を明らかにしてきた。それと平行して、土木学会の近代土木遺産リスト(2000選、2800選)編集のため、国内の近代土木遺産の調査をする中で、歴史的なダム構造物の維持・保存状況についても見る機会に恵まれた。

そして、平成18年度からは、土木学会の歴史的構造物保全技術連合小委員会の委員として、その保全の基本方針、技術のあり方について検討してきた。そこで、これまでの研究をもとに、歴史的な構造物の中でも、規模が大きく、安全性や周辺景観に及ぼす影響など極めて大きいダムを対象として、その保存・整備技術について何らかの提言しようと本研究を着想するに至った。

2. 研究の目的

国内外におけるダムの保存・活用の事例を数多く収集し、その経緯と保存の方針ならびに技術について詳細に分析を行う。具体的には、各種報告書・資料の調査を実施し、事業の計画や改修に至るまでの経緯やコンセプト

を明らかにするとともに、担当者の歴史的構造物に対する理解度と保存技術について評価を行う。計画および保存・整備のコンセプト、ダム形式、強度・安全性、材料、費用、工期等の各種条件によって、どのような保存・整備がなされたのか分類を行い、歴史的ダムを保存・改修するためのあるべき基本的な考え方や技術について指針を示す。

そのため、本研究ではダムの保存・補修の事例収集を行うが、とりわけ、歴史的・文化的価値が損なわれてしまった失敗例(結果的にマイナス効果だった事例)を中心に取り扱い、どこに問題があったのかを分析する。一例として、平成2年から旧・建設省が実施した「歴史的ダム保全事業」に関して、その方針を探り、問題点を指摘する。こうした事例を蓄積し、評価することによって、ダム管理者が二度と同じような失敗を繰り返さないようにするための教科書的なものの作成を目指す。それによって、施設管理者に対して、歴史的ダム構造物をどのように保存・改修していけばよいのか、その指針を示し、無知による歴史的・文化的価値の損ないを防ぐことが可能となる。現在、文化庁によって「近代化遺産の修理等における指針」が策定されようとしているが、研究代表者が所属している土木学会の歴史的構造物保全技術連合小委員会を通じて、これに何らかの提言をすることができると考えている。

3. 研究の方法

本研究は、(i)歴史的ダムの保存・改修事例の収集、(ii)ケーススタディーの調査・分析・評価、(iii)歴史的ダムの保全技術の提言、の3つのステップで実施した。

(i)については、これまで研究代表者が関わった近代土木遺産調査で明らかとなったダムについて、および、それ以外のダムについては、日本ダム協会の「ダム便覧」をはじめとする各種データ集から、既存のダムの改修状況を検索し、リストアップを行った。その中から、結果的にマイナス整備となったダムについて、(ii)の詳細調査を行った。

特に(ii)は、①報告書等の資料調査、②担当者へのヒヤリング調査、③保存整備の結果(現状)を確認するための現地調査、④計画・方針と結果の分析および評価の4段階で進めた。

そして、(iii)として、蓄積したケーススタディーをとりまとめ、評価を行い、歴史的ダムを保存・活用していく上での基本的な考え方や、採用すべき技術について、各ケースに

応じて提案を行った。

4. 研究成果

改修・保全整備の行われた歴史的ダムの現地調査および各種報告書や資料の調査、ヒヤリング調査によって収集したデータをもとに、(1)ダムの形式別、ならびに(2)改修・保全の種類別にその成果をまとめた。

(1) 形式別にみた保全の現状

ダムの形式別に、①アースダム、②重力ダム、③アーチダム、④バットレスダムの4種類に分類し、保全の現状について明らかにした。

① アースダム

アースダムは、灌漑用の溜池としてわが国で最も古くから用いられているダム形式である。その性質上、嵩上げ、補強を行おうとすれば、旧堤体を覆うように盛土を施工せざるを得ず、当初の形態を保つことは困難である。

わが国最古のため池とされる大阪府の狭山池(7世紀前半)、空海の改修で知られる香川県の満濃池(大宝年間(701~704年))でも、洪水や地震によって度々決壊し、復旧工事が繰り返されてきた。したがって、創建当初の形態は、当然、保たれていない。しかし、その堤体には各時代の改修履歴が残されており、狭山池ダムでは堤体の断面の一部を切り出し、歴史資料として博物館に展示・保存されている。

近代に築造されたアースダムでも、例えば東京都水道局の山口ダム(昭和9年)では、耐震補強工事として、上下流に抑え盛土を施工し、堤体法面の上下流側にはコンクリートブロック、下流側には張芝が施され、天端幅も7.3mから10mに、堤体積も140万 m^3 から237万 m^3 に増加した。同じく村山下ダム(昭和2年)でも、面状の繊維で補強したジオテキスタイル補強土により下流面を補強する耐震補強工事が行われた。

② 重力ダム

重力ダムは、構造的に見れば歴史的価値やオリジナルの外観等を保ちながら、改修を行うことが最も可能なダム形式である。しかし、堤体を越流させることができる形式のため、堤体上にゲートや洪水吐きが設置されており、それらの改修に際しては、配慮が必要となる。

一般的には、上下流側に旧堤体と一体化させるようにコンクリートで補強したり、テクスチャーに配慮し、既存の堤体と同質材料(表

面石張り等)で嵩上げたり、あるいは切り下げを行えば、当初の姿を十分に維持することができる。その例として、神戸市水道局の布引ダム(明治33年)、鳥取市水道局の美敷ダム(大正11年)がある。いずれもダムの歴史的価値、周辺景観、そして安全性に配慮して改修が行われ、後に国の重要文化財に指定された。

一方、嵩上げ、補強によって外観が大幅に変わってしまったものとして、アメリカ・アリゾナ州のルーズヴェルトダム(1911年)がある。1996年の改造で、下流側に補強コンクリートを打設して、嵩上げを行ったため、当初の美しい石積みダムの姿は完全に失われてしまった。左右に大規模な洪水吐きも設置されている。また、歴史的ダムとして、堤体は保存されたものの、ダムとしての役目が終わったのが、長崎市水道局の西山ダム(明治37年)で、その保存のあり方が問われる事例である。

③ アーチダム

砂防ダムを含めれば、戦前に数基が建設されたが、わが国でアーチダムが本格的に建設されるようになったのは戦後のことであり、いずれ近いうちに多くのダムで大規模な改修が必要な時期を迎える。特にアーチダムは、コンクリートを節約するために、鉄筋を使用し、堤厚を極限まで薄くしている。加えて、複雑な解析によって設計された構造物であるため、その保全は容易ではない。したがって、重力ダムと比較して、堤体、基礎地盤の調査等を含め、その改修、維持管理にはより慎重な検討が必要となってくることが予想される。

④ バットレスダム

わが国に10基ほどしか現存していないにもかかわらず、改修が行われている割合が最も多いのがバットレスダムである。その要因として、セメント量を減らす目的で、また、地盤条件があまり良くない場所でも施工できるように、細いバットレスと薄い遮水壁からなる非常に華奢な構造をしているためである。その上、寒冷地での建設が多く、凍結融解によるコンクリートの剥離が生じるため、日常的に点検、補修が行われており、中には函館市水道局の笹流ダム(大正12年)のように大規模な改修工事を実施したダムもある。

(2) 改修の種類別にみた保全の現状

改修の種類により、①堤体補強、②嵩上げ、③凍結融解防止、④用途変更、⑤残置、⑥形式変更、⑦付属設備の改修の7項目に分け、保

全の内容について実例をまとめた。

① 堤体補強

i) 千本ダム

松江市水道局の千本ダム（大正7年）では、平成元年から4年にかけて、堤体の補強工事が実施された。堤体の漏水防止のためグラウト注入を行い、PCアンカーによって堤体と基礎岩盤を結合し、地震時の安定性を高めており、堤体の外観には一切、手を加えていない。老朽化の度合いと、どこまで安全性を向上させるかにもよるが、特に歴史的ダムの場合、堤体を増厚させることなく、補強ができれば、それが最も望ましい手法である。

ii) 豊稔池ダム

豊稔池ダム（昭和5年）では、昭和50年代後半から堤体にクラックと漏水が目立つようになってきたため、昭和61年、修繕工事を農水省の県営ため池整備事業として実施されることが採択された。同時に、わが国唯一のマルチプルアーチダムであるため、その歴史的な重要性を考慮し、ダムの評価、修繕工法について慎重な検討が行われた。その結果、工費が当初予想の7億1200万円から15億円に倍増し、補助率の高い「防災ため池工事」に変更して実施されることになった。改修工事の設計において、最も重要視されたことは、現在の堰堤の外観を極力損なわないように配慮する点であった。平成元年、改修工事に着工し、平成6年に竣工した。

工事の主な内容は、①堰堤基礎地盤の補強と止水のためのグラウト工事、②アーチ部の補強、③バットレスの補強のためのコンクリートフーチングの施工と洪水吐放水の衝撃緩和のための減勢工の拡張であった。基礎処理については、基礎全体の支持力を補強するために、コンソリデーショングラウトを、基礎

からの漏水と揚圧力を抑えるために、カーテングラウトが実施された。また、両サイドの地山との接着部を補強するために、上流側の取付部に階段状のフィレットコンクリートが打設された。アーチ部は、劣化が激しく漏水が著しいため、既設アーチ部の上流側に無筋コンクリートを新設し、その新設アーチ版のみで全荷重を支えるように変更された。なお、外壁は石張のため、アーチ部の頂部から5mまでを化粧石張とし、景観が保全された。バットレス部については、ダム軸方向の地震力に対する安全性を高めるため、バットレス間の基礎部分にコンクリートを打設し、コンクリートフーチングを設けて補強された。さらに、既設の減勢工が拡大された。

平成9年に国登録有形文化財に、平成18年には国の重要文化財に指定された。

② 嵩上げ

福岡市水道局の曲瀬ダムは、大正12年に完成した高さ31.21m、表面は花崗岩による布積みの重力式粗石コンクリートダムである。早くも昭和9年には、6.06mの嵩上げが行われ、37.27mとなった。これは創設時に将来の拡張に備えて、あらかじめ嵩上げ出来るように計画されていたもので、既設堤頂部より約5.5mまでの石張を一旦はがし、嵩上げが行われた。併せて、全国で初めてセメントガンによるセメント吹き付けによって堤体の漏水防止工事が実施された。

その後、現行のダム設計基準の安全率を満足させるため、平成元年から4年にかけても、堤体の外観を損なわないように上流側を増厚する補強工事が実施された。新旧堤体の一体化を図るため、上流側の石張をはつり、既設堤体を頂部から3m除去した後、新たにコンクリートを打設し、天端、高欄とも当初のイメージで作り直された。

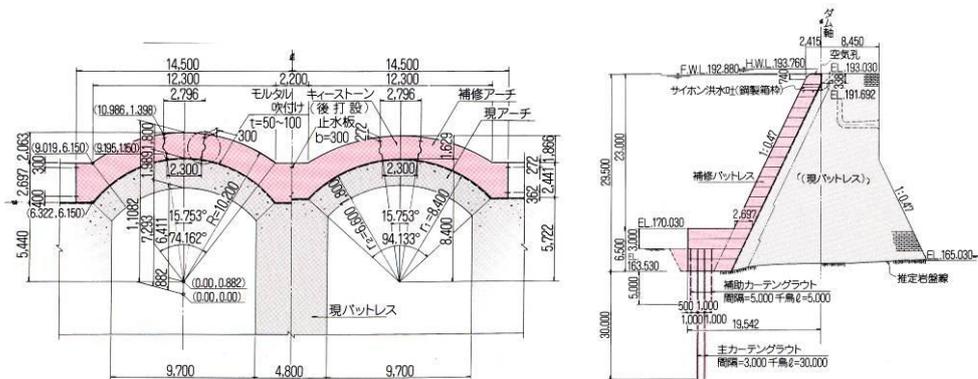


図-1 豊稔池ダムの改修図

(出典：『豊稔池の築造』，豊稔池土地改良区，1994)

戦前には、完成後しばらくして嵩上げされる場合、同質の材料を用いられることが多くあったが、曲淵ダムは近年においても歴史的価値と意匠に配慮して改修された好例である。平成21年、福岡市指定文化財に指定された。

③ 凍結融解防止

函館市水道局の笹流ダムでは、すでに昭和15年に実施された調査で凍害が進行していることが判明した。戦後間もなく再調査、凍害防止工事が行われたが、1960年代になると、凍結融解による風化が一段と進行し、コンクリートの剥離が目立つようになってきた。そこで、昭和58年から60年にかけて、既設の遮水壁とバットレスには力学的な機能をもたせず、新たに下流側に設けた遮水壁と、数倍の厚さに巻立てたバットレスと水平梁によって全荷重をもたせる構造に改修された。旧堤体の全面を巻立てたため、バットレスダム特有の華奢なイメージから、非常に重厚なイメージに一変した。バットレスダムという希な構造形式を維持しながら、安全性を保つためにはやむを得ない改変であったが、バットレス上部をアーチ型にした点は、外観に対する配慮を欠いていた。

④ 用途変更

ダムの歴史的価値に配慮して、用途の変更を行い、廃止されたダムを活用した珍しい例として美歎ダムがある。もともとは鳥取市水道用ダムとして、大正11年に完成した表面石積みの重力式コンクリートダムであるが、昭和53年、老朽化と他の水源地の完成により供用を休止し、平成元年には廃止された。

本来、河川法によれば廃止されたダムは全面撤去しなければならないが、ダムの撤去には膨大な費用がかかることと、下流の集落が土砂災害の危険にさらされることから、砂防

ダムとして残すことになった。その背景には、鳥取県内最古の近代水道としての歴史性と周辺環境の良さから、ダムの直下に位置するろ過池等の水源地施設を含めた保存活用の計画があった。平成4年、都市対策砂防事業により砂防ダム化への工事に着手し、平成11年に砂防ダムとして生まれ変わった。

砂防ダム化への改良工法に関しては、(財)砂防・地すべりセンターに設けられた「砂防施設に関する研究委員会」で検討された。断面の不足に関しては、滑動、転倒とも安定条件を満たしていないため、上流側をコンクリートで補強する対策が採られた。旧ダムと一体化させるため、石張は取り外されたが、景観保持のため、補強コンクリートの表面上部は再び石張とされた。旧ダムは、砂防ダムとしては天端幅が1.6mと狭く、逆に水通し幅は37.6mと広いため、越流部の20mを1.6m切り下げ、天端幅が2.5mに拡幅された。

基礎地盤の風化が進んでいたため、コンソリデーショングラウトを、堤体下部からの漏水に対しては、カーテングラウトも実施されている。平成19年(2007)に国の重要文化財に指定された。

⑤ 残存

近接して新規ダムが建設されたため、撤去する予定であった旧ダムをモニュメントとして残置した例が、前述した長崎市水道局の本河内高部ダム(明治24年)と西山ダム(明治37年)である。長崎水害後の緊急対策事業として新規ダムが建設されたが、明治期に建設された旧ダムの歴史的価値に配慮して、歴史的ダム保全事業に指定されたにもかかわらず、アースダムの本河内高部ダムは土の塊として、重力式ダムの西山ダムは石積の堤として湖中に残され、ダムとしての本質的な価値が完全に失われてしまった。

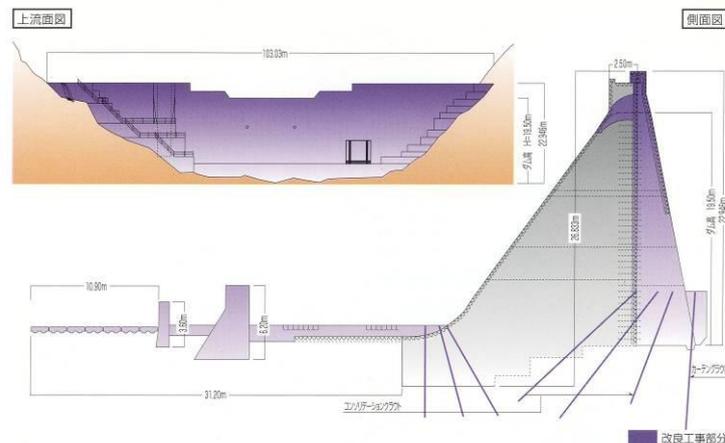


図-2 美歎ダムの改修図

(出典:「美歎川都市砂防工事」パンフレット)

こうした保存の方法は、悪しき事例を生んでしまった。平成11年、兵庫県淡路島の成相ダム（昭和25年、重力式粗石コンクリートダム）の500m下流に新規ダムが建設されたが、歴史的ダムを保存するという名目のもと、西山ダムと同様の方法で残置された。さながら湖中に浮かんだ石積みの壁になってしまったため、7つある越流部のうちの1つと、取水塔の一部に穴をあけて上流から下流への水の流れを確保しているが、視認できるのは旧ダムの上部のみで、ダムには見えない。

⑥ 形式変更

形式が変わってしまった例としては、戦前の植民地であるサハリン（旧・南樺太）に樺太工業が建設した手井ダム（大正7年）がある。マルチプルアーチダムとしては、豊稔池ダムよりも早く、かつ鉄筋コンクリート造としては当時のわが国でも唯一の例であったが、ソ連時代にアースダムに変更された。その方法は実に大胆で、下流側のアーチ部とバットレスの空間を土で埋め、土盛りをして完全に覆ってしまった。嵩上げもされたが、上流側にかろうじてマルチプルアーチの痕跡を見ることができる。オリジナルのダムが土の中に眠っているとはいえ、当時のソ連がダムを維持していくためには、経済的にも技術的にも、この方法しかなかったのかもしれない。

⑦ 付属設備の改修

i) 黒部ダム

ゲートの改修例として、大正元年に完成したわが国初の発電用コンクリートダムである東京電力の黒部ダムある。既設の洪水吐きは21門の木製スルースゲートであったが、巻き上げ装置の老朽化、流木等による放流障害ならびに作業性の悪さのため、昭和62年から平成元年にかけて、7門の鋼製ローラーゲートに改修された。一応、日光国立公園内のため景観的配慮から、ゲートのピアは堤体の石張りに似せた化粧型枠による石張調の仕上げにされたが、当初のイメージからは大幅に変わってしまった。もう少し外観に対する配慮が欲しかったところである。

しかしながら、堤体よりもまず改修の対象となるのがゲート等の付属施設であり、経済

性、機能性、効率性、維持管理の面で時代遅れとなった建設当初の付属施設を、現状で使い続けることは困難な場合が多い。

ii) 本河内低部ダム

ダムの外観に一切、手を加えず洪水吐きを新設する例として、本河内低部ダム（明治36年）がある。当初の水道用ダムに治水機能をもたせることから、堤体の下を通るトンネル式の洪水吐きが設置される予定である。

なお、これらの成果については、土木学会歴史的構造物保全技術連合小委員会として出版した『歴史的土木構造物の保全』（鹿島出版会）において、「保全のための設計・施工論」ダム編に掲載した。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔学会発表〕（計1件）

樋口輝久、歴史的ダムにおける保全のための設計・施工論、土木学会全国大会研究討論会V5、2009年9月2日、福岡大学

〔図書〕（計1件）

樋口輝久、他（土木学会歴史的構造物保全技術連合小委員会）、鹿島出版会、歴史的土木構造物の保全、2010、131-138、226-234

6. 研究組織

(1) 研究代表者

樋口 輝久 (HIGUCHI TERUHISA)
岡山大学・大学院環境学研究科・准教授
研究者番号：20304339

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし