

既設ダムの長寿命化対策

— ダムを永く使う —

一般財団法人 ダム技術センター理事 山口 嘉一

1. はじめに

わが国では、近年においても毎年のように洪水・渇水被害が発生し、気候変動の影響は顕在化しつつあり、今後、水害の頻発化・激甚化とともに、無降水日数の増加や積雪量の減少による渇水の増加が懸念されている。このような状況に対して、ダムは、運用の変更や施設の改良(有効活用)によって、外力の増大に的確に対応する可能性を有している。

前述したような洪水・渇水被害の頻発や気候変動の影響の顕在化、既設ダムの有効活用事例の蓄積のほか、厳しい財政状況等の社会経済情勢を踏まえれば、ソフト・ハード対策の両面から積極的に既設ダムを有効活用することの重要性はますます高まっているといえる。

こうした背景を踏まえて、国土交通省は、既設ダムを運用しながら有効活用する「ダム再生」をより一層推進する方策を示す「ダム再生ビジョン」¹⁾を平成29年6月に、またこれを踏まえ、ダム再生をより円滑に推進する目的から、これまでのダム再生事例を基に、「ダム再生ガイドライン」²⁾を平成30年3月にとりまとめている。

ダムの有効活用を図る方法には種々のものがあるが、ダム貯水池を(1)永く使う、(2)賢く使う、(3)増やして使う、(4)ネットワークで使うことを推進することが要求される³⁾。この中で、「永く使う」、つまり「長寿命化」という観点からは、ダム施設の維持管理を適切に行うことにより、ダムの安全性および機能を長期にわたり保持するため、日常点検における巡視・点検・修繕等に加えて、ダムを構成する設備ごとの中長期的な維持管理方針を定めたダムの長寿命化計画を策定し、必要に応じて保全対策を実施してきている⁴⁾。また、貯水池の機能を確保するために堆砂対策が必要なダムでは、堆積土砂の掘削・浚渫、貯砂ダムの



写真-1 充填工法によるアーチ式コンクリートダム打継面部の漏水対策⁶⁾

設置、土砂バイパス、排砂ゲートの設置等を組み合わせた堆砂対策を実施中もしくは実施に向けた検討に着手されている¹⁾。

以上のことも踏まえて、本稿では、ダムの堤体および貯水池の機能、安全性を保全することによりダムの長寿命化を図るために実施された、コンクリートダムの堤体補修および貯水池の堆砂対策についていくつかの事例を紹介する。

2. コンクリートダムの堤体補修事例⁵⁾

ダムに何らかの変状が認められた場合、その変状がダムの安全性や機能に及ぼす影響の程度などを勘案して、保全対策の要否や実施内容が検討され、必要と判断される場合には変状の進行抑制や健全性の回復を目的とした補修などの対策が実施される。

ここでは、コンクリートダムの堤体を対象とし、劣化の面から保全対策の対象となる事象として漏水とコンクリートの凍害をとりあげ、それらに対する補修事例について紹介する。

(1)漏水に対する補修事例

漏水が比較的顕著であったり経年的に増加傾向にあったりする場合など、安全面での影響や施設管理上の支障となるおそれがある場合には、漏水経路を特定し



写真-2 ジオメンブレンによる漏水対策(米国)⁹⁾

たうえて対策箇所を決め、所要の止水対策が講じられる。

止水対策の事例として、たとえば堤体下流面からの漏水が主に堤体打継面を通じて生じたものと判断されたアーチ式コンクリートダムの例⁶⁾がある。同事例では、漏水の凍結により打継面沿いに劣化が進行するのを防ぐため、堤体上流面の打継面を対象にウレタン系シーリング材を用いた充填工法による止水対策が行われた(写真-1)。

明治期に建設されたわが国最古のコンクリートダムである布引ダム(布引五本松堰堤)⁷⁾では、当初から見られた堤体下流面からの漏水に対し、平成7年の阪神淡路大震災後の復旧工事を含め、堤体上からのグラウチングなどの対策が複数回実施されている。同ダムでは、震災時においても漏水以外の目立った被害はなかったが、その後堤体安定性の向上を目的として行われた補強工事を経て、供用100年を超える現在も水源施設としての役割を果たし続けている。

このほか、止水板は設けられているものの、構造上一体化を要しない重力式コンクリートダムの横継目からの漏水が報告される例がある。この種の漏水が堤体の安定性に影響するおそれは低いが、貯水位上昇に伴い漏水の顕著な増加が生じた例⁸⁾では、ダム管理上の支障とならないよう、シリコン系コーキング材などを



写真-3 含浸材塗布によるヘアクラックの補修状況¹⁰⁾

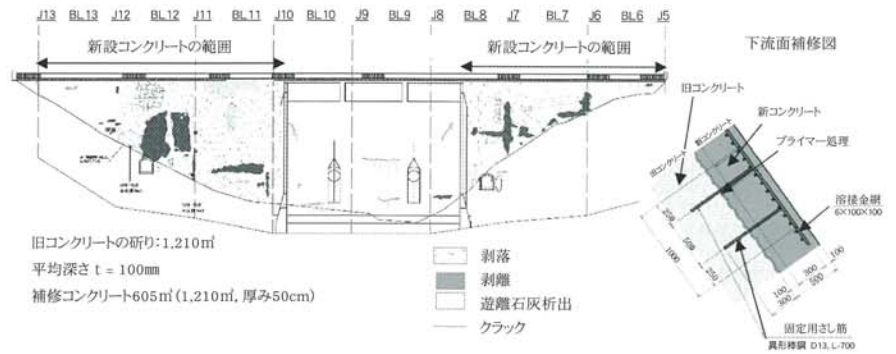


図-1 凍害によるコンクリートダム堤体表面の打替え¹²⁾

用いた止水対策が講じられた。

わが国における事例はないが、近年海外では、コンクリートダムの漏水対策として、ダム上流面の全面に遮水幕としてジオメンブレンを施工する事例⁹⁾がある(写真-2)。

(2) 堤体コンクリートの凍害補修事例

寒冷地のコンクリートダムにおける堤体コンクリートの凍害による劣化の影響範囲は、通常表面付近に限られ、また基本的に無筋構造でもあることから、堤体の安定性に影響するものとなることは少ないが、予防保全的対策が講じられることがある。

主に凍害によるとみられるヘアクラックが下流面に認められたアーチ式コンクリートダムの例¹⁰⁾では、ひび割れがごく表面に限られ、凍結深度からも内部への進行性がないとの判断から、水の浸入を防ぐ目的で、表面含浸材の塗布による保全対策が実施された(写真-3)。事後の表面反発度の測定やコア採取による細孔径分布の分析から、その効果が確認されている。

なお、少数ながら予防保全対策として比較的大規模な補修が行われた例として、堤体表面の広範囲を打ち替えた重力式コンクリートダムの事例¹¹⁾がある。同事例では、図-1のように過去の補修で施工された表面の樹脂モルタルとその背面の既設コンクリートを含む表面部をは取り取り、新コンクリートへの打替えが行われた。その際、既設堤体との一体化のためケイ酸系水和反応活性剤が塗布されるとともに、表面ひび割れを防ぐため溶接金網が埋設された。また、水の浸透を防ぐためのライニング処理も行われた。10年後の調査¹²⁾では、横継目部などの一部でひび割れなどが見られるものの概ね良好な状態にあることが報告されてい

表-1 堆砂対策手法の分類⁵⁾

		移動のためのエネルギー	
		流水(水に作用する重力)	機械力
土砂堆積の有無	無(あるいは一時的)	土砂バイパス 土砂スルーシング 土砂吸引	貯砂ダムと掘削
	有	土砂フラッシング	掘削(貯砂ダム有の場合を含む) 浚渫



写真-4 土砂バイパス(洪水の一部を貯水池上流端付近からダム下流にバイパス)⁵⁾

る。

このほか、凍害による変状への対策事例ではないが、コンクリートダム堤体で使用された骨材中に含まれる物理的に不安定な鉱物の、乾湿(吸水・脱水)の繰返しによるとみられる劣化への対策として、表面部の打替えが行われた補修事例¹⁰⁾などがある。

3. ダム貯水池の堆砂対策^{5),13)}

ダムの堤体は適切に施工、維持管理されているのであれば半永久的に健全であることが期待できる¹⁾。一方、ダム貯水池の容量については、原則100年間で堆積すると見込まれる土砂量を堆砂容量として確保しているが、さらなる長寿命化のためには堆砂対策が必要となる。

堆砂対策は、利用するエネルギーや土砂堆積の有無により大別される(表-1)。前者は、土砂流入をもたらず流水のエネルギーを用いるものと、機械

力によるものとの分類であり、後者は流入土砂を堆積させることなく通過させるものと堆積土砂を再度移動させるものとの分類である。

土砂バイパスでは貯水池上流とダム下流を結ぶ水路を建設し、土砂流入の多い洪水時の流れの一部または全部をこの水路に導流し、あわせて土砂も流下させる(写真-4)。この写真のバイパス水路はトンネルとして建設されており、貯水池に流入する濁流がそのままダム下流に放出されている。

土砂フラッシングやスルーシングは土砂を貯水池内通過させるもので、流水の土砂輸送力を回復させるために貯水位低下を行う(写真-5)。フラッシングとスルーシングの違いは必ずしも明確でないが、表-1では、一旦堆積した土砂を排出するのをフラッシング、流入土砂を通過させるのをスルーシングとしている。

流水を用いる方法では、土砂はダム下



写真-5 土砂フラッシング・スルーシング（貯水位を低下させて土砂を放流）⁵⁾



写真-6 汎用機械による堆砂の掘削と浚渫⁵⁾



写真-7 貯砂ダム（土砂を捕捉し掘削）⁵⁾



写真-8 ダム直下流の置土（洪水時の放流で侵食されて流下）⁵⁾

流河道に放出される。下流域の土砂環境の改善が期待される一方で、流量と土砂量の関係が、ダムがない場合と同様にはならぬことからその影響が懸念される。このため、対策の実施に当たっては、土砂流下の影響を予測するとともに、下流河道環境が安定化するまで河道変化や生物の状況をモニタリングし、必要に応じて操作方法にフィードバックすることが望まれている。

土砂バイパスでは貯水池を迂回する水路が必要になり、建設費用も比較的大きい。また、土砂フラッシングやスルーシングでは貯水位低下が必要であり、貯水位回復が課題となるため、適用可能な貯水池は限られる。一方、機械力を用いる掘削や浚渫は、基本的には汎用機械による実施が可能であり、多くの貯水池で実施可能な方法である（写真-6）。多くの実績があるのは陸上掘削であり、大量の土砂の処理のため、貯水位を低下させて実施される場合もある。また、陸上掘削量を大きくとれるよう、貯水池上流域に貯砂ダムが設置される場合がある（写真-7）。これは、水面下の施工である浚渫費用が高いことに原因がある。浚渫は、施工水深が大きくなるほど費用が高くなり、発電ダムの取水口周りの堆積を除去する場合などを除き、実績はあまりない。

掘削、浚渫では、処理した土砂の輸送

先が課題となる。有効利用可能な土砂については、コンクリート骨材や盛土を中心に利用されている。また、掘削土を下流河道の常時は水流のない場所に置き、洪水時の放流によりこれを流下させる取組みが国土交通省所管ダムにおいて実施されるようになっている（写真-8）。

4. おわりに

本稿では、ダムの堤体および貯水池の機能、安全性を保全することによりダムの長寿命化を図るために実施された、コンクリートダムの堤体補修事例（漏水対策、凍害劣化対策）および貯水池の堆砂対策事例について紹介した。本稿で紹介した事例は、ダムの長寿命化のための補修対策の一例である。そのため、より多くの事例や各事例の詳細については、巻末の参考文献に譲った。必要に応じて参考文献を参照いただきたい。

また、「1. はじめに」でも述べたように、既設ダムの有効活用を図るためには、本稿で紹介した「(1) 永く使う」という方策のほかに、「(2) 賢く使う」、「(3) 増やして使う」、「(4) ネットワークで使う」という方策をあわせて推進していくことが必要になってくる。これらの総合的な既設ダムの有効活用（再生）に関しては、別の機会に紹介させていただきたい。

【参考文献】

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局：ダム再生ビジョン、平成29年6月。
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局：ダム再生ガイドライン、平成30年3月。
- 3) (一社)ダム工学会：これからの成熟社会を支えるダム貯水池の課題検討委員会報告書-これからの百年を支えるダムの課題-（計画・運用・管理面）、平成28年11月。
- 4) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課：ダム総合点検実施要領・同解説、平成25年10月。
- 5) (公)土木学会：社会インフラメンテナンス学、Ⅲ部門別編、ダム編、平成28年9月。
- 6) 喜澤一史：アーチダム堤体の止水対策-豊平峽ダムの長寿命化対策-、土木施工、Vol. 50、No. 5、pp. 51-56、2009年5月。
- 7) 佐渡谷伸夫、漆隆、徳山 武、山本久五、甲斐正司：布引ダムの震災調査と災害復旧工事、水道協会雑誌、Vol. 67、No. 11、pp. 22-28、1998年11月。
- 8) 横 良和：神室ダム・高坂ダムにおける漏水調査と対策、ダム技術、No. 323、pp. 63-67、2013年8月。
- 9) K. Zancanella, A. Scruero, G. Vaschetti and J. Wilkes: Exposed PVC Geomembrane Installed Underwater at Lost Creek Dam: 15 Years Later, International Commission on Large Dams (ICOLD) International Symposium Seattle, pp. 1811-1822, 2013. 8.
- 10) ダム工学会コンクリートダム研究部会：コンクリートダムの補修・補強（その2：ダムの補修事例）、ダム工学、Vol. 21、No. 4、pp. 278-296、2011年12月。
- 11) 小田島公一、及川 薫、伊藤 博、竹内幸枝：遼野ダムの堤体老朽化対策について、大ダム、No. 191、pp. 27-35、2005年4月。
- 12) 川崎秀明、伊藤 博、八重樫弘明：遼野ダム全面補修10年後における経年劣化に対する要因および対策のレビュー、大ダム、No. 230、pp. 83-92、2015年1月。
- 13) 石神孝之：ダム堆砂対策の技術的展望、ダム技術、No. 389、pp. 15-20、2019年2月。



山口 嘉一
 (やまぐち よしかず)
 1961年大阪府生まれ。
 1984年大阪大学工学部
 土木工学科卒、同年建設省
 入省。博士(工学)。土木
 研究所ダム部等でダムの研
 究開発・技術支援に従事。
 2015年(国)土木研究所地質研究室、2017年同理事、
 2019年(一)助ダム技術センター審議役等を経て、
 2020年より同理事。土木学会賞、日本応用地質学
 会賞、日本地下水学会賞、ダム工学会賞等の受賞。

<連絡先: 03-5815-4161 >