

1.2 海外における試験湛水の基準類に関する調査

研究年度：令和3年度

研究分野：2. ダム構造・設計及び施工に関する調査研究

調査研究名：ダムの安全管理に関する研究

研究者：山口嘉一*、長田仁、田中晶生

【要約】

我が国のダムでは、その供用開始にあたり、堤体、基礎地盤および貯水池周辺斜面を含め、その安全性を最終的に確認することを目的として、試験湛水が行われる。本研究では、まず、我が国の試験湛水関連基準の変遷と試験湛水における課題について整理した。そのうえで、試験湛水における課題解決に向けて、海外におけるダムの試験湛水に関する基準類を調査、整理し、検討のための基礎資料とした。

【キーワード】

ダム、試験湛水、初期湛水、安全管理、基準、海外

(1) はじめに

我が国のダムでは、その供用開始にあたり、堤体、基礎地盤および貯水池周辺斜面を含め、その安全性を最終的に確認することを目的として、試験湛水が行われる。試験湛水の実施方法は、国土交通省所管のダムでは「試験湛水実施要領(案)」¹⁾(以下、要領(案)という)(平成11年(1999年)10月策定)が定められており、運用中に想定される洪水時の最高水位であるサーチャージ水位まで上昇させた後、常時の最高貯水位である常時満水位(構造上、水位降下操作が安全性に影響を及ぼす可能性がある一部型式のフィルダムでは最低水位、またダムの型式に関わらず、対策工を行ったダムや、計測・監視を行う地すべりや不安定斜面があるダムでは、その安全性が確認される水位)まで下降させることが原則となっている。

なお、要領(案)は、昭和60年(1985年)10月に策定されていた「試験湛水計画策定要綱(案)」²⁾

(以下、要綱(案)という)に基づき試験湛水計画を策定したダムの試験湛水の長期化を解決するために、この要綱(案)を改訂する形で策定されている。

しかし、この要領(案)に従って試験湛水を実施している現状においても、種々の理由により試験湛水の長期化が問題となる事例が出てきている。

いま、試験湛水が終了しなければ、ダムはその期待される治水・利水等の機能による効用を発揮することができないため、試験湛水長期化の解決に向けた検討が重要となる。

本研究では、検討の第一段階として、海外におけるダムの試験湛水に関する基準類を調査、整理し、上記の課題解決に向けた検討の基礎資料とする。なお、海外においては、試験湛水という用語よりも、初期湛水(initial filling, first filling)という用語が用いられることが一般的と考える。

(2) 我が国の試験湛水関連基準の変遷と試験湛水における課題

① 試験湛水関連基準の変遷

昭和60年(1985年)10月に、ダムの試験湛水計画を策定する際に参考とするために「試験湛水計画策定要綱(案)」(要綱(案))が策定された。

しかし、要綱(案)に従って作成された試験湛水計画では試験湛水の長期化する事例がみられ、この課題を解決するために、この要綱(案)を改訂する形で、平成11年(1999年)10月に「試験湛水実施要領(案)」(要領(案))が策定された。

② 試験湛水関連基準に関する課題・検討の経緯

上記の流れや具体的な検討課題などについては、ダム技術のQ&Aに適宜紹介されているが、要綱(案)、要領(案)の策定期も併せて時系列的に整理しておく。

○昭和60年(1985年)10月

「試験湛水計画策定要綱(案)」(建設省河川局開発課、建設省北陸地方建設局河川管理課)策定

○昭和60年(1985年)12月

ダム技術、Vol. 3-3、Q&A「試験湛水計画の作成の考え方を教えてください。」³⁾

- ・要綱(案)の概要が紹介されている。

○平成3年(1991年)5月

ダム技術、No. 56、Q&A「湛水の開始時期・試験湛水期間の計画作成上の留意点」⁴⁾

- ・要綱(案)に基づく試験湛水計画作成上の留意点が記されている。

- ・試験湛水の長期化が懸念される場合は、開発課担当者のとの早めの協議を促している。

○平成9年(1997年)7月

ダム技術、No. 130、Q&A「試験湛水計画策定要綱(案)の見直しについて」⁵⁾

○平成9年(1997年)8月

ダム技術、No. 131、Q&A「試験湛水計画策定要綱(案)の見直しについて(追加)」⁶⁾

- ・試験湛水が長期化するダムが増加したことを受けて、要綱(案)の見直し項目について説明している。(ダム技術発刊時点として)近々本文をとりまとめ、通達を出すことを明記している。最終的に平成11年10月に通達される要領(案)の作成の途中段階での説明と考えられる。

○平成11年(1999年)10月

「試験湛水実施要領(案)」(建設省河川局開発課)(平成11年10月1日 建設省河開発第98号、建設省河川局開発課長通達)

○平成12年(2000年)4月

ダム技術、No. 163、Q&A「平成11年10月に策定された試験湛水実施要領(案)の概要」⁷⁾策定・要領(案)の概要について紹介している。

要綱(案)と要領(案)を比較すると、例えば要綱(案)では洪水期の貯留を許容していなかったが、要領(案)では洪水期間中の常時満水位までの湛水継続を許容している。また、要綱(案)では、貯水位の上昇及び下降において上昇速度の厳守が規定されていたが、要領(案)では上昇速度の制限は撤廃され、洪水により貯水位が上昇しても低下させる必要がなくなった。

これらの対応により、試験湛水期間は従前より大幅に短くなったものと考えられるが、実際には試験湛水が長期化しているダムも少なからず存在しているのが現状である。そこで近年では、事業工期の厳守などの理由により、試験湛水開始を洪水期ないしはその直前に開始して、少しでも試験湛水期間を短縮しようという検討も見られるようになってきている。

(3) 海外における試験湛水に関する基準類の調査

① 概要

試験湛水の長期化という課題を踏まえ、今後の検討方針を考える前段として、海外における試験湛水に関する基準類の調査を行い、試験湛水の目的や合理化の考え方などについて調査を行うこととした。

② 調査結果

i General Design and Construction Considerations for Earth and Rock-Fill Dams⁸⁾, EM 1110-2-2300, USACE (米国陸軍省工兵隊), 30 July 2004

- ・我が国における試験湛水に対応する技術用語として、initial reservoir filling (初期湛水)、first reservoir filling (初期湛水)などの用語が用いられている。
- ・ダムが設計された機能を発揮することを確認する最初の試験であるという記述があり、「試験」という認識があることが理解できる。
- ・湛水速度は、あらかじめ設定された調査計画に必要なできる限りの時間をかけて制御する必要がある。

ii ASDSO (Association of State Dam Safety Officials) (米国州政府ダム安全担当者協会)

⁹⁾ <https://damfailures.org/lessons-learned/the-first-filling-of-a-reservoir-should-be-planned-controlled-and-monitored/>

- ダムが設計された機能を発揮することを確認する最初の試験である。
- 注意深く管理した状況で初期湛水を実施することが重要である。
- USBR の研究 (2012) ¹⁰⁾ を引用し、ダム決壊の約 2/3、ダムの事故の約 1/2 は初期湛水ないしは貯水池運用開始後 5 年以内に発生していることを踏まえて、初期験湛水の重要性を強調している。
- ダムの位置、型式、規模、目的に応じて初期湛水の期間や速度は異なる。
- 初期湛水期間が数ヶ月かかろうと数年かかろうと、初期湛水は決壊のリスクを低減させるために計画、制御するとともに綿密に監視する必要がある。
- 貯水位の上昇速度は、貯水位に応じてダムに作用する荷重に対してダムの挙動がなじむように実施する必要がある。

iii Guidelines for Preparing Operation and Maintenance Manual for Dams¹¹⁾, Central Water Commission, Ministry of Water Resources, River Development & Ganga Rejuvenation, Government of India (インド政府水資源・河川開発省), January 2018

- 初期湛水の重要性に関しては、ASDSO⁹⁾ の文章をそのまま引用する形で記述されている。
- 湛水速度に関しては、フィルダムの方がコンクリートダム、粗石コンクリートダムに比較してより厳しい制限が設けられている。具体的には以下に示すとおりである。なお、貯水位の説明図を図-1 に示す。

●フィルダム

第1段階：～MDDL→制約なし

第2段階：MDDL～洪水吐きの天端標高→2区分

○MDDL～MDDL と洪水吐き天端までの半分の水位

- 3m/2週間 (約 0.2m/日) を超えない水位上昇速度で上昇

- 水位上昇を一時的に止めてダムの安全性を評価→湛水継続の判断

○MDDL と洪水吐き天端までの半分の水位～洪水吐き天端標高

- 2～3m/2週間 (約 0.15～0.2m/日) で水位上昇継続

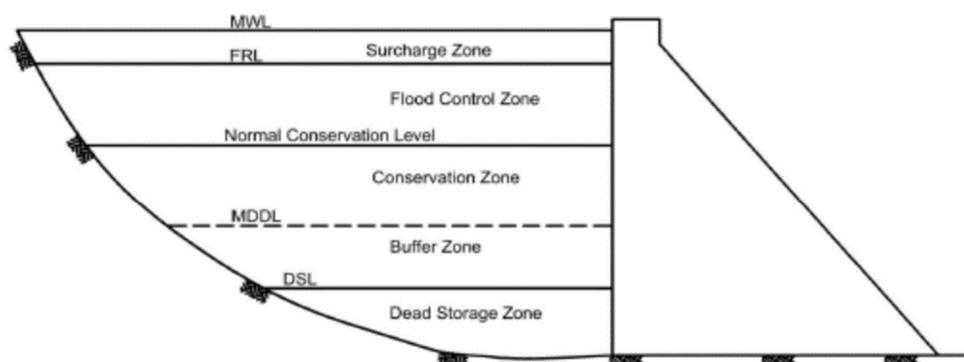


Figure 2-3: Reservoir Storage Allocation Zones

MDDL=Minimum Draw Down Level (最低水位に相当するものと推察)

Normal Conservation Level (常時満水位に相当するものと推察)

FRL=Full Reservoir Level (サーチャージ水位に相当するものと推察)

MWL=Maximum Water Level (最高水位)

図-1 貯水位の説明

- ・洪水吐き天端標高で水位上昇を一時的に止めて水位を保持しダムの安全性を評価→湛水継続の判断

第3段階：洪水吐き天端標高～FRL

- ・0.3m/48時間（0.15m/日）で水位上昇
- ・洪水吐き天端標高と FRL までの半分の水位で水位上昇を一時的に止めてダムの安全性を評価→湛水継続の判断

●コンクリートダム

第1段階：～MDDL→制約なし

第2段階：MDDL～洪水吐きの天端標高

- ・3m/2週間（約0.2m/日）を超えない水位上昇速度で上昇
- ・洪水吐き天端標高で水位上昇を一時的に止めて水位を保持しダムの安全性を評価→湛水継続の判断

第3段階：洪水吐き天端標高～FRL

- ・0.3m/48時間（0.15m/日）で水位上昇
- ・洪水吐き天端標高と FRL までの半分の水位で水位上昇を一時的に止めてダムの安全性を評価→湛水継続の判断

iv Manual of Standards for the Design, Construction and Operation of Dams¹²⁾, Hydro-Quebec (カナダ・ケベック州の電力会社), April 1987

- ・「7. RESERVOIR FILLING」に初期湛水時の重要性、点検すべき事項などが記述されている。ただし、初期湛水の具体的な計画を立案するに足る規定は記述されていない。
- ・初期湛水は、公共や構造物へのリスクを避けるため、慎重にかつ厳密な監視・制御の基に実施されなければならない。
- ・湛水によるダムの挙動が緩やかになるように、湛水速度はできる限り遅く維持しなければならない。また、ダムの挙動を確実にとらえるため、目視観測、計測の頻度をあげなければならない。
- ・最大限の安全性を担保するために、貯水位の上

昇ないしは下降の速度は、必要であればゆっくりとしなければならない。

v GUIDELINES FOR THE CONSTRUCTION OF EARTH-FILL DAMS¹³⁾, Water Resources Division, Department of Primary Industries and Water, State of Tasmania, Australia (オーストラリア・タスマニア州政府), November 2008

- ・貯水池の湛水に当たっては、増加する貯水による荷重に対して新設のフィルダム堤体挙動がなじむように、できれば0.3m/日を超えないようにできる限りゆっくりとした速度で湛水しなければならない。

vi SAFETY OF DAMS PROGRAM HANDBOOK, DAM SAFETY, SECURITY, AND EMERGENCY MANAGEMENT, 55 IAM – H¹⁴⁾ Bureau of Indian Affairs, U.S. Department of the Interior (米国内務省先住民局), August 22, 2014

- ・許容される最大湛水速度を日あたりのフィート単位で規定する。
- ・一ないし複数の中間貯水位において貯水位のある程度の期間一定に保ち挙動の観測と評価を行う。
- ・初期湛水は、貯水位が常時満水位になって安定した時に完了する。（常時満水位まで上昇して完了するのか、それ以上の貯水位まで上げて下げた時点で完了するのかが不明。）

vii United States Society on Dams (USSD) (米国ダム学会) (会長 Mr. Del Shannon 氏への聞き取り (メール) 結果 (要約))

- ・ダムの初期湛水について具体的計画を立案する前には、事業の詳細、ダム型式、地質、予想される河川流量、その他多くの付加的要因を理解しておくことが重要である。
- ・このため、すべてのダム貯水池に適用できる基準化した初期湛水の基準を設定することが難しい。
- ・米国における多くの初期湛水計画を立案する

責任技術者は、それぞれのプロジェクトに適した特定の計画を作成する。

- ・これが、あなた方が初期湛水の指針類を見つけれられない原因である。

③ 海外基準類から得られた情報

i 調査の現状

- ・初期湛水 (initial filling, first filling) の計画立案に対する体系的な基準の数は少ない。
- ・米国ダム学会 (USSD) の会長によると、ダムごとの特徴を踏まえて初期湛水の計画を立案することが重要であるため、米国では体系的な基準が制定されていないとのことである。
- ・また、調査した基準には年代的に古いものもあり、現在も効力を有しているものかの判断がつかないものがある。

ii 重要な情報と考察

- ・初期湛水の重要性は、ダムの決壊・事故の事例の多くが、初期湛水時ないしは運用後 5 年以内に発生していることから明らかで、各種の初期湛水の基準においても記述されている。
- ・インドの基準では、初期湛水における水位上昇速度や最高水位に関する記述がある。なお、フィルダムとコンクリートダムにおいては、フィルダムでより慎重に初期湛水を行うことが記述されている。具体的には、貯水位の上昇速度は約 0.3m/日 (3m/14 日) 以下で、FRL (我が国のサーチャージ水位に相当すると推定) まで上昇させることが示されている。
- ・その期間中に何らかの異常がないことを、慎重で頻度の高い巡視、計測により確認することが記されている。
- ・そのほか、初期湛水時の貯水位の上昇速度に関しての記述は以下のとおりである。

○USACE のフィルダムの基準：できる限りゆっくりとした速度とする。

○ASDSO：ダムの位置、型式、規模、目的に応じて初期湛水の期間や速度は異なるが、数ヶ月か

かろうと数年かかろうと実施する必要がある。

○Hydro-Quebec の基準：貯水位の上昇ないしは下降の速度は、できる限りゆっくりとする必要がある。

○タスマニア州政府のフィルダムの基準：0.3m/日を超えないようにできる限りゆっくりとした速度

以上より、初期湛水の目的および挙動監視の重要性に鑑み、現在においても初期湛水は慎重に実施する方針ではないかと推察される。また、当初の調査目的であった、試験湛水長期化を解決するための情報は見つからなかった。

(4) おわりに

本研究では、まず、我が国の試験湛水関連基準の変遷と試験湛水における課題について整理した。

要綱 (案) (昭和 60 年 10 月策定) を要領 (案) (平成 11 年 10 月策定) に改定することで、「要綱 (案) では洪水期の貯留を許容していなかったが、要領 (案) では洪水期間中の常時満水位までの湛水継続を許容している。」また、「要綱 (案) では、貯水位の上昇及び下降において上昇速度の厳守が規定されていたが、要領 (案) では上昇速度の制限は撤廃され、洪水により貯水位が上昇しても低下させる必要がなくなった。」などの対応がなされ、結果的に、試験湛水期間は従前より大幅に短くなったものと考えられる。しかし、実際には試験湛水が長期化しているダムも少なからず存在しているのが現状である。

試験湛水の長期化という課題を踏まえ、今後の検討方針を考える前段として、海外における試験湛水に関する基準類の調査を行い、試験湛水の目的や合理化の考え方などについて調査を行った。

その結果、海外基準においても、初期湛水の目的および挙動監視の重要性に鑑み、現在においても初期湛水は慎重に実施する方針であることが判明した。しかし、当初の調査目的である試験湛水長期化を解決するための情報は見つからなかった。

以上より、試験湛水の長期化の問題に対しては、試験湛水の目的を十分認識したうえで、我が国にお

ける自然・社会条件や個別ダムの特性に踏まえた検討を行っていくことが重要であるとの結論に至った。

【参考文献】

- 1) 建設省河川局開発課：試験湛水実施要領(案) (平成11年10月1日 建設省河開発第98号、建設省河川局開発課長通達)、平成11年10月。
- 2) 建設省河川局開発課、建設省北陸地方建設局河川管理課：試験湛水計画策定要綱(案)、昭和60年10月。
- 3) 建設省河川局開発課による回答：試験湛水計画の作成の考え方を教えてください。、ダム技術、Vol. 3-3、pp. 128~129、昭和60年12月。
- 4) 建設省河川局開発課による回答：湛水の開始時期・試験湛水期間の計画作成上の留意点、ダム技術、No. 56、pp. 95~96、平成3年5月。
- 5) 建設省河川局開発課による回答：試験湛水計画策定要綱(案)の見直しについて、ダム技術、No. 130、pp. 70~72、平成9年7月。
- 6) 建設省河川局開発課による回答：試験湛水計画策定要綱(案)の見直しについて(追加)、ダム技術、No. 131、pp. 87、平成9年8月。
- 7) 建設省河川局開発課による回答：平成11年10月に策定された試験湛水実施要領(案)の概要、ダム技術、No. 163、pp. 86~87、平成12年4月。
- 8) USACE : General Design and Construction Considerations for Earth and Rock-Fill Dams, EM 1110-2-2300, 30 July 2004.
- 9) ASDSO(Association of State Dam Safety Officials):
<https://damfailures.org/lessons-learned/the-first-filling-of-a-reservoir-should-be-planned-controlled-and-monitored/>
- 10) USBR & USACE: Internal Erosion Risks. Best Practices in Dam and Levee Safety Risk Analysis Presentation Series. Denver, 2012.
- 11) Central Water Commission, Ministry of Water Resources, River Development & Ganga Rejuvenation, Government of India:
Guidelines for Preparing Operation and Maintenance Manual for Dams, January 2018.
- 12) Hydro-Quebec: Manual of Standards for the Design, Construction and Operation of Dams, April 1987.
- 13) Water Resources Division, Department of Primary Industries and Water, State of Tasmania, Australia: GUIDELINES FOR THE CONSTRUCTION OF EARTH-FILL DAMS, November 2008.
- 14) Bureau of Indian Affairs, U.S. Department of the Interior: SAFETY OF DAMS PROGRAM HANDBOOK, DAM SAFETY, SECURITY, AND EMERGENCY MANAGEMENT, 55 IAM - H, August 22, 2014.