

ダムの試験湛水の長期化リスク低減のための合理的対応手法 ～堤体の漏水対応を中心として～

藤田将司・金銅将史・榎村康史

1. はじめに

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））に定められており、貯水位を運用上の最高水位であるサーチャージ水位（洪水時最高水位）まで上昇させた後、常時満水位（平常時最高水位）まで下降させることが原則となっている。しかし、大きく分けて以下の2つの原因により試験湛水の長期化が問題となる場合がある。

- I. 少雨等によって試験湛水計画での想定よりも流入量が少ないこと
- II. 試験湛水中における何らかの技術的対応を要する事象が発生し、その解決のための原因調査や対策のために時間を要すること

このうち、IIの原因については、そのような事象が発生する可能性やその影響を運用開始前に確認し、必要に応じ適切な対応を行えるようにするのが試験湛水本来の目的である。しかし、試験湛水開始前の点検等によって試験湛水中の技術的対応に時間を要することとなる事象の発生リスクを低減できると考えられる。また、試験湛水中にそのような事象が発生した際、原因調査や対策をより効果的・効率的に行えるよう対応を想定しておくことで、試験湛水計画への影響を最小限にとどめることができる可能性がある。

そこで、本稿では、技術的対応を要する事象の発生による試験湛水の長期化リスクを合理的な安全性評価に基づいて低減することを目指し、まず既往試験湛水事例の調査・分析を行った。その結果、試験湛水中に対応を要した事象として最も多かったコンクリートダムでの漏水への対応を中心に、[1] 試験湛水中の問題発生を予測・回避するための事前点検の考え方、[2] 試験湛水中の発生事象に対する原因の調査・対策等の考え方の2つの観点から検討した結果を報告する。

なお、本稿に示した各調査・対策等は既往事例

の中から参考となると思われる例を取り上げたものであり、その実施に際しては、各ダムの状況に応じた判断が必要となる。

また、試験湛水において生じる問題としてはこの他に地すべりがあり、これについては別途検討が必要である。

2. 既往試験湛水事例の調査・分析

近年（平成9年～平成23年）に試験湛水を完了した計156ダムの資料をもとに、試験湛水中に何らかの技術的対応を要する事象への対応状況を調査した。対策を実施した事例でその対象となった事象の内訳を図-1に示す。また、特に件数が多い「漏水」に関する事例について、その発生箇所の内訳を図-2に示す。試験湛水中に発生した事象のうち、堤体や基礎地盤に関わる事象としては、継目排水孔からの漏水の増加事例が最も多いことがわかる。この理由は、調査対象ダムの中で重力式コンクリートが最多であったことも一因と考えられるが、発生頻度としても比較的多い事象であるといえる。

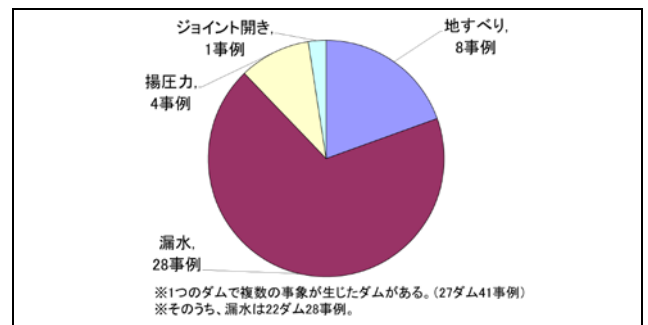


図-1 試験湛水中に対策を実施した事例の対象となった事象

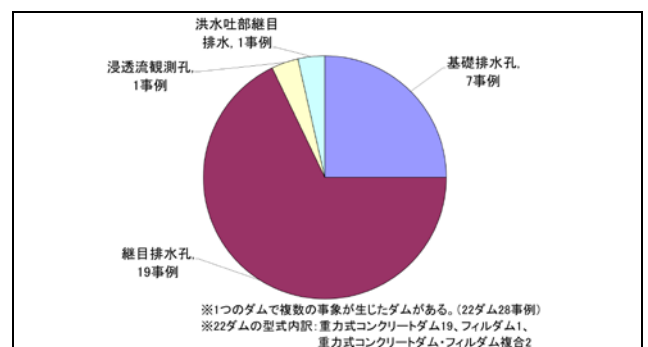


図-2 漏水に関する課題の発生箇所

3. 試験湛水前の事前点検による対応

要領（案）には、「試験湛水開始前の点検」について規定されているが、具体的な点検手法までは記されていない。また、実際には、当該点検を行って試験湛水を開始した場合でも、事前に予期することが困難な堤体や基礎地盤からの漏水、貯水池周辺斜面での地すべり等の事象が生じる事例もある。

このため、試験湛水開始前の事前点検の考え方について、各ダムである程度共通する部分の考え方を既往事例も踏まえて明確化しておくことで、試験湛水期間の長期化を極力回避することにつながると考えられる。

そこで、試験湛水開始前に実施すべき事前点検に関し、調査方法や調査結果に基づく安全性への影響の評価の考え方について、既往事例が多い堤体や基礎地盤からの漏水に関わる事象を対象に既往事例を調査した。その結果、多くのダムではほぼ共通して適用できると考えられる事前点検の基本的な手順を①事前調査、②安全性評価、③補修という流れに整理した（図-3）。

①事前調査

試験湛水前に漏水経路となる可能性のあるひび割れ等を調査する。代表的な方法としては目視等

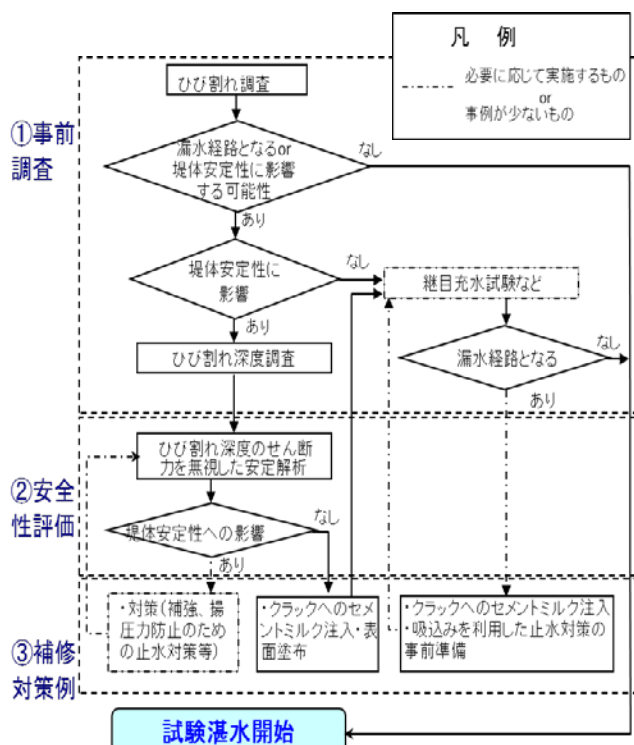


図-3 事前点検における漏水に関わる事前調査、安全性評価、補修対策の考え方

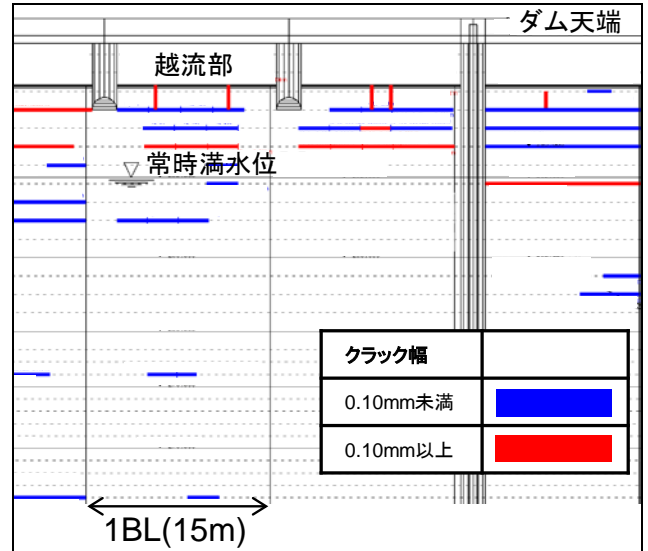


図-4 クラックマップ整理事例（堤体上流面）

によりひび割れの発生状況や位置、幅などを調査し、クラックマップ（図-4）に整理するひび割れ調査がある。

②安全性評価

事前調査時に、堤体の一体性など力学的安定性に影響を及ぼす可能性があるとは判断される場合、ひび割れ深度の調査を行い、その結果を考慮して安全性（堤体の力学的安定性）への影響について評価するもので、対策の要否や対策を行う場合の効果判断の上で必要となる。

③補修

①及び②の結果、必要と判断される箇所について試験湛水前に補修等の対策を実施する。コンクリートダム堤体のひび割れの場合、注入工法や被覆工法等を採用している事例がある。

4. 試験湛水中に発生した事象への対応

要領（案）には、試験湛水中における「異状時の対応」について規定されているが、具体的な処置の方法までは明示されていない。個々のダムでの状況に拠るところが大きいためと考えられる。しかし、既往事例からある程度各ダムで共通すると考えられる点については、該当する事象の内容や程度に応じ、原因究明や効果的な対策をできるだけ迅速に行うための基本的な考え方をあらかじめ体系的に整理しておくことが長期化を回避する上で有効である。

そこで、試験湛水中に何らかの技術的対応を要する事象のうち、ダム堤体や基礎地盤に関わる代表的な事象として、漏水の発生や急増が生じた場合

における具体的な調査や対策の方法について、既往事例を調査した。その結果、多くの各ダムに共通して適用できると考えられる基本的な手順を①漏水挙動の整理・監視、②調査・試験、③漏水メカニズムの特定、④安全性評価、⑤対策という流れに整理した(図-5)。

①漏水挙動の整理・監視

あらかじめ定められた計測・監視計画により実施する。一般に漏水に濁りが発生した場合、漏水量が各ダムにおいて設定した計測・監視計画に定めた注意値を超過した場合、または漏水量が急増した場合(貯水位との相関関係が崩れた場合)、

その原因究明や影響について、以下に示す流れで速やかに検討を行い、必要に応じて対策を行う。

②試験・調査

漏水経路を調べるための基本調査として、水温・水質分析や排出物調査等を実施し、貯水池の水温・水質や基礎地盤の軟質物などと比較を行う。その結果から、図-6に示すような漏水発生メカニズムを想定し、その確認のために、堤体上流面からのトレーサー調査や基礎地盤に関わる調査(基礎排水孔等の開閉試験、監査廊内での調査孔削孔による各種調査等)等を行い、漏水経路を特定する。

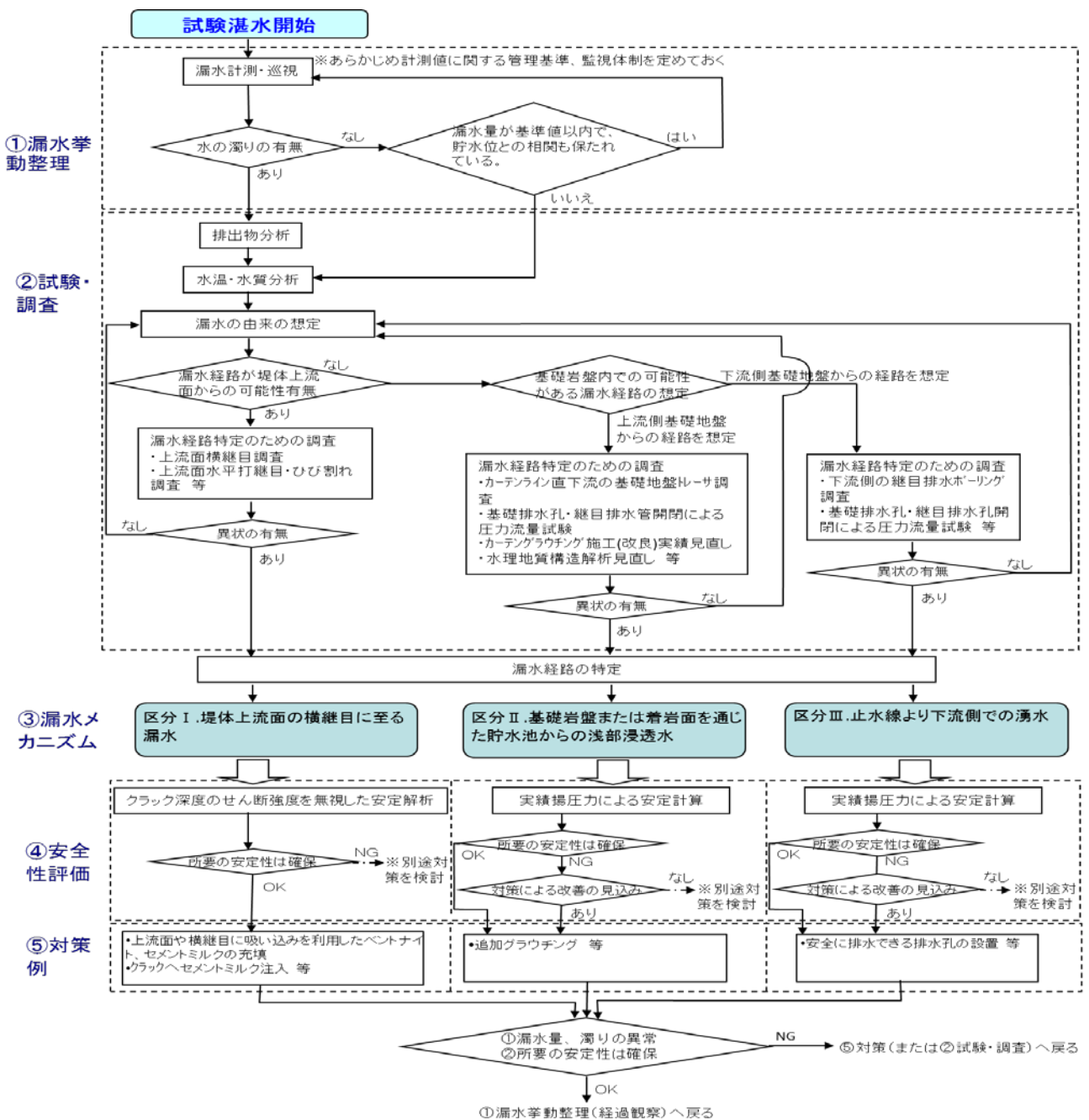


図-5 試験湛水中の漏水に関わる対応の考え方

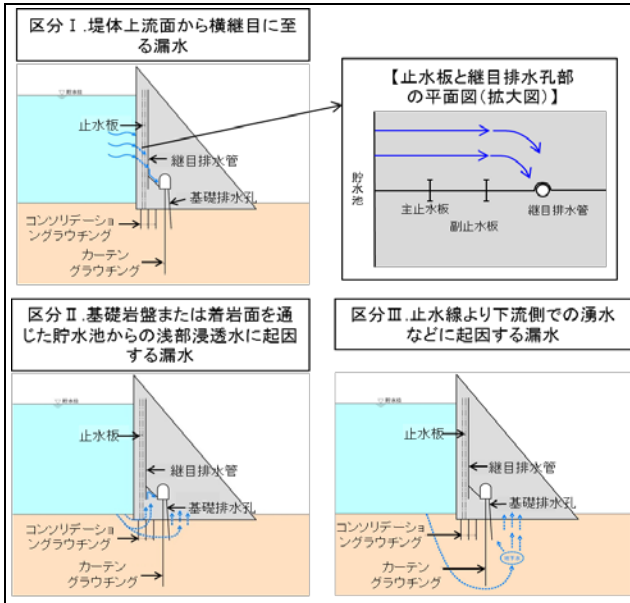


図-6 漏水メカニズムの基本的なパターン

③漏水メカニズム

図-6に漏水メカニズムの基本的なパターンを示す。区分Ⅰは、打継面処理が十分でなかった場合に水压荷重や温度応力で水平打継面やその周辺にひび割れが発生し、そこから止水板を迂回する水みちが生じることにより発生するものである。区分Ⅱは、カーテングラウチング等による止水線やその周辺の基礎地盤浅部の遮水性改良や堤体の着岩面処理が十分でなかった場合に発生するものである。区分Ⅲは、止水線より下流側の湧水（地山や基礎地盤深部を通じた浸透水）が基礎排水孔などに導水されて漏水量が増加する場合は該当する。

②試験・調査でこれらの区分を明らかにした上で、④安全性評価や⑤対策を実施することが重要である。

④安全性評価

3.に示した事前点検時と基本的な考え方は同様である。ただし、安定計算において揚圧力などの実測値やそれを踏まえた水位上昇後の予測値を考慮する必要がある点が、設計値に基づく事前点検

での安全性評価とは異なる。

⑤対策

各種の調査等により特定した漏水のメカニズムや発生に応じて実施する。図-6の区分Ⅰに該当する場合は堤体上流面の原因箇所への吸い込みを利用してベントナイト等により目詰まりさせて止水する方法等の事例がある。区分Ⅱの場合は、監査廊内からの追加グラウト等の事例がある。区分Ⅲの場合は、下流側に安全に排水できる排水孔の設置等の事例がある。

5. まとめ

ダムの試験湛水の長期化は、ダムの効用発現の遅延や事業費増加の一因となりうる。これらのリスクを低減するため、本稿では、試験湛水の漏水に関わる課題について、事前あるいは事象発生時に有効と考えられる調査、対策等の考え方を取り纏めた。試験湛水の開始にあたってこのような事前点検を予め実施しておくこと、また、試験湛水中に実際に何らかの事象が発生した場合の合理的な対応の考え方をあらかじめ持ち合わせておくことで、合理的な試験・調査、漏水メカニズムの解明、安全性評価および対策が可能になると考えられる。

謝 辞

本稿で示した事例等の資料提供にご協力いただいたダム関係事務所の関係各位にこの場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 建設省河川局開発課：試験湛水実施要領（案）、1999.10

藤田将司



(独)土木研究所つくば中央研究所
 水工研究グループ水工構造物
 チーム 主任研究員
 Masashi FUJITA

金銅将史



(独)土木研究所つくば中央研究所
 水工研究グループ水工構造物
 チーム 総括主任研究員
 Masafumi KONDO

榎村康史



(独)土木研究所つくば中央研究所
 水工研究グループ水工構造物
 チーム 上席研究員
 Yasufumi ENOMURA