

## ダム堤体および基礎地盤の合理的安全性評価による試験湛水の効率化に関する研究①

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 25

担当チーム：水工構造物チーム

研究担当者：榎村 康史、金銅 将史、  
佐藤 弘行、藤田 将司、  
小堀 俊秀

### 【要旨】

貯水池の容量に対し、少雨等により流入河川の流量が想定より少なくなるなどの理由から、ダムの試験湛水が長期化し、それに伴う効用発現の遅延が社会的問題となることがあるが、近年のコスト縮減に力点を置いた設計施工の合理化が一層求められる状況の中で、試験湛水中に堤体および基礎地盤からの漏水などの事象が発生し、対応が必要となる例も見られる。このような状況に鑑み、既往の試験湛水時に発生した事象を調査・分析し、これを踏まえ、技術的課題の発生に伴う試験湛水の長期化を出来るだけ回避するために、試験湛水の事前あるいは初期段階に検討・実施すべき調査等の考え方や、やむを得ない場合に試験湛水の計画上の最高水位よりも低い水位で試験湛水の完了を検討する際に必要となる要件について多くのダムで共通すると考えられる点を取り纏めた。

キーワード：ダム試験湛水、漏水、安全性評価

### 1. はじめに

わが国のダムでは、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、あらかじめ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）」<sup>1)</sup>（以下、要領（案））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、対策工を行ったり、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。

この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が、種々の理由により試験湛水の長期化が問題となる場合がある。このような問題が生じる原因としては、大きく分けて以下の2つが考えられる。

- 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、Iは自然現象によるものであるため、ある種やむを得ない面がある。一方、II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が、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させたり、あるいは、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状況に応じた対応を予め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。しかし、このような点検・調査や対策は多くのダムで行われているものの、個々のダムの状況に即したものとなっており、既往事例を踏まえ、多くのダムで共通すると考えられる合理的な対応の考え方が、十分に体系化ないし共有されていないのが現状である。

そこで、本研究では、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で試験湛水の効率化に寄与することを目指し、以下の検討を行った。すなわち、まず、①長期化の実情やその要因について把

握するため、既往の試験湛水事例を調査・分析した。あわせて、②湛水がダム堤体に及ぼす影響についてその一般的特性を明らかにするため、貯水位の変化が堤体安定性や堤体漏水の発生可能性に及ぼす影響について検討した。その上で、③漏水などダムの堤体や基礎地盤に関する技術的対応を要する事象への対応について、[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、及び [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。さらに、④少雨等、技術的対応を要する事象以外の要因によって試験湛水が終了できない場合に、やむを得ず試験湛水中に到達させるべき最高水位であるサーチャージ水位より低い水位で試験湛水を完了している既往事例があることを踏まえ、同様の対応を検討しなければならない場合に最低限必要と考えられる要件についても検討・整理した。

なお、本報告で扱う試験湛水中の事象としては、漏水など基本的に堤体及び基礎地盤に関わる事象を対象とし、貯水池周辺斜面（地すべり）については上記①や④など試験湛水全般に係る内容を除き、基本的には対象としていない。また、基礎地盤からの浸透に伴う事象に対する調査・分析、対応の考え方等に関する特に地質的観点からの検討については、別の報告による。

## 2. 試験湛水事例の調査・分析

### (1) 長期化の発生件数とその要因

試験湛水の効率化を考えるにあたり、まず試験湛水の実情を把握するため、既往事例での試験湛水開始から完了までの期間（試験湛水期間）の計画期間との相違や長期化が生じたケースでの理由（要因）について調査した。

調査対象は、近年（平成10年度～平成23年度）に試験湛水を完了した計117ダム（コンクリートダム：100ダム、フィルダム：15ダム、その他（複合ダム）：2ダム）である。当初の試験湛水計画での所要期間と実際に試験湛水の完了までに要した期間の比較した結果（当初計画に対する超過期間）の内訳を図-2.1に示す。試験湛水完了までに計画より期間を要した事例は117ダム中73ダム（約62%）である。その中には、計画より6か月を超える期間を要した事例が20ダム（約17%）ある。

また、試験湛水期間が計画より長くなったダム（82例）について、その主な要因を図-2.2に示す。気象

的要因（少雨による流入量の不足等）と考えられるものが大半であり、試験湛水中の技術的対応を要する事象発生に伴う遅延であることが明確であった例は少数（12例）であった。その内訳は、「堤体・基礎地盤」に関する問題が7例、「貯水池地すべり」が5例であった。ただし、技術的対応を要する事象の発生があっても、その程度があらかじめ定められた試験湛水実施計画に基づき、試験湛水を中断する基準に達しないと判断される場合は、巡視・計測などによる監視を強化しつつ、事象の原因調査や対策を並行して進めながら試験湛水を継続する場合がある。このため、「気象」に分類したケースや、計画通りに終了したケースの中にも、試験湛水中に何らかの技術的対応を要する事象が生じた事例も含まれるものと考えられる。

なお、図-2.2で「気象」とした中には、他要因によって出水期である洪水期に入る前までにサーチャージ水位に到達出来ず、要領（案）に従い、次の非出水期に入るまで水位を下げざるを得なくなる等、

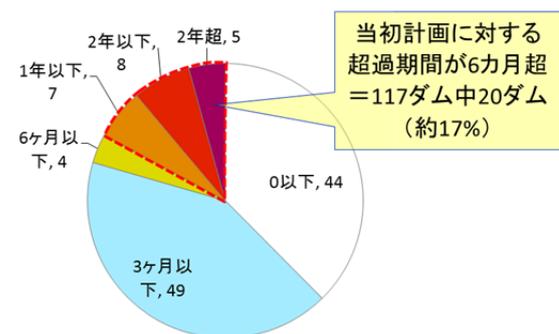
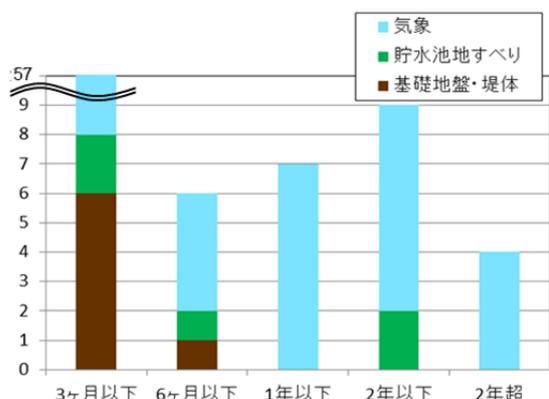


図-2.1 当初の試験湛水計画に対する超過期間



※1つのダムで複数の長期化要因があるものがある。  
 ※2「基礎地盤・堤体」および「貯水池地すべり」は、これらの要因による対策等のため、水位維持等を行った期間を抽出したものである。

図-2.2 当初の試験湛水計画に対する超過期間とその要因

洪水期の設定期間との関係で試験湛水が大幅に長期化した事例も含まれている。

## (2) 技術的対応を要する事象への対応状況

(1)での調査対象とその多くが重複するが、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。対策実施の有無を図-2.3、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-2.4に示す。また、特に件数が最も多い漏水が生じた事例について、その

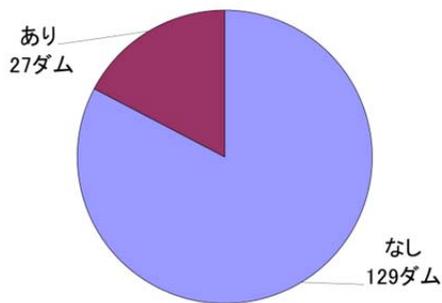


図-2.3 試験湛水中における技術的対応を要する事象の発生

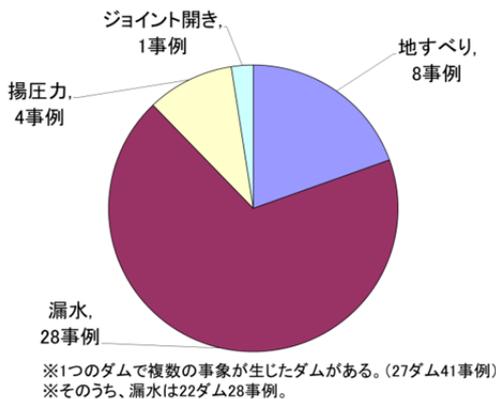


図-2.4 対策の対象となった事象  
(図-3の内訳)

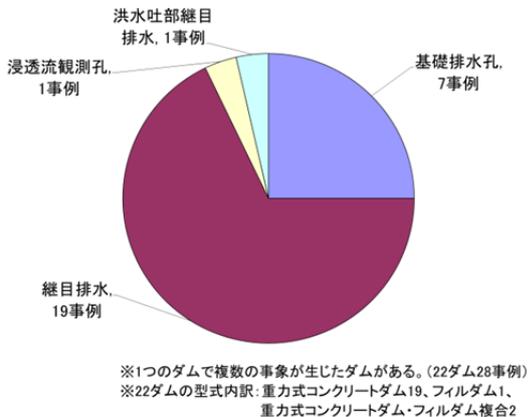


図-2.5 漏水箇所 (図-4の内訳)

発生箇所の内訳を図-2.5に示す。これらの結果から、試験湛水中に発生した事象のうち、堤体に関わるものとしては、調査対象ダムとして最多であった重力式コンクリートダムにおける継目排水からの漏水、基礎排水孔からの排水量の増加等が多いことがわかる。

## 3. 湛水に伴うダム堤体への影響

要領(案)では、試験湛水ではダム運用上の最高水位であるサーチャージ水位まで上昇させることが原則となっている。しかし、特段の技術的対応を要する事象の発生による影響がない場合でも、極端な少雨等の影響により、当初の計画期間を大きく超過しても試験湛水の完了が困難となる場合がある。そのような場合、やむを得ずサーチャージ水位まで上昇することなく試験湛水を完了した事例がある。このような判断は、長期化による社会的影響の観点だけでなく、安全性の面から、それまでの試験湛水過程で得られた情報を最大限踏まえ、運用開始後に必要なダムの安全性が確保されているかどうかを合理的に評価した上で行われる必要がある。そこで、湛水がダム堤体に及ぼす影響についての一般的特性を明らかにするため、わが国の大規模ダムとして最も一般的な構造型式の1つである重力式コンクリートダムを想定したモデル(堤高100m)を用い、貯水位の変化が堤体安定性及び技術的対応を要する主な事象の1つである堤体漏水の発生可能性に及ぼす影響について検討した。

### (1) 貯水位変化が堤体安定性に及ぼす影響

重力式コンクリートダム堤体の安定性はその構造上、基本的に貯水位が高くなるほど作用荷重の影響が大きくなるものと考えられる。そこで、ダム運用上の最高水位であるサーチャージ水位まで上昇させ

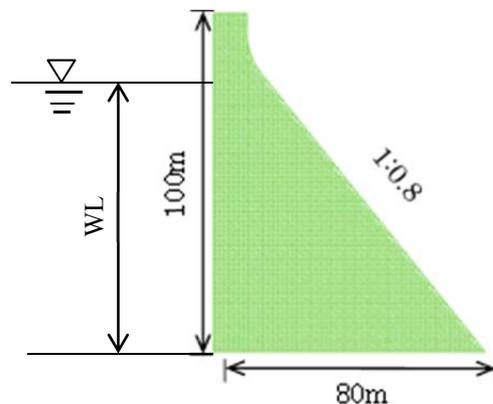


図-3.1 解析モデル

た場合の堤体の安定性の変化について、同型式ダム  
の構造設計要件である滑動・転倒に対する安定性の  
面から、2次元 FEM 解析（静的解析）により検討し  
た。本検討に用いた解析モデルを図-3.1に、物性値  
を表-3.1に、その他の解析条件を表-3.2に示す。

表-3.1 物性値

項目	設定値
弾性係数	29,000N/mm <sup>2</sup>
密度	2,300kg/m <sup>3</sup>
ポアソン比	0.2

表-3.2 解析条件

項目	設定値
設計震度	0.12(強震帯)
対象水位	常時満水位 NWL95.0m(0.95H) 中間水位(NWL～空虚の間で適 宜設定)
堆砂	考慮しない
基礎排水孔	考慮しない(揚圧力係数 1/3)
岩着面の せん断強度	2158.2kN/m <sup>2</sup> (CH級岩盤相当)
岩着面の 内部摩擦係数	1.0(同上)

試験湛水開始時から完了時までの貯水位変化が堤  
体の安定性に与える影響について、河川管理施設等  
構造令及び同施行規則<sup>2)</sup>(以下、構造令等)に基づ  
く断面設計時の安定計算法(震度法)を踏まえて検  
討した。すなわち、堤敷沿いの滑動に対する安定性  
について、式(1)に示すせん断摩擦安全率の変化を調  
べた。また、もう1つの主要な要件である堤体の転  
倒に対する安定性に関しては、堤敷上流端部に大き  
な引張応力が生じた場合、設計上の想定と異なる大  
きな揚圧力が作用することで安定性を低下させる可  
能性があることを考慮し、堤敷上流端部の鉛直応力  
を指標としてその貯水位変化による影響を調べた。

$$F_s = \frac{f \times \sum V + \tau_0 \times B}{\sum H} \dots (1)$$

ここに、

- $F_s$  : せん断摩擦安全率、
- $f$  : 内部摩擦係数、
- $\sum V$  : せん断面に作用する鉛直力(kN/m)、
- $\tau_0$  : せん断強度(kN/m<sup>2</sup>)、
- $B$  : せん断抵抗を考慮する長さ(m)、
- $\sum H$  : せん断面に作用するせん断力(kN/m)

貯水位変化に伴う堤敷沿いの滑動安全率の変化を  
図-3.2に示す。同図には、過年度実施した剛体計算  
(常時、地震時)の結果<sup>3)</sup>もあわせて示している。  
同図より、水位上昇に伴うダム堤体の滑動に対する  
安定性は水位上昇に伴い低下するが、その変化(単  
位の水位上昇に対する安全率の低下割合)は水位が  
高いほど小さくなるのがわかる。

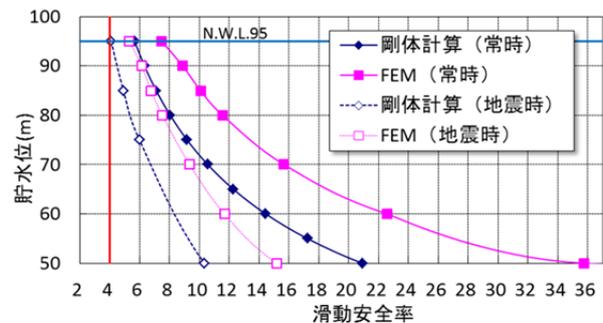


図-3.2 貯水位変化(上昇)に伴う堤体の滑動安全  
率の変化

また、貯水位変化に伴う堤敷上流端部の鉛直応力  
の変化を図3.3に示す。同図より、貯水位上昇に伴  
い、上流端部の鉛直応力(圧縮応力)は次第に小さ  
くなるのがわかる。なお、構造令等に規定されて  
いるとおり、剛体計算では上流端部に鉛直方向の引  
張応力が生じない条件でも、FEM解析では貯水位が  
高くなると、鉛直応力が引張応力となっており、そ  
の値は、最高水位時に一般的なダムコンクリートの  
引張強度に近い大きさとなっているが、これは解析  
上堤体基礎を剛体と仮定していることによるもので、  
実際には、基礎岩盤の変形性により引張応力は同図  
の値よりは小さくなると考えられる。ただし、上流  
端部の鉛直応力その変化(単位の水位上昇に対する  
鉛直応力(圧縮応力)の低下割合)は、水位が高い  
ほど大きくなるのがわかる。

以上のことを踏まえると、ダム堤体の安定性を確  
認する観点からは、やはり運用上の最高水位(サー  
チャージ水位)の条件での安全性確認が最も重要で  
あるのがわかる。

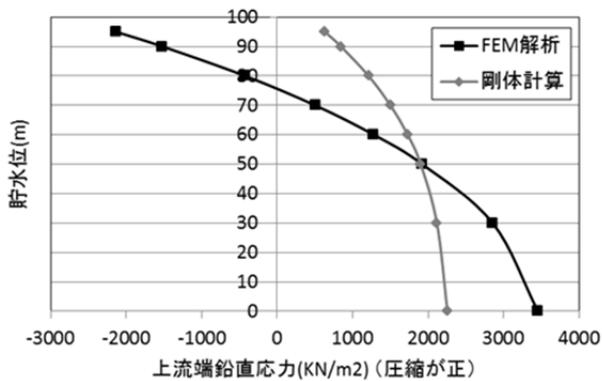


図-3.3 貯水位変化（上昇）に伴う堤体の上流端鉛直応力

(2) 貯水位変化が堤体漏水の発生可能性に及ぼす影響

2. の既往事例調査から、試験湛水中に生じた堤体及び基礎地盤に関わる事象として、漏水の発生が見られた事例が比較的多く、特に横継目など堤体継目からの漏水事例が多く見られた（図-2.4、図2.5）。

図-3.4に既往事例の1つとして、試験湛水中の水位上昇中に堤体漏水（継目排水孔からの漏水）が急増した例を示す。この例では、EL.250m付近から漏水量が急増したため、水みちとなっていると考えられる箇所に水位維持しセメント・ベントナイト等を注入する対策を実施した上で、再び水位上昇させている。

このような漏水の一因として、堤体の岩着面や長期放置面やその近傍の打継面の処理が十分でなく、

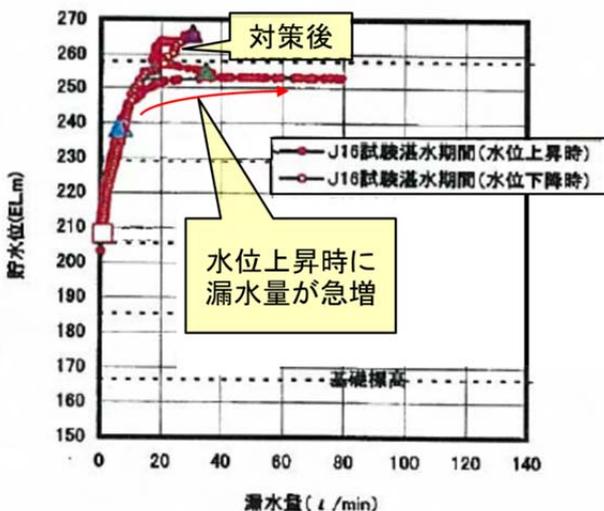


図-3.4 試験湛水（水位上昇）中に継目排水孔からの漏水が急増した事例

当該箇所を通じた何らかの水みちが生じる可能性が考えられる。このような水みちが堤体上流面付近に埋設される止水板を迂回するものとなった場合、継目漏水が発生すると考えられる。

そこで、湛水に伴う貯水位変化（上昇）が上記のような堤体漏水が発生する可能性に及ぼす影響について検討した。本検討には、(1)と同形状の重力式コンクリートダム堤体（堤高100m）の2次元FEMモデル（図3.5）を用い、その岩着面及び水平打継面の一部（上流面から3mの範囲）が不連続面となっているものと仮定した。この条件は、当該範囲にジョイント要素を配置することで考慮した。湛水に伴い当該不連続面を考慮した標高面内に図-3.6に示すように揚圧力が貯水位に応じて作用するものと仮定し、貯水位上昇に伴う当該標高面内の鉛直応力の変化を調べた。表-3.3に解析モデルの物性値を、表-3.4に解析条件を示す。

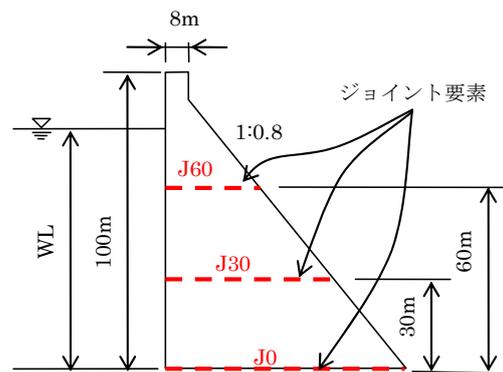


図-3.5 解析モデル

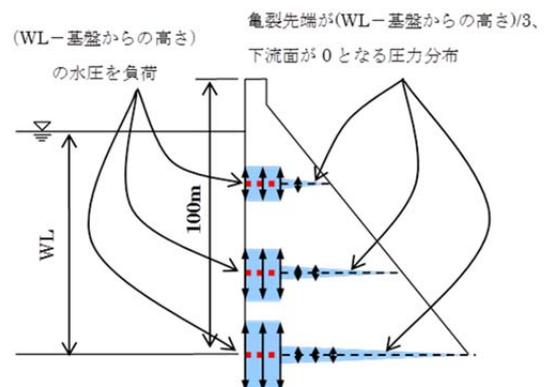


図-3.6 水平打継面の一部（上流側）が不連続面となっている場合を想定した応力検討モデル

表-3.3 解析モデル物性値

堤体	密度	2,300kg/m <sup>3</sup>
	弾性係数	29,000N/mm <sup>2</sup>
ジョイント要素	鉛直剛性	2.9×10 <sup>6</sup> N/mm <sup>2</sup>
	せん断剛性	1.1×10 <sup>6</sup> N/mm <sup>2</sup>

表-3.4 解析条件

亀裂条件	3m、全長×1/2、全長×4/5
貯水位条件	30m、60m、90m

解析結果を図-3.7及び図-3.8に示す。両図より、中・高位標高の不連続面 (EL. 30m、60m) では面内に揚圧力が作用しても圧縮応力状態となっているが、低標高部 (ここでは岩着面に相当する EL. 0m) に不連続面を想定した場合、当該面において生じる揚圧力によって、上流側の一部で応力状態が引張側に移行しているのがわかる。これは、当該水位までの水位上昇によって増加した水圧による影響は、より低標高部にある不連続面に対して大きくなるためと考えられる。

なお、このことが意味する重要な点は、湛水中の貯水位上昇過程において、ある貯水位に到達したときから継目漏水が発生したり、もしくは漏水量がそれまでの貯水位との関係から予想される量以上に増加したりした場合、必ずしも当該標高に水みちの浸入口となる箇所があるとは限らないことである。試験湛水中に継目漏水が発生・増加した場合の浸透経路の調査は、それが貯水池からの浸透水であると考えられる場合、まずは漏水が発生・増加した標高付近の上流面を対象に重点的に行われる例が多いと考えられるが、一般的特性として上記の点も踏まえておく必要があると考えられる。

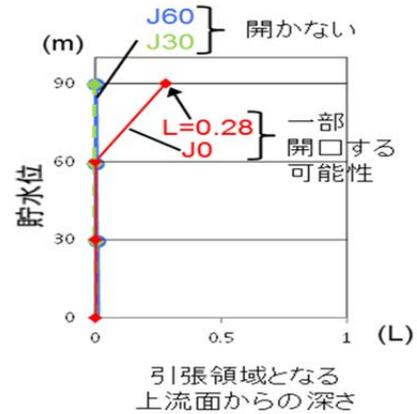
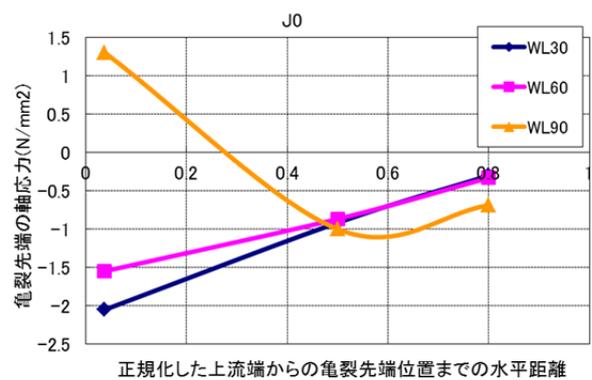
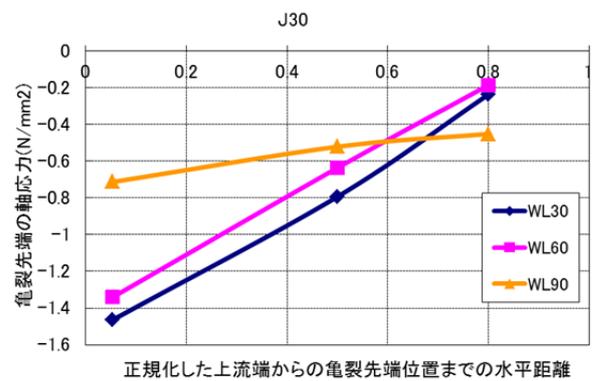


図 3-7 貯水位と引張応力となる範囲の関係



(a) 標高 0m (岩着面)



(b) 標高 30m

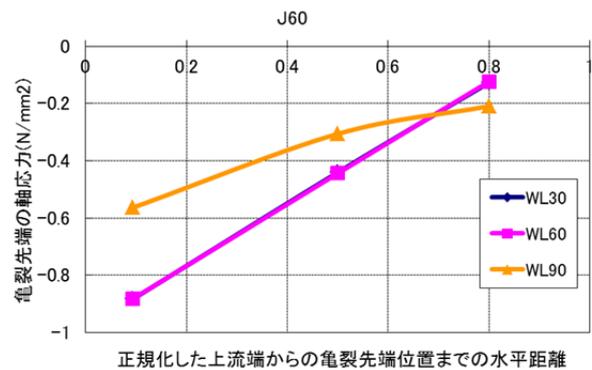


図-3.8 水位変化に伴う不連続面内最奥部の応力

#### 4. 試験湛水前の事前点検及び試験湛水開始後の初期段階における調査・対策の考え方

##### 4.1 試験湛水前の事前点検

要領(案)は、「試験湛水にあたっては、あらかじめダムに関する諸設備の点検と、ダムの堤体、基礎地盤および貯水池周辺地山の巡視を行い、湛水しても支障がないことを確認しなければならない」ことを規定している。しかし、具体的な点検手法については明記されていない。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、試験湛水開始後に何らかの技術的対応を要する事象が発生するリスクを軽減するとともに、そのような事象が発生した場合の原因究明や対策手法選定のための各種調査等を効率的に行うことが可能となり、結果的に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、2.に示したとおり既往事例が多い堤体や基礎地盤からの漏水に関わるものを対象に既往事例を調査した。その結果、多くのダムに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事前調査結果に基づく安全性の評価、③補修等の対策の流れとして整理した。これを図-4.1に示す。以下、①～③の各項目についての具体的な方法、留意点等について述べる。

##### ①事前調査

試験湛水開始前の調査では、通常、湛水による影響を把握することはできない。このため、堤体の調査では、漏水の経路となりうるひび割れの発生・分布状況などを確認することが基本となる。その上で、必要に応じコアボーリングによりひび割れの深さを確認したり、場合によっては、監査廊内から継目排水孔に充水することで湛水時に生じる水圧を再現し、その影響による堤体漏水の有無を確認する充水試験を実施するなどして、漏水の経路となりうる水みちの有無や対策の要否を事前に把握する方法が採られる。以下に既往事例から具体的な事前調査の例を挙げる。

##### i) ひび割れ調査

##### (i) ひび割れ分布の調査

試験湛水前に堤体上下流面などのひび割れ有無、分布状況などを調査することで、試験湛水中の漏水発生などにつながるおそれのあるひび割れの位置、幅等を事前に把握する。

調査方法としては、ゴンドラ吊り下げなどにより堤体上下流面を直接調査する近接での目視確認が基本となるが、堤体規模が比較的小さいなど河床部やアバット部などから堤体表面のひび割れが確認可能な場合は、ひび割れのマッピング機能を有する測量機器などを活用することで効率化を図ることも考えられる。調査結果は、ひび割れの位置、幅等について図-4.2に示すようなクラックマップに整理する。なお、初期状態としてのひび割れ発生状況を把握しておくことは、試験湛水に向けた事前点検としてのみならず、供用開始後の維持管理において、経年的な劣化の進行の有無を把握する観点からも有効である。

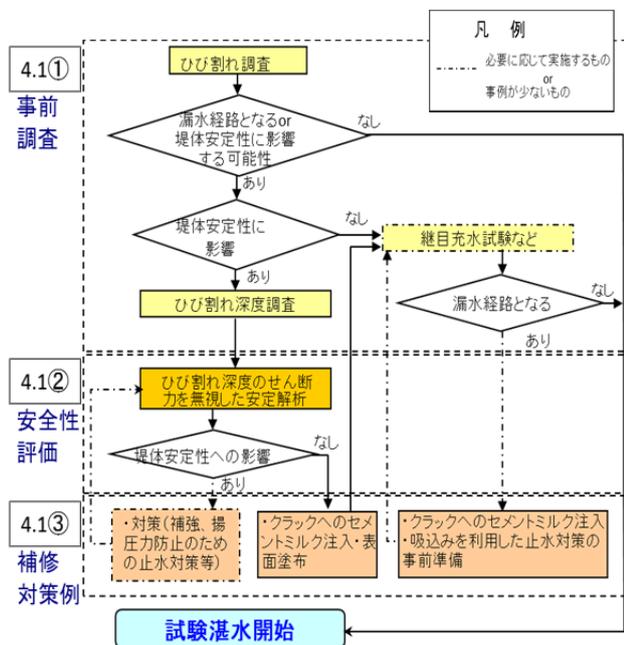


図-4.1 事前点検における事前調査、安全性評価、補修対策の代表的な実施フロー

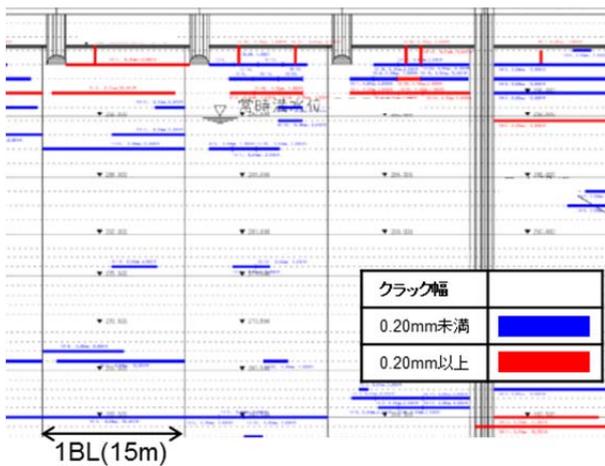


図-4.2 クラックマップ整理事例 (堤体上流面)

(D) コア採取によるひび割れ深度調査

上下流面などで確認されたひび割れのうち、比較的長さが長いものや幅が大きいもの、また打設工程上の越冬面など長期放置リフト面や打設工法が変更されたリフト面及びこれらの近傍のリフト面付近で発生しているものや収縮継目沿いのひび割れなどで、仮に堤体内部に連続するものである場合、堤体の止水機能や力学的安定性に影響を及ぼす可能性があるものについては、コアボーリング等によってひび割れ深度の調査が実施される例が多い。図-4.3 にひび割れ深度調査の事例を示す。

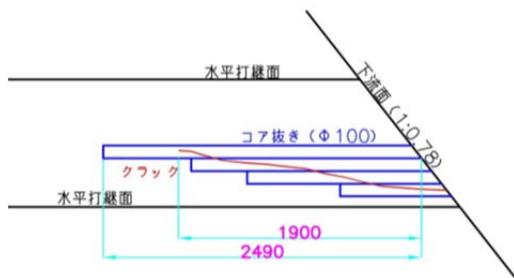


図-4.3 ひび割れ深度調査 (コア採取)

ii) 継目排水管を用いた充水試験

継目排水孔を用いた充水試験は、堤体上流面・下流面にひび割れが認められ、それが湛水時に漏水経路となる可能性がある想定される場合、試験湛水に先立ち、あらかじめ漏水経路を特定することを目的として実施するものである。

この試験は、監査廊内から継目排水管内に充水することで、湛水に伴い管内水に発生する貯水による水圧と同等の水圧を生じさせ、上流面、下流面、監査廊内等からの漏水の発生の有無・発生位置等を確認することにより行われる。

このような充水試験の結果、漏水が確認された箇所をクラックマップに重ね書きすることなどにより、目視調査等でひび割れが認められた箇所のうち、事前に漏水対策の必要性が高い箇所を合理的に抽出することができると考えられる。

iii) その他

以上のような各種試験の他、堤体コンクリートの温度応力解析に基づき、コンクリート温度の降下に伴う引張応力の発生によってひび割れが発生する可能性が相対的に高い箇所を予め把握しておき、重点的に事前点検での調査箇所として抽出しておくことも有効と考えられる。

②事前点検結果を踏まえた安全性評価

ひび割れ深度調査などの結果、水平打継面に沿ったひび割れが上下流方向に連続する可能性がある場合など、堤体の止水機能面だけでなく、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判断される場合には、対策の可否や対策を行う場合の効果を判断する上で、安全性 (堤体の力学的安定性) への影響について評価しておく必要があると考えられる。その基本的考え方は、堤体の安定性への最も影響が大きいと考えられる水平ひび割れの場合、図-4.4 に示すように、ひび割れ深度分のせん断強度を見込まず、かつ上流側のひび割れ範囲については

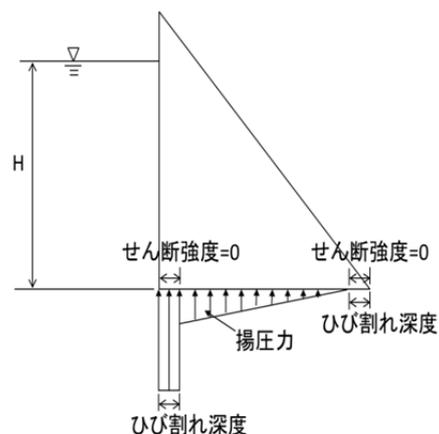


図-4.4 ひび割れを考慮した堤体安定性評価 (ひび割れ面に作用する揚圧力の仮定)

貯水の浸透を考慮して貯水位による水圧相当分の揚圧力を見込んだ条件で安定計算を行い、ひび割れ先端に引張応力が生じなくなる深度までのひび割れ進展を考慮しても、構造令等が規定する所要のせん断摩擦安全率が確保されることを確認することが基本になると考えられる。

なお、このような評価は、補修等の対策の有無や必要箇所を抽出するためだけでなく、対策を計画する場合、その効果を確認することで合理的な対策とする上でも不可欠である。

### ③事前対策としての補修

事前点検における調査やその結果に基づく安全性評価の結果、必要と判断される箇所についてはあらかじめ補修等の対策を実施することになる。

コンクリートダム堤体のひび割れの場合、その対策方法として明確な基準等は確立されていないが、近年完成したダムでは、ひび割れ幅に応じ、ある程度幅が大きい場合（0.2mm 以上としている事例が多い）には注入工法（写真-4.1）、それ以下の微細なひび割れの場合には表面被覆工法を採用している事例が多い。

なお、補修等の対策に際しては、その実施効果について、②の安全性評価の考え方に基づいて確認しつつ行うことで、合理的な対策となるようにする必要があると考えられる。



写真-4.1 ひび割れ補修状況例（注入工法）

## 4.2 試験湛水開始後の初期段階における調査・対策

要領（案）は、試験湛水中における「異状時の対応」として、「試験湛水中に、ダムの堤体、基礎地盤または貯水池周辺地山に異状が認められた場合には、ダムの堤体、基礎地盤または貯水池周辺地山の安全性を確保するため、その状況に応じて速やかな処置を講じなければならない」としている。しかし、事前点検と同様、要領（案）では、具体的な処置の方法までは明示されていない。このため、個々のダムでの状況に拠るところが大きいと考えられるものの、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置くことが有効と考えられる。これにより、仮に何らかの技術的対応が必要となる事象が発生した場合でも、試験湛水が長期化する可能性を最小限とすることができると考えられる。

そこで、試験湛水実施後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について、①巡視や計測データに基づく漏水挙動の整理・監視、②漏水挙動を踏まえた試験・調査、③試験・調査結果に基づく漏水メカニズム（浸透経路）の特定、④漏水メカニズムを踏まえた安全性の評価、⑤補修等の対策の流れとして整理した。これを図-4.5に示す。以下、①～⑤の各項目についての具体的な方法、留意点等について述べる。

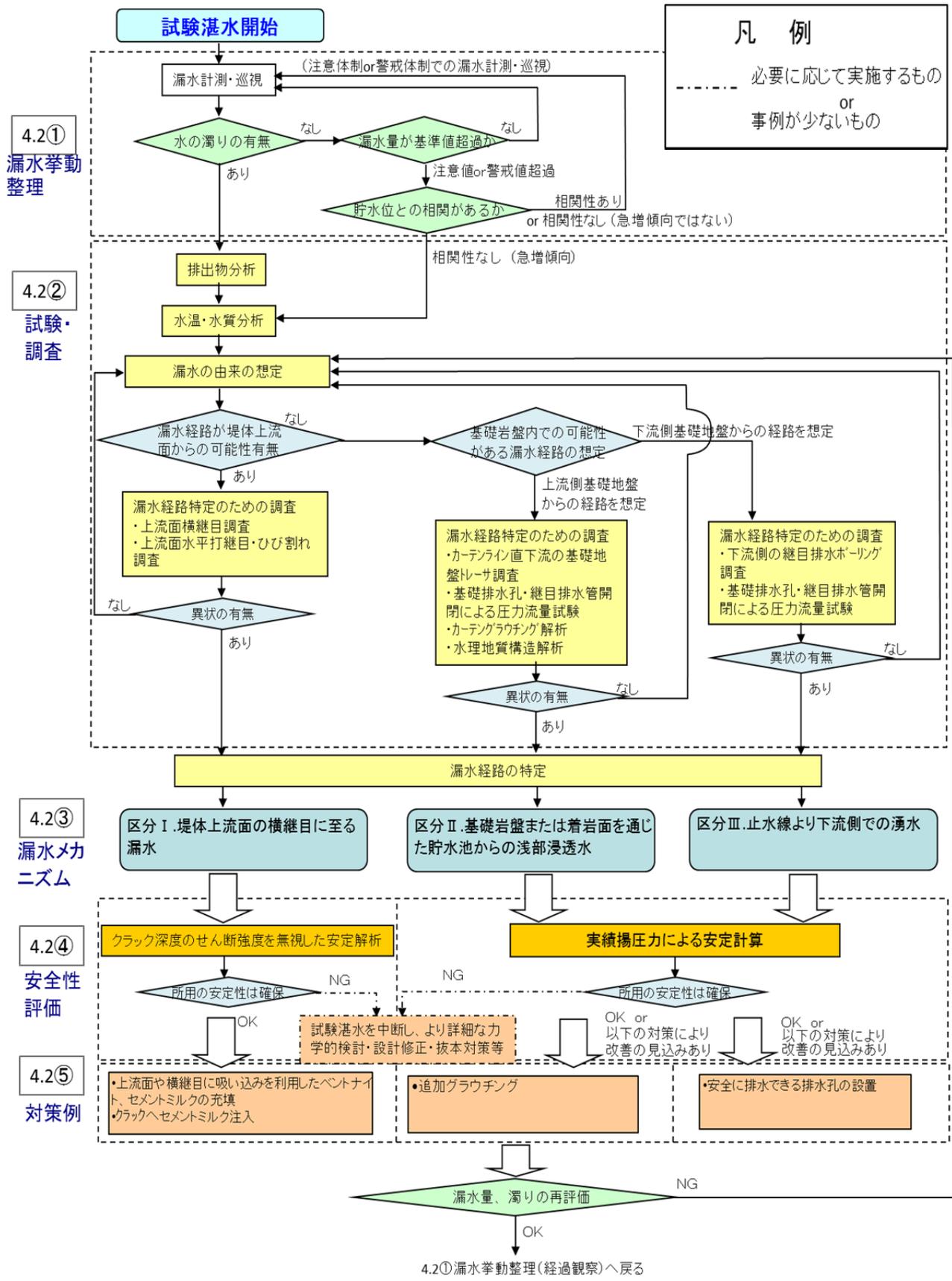


図-4.5 試験湛水中における漏水挙動整理、調査、安全性評価、対策の代表的な実施フロー

## ① 漏水挙動の整理・監視

要領(案)が「試験湛水中は、あらかじめ定めた計測・監視計画に基づき、ダム の 堤 体、基 礎 地 盤 お よ び 貯 水 池 周 辺 地 山 の 安 全 性 を 確 認 し な け れ ば な ら ない」と規定しているとおり、試験湛水中は、日々の計測・監視を定めた計画に基づき、漏水、揚圧力、変位等の状態を監視することになる。この監視は、日々の巡視・点検と計測データによって行われ、計測データについては、時系列と貯水位との相関の両面から整理し、その推移から異状の有無を常に判断できるように整理することが基本である。

このうち、漏水については、一般に、以下のいずれかに該当する状況が発生した場合、その原因究明や影響について速やかに検討を行い、必要に応じ、対策もしくは監視の更なる強化などを行う必要があると考えられる。

- ・漏水量が各ダムにおいて設定した計測・監視の計画に定めた注意値を超過した場合
- ・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）
- ・漏水に濁りが確認される場合

## ② 漏水経路特定のための調査・試験

### i) 水温・水質分析

漏水の量や質に異状が認められる場合、対策の必要性や方法を判断する上で、その発生原因すなわち漏水経路を明らかにする必要がある。その際、漏水経路がすぐに特定できる場合はよいが、多くの場合、その推定のための調査が必要となることが多い。その場合、最も基本となる調査方法の1つが漏水の水温・水質分析である。当該箇所の漏水を採水し、その水温測定や成分分析を行い、貯水池水、地下水、監査廊内排水等、漏水の起源として可能性があるものの水温・水質と比較することで、漏水経路の推定を行う。調査・分析項目としては、水温・pH等、簡易に実施できるものに加え、電気伝導度、イオン分析等が行われる例が多い。

### ii) 排出物分析

漏水に土砂や泥などの排出物が混じっている場合、基礎岩盤内に浸透経路がある可能性が想定される。このため、排出物の性状や成分を基礎岩盤内の軟質部など、浸透経路が形成された場合に流出する可能性がある細粒分と比較することで、排出物の発生箇所及び浸透経路の特定(推定)を行うことも必要となる。分析方法には、目視(写真-4.2)のほか、X

線回折などがある。

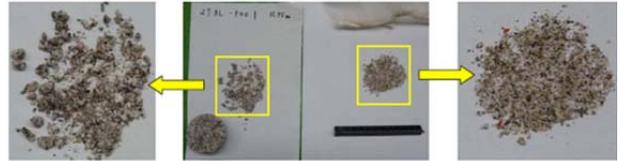


写真-4.2 排出物(右)と基礎岩盤(低角度節理沿い)のマサ(左)の比較事例

### iii) 上流面調査

水温・水質分析の結果などから漏水の起源が貯水池水である可能性が考えられるなど、堤体上流面から堤体内部を通じた漏水経路が想定される場合、その経路(特に上流面での浸入箇所)の特定を目的とした調査を行う必要がある。調査方法としては、ひび割れの目視調査(必要に応じ、潜水調査を含む)や図-4.6に示すような上流面からの吸い込みを利用したトレーサー調査の事例がある。この場合、合理的な調査のためには、3.で述べた事前点検結果や、上記①で整理した漏水挙動データに基づき、想定される浸入箇所の候補をある程度絞り込むことが必要となる。なお、必要に応じ、3.(2)で述べたような貯水位上昇が漏水発生可能性に及ぼす一般的な特性も考慮し、漏水の発生・増加が見られた貯水位付近に限らず、より低標高部の長期放置リフト面や配合切り替え面付近を重点的に調査することも考えられる。



図-4.6 上流面からのトレーサー調査(トレーサー投入用ボックスを用いる例)

#### iv) 基礎地盤の漏水経路を特定するための各種調査

基礎排水孔からの漏水（排水量）が増加する場合など漏水が基礎地盤内の何らかの水みちを通じたものであると考えられる場合、それが貯水池を起源とするもの（図-4.6の区分Ⅱ）か、被圧湧水など貯水池以外を起源とするもの（同区分Ⅲ）かの判断、またその具体の経路を特定ないし推定するための調査としては、次のような方法がある。

その1つは、基礎排水孔等の全閉試験である。これは、基礎排水孔の開栓および閉栓時間と揚圧力・流量との関係から、排水孔間の浸透経路の連続性の有無および基礎地盤浅部を通じた浸透経路の有無を判断するために行われる。また、必要に応じ、想定される浸透経路に監査廊内から調査孔を削孔して各種調査・試験が行われることもある。具体的には、浸透経路の特定や追加グラウチングの必要性を確認するため、削孔区間別に排水量や透水性等を確認した事例等がある。なお、調査孔は、対策（追加グラウチング）が必要になった場合の孔としても利用される。図-4.8に調査孔による各種調査実施フローの事例を示す。この事例では、基礎地盤内の浸透経路を特定するため、調査孔を削孔し、区間排水量計測、水押し試験、トレーサー試験を実施している。この他、ボアホールスキャナー観察を実施している事例もある。

また、メインギャラリーより下流側で揚圧力が増加するなど、下流側の基礎地盤からの浸入が想定される場合には、下流側の基礎地盤に排水孔（サブドレーン）を設置し、排水後の基礎排水孔排水量や揚圧力の変化を調べた事例がある（図-4.9）。排水孔設置後、排水孔からの排水量が多い場合や揚圧力の低下が見られた場合は、下流側の基礎地盤からの水みちが想定される。なお、このような調査で施工した調査孔は、安定的な排水が可能と判断された場合には、排水孔として利用されることがある。

#### ③漏水メカニズムの特定

試験湛水中に漏水が発生した場合、その影響や対策の要否等について迅速かつ合理的な判断を行うため、①で述べた漏水挙動や②で述べたような調査・試験等の結果を踏まえ、漏水の発生メカニズム（漏水経路）を特定（推定）することとなる。そして、

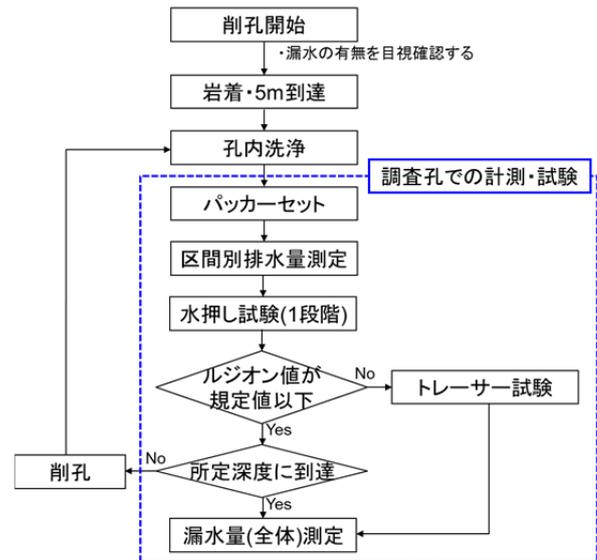


図-4.8 調査孔の削孔による漏水経路調査の例

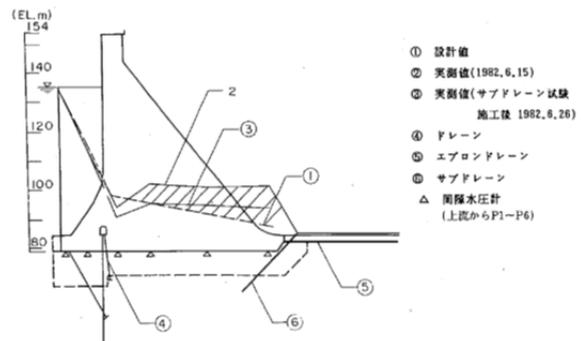


図-4.9 下流側排水孔（サブドレーン）の設置事例<sup>4)</sup>

漏水によるダム安全性への評価や補修等の対策の基本的な考え方は、この漏水の基本的な発生メカニズム（漏水経路）に応じたものとすべきと考えられる。そこで、安全性評価や対策の基本的考え方の違いを考慮し、基本的な漏水メカニズム（漏水経路）を既往事例を踏まえて分類すると、以下の3つのパターンに分類できると考えられる。

- ・区分Ⅰ：堤体上流面から横継目に至る漏水
- ・区分Ⅱ：基礎岩盤または着岩面を通じた貯水池からの浅部浸透水に起因する漏水
- ・区分Ⅲ：止水線より下流側での湧水などに起因する漏水

これら3つのイメージを図4.7に示す。

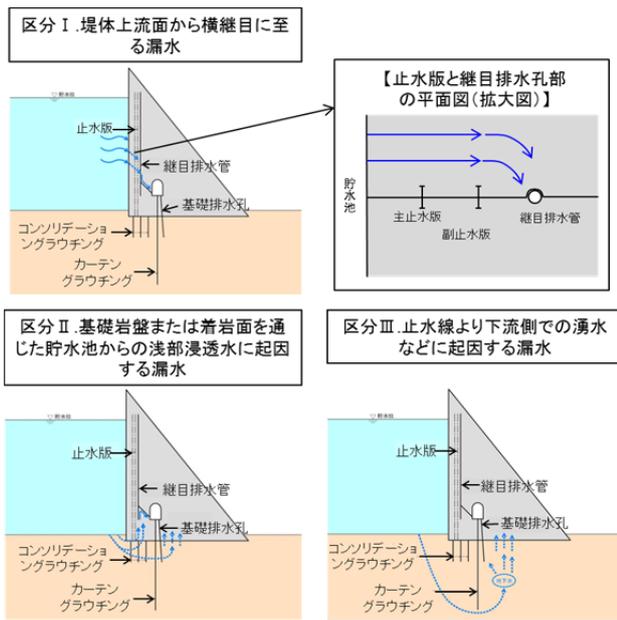


図-4.7 漏水メカニズムの基本的パターン

区分Ⅰは、堤体上流面の横継目部やその周辺の水平打継面部などからの浸透水が横継目を通じて継目排水管などから流出する場合などが該当する。打継面処理が十分でなかった場合に水圧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して導水されることによりこのような漏水が発生する可能性が考えられる。

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、基礎の浸透流が周辺の基礎排水孔や継目排水管に導水され、基礎排水量や継目排水量が増加する場合が該当する。

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が該当する。

一般に、継目排水孔のみから漏水が発生するケースは区分Ⅰ（堤体内の水みちを通じた漏水）である可能性が高く、漏水の発生箇所が継目排水孔および基礎排水孔の両方または基礎排水孔のみのケースでは区分ⅡまたはⅢ（基礎地盤内の水みちからの漏水）である可能性が高いと考えられる。

#### ④安全性評価

各種の調査等により特定（推定）された③に述べたような基本的な漏水メカニズムが明らかになれば、

その特性に応じ、対策の要否や効果的な対策方法を検討することとなる。このような検討を合理的なものとするには、当該漏水による影響や対策による効果を、ダム止水機能、力学的安定性の両面からの評価に基づいて評価することが肝要であると考えられる。なお、止水機能面についての影響や対策の実施効果については、実際の湛水過程での状況により確認することが基本となる。一方、力学的安定性については、最終的にダムの安全性への影響は、浸透水による堤体内または基礎地盤からの揚圧力が堤体の安定性に及ぼす影響として現れるものと考えられることから、4.1に示した事前点検で堤体上下流面等にひび割れが認められた場合の安全性評価の考え方（図4.4）と同様の方法（漏水経路に応じた不連続面や揚圧力の発生を考慮した安定計算）によって評価することが基本になると考えられる。ただし、試験湛水中に生じた漏水に対する評価では、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。

試験湛水中に生じた漏水に対する安全性評価について、既往事例を踏まえた基本的な考え方を図-4.7に示した漏水メカニズム別に表-4.1に示す。

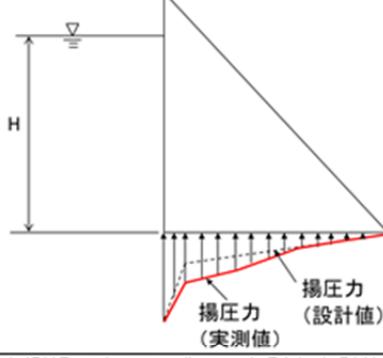
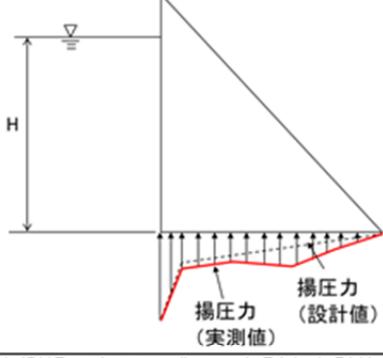
#### ⑤漏水発生時の対策

各種の調査等により把握した漏水のメカニズムや発生程度に応じ、試験湛水完了後の管理運用において安全性が確保されることのほか、維持管理業務への影響も考慮し、必要に応じて適切な対策を講じる必要がある。

その場合、原則的な考え方としては、重力式コンクリートダムの場合、堤体上流側（堤体及び基礎地盤の止水ラインまたは基礎監査廊付近より上流側）に原因がある場合には、ダム止水機能を確保するとともに、力学的安定性への影響を避けるため、漏水を止める対策を検討することが基本になると考えられる。

一方、堤体下流側（堤体及び基礎地盤の止水ラインまたは基礎監査廊付近より下流側）に原因がある場合には、堤体下流側や監査廊内へ漏水を安全に排水する対策を検討することが基本になると考えられる。これは、止水ラインより下流側に発生した漏水を止水してしまうと、堤体の揚圧力増大を招き、かえって堤体の力学的安定性に悪影響を及ぼす可能性

表-4.1 安全性評価の実施方法（案）

漏水メカニズム	区分Ⅰ．堤体上流面から横継目に至る漏水	区分Ⅱ．基礎岩盤または着岩面を通じた貯水池からの浅部浸透水に起因する漏水	区分Ⅲ．止水線より下流側での湧水などに起因する漏水
安定性評価方法	ひび割れ深度分のコンクリートせん断強度を見込まない安定計算 	実測揚圧力によるブロック別堤体安定計算 	実測揚圧力によるブロック別堤体安定計算 
解析条件等	ひび割れ深度分のせん断強度を見込まない（せん断抵抗長として見込まない） 上流面から進展するひび割れには100%の揚圧力を作用させる	実測揚圧力でのブロック別安定計算	実測揚圧力でのブロック別安定計算
妥当性の判断	対策によって継目排水量が減少していることを確認する。	対策による継目排水量の増減を確認すると共に周辺の基礎排水量と揚圧力の変化も低減しているか確認し、対策工の効果の影響を評価する。対策で基礎にグラウチングしている場合は、継目排水および基礎排水のどちらも漏水量が減少する可能性が高い。	対策によって継目排水量が減少していることを確認する。 上下流方向の間隙水圧を計測している場合は堤敷に作用している揚圧力が減少しているか確認する。
留意点	水平方向のひび割れについて評価する。 ひび割れが斜め方向の場合は、水平方向の幅および深度により評価する。	対策後は、継目排水量の変化および基礎排水量、揚圧力に注視し、安定状態と判断できるまでは計測頻度を高めるなどの配慮が必要	対策による継目排水量の増減を確認すると共に周辺の基礎排水量と揚圧力の変化も低減しているか確認し、対策工の効果の影響を評価する必要がある。

があるためである。

以下に、図-4.6 に示した各メカニズムに応じた対策の例を示す。

i) 堤体上流面の横継目に至る漏水（区分Ⅰ）への対策

継目排水管からの漏水は、堤体打継面等の処理が十分でなく、貯水池から水が堤体上流側の止水板を迂回して横継目に流入している場合などに発生する。このような漏水に対しては、その浸入箇所となる上流面付近での止水を行う対策が基本となる。具体的には、上流面から間詰材を投入し、原因箇所への吸い込みを利用して目詰まりさせることにより止水する方法などが考えられ、既往事例では、堤体上流面の横継目を覆うように半割管や溝鋼材を設置し、トレーサー調査で原因箇所を絞り込んだ上で、当該箇所を目指してセメント、ペントナイト等を注入する方法（図4-10）などが行われている。

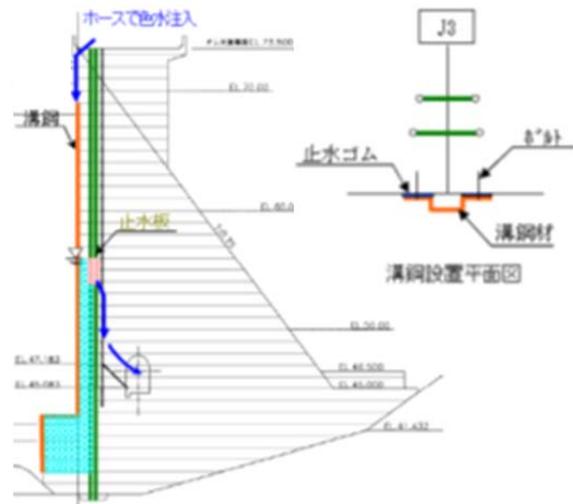


図-4.10 堤体上流面を対象とした漏水原因箇所の特定調査～対策までを一連で行った例

## ii) 基礎岩盤または着岩面を通じた貯水池からの漏水（区分Ⅱ）への対策

堤体上流面側の基礎地盤については、カーテングラウチングなどの基礎処理による止水対策や堤敷に作用する揚圧力を低減させる基礎排水孔の設置に加え、断層部や重力作用などによるゆるみ、溶脱が認められる箇所など、湛水後に水みちとなる可能性がある箇所へのコンソリデーショングラウチングの施工などによって、堤体の安定性に影響を及ぼすおそれのある貯水池側から基礎地盤内浅部を通じた浸透流の発生を抑制するよう予め対策が講じられる。また、堤体コンクリートの打設にあたっては、基礎岩盤との一体性が確実に得られるよう岩盤面処理、打込みの両面で入念な施工が行われる。

しかし、そのような場合でも、湛水に伴い、基礎岩盤内の改良効果が十分に及ばなかった箇所や着岩面に浸透経路となる水みちが生じることがある。このような箇所を把握し、必要に応じ対策を講じるのも試験湛水の目的に含まれると考えることもできるが、それでもこのような漏水が発生する場合の対策としては、追加グラウチングによる基礎地盤の改良を検討する必要がある。試験湛水後にこのような追加グラウチングが必要となることは、本来望ましいことではないが、必要な場合には、基礎監査廊内で漏水経路の特定のために削孔した調査孔を用いて行うのが一般的である。なお、当該対策の実施効果の評価は、施工時の基礎処理同様、改良目標値（ルジオン値）によって行われている。図-4.11 に追加グラウチングの事例を示す。

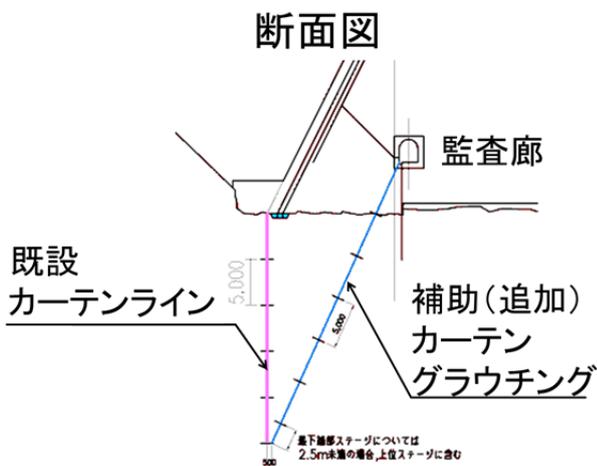


図-4.11 追加グラウチングの施工事例

## iii) 止水線より下流側の湧水などに起因する漏水（区分Ⅲ）への対策

止水線より下流側の地山や河床部の湧水などに起因する漏水が問題となる場合、堤体に作用する揚圧力が堤体の安定性に影響するものとならないよう低減させるとともに、監査廊内の基礎排水孔からの排水量が維持管理に支障する過大な量とならないよう減少させる対策が必要となる。具体的には、下流側に安全に漏水を抜く対策が基本となり、そのための水抜き孔を揚圧力の低減効果も同時に期待して設置した事例がある。このような水抜き孔は、図 4.9 に示したような調査孔が活用できる場合、これを活用するのが合理的である。なお、堤体のほか減勢工背面地山等に設置された事例もある。

## 5. 試験湛水の完了判断に必要な要件に関する検討

ダム設計・施工は、各種技術基準のほか、その背景にあるものも含めた長年の経験・実績に基づき、安全性に対して十分な余裕が確保されるよう行われている。しかし、このことは設計・施工において様々な不確実性を取り扱う必要があることも意味している。このため、ダムの供用開始にあたり、その安全性を最終的に確認する行為として、試験湛水の実施が義務付けられている。

このため、試験湛水は、運用上経験するものと基本的に同等の条件として、最低水位から最高水位までの間の貯水位変化を実際に経験することに意義がある。このため、現行の試験湛水の実施方法（安全性の確認方法）を容易に緩和することは適切でないと考えられる。

しかしながら、著しい少雨等により通常の方法による試験湛水が計画に比べ大幅に長期化し、ダム本来の効用発現が大きく遅延する場合など、社会的影響の面からやむを得ない場合において、安全性の確認を前提とした上で、現行の試験湛水実施方法を一部弾力的に運用することが合理的と考えられる場合も想定される。

そこで、要領（案）が規定する原則的な試験湛水の実施方法とは一部異なる方法で試験湛水を行った既往事例について調査した。その結果を表 4.2 に示す。なお同表では、要領（案）の規定に合わせ、以下の3つの項目の別に異なる方法を採用した例についてその概要を示している。

- ・貯水位の上昇・下降範囲
- ・洪水期の貯留制限

・迎洪水位の設定

このうち、特に本研究で対象とする技術的対応を要する事項に関わるのは、貯水位の上昇・下降範囲の考え方である。特に、3.での検討結果を考慮すると、少雨等によって最高水位であるサーチャージ水位に到達困難な場合に、当該水位まで貯水位を上昇させることなく試験湛水を完了するケースについて、その安全性確認の考え方を整理しておく必要があると考えられる。このため、特にこのようなケースに該当する既往事例での安全性評価の考え方を整理し、やむを得ずサーチャージ水位より低い貯水位での試験湛水の完了を検討する場合において、最低限必要と考えられる要件を抽出する。

表-4.2 原則とは一部異なる方法で試験湛水を行った事例

『試験湛水実施要領(案)』の項目	弾力的な運用の代表的な事例	
	運用内容	経緯・確認事項等
3.1貯水位の上昇・下降範囲	・ S.W.Lに数十センチ程度未到達で試験湛水を終了	【経緯】 少雨や洪水調節容量の割合が大きい等の要因による。 【確認事項】 漏水量、揚圧力(間隙水圧)、堤体安定(未経験水位分を考慮)、変形、地すべり等の状況を評価している。
	・ 均一型アースダムの再開発(下流側へ嵩上げ)で、常時満水位以下は既設ダムで水位変動を経験しているため、試験湛水での確認は不要とした。	【経緯】 少雨により、計画より遅れが生じていた。早期の供用開始を鑑み、貯水位下降範囲を計画変更した。 【確認事項】 漏水量、変位量、間隙水圧の計測値、また、特殊な条件での安定計算結果を評価。
3.2洪水期の貯留制限	・ 出水期(後半または全期間)に洪水調節容量や洪水期制限水位以上に常時貯留	【経緯】 洪水調節容量が大きく、平水年ではサーチャージ水位まで到達しない。または、少雨等による遅れによる。 【確認事項】 洪水期に洪水調節容量の内2割の余裕分の容量への貯留を許容。洪水期の内、常時貯留する後半の期間の実績降雨より必要容量を算出。等々。
3.6迎洪水位の設定		

5.1 サーチャージ水位未到達で完了事例

サーチャージ水位未到達で試験湛水を完了した既往事例(4事例)を対象に、未到達の状況、完了判断にあたって行われた安全性評価の方法について整理した。以下にその概要を示す。

①試験湛水中に到達した経験最高水位からサーチャージ水位までの水位差

事例での水位差は、0.22m~1.56mの範囲であった。これを堤体最大断面での基礎地盤標高からサーチャ

ージ水位までの標高差に対する経験最高水位までの標高差の割合にすると98.5%~99.9%の範囲であり、未経験水位範囲は全体に対してはごく僅かといえる。

②経験最高水位での水位保持期間

最高水位での一定期間の水位保持は、基礎地盤等への貯水の浸透による影響を漏水の発生状況や揚圧力、変形(たわみ量)の計測値などにより確認する上で必要と考えられる。サーチャージ水位未到達事例での経験最高水位から1m以内での水位保持期間は、約2週間~約1ヶ月間であり、要領(案)での原則的なサーチャージ水位保持期間(最低24時間)より長い期間であった。

③サーチャージ水位未到達の要因

サーチャージ水位未到達の要因については、必ずしも一つに特定できるものではないが、主として少雨による要因であるものと推定され、4.までに述べた技術的対応を要する事象が主要因となって長期化が生じていたと考えられる事例はなかった。なお、年間降雨量に対して貯水容量が大きく、通常の平水年の流量でも8年を要する計画となっている事例もあった。このような事例では1~2年で試験湛水完了が見込まれるダムに比べ、当初計画期間以上のさらなる長期化による影響は一層大きくなる可能性がある。

5.2 完了を検討する際に必要な要件

技術的対応を要する事象が特段なく、少雨のみにより計画以上に大幅に長期化が見込まれる場合の対応の1つとして、最高水位(サーチャージ水位)未到達での試験湛水完了を検討する上で、安全性確認の観点から少なくとも必要と考えられる要件について、既往事例も踏まえ検討した。その結果、一般的なコンクリートダムにおいて基本的に共通すると考えられる要件で、本研究で対象とした堤体及び基礎地盤に関するものについて整理した結果を表-4.3に示す。

表-4.3 試験湛水完了に必要な主な要件  
(コンクリートダム堤体・基礎地盤に関するもの)

項目	少なくとも確認が必要と考えられる要件
貯水位	<ul style="list-style-type: none"> <li>・少なくとも常時貯留する水位（常時満水位）以上の水位を一定期間経験している。</li> <li>・できるだけ洪水時の最高水位（サーチャージ水位）に近い水位を経験している。</li> </ul>
巡視・計測事項	<p>(漏水)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・漏水量が過大でない。</li> <li>・漏水量と貯水位の相関が保たれている。</li> <li>・漏水に濁り等が確認されていない。</li> </ul> <p>(揚圧力)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・揚圧力が過大でない。</li> <li>・揚圧力と貯水位の相関が保たれている。</li> <li>・貯水位や温度に連動した変化を示している。</li> </ul> <p>(変形)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・変形量が過大でない。</li> <li>・貯水位や温度に連動した変化を示している。</li> </ul>
堤体安定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・最高経験水位での実績揚圧力にサーチャージ水位との水位差分に相当する揚圧力を加えても所要の安定性が確保される。</li> </ul>

なお、実際の試験湛水完了の判断にあたっては、同表に示した要件以外にも、各ダム固有の確認事項、本研究において直接取り扱わなかった貯水池周辺斜面の安定性が重要な要件となるケースが少なくないものと考えられる。この点については、事前及び試験湛水中における地すべり調査を含む地質調査結果等を踏まえ、未経験水位への貯水位上昇によって安定性が低下し、不安定化する地すべりブロックなどが想定されないことが少なくとも確認される必要があると考えられる。

## 6. まとめ

本研究では、ダム堤体および基礎地盤の合理的な安全性評価に基づいて試験湛水の効率化を図るため、既往試験湛水事例の調査・分析やモデル検討を通じ、基本的な対応の考え方を体系的に整理して示すことを目指した。

本研究で明らかになった主な点は以下のとおりである。

1) 既往の試験湛水事例の調査から、少雨以外の要因で技術的対応が必要となる事象のうち、堤体及び

基礎地盤に関するものとしては、試験湛水中の漏水発生事例が多いことがわかった。

2) 漏水事例が多く見られた重力式コンクリートダムを想定したモデル検討から、貯水位上昇に伴い堤体安定性への影響が大きくなることため、試験湛水では最高水位条件での安全確認が重要であることを確認した。また、貯水位上昇と堤体漏水の発生可能性の関係についての一般的特性として、試験湛水中の堤体漏水の原因箇所は、その発生（増加）が生じた貯水位付近に限らない可能性もあり、原因箇所の調査では、必要に応じこの点も考慮すべきことを指摘した。

3) 既往の漏水発生事例や事前点検事例の調査から、試験湛水後の漏水発生に伴う調査・対策等によって、試験湛水期間が長期化する可能性を極力小さくするため、試験湛水開始前の事前点検および試験湛水開始後初期段階における調査および対策等の考え方を具体的な方法とともに体系的に整理した。

4) 漏水等の技術的対応を要する事象の発生がなくても少雨等により大幅な試験湛水期間の長期化が生じる場合の対応に関し、最高水位未到達であっても試験湛水を完了した事例を調査し、このような対応を検討する場合に少なくとも確認が必要と考えられる要件を整理した。

## 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
- 2) (財)国土技術研究センター編：改定 解説・河川管理施設等構造令、技報堂出版、2000.1
- 3) 山口嘉一、小堀俊秀、ダムの試験湛水の合理化可能性評価に関する研究、(独)土木研究所平成22年度成果報告書、2010
- 4) 杉村淑人、三浦光夫：一庫ダムの揚圧力対策について、大ダム第29巻115号、1986.3

# A STUDY TO IMPROVE THE TEST FILLING OF DAM RESERVOIR BASED ON THE SAFETY ASSESSMENT

Budget: Grants for operating expenses

General account

Research Period: FY2011-2013

Research Team: Dam and Appurtenant Structures Research ,  
Hydraulic Engineering Research Group

Author: Yasufumi ENOMURA

Masafumi KONDO

Masayuki SATO

Masashi FUJITA

Toshihide KOBORI

**Abstract** : There are some cases that the test filling of dam reservoir which is required before the start of operation cannot be completed due to various reasons such as lower rain fall, and delay the emergency of social benefit expected from the completion of each project.

In this study, the experiences of test filling in recent years were investigated, and based on the result, the ways to improve the efficiency of test filling based on the rational safety assessment were discussed, such as the systematization of inspections, tests, and countermeasures for leakage, which is one of the most usual technical problems during the test filling. The mandatory requirements for the completion of test filling without the experience of the planed highest water level because of the great prolongation of the term for test filling only due to lower rainfall were also discussed.

**Keywords** : concrete dam、 test filling、 leakage of water、 safety evaluation