

詳細調査ツールボックス

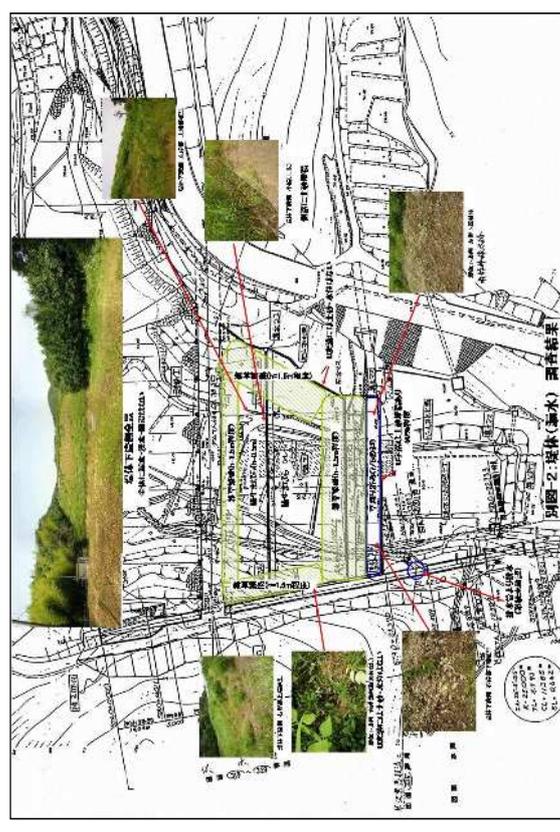
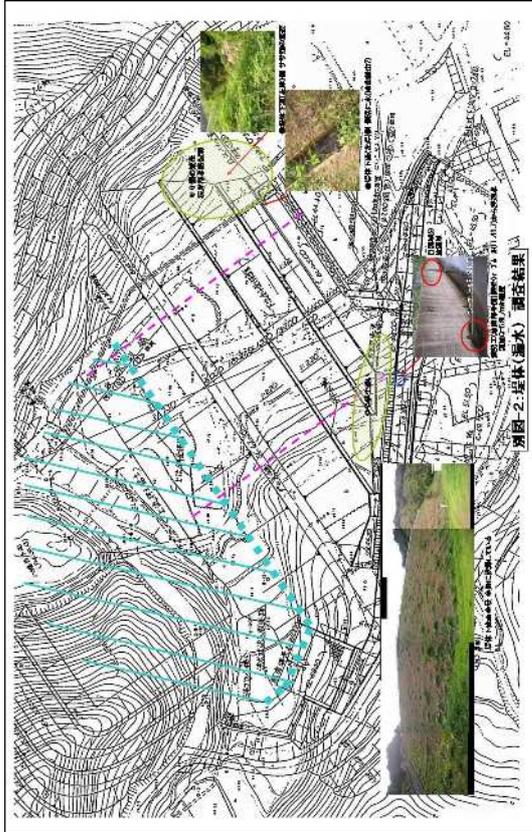
■整理番号:②-1 外観調査

ダムタイプ	フィルダム
変状区分	堤体の漏水/堤体等の観測計器の挙動
構成材料	変状の発生箇所 盛土材、基礎地盤
該当する重要な変状	下流法面・地山取付部 ・堤体中腹の湿潤化、植生の種類・繁茂状況の周囲との相違 ・漏水・湧水の発生 ・浸潤線(計測値)の従来と異なる挙動 ・浸透量(計測値)の従来と異なる挙動 ・漏水の濁り

調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体・地山内の浸透水の状況把握 ・盛土のすべり破壊に対する安定性 ・盛土の浸透破壊に対する安定性
------	---

方法	使用機材・資料	調査のポイント	結果の整理・評価
目視 確認 ・スケッチ	<ul style="list-style-type: none"> ・記録用紙(野帳) ・堤体基本図(三面図) ・スタック ・メジャヤー 	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体下流面の浸潤状況を確認する。じくじくしている箇所や植物が繁茂しやすい箇所を把握する。 ・堤体下流面の小段側溝、堤体と地山との接合部付近の側溝の流水状況も確認する。 ・調査は干天の後、周囲と異なる部分を中心に行う。ノンクリート面等は浸潤状態を発見しやすい。 ・繁茂しやすい植物としてはフキ、カヤ、その他の好湿性植物である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・変状の発生箇所、範囲を記録 ・今後の調査計画
デジタルカメラ 撮影	<ul style="list-style-type: none"> ・デジタルカメラ ・スタック ・メジャヤー 	<ul style="list-style-type: none"> ・浸潤範囲、漏水箇所の記録 <p>【注意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・撮影時にはスタック等を添えて変状箇所の規模がわかるようにする。 ・遠景(全景)と近景(変状箇所)を撮影する。 ・撮影者の影が映り込まないように注意する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影位置・日時 ・貯水池の水位、降雨記録など、変状と関連があると思われるデータを併せて整理することが望ましい。 ・写真には簡潔なコメントを添える。

《参考資料》



●外観調査のとおりまとめ例(Kダム、Hダム)

調査方法:ダム平面図上に、「全体の状況」及び「変状部分」を写真入りで記載している。詳細調査では、個別の変状についても写真入りで状況を記録する。

整理番号: ②-1 外観調査

方法	使用機材・資料	調査のポイント	結果の整理・評価
計器の稼働確認	<ul style="list-style-type: none"> 観測計器 観測データ ケーブル、スキャナ 	<p>フィルダム堤体等の観測計器稼働の信頼性について、以下のような判断指標がある。</p> <p>「フィルダムの安全管理のための堤体挙動計測手法に関する検討」(ダム工学No.15,1994)を参考</p> <p>(1) 経時変化から見た信頼性の判定 過去の経時変化から見て、貯水位変動、気温の変化、あるいは地震等による挙動等の堤体挙動に起因すると考えられる経時変化を異常と判定するものとし、異常のパターンを右表に整理した。</p> <p>なお、ある計測計器のデータが特異な値を示した場合には、経時変化から信頼性を判断するとともに、他の計測計器のデータとの関連等を調査し、堤体の異常につながるものかどうかの総合判定が行われる。</p> <p>(2) 電気的点検結果からみた信頼性の判定 電気的点検は、接続されたケーブルを含めた計測計器の点検である。ところで、この点検によって得られる値は、機種あるいは測定方式(ひずみゲージ式、差動トランス式)によって異なることから、計器に対する専門的な知識が不可欠であるため、点検は専門業者に委託されている場合が多い。</p> <p>信頼性の判定もその点検結果をもとに行うこととなるので、ここでは判定に必要と考えられる項目を示す。</p> <p>a) 導通抵抗による判定 計測計器の感知器(センサー)が、電気抵抗的に正常か否かを判定する。</p> <p>b) 絶縁抵抗による判定 計測計器の感知器を含めたケーブルが、アースに対して正常に作動するために必要な絶縁抵抗を有しているか否かを判定する。</p> <p>c) 読み取り値の安定性による判定 スキャナ(多点切換器)に接続されたケーブルを取り外し、ケーブル端に測定器を取り付けて、その測定時の安定性から判定する。</p> <p>計器が絶縁低下または絶縁不良の状態にあると</p>	<p>各計器の信頼性評価結果を整理し、検出データを処理に活用する。</p>

表1-2 計測データの経時変化異常パターン

経時変化様式図	異常の内容	対象計器	考えられる原因および判定
一段ずれ	ある時点から、瞬間的に測定値が増加あるいは減少している	全計測計器	<ul style="list-style-type: none"> 誘導電等による計器の低抗値の変動、計器の特性 水漏れ
多段ずれ	一段ずれが、何度も生じている	土圧計	○
短期間欠如	短期間、測定値がゼロまたは欠如となるが、その後では正常な測定値を示している	全計測計器	<ul style="list-style-type: none"> 多点切換器を含む自動計測装置の故障、断線および停止 ケーブル、コネクタ等の接触不良
短期間急変動	短期間、測定値が急変動しているが、その後では正常な測定値を示している	全計測計器	○
永久欠如	正常な堤体挙動を示している測定値が、ある時点で急にゼロとなつてしまっている	全計測計器	<ul style="list-style-type: none"> 絶縁低下、絶縁不良、ケーブルや計測計器のショート あるいは断線
トレンド違い	これまでの測定値の変動傾向が、ある時点で異なる傾向の変動が、特定の期間に発生している	全計測計器	○
常時微動	当初から、あるいはある時点から測定値が常に変動しているが、変動平均(傾向)をみると正常な意味がない	全計測計器	○
常時激動	当初から、あるいはある時点から測定値が常に激動的に変動している(傾向)をみると正常な意味がない	全計測計器	○
年周	堤体挙動には年周期は生じていないのに、測定値の年周期となっている	全計測計器	○
特異変動	外的要因は一定なのに、クランプの動きやキックバックした動きを示し、他の同種の計器とは明らかに異なった動きを示している	土圧計	<ul style="list-style-type: none"> 多点切換器を含む自動計測装置の故障、断線および停止 ケーブル、コネクタ等の接触不良

注) ○: 定期点検時に信頼性の判定が可能(修復の可能性あり)
 △: 経時変化のみでは信頼性の判定はできない(修復の可能性なし)
 ×: 信頼性無し(修復の可能性なし)
 *: 経時変化がこのパターンを示したとしても、原因が計器の絶縁低下または絶縁不良と判定された場合は、測定値の信頼性は低く、正常とはいえない

●計測データの判断方法について

「フィルダムの安全管理のための堤体挙動計測手法に関する検討」(ダム工学No.15,1994)より転載

詳細調査ツールボックス

計測

■整理番号: ②-2

ダムタイプ	フィルダム
変状区分	堤体の漏水/堤体等の観測計器の挙動
構成材料	変状の発生箇所 盛土材、基礎地盤
該当する重要な変状	下流法面・地山取付部 ・堤体中腹の湿潤化、植生の種類・繁茂状況の周囲との相違 ・漏水・湧水の発生 ・浸潤線(計測値)の従来と異なる挙動 ・浸透量(計測値)の従来と異なる挙動 ・漏水の濁り

調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体・地山内の浸透水の状況把握 ・盛土のすべり破壊に対する安定性 ・盛土の浸透破壊に対する安定性
------	---

方法	使用機材・資料	調査のポイント	調査の結果・整理
湧水・漏水箇所の記録・流量の計測	<ul style="list-style-type: none"> ・平面図 ・マルチゲージ(計量バケツ) ・塩ビパイプ ・粘土(湧水の集水用) ・ストツプ ・ウォッチ ・野帳 ・温度計 	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体下流面(または地山接合部付近)において、水のしみ出しや観測できる量の漏水量がある場合は、周辺の土や粘土で堰上げし、パイプ等を用いて容器に採水する。 ・堤体内の浸潤線を把握する場合、堤体内にパイプを設置し、浸潤線を直接計測することも可能である。ただし、均一型ダム等では堤体内水位が多重構造となっている場合もあり、有孔・無孔区間を適切に設けることが重要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・湧水・漏水発生箇所の平面位置の整理 ・貯水位との関連性(運用状況) ・材料ゾーニング、材料の透水性状(ゾーン型の場合でも透水性が比較的小さい場合あり)

《参考資料》

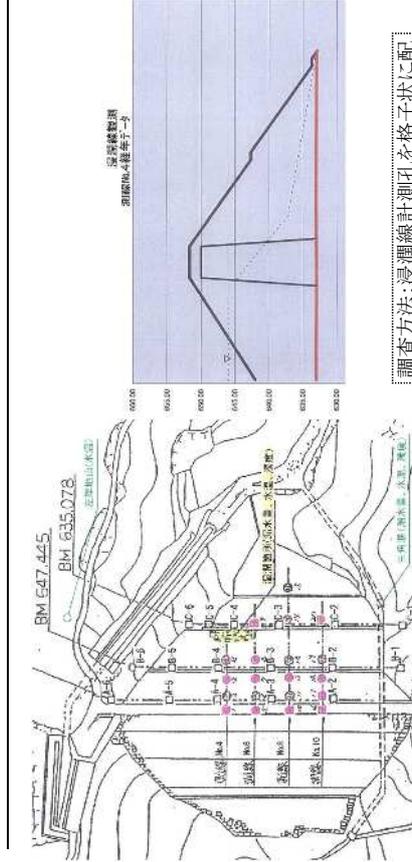


調査方法: 簡便な漏水量計測例
(20L缶を用いて、一定時間内の漏水量を計測)



堤体下流側漏水の計測例: 塩ビ管を地中に埋設することにより自由水面を把握することが可能となる。簡易な方法として、内側にφ50mm程度のパイプを立て、竹ひごにピンポン玉を接着したもので計測することも可能。

●漏水量の計測例



調査方法: 浸潤線計測孔を格子状に配置し、貯水位の変動に伴う堤体内浸潤線の挙動を図化整理している。

●堤体内浸潤線の調査例(Nダム)

詳細調査ツールボックス

測量

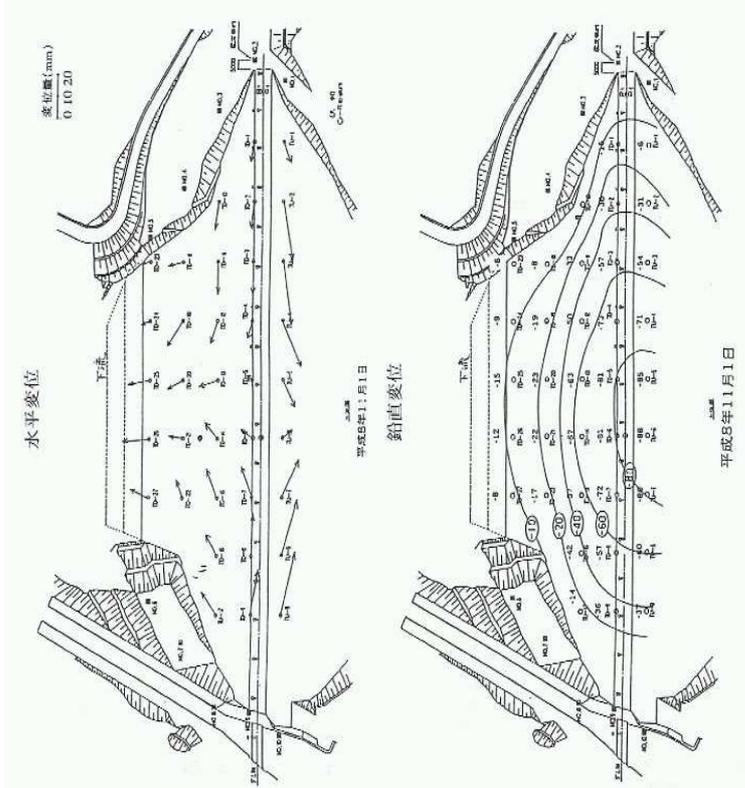
■整理番号: ②-3

ダムタイプ	フィルダム
変状区分	堤体の漏水/堤体等の観測計器の挙動
構成材料	変状の発生箇所
該当する重要な変状	下流法面・地山取付部 盛土材、基礎地盤 ・堤体中腹の湿潤化、植生の種類・繁茂状況の周囲との相違 ・瀧水・湧水の発生 ・浸潤線(計測値)の従来と異なる挙動 ・浸透量(計測値)の従来と異なる挙動 ・漏水の濁り

調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体・地山内の浸透水の状況把握 ・盛土のすべり破壊に対する安定性 ・盛土の浸透破壊に対する安定性
------	---

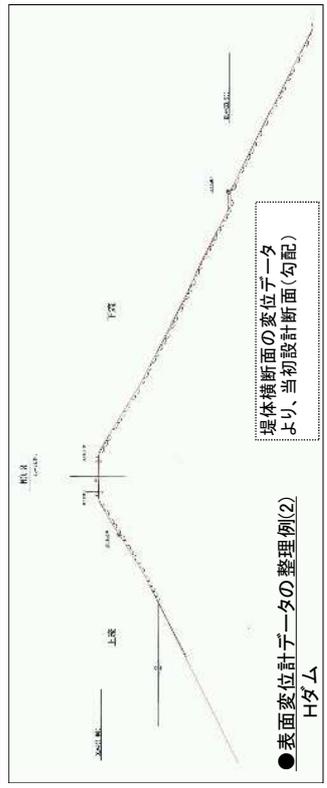
方法	使用機材・資料	調査のポイント	結果の整理・評価
横断測量	<ul style="list-style-type: none"> ・測量用機器一式 	<p>「堤体の漏水」に関する調査においては、堤体内の浸透流に起因する盛土斜面の損傷有無(浸食、流亡)を確認することが目的となる。表面変位量の計測は、「①: 堤体の変形」に関する調査と同一である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・堤体上下流断面の表面変位量を計測するための作業 ・毎回同一の測線で測量を行うため、既設の表面変位計測標点(BM)がある場合はこれを利用し、BMがない場合には、仮杭をダム天端、中間小段及び河床部に設置する。 ・測線は河床部(最大断面)と左右岸のアバット部のように、複数設置する。  <p>【注意事項】 ・測量時</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・設計断面(法面勾配)との比較 ・経年変化状況の把握
縦断測量	<ul style="list-style-type: none"> ・測量用機器一式 	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム軸方向の変位量計測のための作業 	<ul style="list-style-type: none"> ・ダム軸方向の不陸の有無の確認 ・経年変化状況の把握

《参考資料》



●表面変位計データの整理例(1)
(総研資料より転載)

表面変位計の各標点での測量結果より、
・水平変位: ベンケル図による図化
・鉛直変位: 等変位(沈下)コンター図を作成している



●表面変位計データの整理例(2)
Hダム

堤体横断面の変位データより、当初設計断面(勾配)

詳細調査ツールボックス

■整理番号:②-4 原位置調査・試験

ダムタイプ	フィルダム
変状区分	堤体の漏水/堤体等の観測計器の挙動
構成材料	変状の発生箇所 下流法面・地山取付部
該当する重要な変状	盛土材、基礎地盤 ・堤体中腹の湿潤化、植生の種類・繁茂状況の周囲との相違 ・漏水・湧水の発生 ・浸潤線(計測値)の従来と異なる挙動 ・浸透量(計測値)の従来と異なる挙動 ・漏水の濁り

調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体・地山内の浸透水の状況把握 ・盛土のすべり破壊に対する安定性 ・盛土の浸透破壊に対する安定性
------	---

※盛土のすべり破壊に対する安定性検証のための調査項目は、「①-4:堤体の変形に関する調査」と共通である。

方法	土構造物の浸透に関する非破壊試験としては、電気探査の適用が一般的である。	結果の整理・評価	<ul style="list-style-type: none"> ・浸潤線の分布状況 ・地下水分布状況の整理
使用機材・資料	<ul style="list-style-type: none"> ・各種非破壊試験機器 ・電気探査: 地表に直線状に配置した測線に多数の金属棒(電極)を打設し、ある電極で電流を流した際の電位応答を他の電極で測定する。土木構造物の事前調査では広く使用される。また比抵抗は水に敏感であるため、地下水(浸潤線)の把握に利用可能である。 		

テストピット掘削、調査ボーリング、貫入試験のポイントは「①-4:堤体の変形」と同様。

計	<ul style="list-style-type: none"> ・水温・濁度 ・pH計 ・採水用具(室内試験実施の場合) 	<ul style="list-style-type: none"> ・場所毎、時期毎の水温、濁度、pH等を整理 ・必要に応じて貯水池内の調査もあわせて行う。
水質調査	<ul style="list-style-type: none"> ・水質調査を現場で簡易に行う場合、携帯式の水温・濁度計、pH計を用いると便利である。 ・調査廊内の漏水の水質調査は以下の目的が主たるものと考えられる。 <ul style="list-style-type: none"> ・ダム貯水との関連性有無 ・漏水の濁りに対し、降雨の影響、遮水材の健全性確認 従って、基本的には水温、濁度、電気伝導度、pHを計測する。 調査項目は目的に応じて適宜増減する。 なお、計測方法、結果の判定等の詳細については、「水質調査法」(丸書)等専門書を参考するとよい。 	

【参考資料】

電気探査

(1) 原理 電気探査は、地盤構造を電気の流れにくさ(比抵抗)を用いて、地盤を可視化する技術である。比抵抗は単位体積当たりの電気抵抗値に相当するものである。

地盤の比抵抗を測定するには、図-3に示すように、地盤に複数の電極を設置し、電流電極から地中に電流を流す。地盤が均質な比抵抗の場合には、電流電極からの距離とともに単調に減少する電位分布となるが、地盤の比抵抗が不均質の場合には、その比抵抗分布の影響を受けた電位分布となる。したがって、地盤内に発生した電位分布を測定し解析を行うことで、地盤の比抵抗分布を求めることができる。

一般に地盤の比抵抗は、土質の種類や地層水比抵抗、孔隙率、および飽和率等により変化する。特に比抵抗は水に対して非常に敏感であり、飽和率が増加すると電気が流れやすくなるため、比抵抗は大きく低下する。この特徴から、電気探査は地下水の調査等に広く適用されている。土質パラメータと比抵抗の関係を、表-3に示す。

地盤の比抵抗は、さまざまな要因により異なる値となるため、地中の比抵抗構造を探索することにより、地盤内の土質状態の変化や地盤構造の概要を推定することができる。

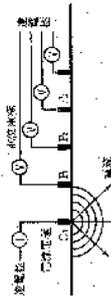


図-3 電気探査の概念図

表-3 土質パラメータと比抵抗の関係

小	電気比抵抗	大
(粘土)	(シルト)	(砂)
小	砂	大
大	飽和率	小
小	空隙率	大
大	空隙率×飽和率	小
小	地層水比抵抗	大

(2) 測定・解析方法 電気探査では、地盤に同層状に配した測線に多数の金属棒(電極)を打設し、ある電極で電流を流した際の電位応答を他の電極で測定する。測定装置は、電流、電位、テイクアウトケーブル(多芯ケーブル)、測定機から構成される。図-4に示す。

(3) 適用対象 屈折法地質探査と同様に土木建造物の事前調査一般に広く使われている。また、比抵抗は水に非常に敏感であるため、地下水脈の把握に多く利用されている。

ダム : ダム基礎岩盤の構造
新築等既存の有無
地下水の分布状況の把握
地すべり : 新築等既存の有無
地下水の分布状況の把握



図-4 電気探査の一機を別示

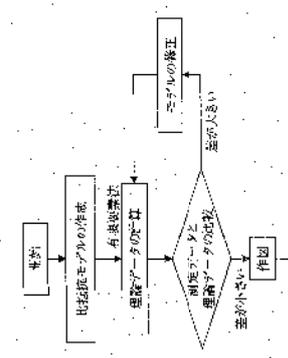


図-5 電気探査の解析の流れ

●非破壊試験について (農土誌72(1)講座:農業土木分野におけるフィールド計測技術 より転載)

詳細調査ツールボックス

■整理番号:②-5 室内試験

ダムタイプ	フィルダム
変状区分	堤体の漏水/堤体等の観測計器の挙動
構成材料	変状の発生箇所
該当する重要な変状	下流法面・地山取付部 盛土材、基礎地盤 ・堤体中腹の湿潤化、植生の種類・繁茂状況の周囲との相違 ・漏水・湧水の発生 ・浸潤線(計測値)の従来と異なる挙動 ・浸透量(計測値)の従来と異なる挙動 ・漏水の濁り

調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体・地山内の浸透水の状況把握 ・盛土のすべり破壊に対する安定性 ・盛土の浸透破壊に対する安定性
------	---

※盛土のすべり破壊に対する安定性検証のための調査項目は、「①-5:堤体の変形に関する調査」と共通である。

方法	使用機材・資料	調査のポイント	結果の整理・評価
採取試験料の土質試験	<ul style="list-style-type: none"> ・土質試験器具 <p>(詳細は、地盤工学会「土質試験の方法と解説」を参照)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体盛土材の透水試験(特に遮水材)を実施する場合、試験方法は、原則として、土質工学会基準(JSF T 311-1990:土の透水試験方法)による。 ・透水係数を得るためには、JSF T 111「土粒子の密度試験」を別途実施しておく必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・築堤材料の透水性状より、現地を確認される浸潤線分布の妥当性の検証、斜面の安定解析を実施する場合に設定する透水係数等の指標を得ることが可能である。

《参考資料》

2. 試験方法の種類と選択

2.1 試験方法の相違

- 試験方法は、きめと密実とする、
 (1) 浸透係数の試験
 定常水面と長さともなう試体の高さ、一定水位差の中で、貫通管内に浸透する水量を測定する試験で、その原理を図-2に示す。

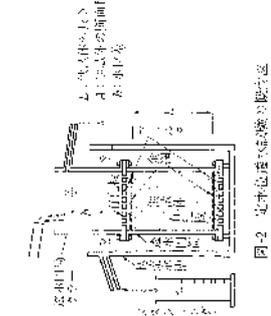


図-2 定常水位差試験の概観図

- (2) 浸透水試験
 一定の断面と長さをもつ試体の中を、ある水位差を初期段階として浸透する水量を測定し、その後、その経過時間を測定する試験で、その原理を図-3に示す。

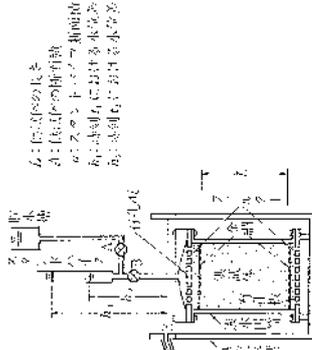


図-3 浸透水試験の概観図

2.2 試験方法の選択

一般に、定常水位差試験は透水係数の比較的にかきい値に、浸透水試験は透水係数の比較的高い値に適用して推定する。

【注】

- 2.2 両試験の試体の厚さは透水係数が 10^{-4} cm/sを目安とし、試体の透が有効な検証は試体の種類と地質条件から図-1を参考に推定する。

表-1 浸水性と試験方法の適用性

透水性	透水係数 k (cm/s)					適用性	試験方法	結果の整理・評価
	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}			
対応する土の種類	粘土 [C]	砂質土	砂、シルト、シルト質粘土 [SP], [SF], [M]	砂および砂質土 [GP], [SP], [GM]	砂および砂質土 [GP], [GM]	非常に低い	定水位差試験	浸透係数の計算
透水係数を直接測定する方法	特殊な変水位差試験	変水位差試験	変水位差試験	変水位差試験	変水位差試験	低い	定水位差試験	特殊な変水位差試験
透水係数を間接的に推定する方法	圧密試験結果から計算	圧密試験結果から計算	圧密試験結果から計算	圧密試験結果から計算	圧密試験結果から計算	高い	定水位差試験	圧密試験結果から計算

■整理番号: ②-5 室内試験

方法	使用機材・資料	調査のポイント	結果の整理・評価
水質分析	<ul style="list-style-type: none"> 水質分析器具、試薬等一式 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 監査廊内から採取した湧水・漏水の分析は、貯水/地山地下水等の浸透経路の推定が主な目的となる。室内での水質分析は以下のよう項目を対象として実施する。 ・ 一般水質項目：炭酸水素 (HCO3)、塩素 (Cl)、硝酸 (NO3)、硫酸 (SO3)、ナトリウム (Na)、カリウム (K)、カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg)、珪素 (Si) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水質調査の結果は、「濃度による表現法 (シュテイフダイヤグラム)」や「パーセント組成による表現法 (トリリアダイヤグラム)」の形で整理するのが一般的である。

①濃度による表現法 (シュテイフダイヤグラム)
 シュテイフダイヤグラムは、ヘキサダイヤグラムやパターンダイヤグラムとも呼ばれ、縦軸の左右に設けられた当量meq/L濃度の軸に左側に陽イオン、右側に陰イオンをプロットして各店を直線で結んで図形を作る。この図形の配列及び分布から組成の変化を把握する。次図にシュテイフダイヤグラムの一例を示す。

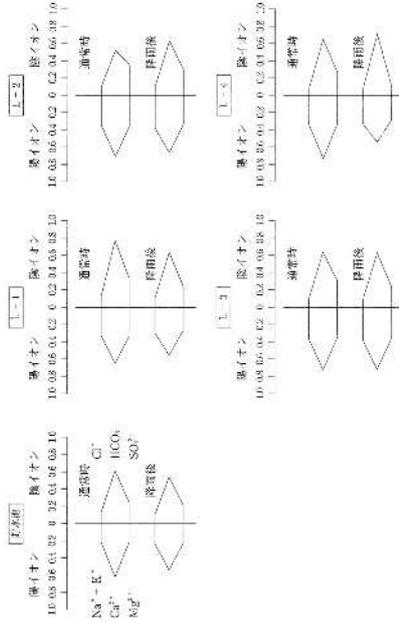


図-6.4.4-34 シュテイフダイヤグラムによる水質の分類図 (例)

〔貯水池内及びL-3は、通常時・降雨時ともに水質の変化がない。〕
 〔L-1、2、4は、降雨の影響を受けて水質が多少変化している。〕

②パーセント組成による表現法 (トリリアダイヤグラム)
 トリリアダイヤグラムは、バイダイヤグラム又はキーダイヤグラムとも呼ばれ、陰・陽イオンごとに2成分系として表す菱形座標と、陰・陽イオンごとに3成分系として表す二つの三角座標からなる。この中の菱形座標図は、キーダイヤグラムといわれる。これらの図は、水質当量濃度組成epmgを用いて主成分の量的関係を明らかにし、水質タイプの区分を容易にすることができる。下図にトリリアダイヤグラムの一例を示す。
 水質タイプの区分は、キーダイヤグラム (菱形座標図) の作成から行われる。

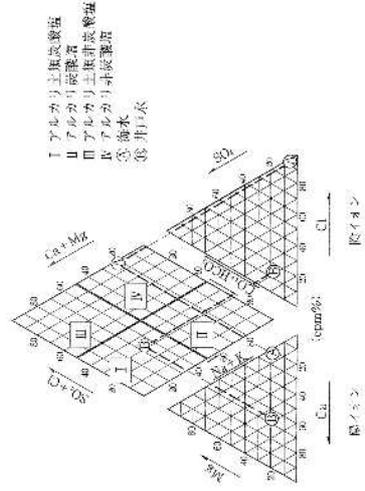


図-6.4.4-35 トリリアダイヤグラム

詳細調査ツールボックス

■ 整理番号: ②-6 観測データ処理

ダムタイプ	ファイルダム
変状区分	堤体の漏水/堤体等の観測計器の挙動 変状の発生箇所 下流法面・地山取付部
構成材料	盛土材、基礎地盤
該当する重要な変状	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体中腹の湿潤化、植生の種類・繁茂状況の周囲との相違 ・漏水・湧水の発生 ・浸潤線(計測値)の従来と異なる挙動 ・浸透量(計測値)の従来と異なる挙動 ・漏水の濁り

調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体・地山内の浸透水の状況把握 ・盛土のすべり破壊に対する安定性 ・盛土の浸透破壊に対する安定性
------	---

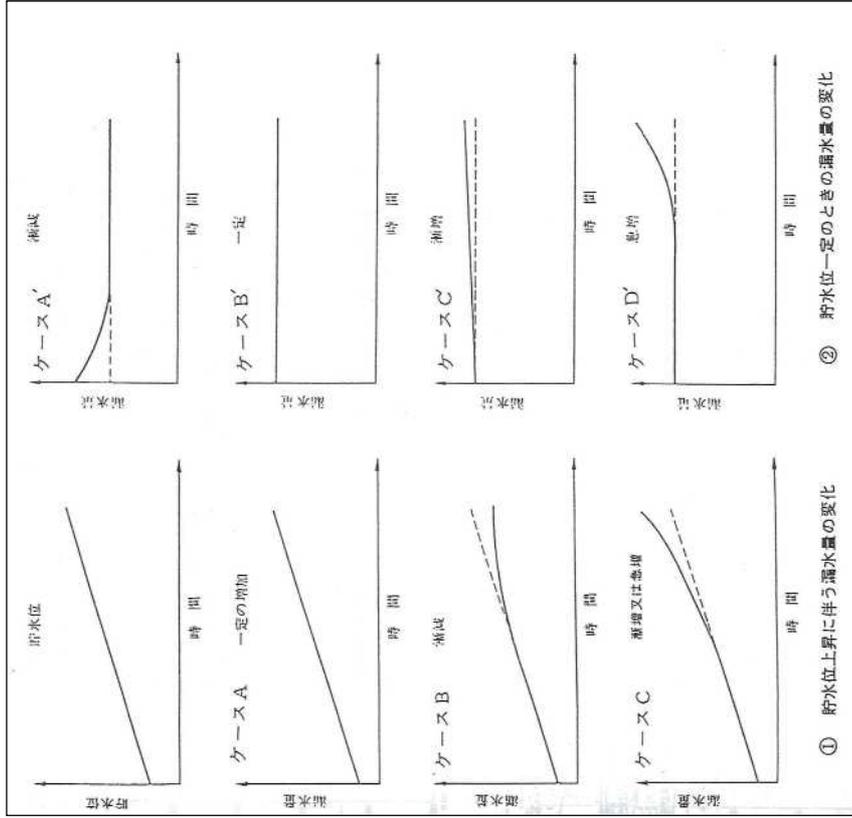
※調査のポイントは総研資料「農業用ダム挙動観測に関する技術資料」より転載した。

方法	<p>使用機材・資料</p> <p>整理の方法・測定値の評価</p>
浸透量観測データ ・貯水位データ ・降雨データ(積雪データ) ※計器挙動 浸透量計	<p><整理の方法></p> <ul style="list-style-type: none"> ・時系列図：浸透量の他に貯水位、日雨量等を加え時系列で表示。このとき浸透量の系図区分も添付すると良い。 ・貯水位-浸透量相関図：貯水位と浸透量の関係把握するため、相関図を作成する。 ・実測浸透量と推定浸透量の相関図：実測浸透量から降雨等による浸透量を控除した値を(貯水による) 真の浸透量として整理する。 <p><測定値の評価></p> <ol style="list-style-type: none"> ①貯水位との相関関係から異常の有無、浸透流解析等により設計段階で想定していた浸透量と実測値の対比、浸透水の濁りの直接目視確認を行うことが重要である。 ②基底流量を重回帰分析等により算定する方法があるが、解析に用いるデータ数が十分でないとき実際の流量との相関も低くなるため注意が必要である。 ③貯水位の変化に対して、浸透量が急激に上昇した場合や浸透量が予測値に対して多い場合は堤体又は基礎地盤に異常が生じている可能性がある。 ④浸透量が予測値に対して極端に小さい値を示す場合は、浸透水観測システム外から浸透している可能性もある。 ⑤上記③④のような現象が測定された場合は、間隙水圧計とのクロスチェック、漏水の濁度の測定、水温・水質の測定、ダム周辺の踏査等により原因の究明と漏水箇所の特定を行い、ダムの安全性を検討する。

《参考資料》

[浸透量の変化による安全性判断の考え方]

- ①貯水位上昇時
下図に示す3ケース(ケースA～C)のうちケースCに該当する場合には危険であると判断する。
- ②貯水位一定時
右図に示す4ケース(ケースA'～D')のうちケースC'D'に該当する場合には危険であると判断する。



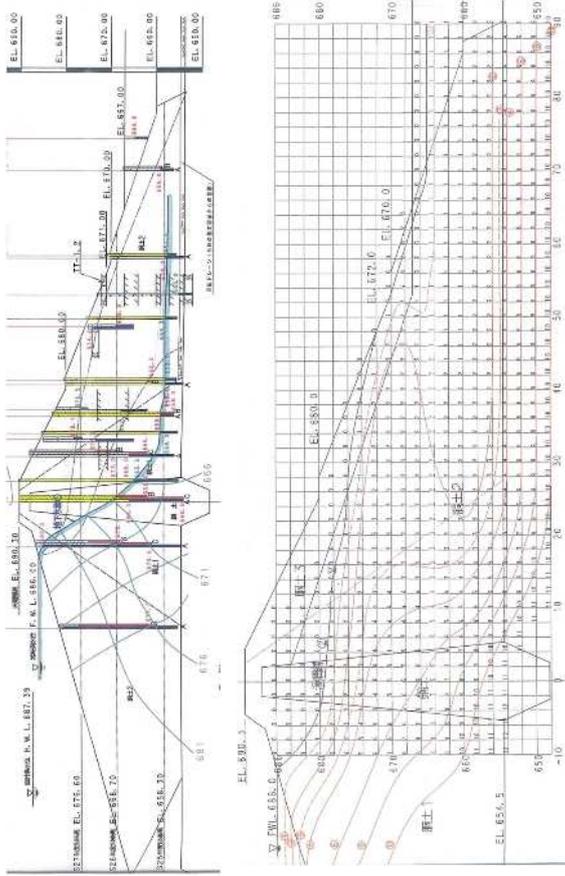
① 貯水位上昇に伴う浸透量の変化

② 貯水位一定のときの浸透量の変化

■整理番号:②-6 観測データ処理

整理の方法・測定値の評価	
使用機材・資料	
方法	<p>＜整理の方法＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・時系列図：貯水位と水圧値を同時に示し、相関性を把握しやすくする。また、計器配置図を添付しておくことよ。 ・流線網図：湛水時における間隙水圧分布をもとに流線網図を作成する。 ・貯水位-間隙水圧相関図：縦軸を貯水位、横軸を間隙水圧とし、貯水位10mに対して間隙水圧を1kgf/cm²(=98kPa)とすると整理しやすい。また、同一標高の計器を同じ図にまとめると異常の監視がしやすい。なお、間隙水圧を水頭換算表示する方法もある。 <p>＜計測値の評価＞</p> <ol style="list-style-type: none"> ①貯水位との相関図では、正常な状態においては下流側の間隙水圧計ほど計測値は縦軸に近くなり、上流側は45°に近くなる。 ②湛水時の正常な状態の間隙水圧は、貯水位とほぼ直線関係にあるため、貯水位の変化に対して間隙水圧が急激に変化する場合は、堤体に異常が発生している可能性がある。 ③流線網、浸透量とのクロスチェックを行う。 ④上流のフィルタ、ロックゾーンの間隙水圧は貯水池の静水圧に等しいが、水位急変時には多少のタイムラグを生じる。 ⑤下流フィルタ、ロックゾーン内の間隙水圧は貯水位に関係なく一定の値を示す。

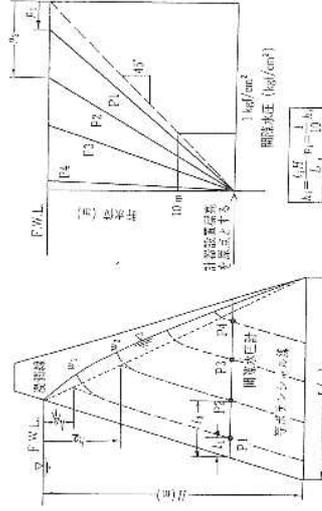
【間隙水圧計のデータ整理の例】



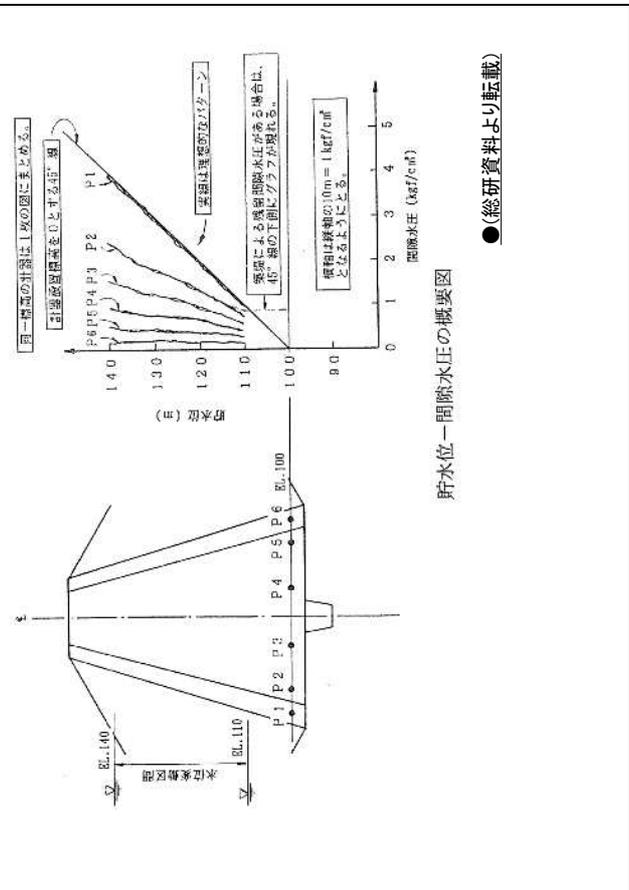
●堤体内浸潤線の状況 (Hダム)

堤体内の水位、圧力水頭計測値より、水頭コンター図を作成し、堤体内浸潤線の状況の整理を行っている。

- ① 計測設備計画を調査し、各計器の位置を確認。
 - ② グラフの縦軸10mと横軸1kgf/cm²を共にスケールとする。
 - ③ 計測値をプロットし、各計器の位置を正確に示す。
 - ④ 各計器の位置を正確に示す。また、各計器の位置を正確に示す。
- この水頭コンター図は、貯水池の水位と、各計器の位置を正確に示す。また、各計器の位置を正確に示す。
- 【水頭コンター図の作成方法】
- 1) 貯水池の水位と、各計器の位置を正確に示す。
 - 2) 各計器の位置を正確に示す。
 - 3) 各計器の位置を正確に示す。



貯水位-間隙水圧図の作成方法



●(総研資料より転載)

●(総研資料より転載)

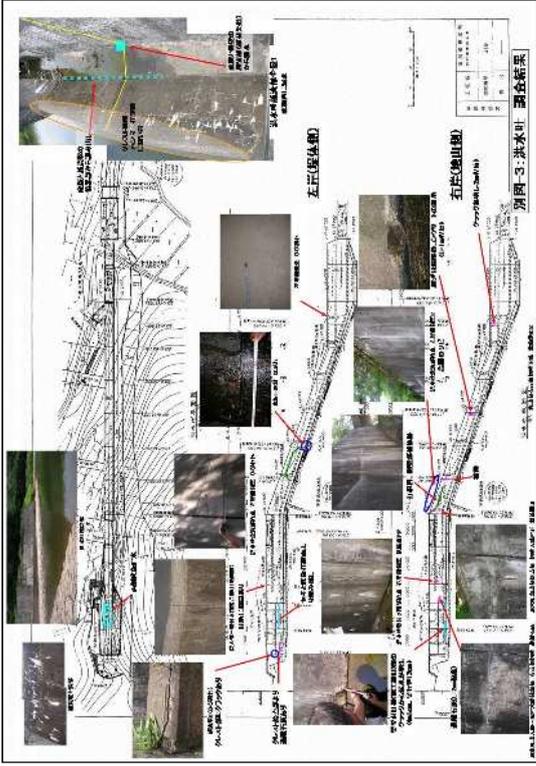
詳細調査ツールボックス

■整理番号:③-1		外観調査	
ダムタイプ	フィルダム	変状の発生箇所	
変状区分	洪水吐の変形	流入部・取水水路・急流部・減勢工	
構成材料	鉄筋・無筋コンクリート	鉄筋・無筋コンクリート	
該当する重要な変状	クラック・施工継目からの漏水(エフロレッセンス・遊離石灰・錆汁の発生を含む) 鉄筋の露出 水路側壁・底板コンクリートの粗骨材の剥離を伴う損傷		

調査項目	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート構造物、構造部材の安定性(クラック、鉄筋腐食による内部の損傷状況)(表面の損傷状況)
------	--

方法	使用機材・資料	調査のポイント	結果の整理・評価
目視 確認 スケッチ	<ul style="list-style-type: none"> 記録用紙(野帳) 洪水吐構造図(主要部分のみ) スタップ メジャヤー 	<ul style="list-style-type: none"> まずは、洪水吐水路全体の外観調査を行い、大規模なクラックや漏水、表面の損傷が生じているかどうかを確認し、変状の発生状況を記録する。 外観調査で確認すべき主要な変状は以下の通り。 <ul style="list-style-type: none"> クラックの発生状況(特に連続しているもの、漏水を伴うもの、亀甲状のクラック) 側壁の腐食による錆汁の発生 側壁の大きなたわみや流水摩擦・衝撃による部材のすりへり <ul style="list-style-type: none"> 水路の収縮・伸縮継目部からの漏水 水路の堤体側壁のワイープホールからの漏水 	<ul style="list-style-type: none"> 変状の発生箇所を範囲を記録 今後の調査計画
デジタルカメラ撮影	<ul style="list-style-type: none"> デジタルカメラ スタップ メジャヤー 	<ul style="list-style-type: none"> 目視確認と同時に、損傷箇所の記録のためデジタルカメラで撮影を行う。 <p>【注意事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> 撮影時にはスタップ等を添えて変状箇所の規模がわかるようにする。 遠景(全景)と近景(変状箇所)を撮影する。 撮影者の影が映り込まないように注意する。 	<ul style="list-style-type: none"> 撮影位置・日時 貯水池の水位、変状と雨記録などと相定されるデータを併せて整理することが望ましい。 写真には簡潔なコメントを添える。

《参考資料》



●外観調査のとおりまとめ例(ダム)

調査方法:洪水吐全体図に「変状部分」状況を写真入りで記載

高門-01:洪水吐	高門-02:洪水吐	高門-03:洪水吐	高門-04:洪水吐	高門-05:洪水吐	高門-06:洪水吐	高門-07:洪水吐	高門-08:洪水吐	高門-09:洪水吐	高門-10:洪水吐
高門-01:洪水吐	高門-02:洪水吐	高門-03:洪水吐	高門-04:洪水吐	高門-05:洪水吐	高門-06:洪水吐	高門-07:洪水吐	高門-08:洪水吐	高門-09:洪水吐	高門-10:洪水吐
高門-01:洪水吐	高門-02:洪水吐	高門-03:洪水吐	高門-04:洪水吐	高門-05:洪水吐	高門-06:洪水吐	高門-07:洪水吐	高門-08:洪水吐	高門-09:洪水吐	高門-10:洪水吐
高門-01:洪水吐	高門-02:洪水吐	高門-03:洪水吐	高門-04:洪水吐	高門-05:洪水吐	高門-06:洪水吐	高門-07:洪水吐	高門-08:洪水吐	高門-09:洪水吐	高門-10:洪水吐
高門-01:洪水吐	高門-02:洪水吐	高門-03:洪水吐	高門-04:洪水吐	高門-05:洪水吐	高門-06:洪水吐	高門-07:洪水吐	高門-08:洪水吐	高門-09:洪水吐	高門-10:洪水吐
高門-01:洪水吐	高門-02:洪水吐	高門-03:洪水吐	高門-04:洪水吐	高門-05:洪水吐	高門-06:洪水吐	高門-07:洪水吐	高門-08:洪水吐	高門-09:洪水吐	高門-10:洪水吐
高門-01:洪水吐	高門-02:洪水吐	高門-03:洪水吐	高門-04:洪水吐	高門-05:洪水吐	高門-06:洪水吐	高門-07:洪水吐	高門-08:洪水吐	高門-09:洪水吐	高門-10:洪水吐
高門-01:洪水吐	高門-02:洪水吐	高門-03:洪水吐	高門-04:洪水吐	高門-05:洪水吐	高門-06:洪水吐	高門-07:洪水吐	高門-08:洪水吐	高門-09:洪水吐	高門-10:洪水吐
高門-01:洪水吐	高門-02:洪水吐	高門-03:洪水吐	高門-04:洪水吐	高門-05:洪水吐	高門-06:洪水吐	高門-07:洪水吐	高門-08:洪水吐	高門-09:洪水吐	高門-10:洪水吐
高門-01:洪水吐	高門-02:洪水吐	高門-03:洪水吐	高門-04:洪水吐	高門-05:洪水吐	高門-06:洪水吐	高門-07:洪水吐	高門-08:洪水吐	高門-09:洪水吐	高門-10:洪水吐

●外観調査のとおりまとめ例(Aダム)

調査方法:縦断方向1ノレベル毎にスケッチ、写真と変状の状況を整理

詳細調査ツールボックス

■整理番号:③-2 計測・測量

ダムタイプ	フィルダム
変状区分	洪水吐の変形
構成材料	鉄筋・無筋コンクリート
該当する重要な変状	<ul style="list-style-type: none"> クラック・施工継目からの漏水（エフロレッセンス・遊離石灰、錆汁の発生を含む） 鉄筋の露出 水路側壁・底板コンクリートの粗骨材の剥離を伴う損傷

調査項目	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート構造物、構造部材の安定性（クラック、鉄筋腐食による内部の損傷状況）（表面の損傷状況）
------	--

方法	使用機材・資料	調査のポイント	調査の結果・整理
クラック等損傷部の計測	<ul style="list-style-type: none"> 洪水吐構造図 クラックスケール ノギス 野帳 	<ul style="list-style-type: none"> クラック調査の具体的な方法は、農村振興局施工企画調整室「開水路などのコンクリート構造物変状対策の手引き（案）」H15.8を参考として実施するとよい。 	<ul style="list-style-type: none"> クラックの発生箇所、範囲、長さ、幅
側壁たわみの計測	<ul style="list-style-type: none"> 水糸 または測量機器（横断測量量） 	<ul style="list-style-type: none"> 比較的大規模な壁高を有する水路で、洪水吐の横断橋梁とその上下流の境界部、あるいは背面地下水位が上昇して側壁に過大なセメントが作用した場合、またコンクリート自体のクリープ作用により、下のように側壁にたわみが生じることがある。 たわみの発生有無は、天端から鉛直に水糸を下ろして確認するのが最も容易である。より正確な量を把握するには水路断面方向に測量を行うのがよい。 	<ul style="list-style-type: none"> 変形の発生箇所 変形量（継続監視により） 経年進行の有無

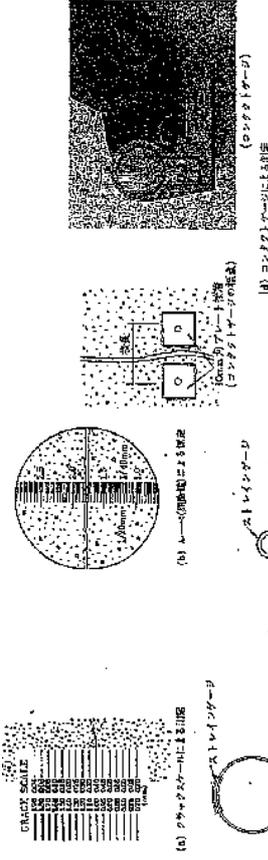


《参考資料》

「ひび割れ調査法」

ひび割れ幅は、ひび割れがコンクリート構造物に与える影響を判断するために用いられるパラメータである。ひび割れ幅は、コンクリートの断面でひび割れ方向に対し直角に断った幅のことである。ひび割れ幅はひび割れの原因推定、補修・補強の要否の判定、補修・補強方法の選定時の判断資料になる。

ひび割れ幅の測定は図-2.4.1.1に示すように、クラックスケール、ルーベなどを用いて行う。ひび割れ幅の変動の測定には、このほか定期的な測定も可能で、クリップゲージを用いる方法、電気式ダイヤルゲージを用いる方法がある。また標点同をコンタクトゲージを用いて測定してもよい。ひび割れ幅の変動を検出する場合は、初期値を測定した位置を構造物に記入しておき、その後同じ位置で測定する。



(2) ひび割れ長さ

ひび割れの長さは、通常用いられるスケールなどを置いて、ひび割れに沿って測定する。この場合、あまり迅速にひび割れの屈曲に沿った長さの測定をする必要はない。ひび割れの長さの変化を把握して調査する場合は、ひび割れの長さの測定範囲をひび割れ両端に測定目を記入して、ひび割れの伸縮を調べる。(図-2.4.1.3)

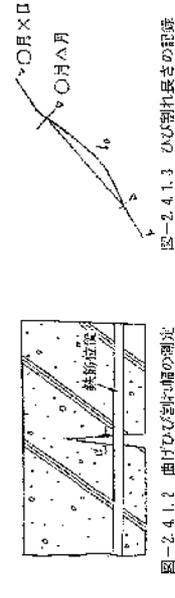


図-2.4.1.2 曲げひび割れ幅の測定

●ひび割れ調査の方法
（農村振興局施工企画調整室「開水路などのコンクリート構造物変状対策の手引き」(H15.8)より転載）

詳細調査ツールボックス

■整理番号:③-3 原位置調査・試験

ダムタイプ	フィルダム
変状区分	洪水吐の変形
構成材料	鉄筋・無筋コンクリート
該当する重要な変状	クラック・施工継目からの漏水（エフロレッセンス・遊離石灰・錆汁の発生を含む） 鉄筋の露出 水路側壁・底板コンクリートの粗骨材の剥離を伴う損傷

調査項目	・コンクリート構造物、構造部材の安定性 (クラック、鉄筋腐食による内部の損傷状況) (表面の損傷状況)
------	---

方法	使用機材・資料	調査のポイント	結果の整理・評価
打撃試験	・テストハンマー ・ロックハンマー	コンクリート構造物の表面の脆弱化や空隙の有無を概算する場合は、地質調査用のロックハンマーなどを用いて表面を打撃する方法は簡便におこなうことができる。 一般的なコンクリート構造物では、テストハンマー（通称：シュミットハンマー）による反発硬度の計測が広く用いられる。テストハンマーの計測値からコンクリートの圧縮強度を推定することが可能である。具体的な方法は、農村振興局施工企画調整室「開水路などのコンクリート構造物変状対策の手引き（案）」H15.8を参考として実施するとよい。 長期供用ダムでコンクリート表面が脆弱化し、浮きや剥離等が見られる場合、反発の程度に影響を及ぼす可能性があり、本来（コンクリート全体）が有している値を把握していないことになるため注意が必要である。	・部位毎のコンクリート強度の相違 ・設計・施工時の配合条件による基準強度との対比 ・現状の構造部材の安定性検証のための基礎資料としての整理



●ハンマー打撃による水路底版の変形確認状況(ダム)

《参考資料》

「反発硬度法」

1) 概要

コンクリートの強度をテストハンマーによって打撃し、その反発硬度から反発硬度を算出する「反発硬度法」または「反発硬度法」という。我が国では（社）日本材料科学会「反発硬度法の標準化」が制定されたのをはじめとして、（社）日本建築学会、（社）土木学会等にも試験方法に関する規定が定まられている。コア採取によるコンクリート強度測定と比較して試験方法が簡便なこと、構造健全度を測定することなしに測定できることから、

- ① 詳細部材を調査する等の作業的な試験
- ② 何らかの理由でコア採取による強度試験が困難な場合
- ③ コンクリートの強度分布など、多くの箇所での強度測定が必要な場合
- ④ コンクリートの材料、形状、硬化状況などの原因によって通常の強度を算出することが困難な場合

上記に加え、反発硬度法はコンクリート強度以外に、使用ハンマーの種類、打撃位置、被験物の状態、コンクリート表面の平滑度などの各別原因がコンクリートの配合率、養生条件、初期、硬化状況などの原因によって通常の強度を算出する。特に変状箇所における測定には注意が必要である。コンクリート表面状態が弱い場合は注意が必要である。

2) 調査方法

(H) 測定器の検定

測定を開始する前には反発硬度の既知なテストポイントを用いて検定を行う。一度に多数の測定を行う場合には測定中であっても1500回に1回程度、検定を繰り返して所定の反発硬度が得られているかを確認する。

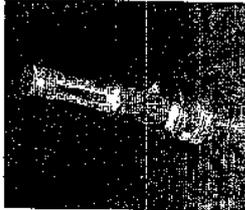


図-2.4.3.2 テストアンビル（シュミットハンマー製西研）

(H) 表面処理

決定した測定箇所の表面状態を確認し、表面の凹凸、塗膜、打撃面のブリ、デインなど、付着物がある場合は適宜除去して測定を行う。

(H) 測定

測定箇所1箇所につき20回打撃を行うものとし、同一点は打撃しない。各打撃点の地盤の打撃による影響が約10mm以内の距離をおく。事前に試験目標にマーキングを行っておけば、効率よく測定を行うことができる。打撃は、測定箇所を直交にして打撃を行い、約10cm以内の距離に押しつけるようにして打撃する。



図-2.4.3.3 プレートを用いたマーキング例

●テストハンマー打撃試験の方法
農村振興局 施工企画調整室
「開水路などのコンクリート
構造物変状対策の手引き(案)」
より転載

■整理番号: ③-3 原位調査・試験

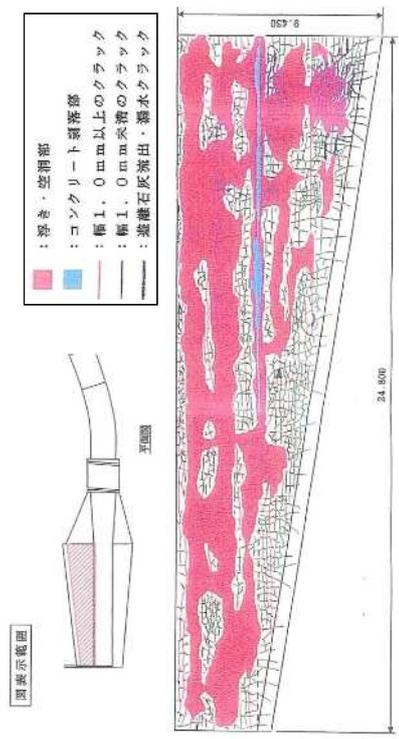
方法	使用機材・資料	調査のポイント	結果の整理・評価
非破壊試験等	<ul style="list-style-type: none"> 各種非破壊試験機器 	<p>コンクリート構造物に対する非破壊試験については、近年様々な手法が開発されてきており、その適用範囲・条件を十分に理解した上で、現場条件に応じて採用の適否を判断する必要がある。</p> <p>具体的な方法については、農村振興局施工規格調整室「開水路などのコンクリート構造物変状対策の手引き(案)」H15.8や日本コンクリート工学会「コンクリート診断技術」等、多くの参考資料があるのでそれらを参照されたい。</p> <p>ここでは、コンクリートの劣化現象に対応した非破壊試験方法の一覧を紹介する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 試験方法に依り、またとめをおこなう。
コア採取	<ul style="list-style-type: none"> ボーリング調査資材一式 (作業足場の構築) 	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート内部の状態を把握し、コア強度試験、各種試料分析のため、コンクリート躯体のボーリング削孔を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> コアの写真とスケッチ(クラック、脆弱部、等)で記録を残す。



●コンクリートコアの採取例(Mダム)
アルカリ骨材反応がみられる洪水吐コン



●コンクリートコアの採取例(Aダム)
洪水吐水路側壁部のコンクリートコアの採取の状況
(コアカッターを使用)



●非破壊試験(赤外線探査)画像解析図(Mダム)
洪水吐の起流部(クラスト)のコンクリート劣化の状況を赤外線法により解析・図化処理している。

《参考資料》

劣化現象に対応した調査手法の例 (原位試験<非破壊試験含む>を抜粋し、一部加筆した)

点検方法	原理 試験項目等	劣化機構				ダム洪水吐での 適用可能性
		中性化 *1	塩害	凍害	化学的 侵食	
電気化学的方法	自然電位法 分極抵抗法	◎	◎	○	○	B
応力測定法	載荷時のひずみ測定	○	○	○	○	B
変形測定法	載荷時の変形測定	○	○	○	○	C
打音法	打撃音、波形解析	○	◎	◎	◎	C
反券硬度法	テストハンマー強度	○	◎	◎	◎	A
赤外線法	表面の赤外線映像	○	○	○	○	A
はつり法	中性化深さ	◎	◎	○	○	B
	鋼材腐食状況	◎	◎	○	○	B
弾性波を利用する 方法	超音波法、衝撃弾性波法	○	○	◎	◎	C
	AE法	○	○	○	○	B
電磁波を利用する 方法(レーダ法)	鋼材配置	◎	◎	○	○	C
	空隙 部材厚	○	○	○	○	B
電磁波を利用する 方法(赤外線法)	表面剥離	○	○	○	○	B
	鋼材位置・径、空隙・ひび割れ	◎	◎	○	○	B
電磁波を利用する 方法(X線法)	鋼材位置・径	◎	◎	○	○	B
	誘導率・含水率	○	○	○	○	B
載荷試験(静的) 載荷試験(動的)	ひび割れ発生・剛性	○	○	○	○	C
	固有振動数、振動モード	○	○	○	○	C

凡例1: ◎:劣化の程度にかかわらず重要なデータが得られる。
○:劣化の程度によっては重要なデータが得られる。
無印:参考になることもある

凡例2: :ダムで確認される可能性あり
 :ダムで確認される可能性小さい

凡例3 (ダム洪水吐での適用可能性)
A:現状で一般的な調査法/今後とも非常に有効
B:今後有効となる可能性あり
C:施設構造上、適用性はやや低い

●原位調査・試験について
(農村振興局施工企画調整室「開水路などの
コンクリート構造物変状対策の手引き(案)」より転載)

詳細調査ツールボックス

■整理番号:③-4		室内試験	
ダムタイプ	フィルダム	変状の発生箇所	
変状区分	洪水吐の変形	流入部・取水水路・急流部・減勢工	
構成材料	鉄筋・無筋コンクリート	鉄筋・無筋コンクリート	
該当する重要な変状	クラック・施工継目からの漏水(エフロレッセンス・遊離石灰・錆汁の発生を含む) 鉄筋の露出 水路側壁・底板コンクリートの粗骨材の剥離を伴う損傷		

調査項目	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート構造物、構造部材の安定性(クラック、鉄筋腐食による内部の損傷状況)(表面の損傷状況)
------	--

方法	コンクリート試験(室内)	使用機材・資料	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート試験機材 	調査のポイント	<ul style="list-style-type: none"> ①中性化に関する試験 ②塩害に関する試験 ③アルカリ骨材反応に関する試験 ④凍害に関する試験 ⑤配合推定 ⑥鉄筋腐食量 ⑦強度低下 	結果の整理・評価	<ul style="list-style-type: none"> コンクリート構造部材の劣化状況と力学特性について、定量的なデータとして整理する。
----	--------------	---------	--	---------	---	----------	--



●コアの中性化試験の例(ダム)



●コアの軸圧縮試験の例(ダム)

《参考資料》

試料採取による各種室内試験

①中性化に関する試験 目的: 中性化深さの調査を行い、変状原因の推定、今後の中性化による鋼材腐食の進行予測を行う。 内容: 主として、フェノールフタレイン法	②塩害に関する試験 目的: 塩化物イオン濃度の分布の調査を行い、変状原因の推定、今後の塩化物イオンによる鋼材腐食の進行予測(フックの第2法則による)を行う。 内容: 主として、塩化物含有量調査	③アルカリ骨材反応に関する試験 目的: 骨材の反応性、炭素総量等の調査を行い、変状原因の推定、今後のアルカリ骨材反応による劣化進行予測を行う。 内容: コアの顕微鏡観察方法(反応性塩物の判定) コアの化学的試験方法(ゲル成分調査、含有塩分量調査、水溶性アルカリ量調査) コアの物理的試験方法(吸水率試験、動弾性率の測定、圧縮強度試験) コアの影響量測定方法 コアの反応促進試験方法 骨材の分離及び観察方法 骨材の物理試験方法 骨材粉末の調整方法 骨材のアルカリシリカ反応性試験 骨材のX線分析	④凍害に関する試験 目的: 凍害進行予測、凍害深さの測定を行う。 内容: 細孔構造の調査(細孔量、細孔径分布) 空隙飽和率の調査(空気量、気泡間隔係数) 凍結融解試験	⑤配合推定 目的: 打割されたコンクリートの材料構成を調査し、変状原因を推定する。 内容: 配合推定試験(セメント協会法、ICP誘導結合プラズマ発光分光分析装置を用いる方法他)	⑥鉄筋腐食量 目的: 鉄筋腐食の程度を把握する。 内容: 鉄筋の腐食面積率、鉄筋の腐食による減少重量の算出	⑦強度低下 目的: コンクリートの強度低下の程度を把握する。 内容: 圧縮強度試験、反発法・局部破壊試験による強度推定
--	--	---	---	--	---	---

劣化現象に対応した調査手法の例(室内試験を抜粋し、一部加筆した)

点検方法	原 理	劣化機構				7日以内 適用可能性
		中性化 #1	塩害	凍害	化学的 侵食	
採取したコアによる 試験	中性化深さ	○	○	○	○	A
	鋼等の目視	○	○	○	○	B
	圧縮強度・引張強度・弾性係数 配合分析	○	○	○	○	A
	塩化物イオン含有量 アルカリ量分析	○	○	○	○	C
	骨材の反応性 顕微鏡観察	○	○	○	○	B
	細孔構造分析 凍結融解	○	○	○	○	B
	炭素総量分析	○	○	○	○	C
コンクリートの 化学組織	炭素(有機)含量試験	○	○	○	○	C
	熱分析(DSC, DTA) #2	○	○	○	○	C
	X線結晶分析 EPMA #3	○	○	○	○	C

(注) #1: 中性化はコンクリートの中性化と中性化による鋼材腐食を指す。
#2: ICP誘導結合プラズマ発光分光分析とも、水和生成物や炭酸化合物などを定性・定量する分析法である。
#3: X線結晶分析は、コンクリートの組成中の元素の定性・定量分析を行う。
※その他丸印は①～③の順位を調査・試験の順に示す。

●コンクリート試験の方法
農村振興高施工企画調整室「開水路などのコンクリート構造物変状対策の手引き(案)」より転載