

## 第 15 章 土質地質調査

### 目 次

第 1 節	総説	1
1. 1	総説	1
1. 2	調査の手順	1
第 2 節	河川堤防の土質地質調査	3
2. 1	河川堤防の新設時の調査	4
2. 1. 1	調査方針	4
2. 1. 2	予備調査及び現地踏査	5
2. 1. 3	本調査（第 1 次）	6
2. 1. 4	本調査（第 2 次）	9
2. 1. 5	盛土材の調査	16
2. 2	既設の河川堤防の安全性照査時の調査	20
2. 2. 1	調査方針	20
2. 2. 2	予備調査及び現地踏査	20
2. 2. 3	本調査	20
2. 3	河川堤防の被災時の調査	23
2. 4	河川堤防開削時の調査	27
第 3 節	河川構造物の土質・地質調査	29
3. 1	調査方針	29
3. 2	河川構造物の新設時の調査	29
3. 2. 1	調査方針	29
3. 2. 2	予備調査及び現地踏査	29
3. 2. 3	本調査	30
3. 3	河川構造物の維持管理時	34
3. 3. 1	調査方針	34
3. 3. 2	予備調査及び現地踏査	34
3. 3. 3	本調査	35
第 4 節	ダムの地質調査	36
4. 1	ダムの地質調査の方針	36
4. 2	ダム事業の段階と調査内容	37
4. 2. 1	ダム事業の段階	37
4. 2. 2	ダムサイト選定段階	38
4. 2. 3	ダム軸選定段階	41
4. 2. 4	設計段階	43
4. 2. 5	施工時等の段階	46
4. 2. 6	完成後の段階	47
4. 2. 7	アースダムの基礎地盤の土質調査	48
4. 3	ダム基礎等の調査	49
4. 3. 1	調査の方針	49
4. 3. 2	資料調査	49

4. 3. 3	地形調査	50
4. 3. 4	地表地質踏査	50
4. 3. 5	物理探査	50
4. 3. 6	ボーリング調査	51
4. 3. 7	調査坑等による調査	52
4. 3. 8	地下水の調査	54
4. 3. 9	岩盤の原位置試験	55
4. 3. 10	岩石の室内試験	58
4. 3. 11	ダム基礎等の地質調査結果の取りまとめ方法	61
4. 4	第四紀断層の調査	67
4. 4. 1	調査の方針	67
4. 4. 2	一次調査	68
4. 4. 3	二次調査	68
4. 5	貯水池周辺地すべり等の調査	69
4. 6	堤体材料の調査	71
4. 6. 1	調査の方針と内容	71
4. 6. 2	コンクリート骨材の試験	73
4. 6. 3	透水性材料（ロック材）の試験	73
4. 6. 4	半透水性材料（フィルタ材、トランジション材）の試験	74
4. 6. 5	土質材料（コア材）の試験	74
4. 7	仮設備・付替道路等の調査	75
4. 8	資料の保存	75

## 第15章 土質地質調査

### 第1節 総説

#### 1.1 総説

##### <考え方>

本章は、河川堤防や堰・水門・樋門樋管を主な対象とする河川構造物（以下、「河川構造物」という）及びダム計画、設計、施工、維持管理、被災分析・復旧において、必要となる地盤の状況を把握することを目的に実施する、土質調査及び地質調査の技術的事項を定めるものである。

具体的には、河川堤防や河川構造物を新設するための計画・設計・施工、又は維持管理や被災分析・復旧に関わる土質・地質調査は、河川堤防や河川構造物の安全性等に影響する地盤の情報を把握することを目的として実施するものである。

また、ダム計画、設計、施工、維持管理に関わる土質・地質調査は、その事業段階に応じて、ダム基礎、第四紀断層、貯水池周辺地すべり、仮設備・付替道路等の安全性等に影響する地盤の情報を把握することを目的として実施するものである。

更に、河川堤防、河川構造物及びダムの被災時における土質・地質調査は、被災の規模等を踏まえて、その原因を把握し復旧方針を検討することを目的として実施するものである。

一般に土や岩の性質及びその分布は一樣ではなく、極めて複雑かつ変化に富むため、本基準の適用に当たっては、地形、土質、地質、地下水などの条件、事業の進捗段階に応じて柔軟な対応をとることが必要となる。なお、調査、試験、計測等には各種の方法があるが、それぞれの方法には適用限界があり、精度も一樣でなく、データのばらつきがあるので、調査の目的を十分に理解し、調査位置、調査方法、調査密度、調査頻度等を決定し、データの処理方法を考えなければならない。

試験や計測の項目については、構造物等の既往の変状事例や設計手法等を検討することにより、必要な試験・計測を選定する。測定頻度については、地形や地質の変化の複雑さ、測定値のばらつきの程度、解析法の確実さ、測定値が解析結果に与える影響の大小、構造物の万一の破損が与える影響等多くの要因を総合的に判断して決めなければならない。

なお、河川堤防に関わる技術検討は、本章で扱う土質及び地質調査を含む様々な調査の成果を相互に関係づけながら行うことになる。そのことが、第4章 河道特性調査 第1節 総説 1.4 河道を構成する河川堤防に関わる各調査の相互関係 に記述されているので、河川堤防に関する調査を行う際には有用である。

なお、砂防、地すべり及び急傾斜地の土質・地質調査については、第17章 砂防調査、第18章 地すべり調査、第19章 急傾斜地調査によるものとする。

#### 1.2 調査の手順

##### <標準>

土質・地質調査は、次の順序で行うことを標準とする。

##### 1) 予備調査

予備調査においては、調査対象地域の土質・地質の概括的な状況を的確に把握するために、既存のデータの収集を行い、それらを整理する。

##### 2) 現地踏査

現地踏査においては、予備調査資料に基づき、現地において調査対象地域の地形、土質・地質等の状況を把握する。

### 3) 本調査

本調査においては、必要な土質・地質データを得るため、適切な調査、試験、計測等を行う。

#### < 推 奨 >

#### 1) 予備調査

以下のような既存データをやや広い範囲で収集し、整理することを推奨する。

- a) 土質調査資料
- b) 地質調査資料
- c) 地形図や空中写真等
- d) 災害（水害、土砂災害、地震、噴火等）記録
- e) 水文資料
- f) その他の気象記録

地形図や空中写真等に関しては、調査地の現況だけではなく河川周辺の旧地形を判読するためのものとして、絵図・古地図、近年の地形図、空中写真、あるいは治水地形分類図等の土地条件図や地形分類図を用いる。また、明治年間以降の旧版地形図、昭和 22～23 年の米軍撮影の空中写真を入手して参考にするとよい。更に、必要に応じて新規の空中写真撮影を行い地形判読することや航空レーザー測量等による詳細な地形の判読を検討する。

また、河川に沿った土質・地質的弱点や問題点を知るために、既往のボーリング調査、土質・地質試験結果等を活用するほか、災害記録、漏水履歴あるいは河川改修結果の資料を調べるのが望ましい。

#### 2) 現地踏査

現地においては、自然堤防、旧河道、落堀、崖錐、扇状地、地すべりや崩壊、断層地形、段丘、砂丘、湿地、天井川等の地形のほか、土質・地質の構成、地質構造、湧水等の事項について観察し、地形並びに土質・地質の状況を把握し、地形図等に取りまとめる。なお、工事の計画に際し、各種の代替案の比較検討においては単に事業費の比較にとどまらず、広範囲な要素の比較が行われるようになるので、必要に応じて 2 次、3 次の現地踏査を行う。

#### 3) 本調査

土質、地質の問題の解決のために次に挙げるような調査が考えられるが、特殊な現場条件の場合には、必要に応じてこれ以外の調査も実施することが望ましい。

また、調査には、新設計画に伴う調査のほかに、既設の河川堤防、河川構造物及びダム等の調査がある。

- a) 土取場の材料が、河川堤防の盛土に適するかどうかを判断し、締固め等盛土の施工性についての指針を得ることを目的とする調査
- b) 河川堤防の基礎地盤の安定性や圧密沈下、強度増加に関する資料を得るための調査
- c) 河川構造物の基礎の設計を行うための地盤支持力や杭の支持力を得るための調査
- d) 河川堤防の盛土や土取場の切取りのり面のすべりに対する安定性を評価するための調査
- e) 土工計画を立てる上でのトラフィカビリティなどに関する調査
- f) 河川堤防、河川構造物下の地盤の透水性に関する調査
- g) 河川堤防、河川構造物下の地盤の液状化の可能性に関する調査
- h) 大規模河川構造物、ダム等を造ることによって起こる周辺地盤に及ぼす影響の調査
- i) 工事残土の処理並びに工事のあと地の保全回復の手段に関する調査
- j) 大規模河川構造物、ダム等の基礎となる岩盤の弱点の存在の有無を確認するための詳細

な調査

- k) ダムの保水性を評価するための周辺地盤の透水係数の計測を行うための調査
- l) ダム建設における骨材など大量の材料の確保と準備の可能性の検討を行うための調査

## 第2節 河川堤防の土質地質調査

### <考え方>

河川堤防の土質・地質調査は、堤防に求められる安全性を確保するための、堤防を新設するための計画・設計・施工、又は維持管理や被災分析・復旧を適切に実施するための地盤情報を把握することを目的として実施するものであり、新設時（計画・設計・施工時）、安全性照査時、被災時及び堤防開削時の土質・地質調査がある。

#### 1) 新設時

河川堤防を新設するための計画・設計・施工時の土質・地質調査は、安全性の高い堤防の構築を目的として実施する。

#### 2) 既設の河川堤防の安全性照査時

既設の河川堤防の安全性照査時の土質・地質調査は、洪水時における浸透や地震などの外力に対する堤防の弱点個所の抽出及び補強手法の検討を目的として実施する。

#### 3) 被災時

被災時の土質・地質調査は、豪雨や出水、地震等による被災の原因の把握と復旧策の検討を目的として実施する。

#### 4) 河川堤防開削時

樋管、橋台等の新設、更新、撤去時、及びドレーン工等の質的整備時、被災した堤防撤去時に、堤防の質的向上に資することを目的として実施する。

### <標準>

各調査は、堤体や基礎地盤の土質・地質の状況を明らかにするために、以下のとおり行うことを標準とする。

#### 1) 新設時

河川堤防を新設するための計画・設計・施工に当たり、その安全性等に影響する地盤の分布及びそれらの状況を適切に把握するために、軟弱地盤調査、液状化地盤調査及び透水性地盤調査等を実施する。また、堤防に使用する土質材料に対しては、材料選定のための調査を実施する。

#### 2) 既設の河川堤防の安全性照査時

既設の河川堤防の安全性評価、補強手法の検討に当たり、その安全性等に影響する地盤の分布及びそれらの状況を適切に把握するために、軟弱地盤調査、液状化地盤調査及び透水性地盤調査等を実施する。

#### 3) 被災時

軟弱地盤調査、液状化地盤調査及び透水性地盤調査等を実施する。

#### 4) 河川堤防開削時

堤防を開削するときには、開削調査を行い、築堤の履歴や堤体を構成する土質、水みち等を把握、確認する。

## 2. 1 河川堤防の新設時の調査

### 2. 1. 1 調査方針

#### <考え方>

河川堤防を新設するための計画・設計・施工時の調査は、河川堤防を築堤する際に特に問題となる軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤を把握するとともに、堤防に使用する土質材料を把握するために実施する。軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤以外の地盤では、堤防の築堤に当たって問題になることが少ない。

軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤における留意事項は以下のとおりである。

#### 1) 軟弱地盤の場合

軟弱地盤上に河川堤防を築堤する場合、基礎地盤の強度が小さいときにはすべり破壊を生ずるおそれがある。また、堤防を築堤することができても、堤防の自重による軟弱層の圧密によって堤防に残留沈下が生じ、沈下が著しい場合には天端高不足によって堤防の機能が保持できなくなる場合もある。更に、周辺の地盤や構造物に対しても大きな変状を与える場合もある。

加えて、軟弱地盤上に砂質土によって築堤した場合、地震時に堤体の液状化により堤防に大きな変状が生じるおそれがある。圧密沈下により軟弱地盤が凹状になり、堤体下部の密度や拘束力の低下（ゆるみ）が生じるとともに、雨水等の浸透水が滞留しやすくなり堤体内に飽和した領域が形成されるためである。

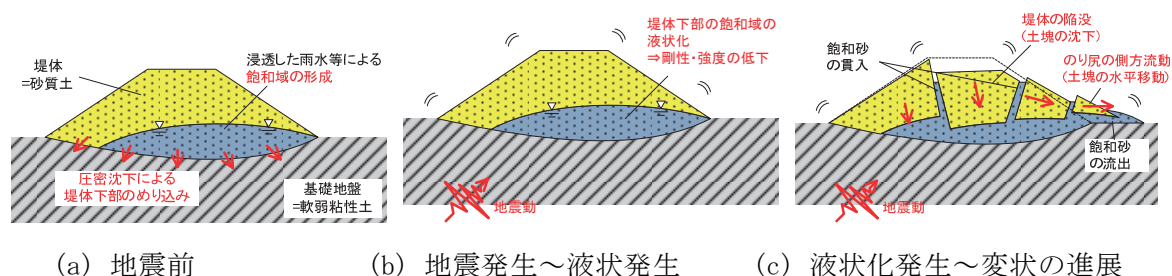


図15-2-1 堤体の液状化による被災メカニズム

#### 2) 液状化地盤の場合

ゆるい砂地盤のように液状化地盤上に河川堤防を築堤する場合、地震が発生した際に堤防の基礎地盤が液状化し、堤防が沈下・流動化するなど大規模な変状を生じるおそれがある。地震により堤防が沈下や変形等損傷した場合において河川の流水が河川外へ越流する場合もある。

#### 3) 透水性地盤の場合

透水性地盤上に河川堤防を築堤する場合には、洪水時のような異常な河川水位の上昇によって透水性地盤を通じて堤体の飽和度を増加させ浸潤面の発達を増加させる原因となり、のり滑りやパイピング等堤防及び堤内地に悪影響を及ぼすおそれがある。

#### <標準>

河川堤防を新設するための計画・設計・施工時の調査は、次の調査を行うことを標準とする。

- 1) 予備調査及び現地踏査
- 2) 本調査（第1次）
- 3) 軟弱地盤調査、液状化地盤調査、又は透水性地盤調査を主とした本調査（第2次）
- 4) 盛土材の調査

本調査（第1次）において軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤の存在が判明した場合には、その影響を検討し、必要に応じて引き続き本調査（第2次）を実施するものとする。堤防付近の地盤が軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤でないことが予備調査及び現地踏査の結果判明した場合には、本調査を省略する。

なお、重複する部分が多い液状化地盤と透水性地盤の調査においては、効率的に調査を進めるため、同時に実施することが望ましい。

## 2. 1. 2 予備調査及び現地踏査

### <考え方>

予備調査及び現地踏査は、河川堤防を築堤する地域の概括的な把握と地形、土質・地質等の状況を把握することを目的に実施する。

### <標準>

予備調査においては、堤防付近の既往の土質・地質調査資料を重点的に収集することを基本とする。

現地踏査においては、予備調査の結果に基づき、堤防天端中央付近の位置並びに付近一帯の地盤の表層の状況、特に地形、地質、土質、地下水、湧水、土地利用、植物の生長の状況等を調査することを基本とする。

### <推奨>

予備調査において既往の土質・地質調査資料を収集する際には、現在の地形図や空中写真、治水地形分類図あるいは旧版地形図、古い空中写真、災害記録や河川改修等工事記録も併せて収集することが望ましい。

予備調査によって収集した資料に基づき、概略の地質縦断図が描けることが望ましい。また、次に示すような個所に軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤が存在することが多いため注意して調査を実施することが望ましい。なお、特に、軟弱地盤上に砂質土を用いて築堤する場合には、堤体が液状化するおそれがあることにも留意する。

- 1) 軟弱地盤の場合
  - a) 平坦な湿地帯、湿地帯
  - b) 台地や山地に平坦な水田が入り込んでいる個所
  - c) 自然堤防や海岸、砂丘の後背個所
  - d) 既往の土質調査資料等から軟弱地盤の存在が知られている個所
  - e) 広域地盤沈下や既設構造物の沈下等の変状が発生している個所
- 2) 液状化地盤の場合
  - a) 旧河道、旧水域の盛土地、埋立地、地下水位の浅い沖積低地及び台地
  - b) 既往の土質調査資料等から、均質な粒径でゆるい砂質地盤であり地下水位が浅く飽和している個所

c) 既往の災害調査資料から地震時に地盤の液状化が起こったことが報告されている個所

### 3) 透水性地盤の場合

- a) 河川の付近で、扇状地域、自然堤防地域、三角州地域等の名称でよばれている個所
- b) 旧河道の締切り個所・旧落掘個所
- c) 洪水時の河川の水位の上昇により、堤内地に湧水又は地下水位の上昇が認められる個所
- d) 既往の土質調査資料から透水性地盤（砂礫層、砂質土層等）の存在が認められている個所

## 2. 1. 3 本調査（第1次）

### <考え方>

本調査（第1次）は、築堤する河川堤防付近に主に縦断方向の地盤調査を実施し、軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤の存在を把握することを目的とする。

### <標準>

軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤の判定を行うために、予備調査及び現地踏査の結果を活用するとともに、ボーリング調査及びサウンディング試験を現地状況に応じて実施することを基本とする。更に、採取した試料により土の判別分類のための試験を実施し、これらの結果をまとめることを基本とする。また、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004）」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009）」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

### <推奨>

本調査（第1次）におけるボーリング調査、サウンディング試験、土質試験、結果のまとめと判定については、以下のとおり実施することが望ましい。

本調査における各種調査・試験等の調査位置や調査密度、範囲の目安を表 15-2-1 に示す。ただし、地盤構成が複雑な場合には、調査密度を増やす。

#### 1) ボーリング調査及び標準貫入試験

地層構成の確認と試料採取を目的にボーリング調査を実施する。深さは支持層となる地盤の深さ（ $N$ 値 30 以上の層が 3～5m 程度連続して確認される深さ）までを目安とする。また、液状化が想定される地盤の判定のための深さは、基盤面（工学的な地震基盤で  $S$  波速度が 300m/s 以上、又は粘性土層で  $N$  値 25 以上、砂質土層で  $N$  値 50 以上の地層）を確認できる深さまでを目安とするが、軟弱な土層が厚い場合など地盤種別の判定のために 25m 程度を目安とする。ボーリング調査では、必要に応じサウンディング試験の一種である標準貫入試験を行う。

#### 2) サウンディング試験（標準貫入試験を除く）

ボーリング調査を補完するために表層部の比較的軟らかい層を対象に、オランダ式二重管コーン貫入試験、又は、スウェーデン式サウンディング試験などを実施する。

#### 3) 土質試験

採取した試料を利用して、材料の観察と地層ごとに土の粒度試験、土の湿潤密度試験、土粒子の密度試験、土の含水比試験、土の液性限界・塑性限界試験方法、その他必要に応じて土の判別分類のための試験を実施する。



#### 4) 結果のまとめと判定

ボーリング調査結果及びサウンディング試験結果をあわせて、堤防法線付近に沿って 1/100 あるいは 1/200 の鉛直方向縮尺の土質縦断図を作成する。次に、本調査（第 1 次）のボーリング調査、サウンディング試験、土の判別分類のための試験結果を基に、軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤の判定を以下のとおり実施する。なお、判定の結果、軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤の複数に該当する場合には、調査に漏れがないよう留意する。

##### a) 軟弱地盤

軟弱地盤を構成する土は極めて多様であり、土層や土質によって適切な区分を行うことが難しいが、粘性土、有機質土の地盤では、本調査（第 1 次）の結果が、次のいずれかに該当する地盤に対しては、その影響を検討し、必要に応じて本調査（第 2 次）として軟弱地盤調査を実施する。なお、軟弱地盤調査については本章 第 2 節 2.1.4（2）軟弱地盤調査 によるものとする。

- ① 標準貫入試験による  $N$  値が 4 以下の地盤
- ② オランダ式二重管コーン貫入値が  $300\text{kN/m}^2$  以下の地盤
- ③ スウェーデン式サウンディング試験において  $1\text{kN}$  以下の荷重で沈下する地盤

一方、軟弱層の基底は、以下の項目に該当するかを目安に判断してよい。

- ① 粘性土で  $N$  値 4~6 以上の層
- ② サウンディング結果では、粘性土で  $1\text{m}$  当たりの半回転数が 100 程度以上
- ③ オランダ式二重管コーン貫入試験では、粘性土では  $q_c=1,000\text{kN/m}^2$  程度以上、砂質土では  $4,000\sim 6,000\text{kN/m}^2$  程度以上

##### b) 液状化地盤

液状化地盤は、本調査（第 1 次）の結果が次に該当する地盤に対しては、その影響を検討し、必要に応じて本調査（第 2 次）として液状化地盤調査を実施する。なお、液状化地盤調査については、本章 第 2 節 2.1.4（3）液状化地盤調査 によるものとする。

- ① 沖積層のゆるい砂質土層

##### c) 透水性地盤

本調査（第 1 次）の結果が次のいずれかに該当する地盤に対しては、その影響を検討し、必要に応じて本調査（第 2 次）として透水性地盤調査を実施する。なお、ボーリング調査及び既往の土質調査資料から地盤に砂礫又は砂の層の存在が認められた場合に、透水性地盤と判定して本調査（第 2 次）を実施する。透水性地盤調査については、本章 第 2 節 2.1.4（4）透水性地盤調査 によるものとする。

- ① 表層が砂礫又は砂の地盤
- ② 不透水性の薄い表層の下に、連続した砂礫層又は砂質土層が存在する地盤

表15-2-1 本調査（第1次及び第2次）の調査位置、調査密度の目安

調査段階	本調査 (第1次)	本調査 (第2次)		
		軟弱地盤調査	液状化地盤調査	透水性地盤調査
ボーリング調査	頻度			
	堤防法線付近に沿って 1個所/200m程度	堤防法線付近に沿って 1個所/100m程度	堤防法線付近に沿って 1横断/100m程度 横断方向 表のり尻1個所 裏のり尻1個所	堤防法線付近に沿って 1横断/100m程度 横断方向 表のり尻1個所 裏のり尻1個所
	深度			
	支持層が確認されるまでとし、一般に計画堤防高の3倍程度まで	堤防の沈下が安定に影響を及ぼすと判断される軟弱層の深さまで	地震時に液状化が想定される層下端の深さまでとし、軟弱層（液状化が想定される層）が厚い場合には、地盤種別の判定ができる深さ25m程度まで	基礎地盤の上面から最低限10m以上、連続した不透水層までまたは20mまで
主目的				
	土層構成の把握（軟弱地盤、液状化が想定される地盤、透水性地盤の把握）、乱れた試料採取	土層構成の把握、乱れの少ない試料採取	土層構成の把握、乱れた試料採取	土層構成の把握、試料採取、現場透水試験実施
サウンディング試験	頻度			
	堤防法線付近に沿って 1個所/50-100m	堤防法線付近に沿って 1横断/20-50m 横断方向に堤防の大きさや地盤の広がりに応じ、 数個所/1横断	堤防法線付近に沿って 1横断/20-50m 横断方向に堤防の大きさや地盤の広がりに応じ、 数個所/1横断	堤防法線付近に沿って 1横断/20-50m 横断方向 数個所/1横断
	深度			
		堤防の沈下や安定に影響を及ぼすと判断される軟弱層の深さまで	液状化が想定される層下端、または地盤種別の判定が可能な層まで	基礎地盤の上面から最低限10m以上、連続した不透水層までまたは20mまで
試料採取	平面的な頻度			
	堤防法線付近に沿って 1個所/200m程度	堤防法線付近に沿って 1個所/100m程度 規模の小さな軟弱地盤の場合は 代表点1個所	堤防法線付近に沿って 1個所/100m程度 規模の小さな液状化地盤の場合は 代表点で1個所	堤防法線付近に沿って 1横断/100m程度 横断方向 表のり尻1個所 裏のり尻1個所
	深度方向の頻度			
	コア試料 1個以上/1m 土質試験用試料 1個以上/2m または土層の変化が著しい場合 1個以上/土層	1個以上/2m または土層の変化が著しい場合 1個以上/土層	1個以上/2m または土層の変化が著しい場合 1個以上/土層 液状化が想定される層においてはペネ試料 1個/1m	1個以上/2m または土層の変化が著しい場合 1個以上/土層

調査段階	本 調 査 (第 1 次)	本 調 査 (第 2 次)		
		軟弱地盤調査	液状化地盤調査	透水性地盤調査
調査の種類				
現場透水試験	—	—	—	堤防法線付近に沿って 1 横断/100m 程度 横断方向 表のり尻 1 個所 裏のり尻 1 個所 深度方向 1 個以上/土層
土質試験	深度方向の頻度			
	1 個以上/2m または土層の変化 が著しい場合 1 個以上/土層	1 個以上/2m または土層の変化が 著しい場合 1 個以上/土層	1 個以上/2m または土層の変化が 著しい場合 1 個以上/土層 液状化が想定される 層においては、物理試 験を 1 個/1m	1 個以上/2m または土層の変化が著 しい場合 1 個以上/土層

#### <関連通知等>

- 1) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
- 2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
- 3) JIS A 1219 標準貫入試験方法.
- 4) JIS A 1220 オランダ式二重管コーン貫入試験.
- 5) JIS A 1221 スウェーデン式サウンディング試験方法.
- 6) JIS A 1204 土の粒度試験方法.
- 7) JIS A 1225 土の湿潤密度試験方法.
- 8) JIS A 1202 土粒子の密度試験方法.
- 9) JIS A 1203 土の含水比試験方法.
- 10) JIS A 1205 土の液性限界・塑性限界試験方法.

### 2. 1. 4 本調査（第 2 次）

#### (1) 概要

##### <考え方>

本調査（第 2 次）は、河川堤防の築堤を計画・設計・施工するに当たり、予備調査及び現地踏査、本調査（第 1 次）において築堤計画区間の基礎地盤が軟弱地盤、液状化地盤又は透水性地盤であることが判明した場合、これらの地盤の詳細を把握することを目的に、縦断方向に細かく地盤調査を実施するとともに、横断方向の地盤調査も実施する。

#### (2) 軟弱地盤調査

##### <考え方>

軟弱地盤調査は、予備調査及び現地踏査、本調査（第 1 次）によりその地盤の存在、概況及び規模が判明した軟弱層の土質、強度、圧密特性、広がり、支持層の厚さなどを明らかにすることを目的に実施する。

## <標準>

軟弱地盤調査においては、本調査（第2次）としてボーリング調査、サウンディング試験を現地状況に応じて実施するとともに、採取した試料による土質試験を実施し、これらの結果を取りまとめることを基本とする。

また、軟弱地盤の調査により地盤の状況が明らかとなり、地盤沈下とその対策並びに堤体の安定性について継続的な調査が必要と考えられる場合には、地盤沈下の観測を実施することを基本とする。

なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004）」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009）」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

## <推奨>

本調査（第2次）軟弱地盤調査におけるボーリング調査、サウンディング試験、土質試験、結果のまとめについては、以下のとおり実施することが望ましい。

各種調査・試験等の調査位置や調査密度、範囲の目安を表15-2-1に示す。ただし、地盤構成が複雑な場合には、調査密度を増やす。

### 1) ボーリング調査及び標準貫入試験・試料採取

地層構成の確認と乱れの少ない試料採取を目的にボーリング調査を実施する。ボーリング調査の深さは、本調査（第1次）結果より、すべりや沈下によって堤防の安定に影響を及ぼすと判断される軟弱層の深さまでとする。ボーリング調査では、必要に応じサウンディング試験の一種である標準貫入試験を行う。

試料採取は、以下のように実施する。

#### a) 試料採取の方法

軟弱な粘土地盤の場合には、原則として固定ピストン式シンウォールサンプラー等を用いて乱れの少ない試料を採取する。軟弱粘土を連続的に採取する場合は、上記の採取法を繰り返して採取する。

#### b) 試料採取の位置

試料採取の位置は、軟弱地盤の規模、区分された各層の均一性や含水状態等を踏まえて設定し、地形的にみてひとつの軟弱地盤地域とみなせる範囲内では、少なくとも2地点以上での試料採取を実施する。

#### c) 試料採取の深さ

土層構造が複雑で、各土層1か所以上の試料採取が困難な場合には、層の類似性を考慮し、採取間隔を変えてもよい。なお、軟弱粘土の場合には一般に、 $N$ 値 $<4\sim5$ が試料採取が可能な硬さである。

### 2) サウンディング試験（標準貫入試験を除く）

ボーリング調査を補完するためにサウンディング試験を実施する。表層部の比較的軟らかい層を対象に、オランダ式二重管コーン貫入試験、スウェーデン式サウンディング試験などを実施する。なお、やや厚い砂層が分布あるいは挟在するところでは貫入能力の大きな動的貫入試験を行う。更に、粘性土層の中に砂層あるいは砂質土層が挟在し、地盤の排水条件が問題となる場合にはコーン貫入抵抗、貫入時発生間隙水圧、摩擦抵抗を測定できる電気式静的コーン貫入試験が有効である。

### 3) 土質試験

現地の軟弱地盤の特性を定量的に把握するために採取した試料を利用して土質試験を実施する。層の類似性、区分された層の均一性、含水状態等土質の状態に応じて試験項目や試験間隔を変えてもよい。

#### a) 粘性土の場合

- ① 土の粒度試験：粒径加積曲線、有効径  $D_{10}$ 、均等係数  $U_c$ 、曲率係数  $U_c$  など
- ② 土の含水比試験：含水比  $w$  など
- ③ 土粒子の密度試験：土粒子の密度  $\rho_s$  など
- ④ 土の湿潤密度試験：湿潤密度  $\rho_t$ 、乾燥密度  $\rho_d$ 、間隙比  $e$  など
- ⑤ 液性限界・塑性限界試験：液性限界  $w_L$ 、塑性限界  $w_p$ 、塑性指数  $I_p$  など
- ⑥ 土の一軸圧縮試験：非排水せん断強さ  $s_u$ 、鋭敏比  $S_t$  など
- ⑦ 土の圧密試験：圧縮曲線、圧密降伏応力  $p_e$ 、圧縮指数  $C_c$ 、体積圧縮指数  $m_v$ 、圧密係数  $c_v$  など
- ⑧ 土の三軸圧縮試験：せん断抵抗角  $\phi'$ 、 $\phi'_u$ 、 $\phi_{cu}$ 、 $\phi_d$ 、粘着力  $c'$ 、 $c_u$ 、 $c_{cu}$ 、 $c_d$
- ⑨ 土の透水試験：透水係数  $k$
- ⑩ その他の試験

#### b) 有機質土の場合（乱さない試料の採取が困難な泥炭などの場合）

- ① 土の含水比試験：含水比  $w$  など
- ② 土粒子の密度試験：土粒子の密度  $\rho_s$  など
- ③ 土の圧密試験：圧縮曲線、圧密降伏応力  $p_e$ 、圧縮指数  $C_c$ 、体積圧縮指数  $m_v$ 、圧密係数  $c_v$  など
- ④ 土の強熱減量試験：強熱減量  $L_i$
- ⑤ その他の試験

### 4) 結果のまとめ

ボーリング調査、サウンディング試験及び室内試験の結果を利用して、堤防付近に沿って軟弱地盤の土質、層厚、深さ方向の強度変化などが分かるように 1/100 あるいは 1/200 程度の鉛直方向縮尺の土質縦断図を作成する。横断方向についても同様な土質横断図を作成する。また、土質試験の結果は、深さ方向の含水比、土粒子の密度、湿潤密度、間隙比、非排水せん断強さ、圧密降伏応力、圧密係数、粘着力等の変化が分かるように整理し図示する。

### 5) 地盤沈下の観測

地盤沈下地帯における地盤沈下状況の観測では、堤防法線付近に設置した水準点による水準測量と、沈下計による沈下量観測及び観測井における地下水位測定を必要に応じて以下のとおり行う。また、地盤沈下の原因として帯水層の水圧ポテンシャルの低下が考えられ場合には、その挙動を沈下観測と同時に明らかにする。なお、地下水調査については第2章 水文・水理観測 第6節 地下水観測 によるものとする。

#### a) 測定点の配置

測定点は、次のとおり配置する。

水準点：堤防上 1 km 間隔を目安

沈下計：各河川において沈下量が最も大きいと予想される地点

観測井：沈下計と同一個所のほか、地盤状況に応じて沈下に関与すると考えられる帯水層の地下水位が測定できるような個所

地下水の帯水層が2つ以上の独立した層からなる場合にはそれぞれの帯水層の地下水位(間

隙水圧)が測定できるような観測井を設ける。特に地盤沈下が問題になる地域では水準点の間隔を200m程度まで縮小し、堤内地等にも設置する。また、流域面積の大きな河川や地形条件が複雑な場合においては、複数の沈下計の設置も検討する。

b) 観測施設の構造

観測施設の構造は、次のとおりとする。

水準点：堤防天端付近に設置するものとし、地中に十分深く埋め込まれた石又はコンクリート製の柱状のもので、その上部に真ちゅう製の標点を付けたもの。

沈下計：二重管式基準鉄管を用いたものとし、鉄管下端は地盤沈下を生じない地層にまで到達させておくものとする。沈下は自記記録装置に記録できるもの。

観測井：フロートと自記記録装置により地下水位が測定できる構造のもの。

c) 観測の頻度

観測の頻度は、あらかじめ算出した沈下予測に基づき観測間隔を設定し、水準測量においては1～3か月に1度ずつ定められた日に定期的を実施する。なお、沈下の相対量が大きい施工直後は密に観測する。沈下計による沈下量、観測井における地下水位調査においては、自記記録装置により、継続的に観測する。設置場所が、以下の条件に適合することを確認する。

- ① おおむね10m四方以上の広さの開放された土地であって、局所的な気流の変化が少ないこと
- ② 湛水するおそれがないこと
- ③ 観測や巡回点検に便利であること

<関連通知等>

- 1) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
- 2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
- 3) JIS A 1219 標準貫入試験方法.
- 4) JGS 1221 固定式ピストン式シンウォールサンプラー.
- 5) JIS A 1220 オランダ式二重管コーン貫入試験.
- 6) IS A 1221 スウェーデン式サウンディング試験.
- 7) JGS 1435 電気式静的コーン貫入試験.
- 8) JIS A 1204 土の粒度試験方法.
- 9) JIS A 1203 土の含水比試験方法.
- 10) JIS A 1202 土粒子の密度試験方法.
- 11) JIS A 1225 土の湿潤密度試験方法.
- 12) JIS A 1205 土の液性限界・塑性限界試験方法.
- 13) JIS A 1216 土の一軸圧縮試験方法.
- 14) JIS A 1217 土の段階載荷による圧密試験方法.
- 15) JGS 0520～0524 土の三軸圧縮試験.
- 16) JGS 0560, 0561 土の一面せん断試験.
- 17) JIS A 1218 土の透水試験方法.
- 18) JIS A 1217, 1227 土の圧密試験.
- 19) JIS A 1226 土の強熱減量試験方法.

### (3) 液状化地盤調査

#### <考え方>

液状化地盤調査は、本調査（第1次）によりその地盤の存在、概況及び規模が判明した液状化が想定される層の土質、厚さ、液状化抵抗等を明らかにするために実施する。

#### <標準>

液状化地盤調査においては、本調査（第2次）としてボーリング調査、サウンディング試験を現地状況に応じて実施するとともに、採取した試料による土質試験を実施し、これらの結果をまとめることを基本とする。

なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004）」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009）」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

#### <推奨>

本調査（第2次）液状化地盤におけるボーリング調査、サウンディング試験、土質試験、結果のまとめについては、以下のとおり実施することが望ましい。各種調査・試験等の調査位置や調査密度、範囲の目安を表15-2-1に示す。ただし、地盤構成が複雑な場合には、調査密度を増やす。

##### 1) ボーリング調査及び標準貫入試験・試料採取

地層構成の確認と乱れた試料採取を目的にボーリング調査を実施する。深さは本調査（第1次）結果に基づき液状化による被害が想定される層が判定できる深さまで実施する。ボーリング調査では、必要に応じサウンディング試験の一種である標準貫入試験を行う。

試料採取は以下に示すように実施する。

##### a) 試料の採取方法

標準貫入試験により採取した試料を用いて、土の粒度試験等の物理試験を実施する。ただし、液状化に関して動的解析等高度な検討のために土の繰返し非排水三軸試験を行う場合には、チューブサンプリングにより乱さない試料を採取することは困難な場合が多いことから、凍結サンプリング等、試料の乱れの影響を受けにくい方法を検討することが望ましい。

##### b) 調査の採取位置

堤防横断方向での詳細検討時には、堤防両のり尻付近で各1か所ずつ採取する。

##### c) 試料採取の深さ

液状化が想定される土層においては、細粒分含有率  $FC$  を把握するため、試料採取の深さは1.0mごとに1試料採取する。これは、簡易式による液状化の判定においては、その結果が  $N$  値とともに細粒分含有率  $FC$  によっても大きく変わることや、粒度試験結果のばらつきが大きいためである。

##### 2) サウンディング試験（標準貫入試験を除く）

ボーリング調査の補完のために、スウェーデン式サウンディング試験等を実施する。

##### 3) 土質試験

現地の液状化地盤の特性を定量的に把握することを目的に採取した試料を利用して土質試験を実施する。更に、液状化の発生が想定される層においては、深さ方向に1.0mに1か所の間隔を目安に粒度試験を実施する。

a) 砂質土・礫質土の場合

- ① 土の粒度試験：粒径加積曲線、50%粒径  $D_{50}$ 、有効径  $D_{10}$ 、細粒分含有率 FC など
- ② 土の含水比試験：含水比  $w$  など
- ③ 土粒子の密度試験：土粒子の密度  $\rho_s$  など
- ④ 土の湿潤密度試験：湿潤密度  $\rho_t$ 、乾燥密度  $\rho_d$ 、間隙比  $e$  など
- ⑤ 液性限界・塑性限界試験：液性限界  $w_L$ 、塑性限界  $w_p$ 、塑性指数  $I_p$  など

b) 粘性土の場合

- ① 土の粒度試験：粒径加積曲線、有効径  $D_{10}$ 、均等係数  $U_c$ 、曲率係数  $U'_c$  など
  - ② 土の含水比試験：含水比  $w$  など
  - ③ 土粒子の密度試験：土粒子の密度  $\rho_s$  など
  - ④ 土の湿潤密度試験：湿潤密度  $\rho_t$ 、乾燥密度  $\rho_d$ 、間隙比  $e$  など
  - ⑤ 液性限界・塑性限界試験：液性限界  $w_L$ 、塑性限界  $w_p$ 、塑性指数  $I_p$  など
  - ⑥ 土の一軸圧縮試験：非排水せん断強さ  $s_u$ 、鋭敏比  $S_t$  など
- なお、動的解析など高度な検討を行う場合には、必要に応じて凍結サンプリング等により液状化層から採取した乱れの少ない試料を用いた土質試験を追加で行う。
- ⑦ 土の繰返し非排水三軸試験：液状化強度  $R$  など

4) 結果のまとめ

ボーリング調査、サウンディング試験及び室内試験の結果を利用して、堤防天端中央付近に沿って液状化地盤の土質区分、層厚、深さ方向の変化等が分かるように 1/100 あるいは 1/200 程度の鉛直方向縮尺の土質縦断図を作成する。横断方向についても同様の土質横断図を作成する。また、土質試験の結果は、深さ方向の含水比、土粒子の密度、湿潤密度、間隙比、細粒分含有率等の変化が分かるように整理し図示する。

<関連通知等>

- 1) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
- 2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
- 3) JIS A 1219 標準貫入試験方法.
- 4) JIS A 1221 スウェーデン式サウンディング試験方法.
- 5) JIS A 1204 土の粒度試験方法.
- 6) JIS A 1203 土の含水比試験方法.
- 7) JIS A 1202 土粒子の密度試験方法.
- 8) JIS A 1225 土の湿潤密度試験方法.
- 9) JIS A 1205 土の液性限界・塑性限界試験方法.
- 10) JIS A 1216 土の一軸圧縮試験方法.
- 11) JGS 0541 土の繰返し非排水三軸試験.
- 12) JIS A 1218 土の透水試験方法.
- 13) JIS A 1217, 1227 土の圧密試験.
- 14) JIS A 1226 土の強熱減量試験方法.

(4) 透水性地盤調査

<考え方>

透水性地盤調査における本調査（第2次）は、本調査（第1次）によりその存在、概況及び規模が判明した透水層の土質、厚さ、広がり、透水性などを明らかにするために実施する。



## <標準>

透水性地盤調査においては、本調査（第2次）としてボーリング調査、サウンディング試験を現地状況に応じて実施するとともに、採取した試料による土質試験を実施し、これらの結果をまとめることを基本とする。

なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004）」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009）」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

## <推奨>

本調査（第2次）液状化地盤におけるボーリング調査、サウンディング試験、土質試験等の結果のまとめについては、以下のとおり実施することが望ましい。各種調査・試験等の調査位置や調査密度、範囲の目安を表15-2-1に示す。ただし、地盤構成が複雑な場合には、調査密度を増やす。

### 1) ボーリング調査及び標準貫入試験・試料採取

ボーリング調査は、地層構成の確認と乱れた試料採取を目的として実施するものである。ボーリング調査では、必要に応じサウンディング試験の一種である標準貫入試験を行う。また、ボーリング調査の結果できた孔は、現場透水試験の実施のための単孔として利用することもできる。

試料採取は、以下に示すように実施する。試料採取は、地盤の透水性を評価するために行うもので、乱れた試料で全体状況を把握する。更に、詳細な試験を行うため乱れの少ない試料を採取する場合もある。

#### a) 試料採取の方法

通常は、ボーリング調査に併用する標準貫入試験とともに乱れた試料を採取する。必要に応じてサンドサンプラーにより乱れの少ない試料を採取する。

#### b) 試料採取の位置

横断方向には表・裏各のり尻1か所ずつとする。

#### c) 試料採取の深さ

試料採取の最大深さは、透水性地盤では、原則として不透水性地盤まで実施することが望ましいが、透水層が厚い場合は、地表面より最大10mから15mまでとする。しかし、土層構造が複雑な場合には、各層の類似性を考慮し、採取間隔を変える。

### 2) サウンディング試験（標準貫入試験を除く）・原位置試験

サウンディング試験は、ボーリング調査の補完のための地層構成の確認と試料採取を目的として実施するものである。サウンディング試験は、現地状況や目的に応じてオランダ式二重管コーン貫入試験、スウェーデン式サウンディング試験等を実施する。

原位置試験についても、現地状況に応じて調査位置、調査密度を適切に設定し、現地における浸透水の状況を把握することを目的として実施する。単孔を利用した透水試験方法による現場透水試験は透水性地盤を構成している土層ごとに実施する。

また、必要に応じ、本調査に用いたボーリング孔、隣接地の民家の井戸、新たに設置した観測井などを利用して、地下水変動調査を実施する。調査を行う場合、観測地点としては、地下水の等水位曲線が描ける程度の数を選定する。

### 3) 土質試験

現地の透水性地盤の特性を定量的に把握することを目的に採取した試料を利用して土質試験を実施する。ただし、層の均一性並びに採取した量を考慮し、土質の状態に応じて試験項目や試験間隔を変えてもよい。透水試験は、現場の密度に近い状態に突き固めて行う。

- a) 土の粒度試験：粒径加積曲線、有効径  $D_{20}$  又は  $D_{10}$ 、均等係数  $U_c$ 、曲率係数  $U'_c$  等
- b) 土の含水比試験：含水比  $w$  など
- c) 土粒子の密度試験：土粒子の密度  $\rho_s$  など
- d) 土の湿潤密度試験：湿潤密度  $\rho_t$ 、乾燥密度  $\rho_d$ 、間隙比  $e$  など
- e) 土の透水試験：透水係数  $k$
- f) その他の試験

#### 4) 結果のまとめ

ボーリング調査、サウンディング試験及び土質試験の結果を利用して、堤防法線付近に沿って透水性地盤の位置、層厚、広がり、透水性等が分かるように 1/100 あるいは 1/200 程度の鉛直方向縮尺の土質縦断図を作成する。横断方向についても同様の土質横断図を作成する。また、土質試験の結果は、深さ方向の含水比、土粒子の密度、湿潤密度、間隙比、透水係数、細粒分含有率などの変化が分かるように整理し図示する。地下水変動調査の結果については、その観測地点と水頭を河川平面図（1/1,000～1/5,000 程度で、標準 1/2500）に記入し、地下水の等水位曲線を求めるものとする。各観測地点の水位時間曲線も併せて整理してそれを図示する。

#### <関連通知等>

- 1) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
- 2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
- 3) JIS A 1219 標準貫入試験方法.
- 4) JIS A 1220 オランダ式二重管コーン貫入試験.
- 5) JIS A 1221 スウェーデン式サウンディング試験方法.
- 6) JIS A 1204 土の粒度試験方法.
- 7) JIS A 1203 土の含水比試験方法.
- 8) JIS A 1202 土粒子の密度試験方法.
- 9) JIS A 1225 土の湿潤密度試験方法.
- 10) JIS A 1216 土の一軸圧縮試験方法.
- 11) JIS A 1217 土の段階載荷による圧密試験方法.
- 12) JGS 0520～0524 土の三軸圧縮試験.
- 13) JGS 0560, 0561 土の一面せん断試験.
- 14) JIS A 1218 土の透水試験方法.
- 15) JIS A 1217, 1227 土の圧密試験.
- 16) JIS A 1226 土の強熱減量試験方法.

### 2. 1. 5 盛土材の調査

#### <考え方>

河川堤防が降雨や洪水時の浸透水の影響、地震時の堤体液状化の影響等により変状を生じないように、粒度分布の広い良質な土質材料を選定し、施工においては適切な含水比で、十分に締め固める必要がある。

## <標準>

河川堤防の堤体材料選定のための土質・地質調査は、次の調査を行うことを標準とする。

- 1) 予備調査及び現地踏査
- 2) 本調査

なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004）」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009）」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

## <推奨>

予備調査及び現地踏査、本調査を実施する際には、以下のとおり実施することが望ましい。

なお、強度の小さい軟弱な粘性土、透水性の高い砂又は砂質土・礫質土又は軟岩などは、一般に河川堤防の堤体材料として適当ではないが、やむを得ず使用する場合もあり、これらの材料については特に注意して調査を行う必要がある。

### 1) 予備調査及び現地踏査

土取場予定地の概括的な把握と堤体材料として選定を行うための土質・地質等の状況の把握を目的として予備調査及び現地踏査を実施する。

予備調査においては、本章 第1節 1.2 調査の手順 1) 予備調査 を参照するほか、特に、土取場予定地付近の地形、地質及び土質に関する資料を重点的に収集し、現地踏査のための資料とする。

現地踏査においては、土取場予定地の露頭調査及びポータブルコーン貫入試験等により簡単な原位置貫入試験を行い、河川堤防の材料選定のための資料とする。

### 2) 本調査

本調査は、材料の良否、施工機械の施工性、締固めの難易の把握等を目的として実施する。土取場予定地において必要に応じ、サウンディング試験・原位置試験・試料採取を現地状況に応じて実施するとともに、採取した試料により土質試験を実施し、結果のまとめを実施する。

なお、高品質な河川堤防を築堤するために、必要に応じて試験施工も実施するとともに、施工管理に関わる原位置試験についても適切に実施する。

#### a) サウンディング試験・原位置試験・試料採取

サウンディング試験では、土取場予定地の土質・地質状況の把握を目的として実施する。土取場予定地が土である場合はポータブルコーン貫入試験等を、軟岩の場合には弾性波探査等を実施する。また、必要に応じて砂置換法による土の密度試験方法の測定等を行って、現場密度を求める。

また、土取場予定地の試料を、オーガーボーリング、機械ボーリング、手掘等により各土層から少なくとも1個以上採取する。なお、均一な土層であっても掘削範囲が広い場合には500 m<sup>2</sup>に1か所の間隔を目安に試料を採取する。

#### b) 土質試験

土取場予定地の土質特性を定量的に把握することを目的に採取した試料を利用して土質試験を実施する。必要に応じて次に示す土質試験を実施する。

- ① 土の粒度試験：粒径加積曲線，有効径  $D_{10}$ ，均等係数  $U_c$ ，曲率係数  $U'_c$  など
- ② 土の含水比試験：含水比  $w$  など
- ③ 土粒子の密度試験：土粒子の密度  $\rho_s$  など
- ④ 液性限界・塑性限界試験：液性限界  $w_L$ ，塑性限界  $w_p$ ，塑性指数  $I_p$  など
- ⑤ 突固めによる土の締固め試験：最適含水比  $w_{opt}$ ，最大乾燥密度  $\rho_{max}$
- ⑥ 締固めた土のコーン指数試験：コーン指数  $q_c$
- ⑦ その他の試験

### 3) 結果のまとめ

予備調査及び現地踏査並びに本調査の結果は、土取場予定地の土量計算ができる精度の地形図に整理する。

また、サウンディング試験・原位置試験並びに土質試験結果により、1/100 あるいは 1/200 程度の鉛直方向縮尺の土質横断図を作成する。更に、土質試験及び原位置試験の結果は、それぞれの土質について整理する。

### 4) 試験施工

所定の締固め度を満足する転圧回数を見いだすため、必要に応じて試験施工を実施する。試験施工の規模は現場の条件を考慮して設定する。試験施工を行う場合には、転圧回数  $N=2, 4, 6, 8, 10$  回において砂置換法による土の密度試験、RI 計器による土の密度試験、ポータブルコーン貫入試験、表面沈下量等の測定を行うことを標準とする。なお、測定点数は図 15-2-2、表 15-2-2 を目安とする。

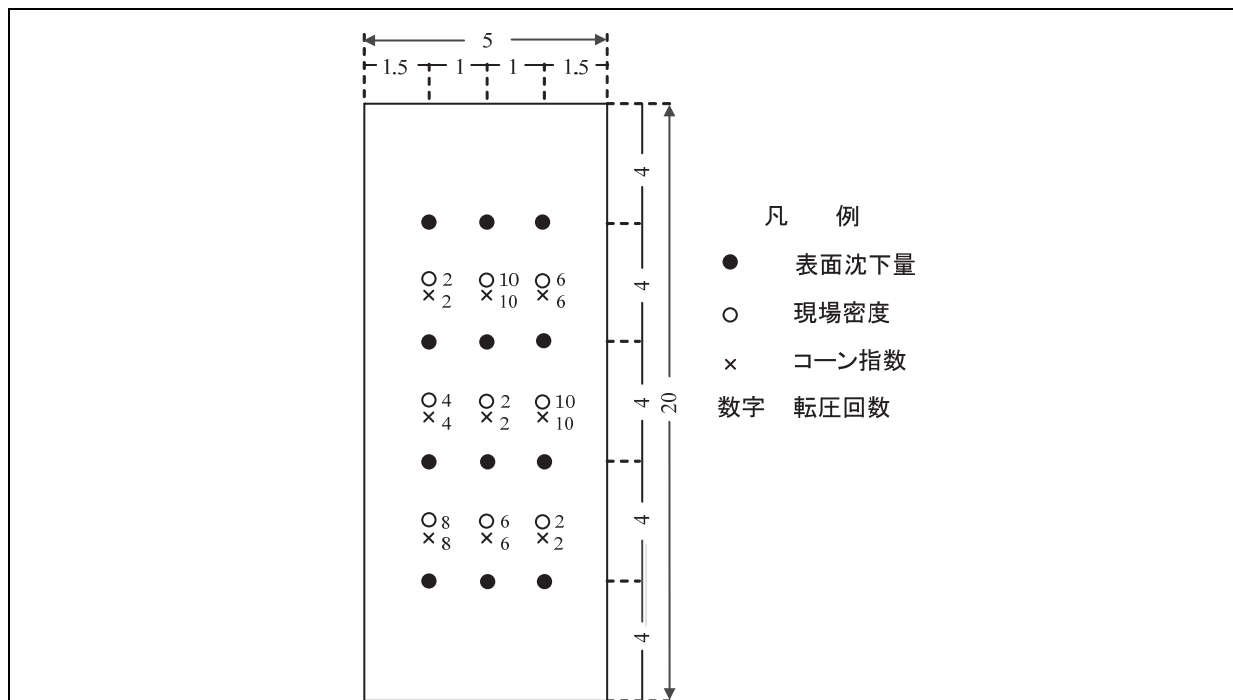


図15-2-2 試験施工の測定項目と測点位配置の一例

表15-2-2 試験施工における一般的な測定項目と測定頻度

試験盛土寸法	表面沈下量	現場密度	コーン指数
	測定点数	測定点数	測定点数
5m×20m	12	9	9

#### 5) 施工管理

施工した堤体の品質を確保するため、施工管理を実施する。施工管理では、砂置換法による土の密度試験方法、RI 計器による土の密度試験方法等を実施する。

#### <関連通知等>

- 1) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
- 2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
- 3) JGS 1431 ポータブルコーン貫入試験.
- 4) JIS A 1204 土の粒度試験方法.
- 5) JIS A 1203 土の含水比試験方法.
- 6) JIS A 1202 土粒子の密度試験方法.
- 7) JIS A 1205 土の液性限界・塑性限界試験方法.
- 8) JIS A 1210 突固めによる土の締固め試験方法.
- 9) JGS A 0716 締固めた土のコーン指数試験.
- 10) JIS A 1214 砂置換法による土の密度試験方法.
- 11) JGS 1614 RI 計器による土の密度試験.

## 2. 2 既設の河川堤防の安全性照査時の調査

### 2. 2. 1 調査方針

#### <考え方>

既設の河川堤防の安全性照査のための土質・地質調査は、洪水時における浸透や地震など想定する外力に対する堤防の弱点個所の抽出及び補強手法の検討を目的として実施する。

河川堤防は長い歴史の中で順次築堤されてきた構造物であることから、堤体の土層構成が複雑であり、強度が不均一である。そのため、顕在化していない弱点個所の把握等を目的として、堤体土構造と基礎地盤の土質・地質等を明らかにすることが重要となる。また、総合的に安全性を判断するため、高水敷の有無、堤内地盤高、漏水等の被災履歴、既設対策工の有無、構造物とその周辺の変状等にも着目する必要がある。

#### <標準>

河川堤防の整備状況やその目的に応じ、適切かつ十分な資料を得られるよう、次の調査を行うことを標準とする。

- 1) 予備調査及び現地踏査
- 2) 本調査

なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004）」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009）」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

### 2. 2. 2 予備調査及び現地踏査

#### <考え方>

予備調査及び現地踏査は、既設の河川堤防が存在する地域の概括的な把握と地形、土質・地質等の特性の把握を目的として行う。

#### <標準>

予備調査においては、既設の河川堤防付近に沿って既往の土質・地質調査資料を重点的に収集するとともに、旧地形、堤防の築堤・被災の履歴、高水敷や既設対策工の有無、構造物とその周辺の変状、河道特性や堤内地盤高（洪水氾濫区域）等の資料を収集することを基本とする。

現地踏査は、堤防の位置並びに付近一帯において本章 第2節 2.1.2 予備調査 及び現地踏査と同様の調査を実施するとともに、予備調査の結果を確認することを基本とする。

予備調査及び現地踏査の結果を用いて、地形・地盤条件、堤防構造、被災履歴、既設対策工、河道特性や洪水氾濫区域等が同一、又は類似する区間である一連区間を設定するものとする。

### 2. 2. 3 本調査

#### <考え方>

本調査は、洪水時の浸透や地震等想定する外力に対する堤防の弱点個所である代表断面を選定し、選定された代表断面について堤体土構造と基礎地盤の状況を把握することを目的に実施する。

河川堤防設計指針や河川構造物の耐震性能照査指針にしたがって実施する照査や設計等における調査結果の利用を踏まえ、適切な調査計画を策定することが重要である。

### <標準>

本調査においては、一連区間を堤防の機能及び安全性が同程度とみなせる区間ごとに細分化し、細分化した区間において代表断面を選定するために、堤防縦断方向の調査を実施し、選定された代表断面において堤防横断方向の調査を実施することを基本とする。

本調査の堤防縦断方向及び横断方向の土質調査では、調査目的等を十分に把握した上で、現地状況に応じて適切に調査位置、調査方法、調査密度等を設定しボーリング調査及びサウンディング試験を実施するとともに、採取した試料により土質試験を実施し、調査結果を土質縦・横断図に取りまとめることを基本とする。

### <推奨>

本調査の堤防縦断方向及び堤防横断方向の土質調査の調査位置及び調査密度は、現地状況や堤防の規模、堤体並びに基礎地盤の土質構成の複雑さにより異なるが、その目安を表 15-2-3 に示す。

堤防の築堤・被災履歴や既往のボーリング調査結果等から、堤体及び基礎地盤の土質構成が複雑な場合には、ボーリング調査を追加で行うことや、ボーリング調査地点を補完するようサウンディング等の調査を行うことが望ましい。

堤体の液状化等の液状化特性把握のための地盤調査では、液状化の可能性のある砂質土の位置・強度を把握するだけでなく、地下水位を的確に把握することが重要であるため、地下水位を確認するまで無水ボーリングとすることが望ましい。

重複する部分が多い透水特性と液状化特性の調査においては、効率的に調査を進めるため、同時に実施することが望ましい。

表15-2-3 本調査の標準的な位置と密度

調査段階 調査の種類	本調査 (堤防縦断方向)	本調査 (堤防横断方向)	
		液状化特性把握のための 地盤調査	透水特性把握のための 地盤調査
ボーリング 調査	頻度		
	透水特性把握のための調査では、堤防付近に沿って 1 箇所/1~2km 程度	一連区間で液状化に対して条件が厳しい地点を選定 横断方向	一連区間で浸透に対して条件が厳しい地点を選定 横断方向
	液状化特性把握のための調査では、堤防付近に沿って 1 箇所/4~500m 程度	表のり尻付近 1 箇所 天端 1 箇所 裏のり尻付近 1 箇所	表のり中央付近 1 箇所 天端 1 箇所 裏のり中央付近 1 箇所
	深度		
液状化特性把握のため 支持層が確認される深さまで	地震時に液状化が想定される層 下端の深さまでとし、軟弱層(液状化が想定される層)が厚い場合には、地盤種別の判定ができる深さ 25m 程度まで	基礎地盤の上面から最低限 10m 以上、連続した不透水層までまたは 20m まで	
透水特性把握のため 基礎地盤の上面から 10m 程度の深さまで			
主目的			
土層構成の把握 (液状化が想定される地盤、透水性地盤の確認)、乱れた試料採取	土層構成・地下水位の把握、乱れた試料採取が主目的	層構成の把握、試料採取、現場透水試験実施が主目的	
サウンディング試験	頻度		
	天端中央付近に沿って 1 箇所/50-100m	横断方向に堤防の大きさや地盤の広がりに応じ、 数箇所/1 横断	横断方向に堤防の大きさや地盤の広がりに応じ、 数箇所/1 横断
	深度		
	液状化が想定される層下端、または地盤種別の判定が可能な層まで		
試料採取	平面的な頻度		
	天端中央付近に沿って 1 箇所/200m 程度	横断方向 表のり尻付近 1 箇所 天端 1 箇所 裏のり尻付近 1 箇所	横断方向 表のり中央付近 1 箇所 天端 1 箇所 裏のり中央付近 1 箇所
	深度方向の頻度		
1 個以上/2m または土層の変化が著しい場合 1 個/土層	1 個以上/2m または土層の変化が著しい場合 1 個/土層 液状化が想定される層において 1 個以上/1m	1 個以上/2m または土層の変化が著しい場合 1 個/土層	
現場透水試験	—	—	横断方向 表のり中央付近 1 箇所 裏のり中央付近 1 箇所 深度方向 1 個以上/土層



調査段階 調査の種類	本調査 (堤防縦断方向)	本調査 (堤防横断方向)	
		液状化特性把握のための 地盤調査	透水特性把握のための 地盤調査
土質試験	1個以上/2m または土層の変化が著しい場合 1個/土層	深度方向の頻度	
		1個以上/2m または土層の変化が著しい場合 1個/土層 液状化が想定される層において は物理試験を 1個以上/1m	1個以上/2m または土層の変化が著しい場合 1個/土層

### <関連通知等>

- 1) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
- 2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
- 3) JIS A 1219 標準貫入試験方法.
- 4) JIS A 1220 オランダ式二重管コーン貫入試験.
- 5) JIS A 1221 スウェーデン式サウンディング試験方法.
- 6) JIS A 1204 土の粒度試験方法.
- 7) JIS A 1203 土の含水比試験方法.
- 8) JIS A 1202 土粒子の密度試験方法.
- 9) JIS A 1225 土の湿潤密度試験方法.
- 10) JIS A 1205 土の液性限界・塑性限界試験方法.
- 11) JIS A 1216 土の一軸圧縮試験方法.
- 12) JIS A 1218 土の透水試験方法.
- 13) JGS 1314 単孔を利用した透水試験.
- 14) JGS 0541 土の繰返し非排水三軸試験.
- 15) 河川堤防設計指針，平成14年7月12日，国河治第87号，国土交通省河川局治水課長，最終改正：平成19年3月23日国河治第192号.
- 16) 河川構造物の耐震性能照査指針，平成24年2月3日，国水治第118号，国土交通省水管理・国土保全局治水課長通達.

### <参考となる資料>

既存の河川堤防の安全性照査時の調査については、下記の資料が参考となる。

- 1) (財)国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き，2002.

## 2.3 河川堤防の被災時の調査

### <考え方>

河川堤防の被災原因を把握するための土質・地質調査は、豪雨や出水、地震等による被災原因の把握と復旧策の検討等の目的に応じ、これまで蓄積された調査データと併せ、適切かつ十分な資料を得ることを目的に実施する。

「河川堤防設計指針」や「河川構造物の耐震性能照査指針」等における調査結果の利用を踏まえ、適切な調査計画を策定することが重要である。

### <標準>

被災が発生した堤体、基礎地盤及びその周辺を対象に、次の調査を行うことを標準とする。

- 1) 予備調査及び現地踏査
- 2) 本調査

本調査においては、被災の状況及び想定される発生メカニズムに応じて、適切な調査や解析を実施するものとする。

なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004）」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009）」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

#### <推 奨>

予備調査においては、被災前後の河川水位及び降雨の状況、堤防の諸元、堤防の築堤・被災の履歴、堤体と基礎地盤の土質、高水敷の有無、堤内地盤高、旧地形、既設対策工の有無、構造物とその周辺の変状、堤防開削調査結果等を調べるのが望ましい。また、地震については、震央や規模等の地震の諸元、被災個所近傍の震度や加速度等の地震動の強さを調べておくとい。

現地踏査においては、被災の規模・形態、被災後の断面形状、発生経緯、周辺地盤や周辺構造物の変状等を確認するとともに、被災当時の状況や既往の被害等について聞き取り調査を実施することが望ましい。

堤防を開削する場合には、土質調査と併せて、本章 第2節 2.4 河川堤防開削時の調査 を実施することが望ましい。

構造物周辺の堤防被災の際には、本章 第3節 3.2 河川構造物の新設時の調査 に示す構造物の変状を把握するための調査も併せて実施することが望ましい。

#### <例 示>

##### 1) 代表的な調査と解析

###### a) 土質調査

被災状況や想定される被災メカニズムを考慮し、本章の第2節 河川堤防の土質地質調査 を参考に調査位置、調査方法、調査密度等を適切に設定し、ボーリング調査やサウンディング試験を実施するとともに、採取した試料により土質試験を実施する。

たとえば、浸透による堤防被災において、堤防がすべり等の被害を受けた場合は堤体の土質調査を、基礎地盤がパイピング等の被害を受けた場合は基礎地盤の土質調査を実施する。軟弱地盤で発生する堤防の沈下や地震による被災では、軟弱層や液状化した層を把握するため、基礎地盤等の土質調査を行うことが考えられる。

###### b) 浸透流解析・円弧すべり解析

浸透流解析は、堤体あるいは堤防地盤の漏水の調査・検討の手段として実施されるものであり、既設堤防における漏水現象の発生機構を検証するとともに対策工法の効果を確認するための解析である。有限要素法（FEM）による断面二次元飽和・不飽和非定常浸透流解析が広く行われているが、矢板や堰を迂回する浸透水の流れ等を扱う場合等では、必要に応じて平面二次元若しくは準三次元の解析も併せて行われる。解析には堤体及び基礎地盤の土質構造の適切なモデル化、土質物性値の設定、初期地下水位、初期飽和度、堤内地下水位の遠方境界条件の設定、降雨・河川水位の外力設定等、解析結果に大きな影響を与える重要な事項

を適切に設定する必要がある。

c) 圧密沈下解析

圧密沈下解析は、堤防の変状及び沈下量を把握するための検討の手段として実施されるものであり、既設堤防の現況の沈下量を検証するとともに今後の沈下量の予測及びその対策工の効果を確認するための解析である。堤防の沈下量は一次元解析と有限要素法（FEM）による二次元解析手法があり、詳細な検討や堤防の変状も併せて検討を行う場合に FEM 解析が用いられる。なお、解析には堤体及び基礎地盤の土質構造の適切なモデル化、初期間隙比等の土質物性値の設定等、解析結果に大きな影響を与える重要な事項を適切に設定する必要がある。

d) 地震時地盤変形解析

地震時地盤変形解析は、堤防基礎地盤の液状化に伴う堤防の変形量を把握するための検討の手段として実施されるものであり、既設堤防の地震後の変形量を検証するとともに対策工の効果を確認するための解析である。堤防の変形量は有限要素法（FEM）等による解析手法を用い、その手法には静的解析と動的解析がある。解析に必要な数多くのパラメータを各種土質試験により把握した上で、地震動に対するより複雑な挙動を解析することができる動的解析を用いる場合もあるが、一般的には、少ない地盤定数である程度の解析精度を有する静的解析手法により堤防の変形量を把握することが可能である。いずれの解析においても、特に基礎地盤の液状化層が浅い位置にある場合や堤体自体の液状化が疑われる場合には、ボーリング調査において地下水位が確認できるまで無水掘りを行うなど、地下水位をできるだけ正確に把握する必要がある。

なお、被災原因調査のための地盤変形解析では、凍結サンプリング等による乱れの少ない試料を採取し、土質試験により対象層のより正確な液状化強度を把握することが望ましい。

2) 河川堤防の主な被災の形態とそのメカニズム

被災時の調査の計画、実施に当たっては、以下の a)～i) に示す河川堤防の主な被災の形態とそのメカニズムを参考にするとよい。

a) 浸透による堤防被災

① 雨水、流水の浸透による堤防強度の低下に起因する堤防決壊

流水及び雨水の堤体への浸透によって、堤体内の浸潤線が上昇しそれによって堤体重量の増加と、堤体土のせん断抵抗低下により、堤体の安定を保持できずに、堤防が崩壊するものである。

② パイピング、ボイリング

川の水位が上昇し堤内水位との水位差が大きくなってくると、堤体又は基礎地盤に河水が浸透する。この浸透流が土粒子の限界流速を超えると地下侵食（浸透破壊）が生じ地盤内に空洞が形成（パイピング）され、その拡大によって堤防が陥没し決壊に至る。ボイリングは浸透流上部の地盤が、浸透圧によって上部地盤の荷重を超えて土砂と水を噴出し堤防決壊に至るものである。

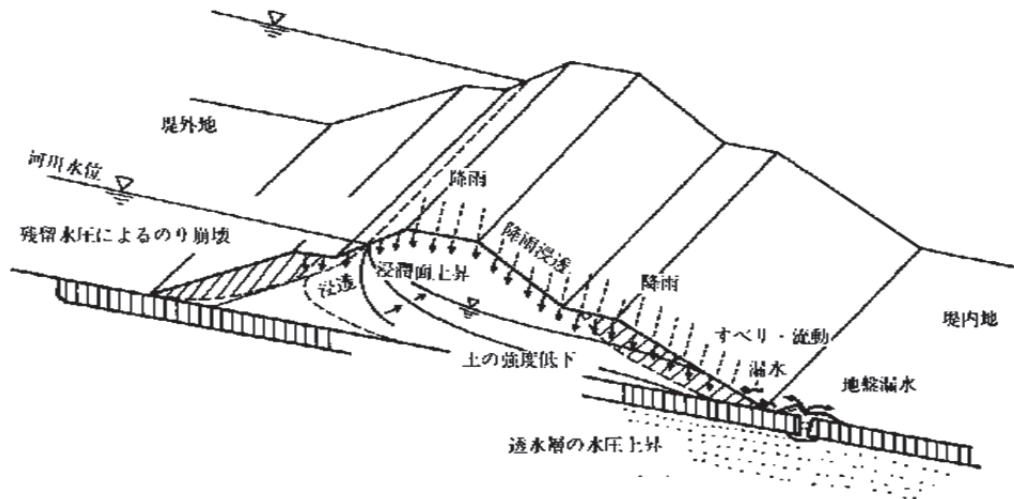


図15-2-3 堤防への降雨、河川水の浸透と漏水

b) 洗堀による堤防被災

① 堤防の直接侵食

河道内の流水によって堤防が直接侵食を受け決壊するものである。

また、河道の水位が上昇する前の降雨によってガリ侵食が発生し、その後水位が上昇し、河道内の流水の作用によって決壊に至る場合もある。

② 高水敷横侵食進行による堤防決壊

低水路河岸の洗堀から高水敷の横侵食を経て、堤防決壊に至るものである。

c) 越水による堤防被災

流水の越流によって起こる川裏堤脚部や裏のり肩部からの洗堀や、裏のり面の侵食作用によって堤防が決壊するものである。

d) 構造物周辺の堤防被災

① 樋管周辺の空洞化による堤防被災

樋管等管体周辺に発生する空洞によって水みちが形成され、流水の浸透作用を容易にし大量の漏水によって堤防が決壊するものである。

② 樋管の継手、クラック等からの吸い出しによる堤防被災

樋管の変位によって生ずる伸縮継手の止水板破断や管体のクラックから、管内流水の吸い出しによって、堤体に空洞が生じ陥没することによって起こる堤防被災である。

e) 地震による被災

地震による堤防被災の多くは、堤体基礎地盤の緩い砂層の液状化によって堤体が沈下するものである。また、緩い砂質土からなる堤防の基礎地盤が軟弱な粘性土層の場合には、堤体土の一部が液状化する場合がある。

f) 急激な水位低下による表法面の崩壊

流水によって高い水位が継続した後、急激に水位が低下するような場合、堤体浸透水の残留水圧によって川表のり面が崩壊することがある。

g) 腹付け盛土等によって生ずる堤防の亀裂

堤防の拡幅又は兼用道路等の新たな腹付け盛土によって、その盛土基礎地盤が沈下し、それに引き込まれるような形で堤防天端等縦断方向に亀裂が発生するものである。

h) 軟弱地盤で発生する堤防の沈下

塑性指数の極めて高い高含水比の基礎地盤上の堤防では、突然一夜にして堤防が沈下してなくなってしまうような現象が起こることがある。また、軟弱な基礎地盤上の堤防には縦断方向の不陸が発生することがある。

i) 落差を持った河道横断構造物周辺の堤防被災

洪水時に落差を持って流れるような固定堰等では、上流高水敷に乗り上げた洪水流（迂回流）が高水敷を洗掘したり、下流側で落差を持った状態で落ち込むときに河岸を洗掘し、それが進行して堤脚に迫り堤防が被災するものである。

<関連通知等>

- 1) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
- 2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.

<参考となる資料>

河川堤防の被災時の調査については、下記の資料が参考となる。

- 1) 河川堤防設計指針，平成 14 年 7 月 12 日，国河治第 87 号，国土交通省河川局治水課長，最終改正：平成 19 年 3 月 23 日国河治第 192 号.
- 2) 河川構造物の耐震性能照査指針，平成 24 年 2 月 3 日，国水治第 118 号，国土交通省水管理・国土保全局治水課長通達.
- 3) (財)国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き，2002.
- 4) 日本道路協会：道路土工指針 軟弱地盤対策工指針，1986.
- 5) 河川環境管理財団：堤防維持管理技術 河川堤防の現地における目視点検の視点，2010.

## 2.4 河川堤防開削時の調査

<考え方>

河川堤防開削時の調査は、堤防の質的向上に資するために築堤の履歴や堤体を構成する土質、水みちなどを把握・確認することを目的として実施する。現状の調査技術では、長い年月にわたり築堤され複雑な土層構造をもつ堤防の内部を完全に把握することは困難であるため、河川堤防開削時に堤防の内部構造を把握するための調査を行うことが重要である。

<標準>

河川堤防を開削する際には、必要に応じて、次の調査を行うことを基本とする。

- 1) 基礎調査
- 2) 事前調査
- 3) 開削時調査

なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004）」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009）」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法を適用するものとする。

## <推奨>

河川堤防を開削した際の基礎調査、事前調査、開削時調査は、以下のとおり実施することが望ましい。詳細は、河川堤防開削時の調査マニュアルにしたがって実施することを基本とする。

### 1) 基礎調査

調査箇所付近の既往の土質・地質調査資料、現在の地形図や空中写真、治水地形分類図あるいは旧版地形図、古い空中写真、災害記録、河川改修等工事記録（築堤履歴や変状・補修の履歴）を収集・整理を行う。

### 2) 事前調査

現地調査により、調査予定個所の堤体表面や構造物の現状、変状の概要を調査し、変状が確認された場合には、変状の種類と規模を定量的に把握する。

### 3) 開削時調査

堤防横断方向の開削法面における土質分布、混入物及び空洞や亀裂等の変状等を観察スケッチするとともに、写真撮影する。また、樋門等構造物及びその周辺に変状が確認された場合は、上記に加え、埋め戻し土の土質とその範囲や構造物自体の変状、構造物下の変状を観察する。なお、液状化による被災後の開削調査の場合には、地下水位をより正確に把握するために、開削調査前にトレンチ掘削を実施することが有効な場合がある。また、堤体内に貫入した噴砂痕や流動した砂層（堤体の場合もある）を正確に記録し、築堤履歴や変状、地下水位との関係を整理することが重要である。

観察結果を基に、土質分布ごとに砂置換法あるいはコアカッター法を用いて現場密度試験を実施する。堤体土に緩み等の変状が確認できる場合には、適宜、現場密度試験を追加する。

堤体土を採取し、土質工学的特性を把握するため室内土質試験を実施する。室内土質試験として、土の粒度試験、土の含水比試験、土粒子の密度試験、液性限界・塑性限界試験、以下の試験、土の透水試験、土の三軸圧縮試験(UU、CD、CUB)、土の繰返し非排水三軸試験、突固めによる土の締固め試験が考えられる。

## <関連通知等>

- 1) 河川堤防開削時の調査マニュアル，平成 23 年 3 月，国土交通省河川局治水課.
- 2) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
- 3) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
- 4) JIS A 1204 土の粒度試験方法.
- 5) JIS A 1203 土の含水比試験方法.
- 6) JIS A 1202 土粒子の密度試験方法.
- 7) JIS A 1205 土の液性限界・塑性限界試験方法.
- 8) JIS A 1218 土の透水試験方法.
- 9) JIS A 0520～0524 土の三軸圧縮試験.
- 10) JGS 0541 土の繰返し非排水三軸試験.
- 11) JIS A 1210 突固めによる土の締固め試験方法.

### 第3節 河川構造物の土質・地質調査

#### 3. 1 調査方針

##### <考え方>

本節では河川構造物として、堰、水門、樋門(樋管も含めてここでは樋門と称する)等を対象としている。

河川構造物の土質・地質調査は、新設するための計画・設計・施工、又は維持管理に必要な構造物の安全性等に影響する地盤の分布及びそれらの状況を適切に把握することを目的に実施する。

#### 3. 2 河川構造物の新設時の調査

##### 3. 2. 1 調査方針

##### <考え方>

一般に河川構造物を新設する場合、建設地点の選定あるいは概略設計等のように計画のために行われる調査と、実施のための詳細な調査が行われる。前者が予備調査及び現地踏査で、後者が本調査である。調査をこのように分けて行うのは、計画、調査、設計を効果的かつ能率的に行うためである。

土質・地質調査に当たっては、河川構造物の計画、基礎の形式選定、設計条件の決定のためのみならず、近接構造物への影響、施工中の仮設構造物等の設計、施工管理のため、あるいは将来の河川構造物の維持管理まで考慮することが望ましい。

土質・地質調査の範囲、精度は対象とする河川構造物、その構造物の規模、機能、重要度等によって異なるので、当該地盤と河川構造物の組合せを考慮して最も適切なものを選ぶ必要がある。たとえば構造物の平面寸法が大きい場合にはボーリングの調査本数を増す必要がある。また、堰などで上部構造の変位が制限されている場合、基礎の水平変位を詳しく求める必要があるので、詳細な土質・地質調査のほか載荷試験を行う必要が増す。また、杭基礎などで、杭本数が極めて多い場合、経済性を追求するためにも載荷試験が行われることが多い。

##### <標準>

河川構造物の新設時の土質・地質調査は、河川構造物の計画、設計、施工等の目的に応じ、適切かつ十分な情報が得られるように行うものとし、次の調査を行うことを標準とする。

- 1) 予備調査及び現地踏査
- 2) 本調査

なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説(地盤工学会、2004)」と「地盤材料試験の方法と解説(地盤工学会、2009)」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

##### 3. 2. 2 予備調査及び現地踏査

##### <考え方>

予備調査及び現地踏査は、河川構造物を新設する地点の地形特性及び地盤を構成する地層の性状の概要を把握し、基礎形式の選定、予備設計、本調査の計画等に必要な資料を得ることを目的に実施する。

##### <標準>

予備調査において、対象となる地区の地形や地盤の構成の概略状況を既存の土質・地質調査

資料あるいは地形図、航空写真等を通して把握することを基本とする。

現地踏査は、地表で見られる岩石や土層の状態から地下の地質を判断する一連の野外作業であり、河川構造物を新設する地点周辺を踏査して露頭等を観察しながら踏査図をつくり、その間を埋めて平面的な調査区域について地質図を作成するとともに、地形を観察して地形分類を行い、地すべり等の発生の有無、施工上の障害又は問題となる地形・地質の有無を調べることを基本とする。

#### < 推 奨 >

予備調査は、以下のとおり実施することが望ましい。

##### 1) 既存の地盤に関する資料の調査

大略の地層構成を把握するため、調査区域近傍の既往地盤調査や井戸等の資料を収集する。

##### 2) 既存構造物の調査

河川構造物を新設する地点の大略の地層の構成を把握するために、調査区域の近傍に構造物がある場合には、その基礎形式、規模、構造物の沈下や傾斜等の有無とその度合い、工事記録等の調査資料を収集する。

##### 3) その他の資料の調査

設計のために必要なその他の資料としては次のようなものが挙げられ、これらについても必要に応じて調査を行う。

- a) 地質状況が分かる各種地図（土地条件図、土地利用図、土地分類図、古地図等）
- b) 航空写真、リモートセンシング、GIS等による広域的調査資料
- c) 地すべり、崩壊、土石流、河川の氾濫等の災害に関する資料
- d) 騒音、振動等の環境保全に関する法規等
- e) 活断層に関する資料

### 3. 2. 3 本調査

#### < 考え方 >

本調査は、河川構造物を新設する地点の基礎地盤の構成、性質、地下水の状況等を把握することを目的に実施する。

#### < 標 準 >

本調査においては、河川構造物の予備設計・詳細設計を行うために必要な地盤条件や施工条件、設計に用いる地盤定数等を明らかにするために、ボーリング調査及びサウンディング試験等を行うとともに、採取した試料により土質試験等を実施し、結果をまとめることを基本とする。

なお、各種調査・試験を実施する際には、地盤調査の方法と解説と地盤材料試験の方法と解説に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

#### < 推 奨 >

本調査を実施する際には、以下のとおり実施することが望ましい。



## 1) ボーリング調査

ボーリング調査は、地層構成の把握と地下水位の判定のために行う。

岩盤を対象とする場合は、ボーリングによる土層区分とボーリングで得られるコア試料で工学的な判定をする場合が多い。ボーリング位置の選定は、調査において重要な位置付けとなるので、必要な個所で、必要な数量、必要な深さまで行うように十分に検討する必要がある。

岩盤を支持層とする場合でも、河川構造物の規模や重要度によっては、表層付近の軟岩層が風化、亀裂、断層等の状態により支持層とすることができない場合がある。このため、新鮮な基盤まで調査を行い、地層の状態を確認し、支持層として適切な層を選定できるような情報が得られるようにすることが必要である。

ボーリング調査は、次のとおり行う。

### a) 調査地点

調査地点は、河川構造物を新設する位置とし、構造的に独立した基礎1基ごとに調査を行う。ただし、幅5m以下程度の1連からなる樋門においては、管軸に沿って3か所調査することとし、函渠長が短い場合には1~2地点の調査を行う。

また、既設構造物による障害等で実施が困難な場合には、最寄りの位置で行う。

### b) 調査する深さ

調査する深さは、一般に支持力、すべり、圧密沈下、液状化、透水、施工等に影響する範囲とし、河川構造物に応じた良質な支持層又は基盤面が確認される深さまで行う。支持層は河川構造物の規模や重要度、基礎に作用する荷重条件等によって異なるが、一般的な目安としては、砂層・砂礫層では $N$ 値が大略30以上、粘性土層では $N$ 値が大略20以上として、これらの層厚が3~5m以上連続している必要がある。また、支持層が沖積層である場合には、沖積層全層の調査を行う。

また、液状化が想定される地盤では、本章第2節2.1.4(3)液状化地盤調査に準じて調査する。

必要に応じて、河川構造物の設計を行うために試料の観察と各種試験に供するために試料採取を行う。採取された土は、「乱れた試料」と「乱れの少ない試料」とに区分され、土質試験等に用いられる。

試料採取の方法は、適用土質及びその硬軟によって適切なものを選定する必要がある。崩壊しやすく、自立しないような土や砂質地盤の液状化の判定に用いる三軸強度比に関して室内試験により詳細な検討を行う場合には、試料の採取による乱れが試験結果に及ぼす影響が大きいため、凍結サンプリング等により試料を採取することが望ましい。

なお、試料採取の位置に関しては、4)土質試験等による。

## 2) サウンディング試験

標準貫入試験は、ボーリング調査に併用して最もよく用いられており、地層構成の推定のための役割を持つとともに、実測した $N$ 値から各種地盤定数を相関関係により求めることもできる。原位置ベーンせん断試験は、原位置において土のせん断強度(主として粘着力)を直接求める方法である。ポータブルコーン貫入試験、オランダ式二重管コーン貫入試験、電気式静的コーン貫入試験及びスウェーデン式サウンディングは、地盤の硬軟、締り具合を調べることができる。これらの調査は、ほかの調査・試験方法と併用されることが多く、調査の目的に合わせて位置、深さ及び試験回数を決める。

## 3) その他の原位置試験

### a) 地下水調査

地下水調査は地下水そのものの調査と帯水層の分析並びにその性質の調査とに分かれる。詳しくは、第2章 水文・水理観測 第6節 地下水観測 を参照のこと。

#### b) 載荷試験

載荷試験は、地盤や杭に直接載荷して支持力や地盤反力係数、ばね定数等を求める試験であり、地盤の平板載荷試験、孔内水平載荷試験、杭の鉛直又は水平載荷試験等がある。また、岩盤ではブロックせん断試験等が挙げられる。

#### c) 物理探査及び物理検層

物理探査及び物理検層で測定される各種物理量は、地盤の力学的、工学的性質をそのまま示すものではなく、あくまで全体の地盤状態を表すものであることを認識し、ほかの調査を併用してその解釈に誤りのないようにすることが大切である。

物理探査及び物理検層のうち、主として用いられるものとして、物理探査法では弾性波探査、音波探査、電気探査、電磁探査など、物理検層法では速度検層、PS 検層、電気検層、密度検層等がある。

これらの調査の中で、最も高い頻度で行われるのが弾性波探査やPS（速度）検層である。これらは、微小ひずみ時のせん断弾性波（S波）速度を求めるためのものであり、たとえば耐震設計においては、この値によって耐震設計上の基盤面を決定するとともに、基盤地盤の動的な応答特性を推定する場合がある。また、岩盤では、P波の速度により、岩盤の硬軟や風化の程度を把握することが行われている。

### 4) 土質試験等

#### a) 土質試験

土質試験には土粒子の密度、含水比、粒度、コンシステンシー、単位重量、間隙比等の土の物理的性質を求める試験、粘着力、せん断抵抗角、変形係数、圧縮指数、圧密係数等の土の力学的特性を求める試験がある。

物理的性質を求める試験は、複雑な土を判別・分類するとともにほかの試験値、測定値と照合して総合的な判定を行うのに役立つので、同一性状を示すと判断される層ごとに試験を行う。

力学的性質を求める試験は、地層の連続性や層厚等を考慮してその試験位置を定め、拘束圧や排水条件等を考慮して適切な試験条件を設定する。

試料採取の位置は、同一の地層では土の力学的性質は水平方向よりも深さ方向に変化するので、代表的な位置で深さ方向に連続して行う。また、設計上考慮すべき位置とすることが肝要である。たとえば、杭基礎等の水平抵抗に着目する場合には水平抵抗への影響の大きい比較的浅い範囲で多く行う。

主な土質試験を次に示す。

- ① 土の粒度試験：粒径加積曲線、有効径  $D_{10}$ 、均等係数  $U_e$ 、曲率係数  $U_c$  等
- ② 土の含水比試験：含水比  $w$  など
- ③ 土粒子の密度試験：土粒子の密度  $\rho_s$  など
- ④ 土の湿潤密度試験：湿潤密度  $\rho_t$ 、乾燥密度  $\rho_d$ 、間隙比  $e$  など
- ⑤ 液性限界・塑性限界試験：液性限界  $w_L$ 、塑性限界  $w_p$ 、塑性指数  $I_p$  など
- ⑥ 土の一軸圧縮試験：非排水せん断強さ  $s_u$ 、鋭敏比  $S_t$  など
- ⑦ 土の圧密試験：圧縮曲線、圧密降伏応力  $p_c$ 、圧縮指数  $C_c$ 、体積圧縮指数  $m_v$ 、圧密係数  $c_v$  など
- ⑧ の三軸圧縮試験：せん断抵抗角  $\phi'$ 、 $\phi'_u$ 、 $\phi_{cu}$ 、 $\phi_d$ 、粘着力  $c'$ 、 $c_u$ 、 $c_{cu}$ 、 $c_d$
- ⑨ 土の透水試験：透水係数  $k$
- ⑩ その他の試験

堰及び水門の基礎は、一般に支持層に支持されるが、樋門の基礎は必ずしも支持層に支持されず柔支持基礎で設計されることがある。

いずれの構造物においても支持杭基礎の場合は底面直下の空洞発生の可能性が大きく、また、支持杭と摩擦杭あるいは直接基礎の別を問わず、構造物の下方及び側面の止水矢板の設計のためには周辺土層の粒度組成、透水性を調べておく。

#### b) 岩石試験

岩石試験として、密度、含水比、吸水比、浸水崩壊度等の物理特性試験、超音波により弾性波速度やポアソン比を求める試験、圧縮強度、粘着力、せん断抵抗角、変形係数等の土の力学的性質を求める試験がある。

岩石試験そのものの留意事項は土質試験と基本的に同様である。しかし、ボーリングコアを用いる岩石試験は、岩盤の部分的な評価は可能であるが、層理や節理の存在、風化の程度等の岩盤全体の性状を把握できないおそれがある。したがって、岩盤の調査においては、物理探査等の岩盤全体を捉える方法を併用する。

#### 5) 結果のまとめ

各種調査結果を総合的に判断し、地盤の材料特性値、基礎の設計用定数、地盤の地震時挙動に関するデータ等を整理する。

地盤の材料特性値とは、土質分類、単位体積重量、変形係数、強度定数(粘着力、せん断抵抗角)、圧密に関する定数、透水係数、液状化に関する定数、動的変形特性等、土の要素としての特性を表す定数である。

基礎の設計用定数とは、地盤反力係数、最大周面摩擦力度、主働・受働土圧強度など、基礎の形式、寸法、施工法等に応じて設定する設計用の定数である。

地盤の地震時挙動に関する情報とは、耐震設計上の地盤種別や地震動の増幅特性、液状化の判定結果等を指す。

#### 6) 施工条件の調査

施工計画段階においては、工法や機械の選定、仮設備の規模や配置、工期や工程等を決定するための施工条件に関する土質調査が必要である。

#### <関連通知等>

- 1) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
- 2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
- 3) JIS A 1219 標準貫入試験方法.
- 4) JGS 1411 原位置ベーンせん断試験.
- 5) JGS 1431 ポータブルコーン貫入試験.
- 6) JIS A 1220 オランダ式二重管コーン貫入試験.
- 7) JGS 1435 電気式静的コーン貫入試験.
- 8) JIS A 1221 スウェーデン式サウンディング試験方法.
- 9) JGS 1521 地盤の平板載荷試験.
- 10) JGS 1421 孔内水平載荷試験.
- 11) JGS 1811 杭の押し込み試験.
- 12) JGS 1812 杭の先端載荷試験.
- 13) JGS 1813 杭の引き抜き試験.
- 14) JGS 1814 杭の鉛直交番載荷試験.
- 15) JGS 1815 杭の急速載荷試験.

- 16) JGS 1816 杭の衝撃載荷試験.
- 17) JGS 1831 杭の水平載荷試験.
- 18) JGS 1122 地盤の弾性波速度検層.
- 19) JGS 1121 地盤の電気検層.
- 20) JIS A 1204 土の粒度試験方法.
- 21) JIS A 1203 土の含水比試験方法.
- 22) JIS A 1202 土粒子の密度試験方法.
- 23) JIS A 1225 土の湿潤密度試験方法.
- 24) JIS A 1205 土の液性限界・塑性限界試験方法.
- 25) JIS A 1216 土の一軸圧縮試験方法.
- 26) JIS A 1217, 1227 土の圧密試験.
- 27) JGS 0520～0524 土の三軸圧縮試験.
- 28) JIS A 1218 土の透水試験方法.

### 3. 3 河川構造物の維持管理時

#### 3. 3. 1 調査方針

##### <考え方>

河川構造物と土とは変形特性や透水性に関して異なる材料であるため、構造物自体とともにその周辺も浸透水、漏水等の水みちになりやすい。したがって、河川構造物の構造諸元、基礎形式、土質性状等の情報とともに、構造物と周辺堤体との間に変状が生じていないかを観察・診断することが重要である。

##### <標準>

既設河川構造物においては、構造物自体とその周辺が堤防の弱点とならないように、継手、接続部の開きや止水板の損傷、堤体の沈下に伴う抜け上がり、空洞形成、漏水の有無等について継続的な点検を行うことを標準とする。点検は、維持管理編 に基づいて実施し、その結果、調査が必要な場合には、次の調査を行うことを標準とする。

- 1) 予備調査及び現地踏査
- 2) 本調査

また、河川構造物を更新、撤去する際には、必要に応じ、本章 第 2 節 2.4 河川堤防開削時の調査 のとおり実施するものとする。

なお、各種調査・試験を実施する際には、「地盤調査の方法と解説（地盤工学会、2004）」と「地盤材料試験の方法と解説（地盤工学会、2009）」に準拠して実施するとともに、日本工業規格や地盤工学会基準に定められている試験方法による。

#### 3. 3. 2 予備調査及び現地踏査

##### <考え方>

予備調査及び現地踏査は、既設河川構造物付近の地盤を構成する地層の性状の概要を把握し、既設河川構造物や周辺堤防への影響等を点検するための必要な資料を得ることを目的に実施するものである。

#### <標準>

既設河川構造物の予備調査においては、まず構造物（施設）台帳、設計・竣工図書、構造物地点及びその周辺の土質・地質調査資料、破堤・沈下・液状化・漏水等の被災履歴を記録した資料等の調査を行うことを標準とする。

現地踏査においては、構造物の内外と周辺を観察して変状の有無とその程度を把握することを標準とする。

#### <推奨>

河川構造物ごとの変状の生じやすい条件、すなわち支持杭基礎の場合の抜け上がりや空洞形成、直接基礎や摩擦杭基礎の場合の不同沈下と函体亀裂、液状化による構造物への影響、あるいは古い構造物に生じやすい材質劣化等に着目し、整理を行うことが望ましい。

水門・樋門等の堤防内に設置された構造物の場合においては、構造物地点における微地形区分による液状化する可能性の有無の分類や近傍の河川堤防における調査の結果、液状化が想定される層がないと推定された場合には液状化による構造物への影響を調べるための本調査を省略することができる。堰などの河川を横断して設置された構造物においては、堤防の基礎地盤と構造物下部の地盤の土質性状が異なる可能性があるため、液状化による構造物への影響を調べるための本調査を実施することが望ましい。

### 3.3.3 本調査

#### <標準>

本調査としては、必要に応じてボーリング調査及びサウンディング試験、原位置試験（連通試験等）、土質試験等を行うことを標準とする。

#### <推奨>

空洞形成や著しい沈下、止水構造の損傷が認められる個所においては、構造物底版の削孔あるいは構造物側壁面に沿って掘削したボーリング調査及びサウンディング試験によって空洞の有無を確認し、調査孔への注水による孔間の水圧応答の測定（水圧応答測定試験（連通試験））等から構造物に沿った水みちがあるか否かを確認することが望ましい。変状の著しい個所については改築あるいは補修の必要度を判定する。

また、液状化による河川構造物への影響の調査については、本章 第2節 2.1.4（3）液状化地盤調査 を参照するとよい。

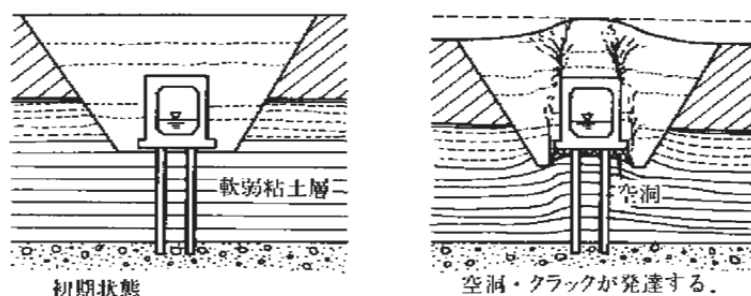


図15-3-1 支持杭基礎の場合の抜け上がりや空洞形成

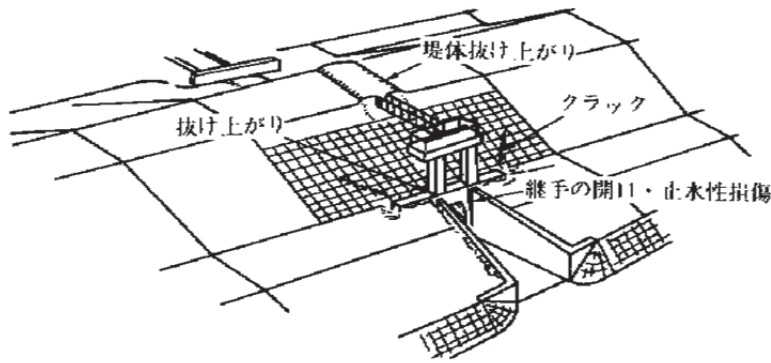


図15-3-2 既設構造物周辺の変状

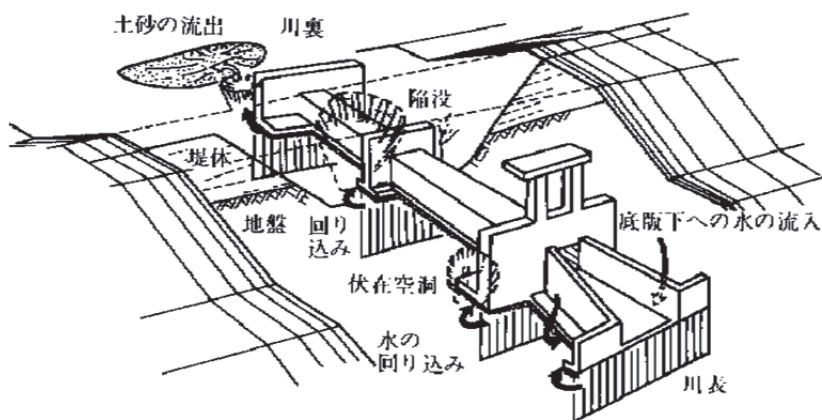


図15-3-3 樋管周辺の変状と被災現象概念図

#### 第4節 ダムの地質調査

##### 4.1 ダムの地質調査の方針

###### <考え方>

ダムの地質調査は、安全性を確保した上で経済的で環境に配慮したダムの建設・管理を目的として、ダム基礎、堤体材料及び貯水池周辺を含めた地質状況を明らかにするとともに、必要な地質工学的性質を把握するために行うものである。

ダムの地質調査は以下の項目からなる。調査は、ダム事業の段階（4.2.1）に応じて適切に行う。

- 1) ダム基礎等の調査及びアースダムの基礎地盤の土質調査
- 2) 第四紀断層の調査
- 3) 貯水池周辺地すべり等の調査
- 4) 堤体材料の調査
- 5) 仮設備・付替道路等の調査

ダム基礎等の調査（4.3）は、ダム基礎並びに止水上重要なリム部等の地盤（以降、ダム基礎等）に対し、ダムサイトの選定から設計・施工及び維持管理に必要な地質情報を得るために行う。なお、ダム基礎が全面的ないし一部が土質地盤・砂礫地盤の場合は、アースダムの基礎地盤の土質調査（4.2.7）により行う。

第四紀断層の調査（4.4）は、第四紀に地表に変位を生じたことのある断層（以降、第四紀断

層)のうち、ダム建設を行う上で考慮する必要がある第四紀断層の存否、並びに必要なに応じて詳細位置、規模及び活動性を把握するために行う。

貯水池周辺地すべり等の調査(4.5)は、ダムの湛水に伴う、地すべりや崖錐等の未固結堆積物の大規模な斜面変動(以降、地すべり等)に対し、地すべり等の存否、規模、性状、湛水に伴う安定度を把握し、湛水地すべりの発生を防止するために行う。

堤体材料の調査(4.6)は、想定されるダム型式、規模に応じ、堤体材料として所要の品質を満足し、かつ十分な量を確保できるか否か、より経済的に、かつ周辺環境に対して極力影響を少なくして取得できるか否かなどの検討に必要な地質情報を得るために行う。

仮設備・付替道路等の調査(4.7)は、仮締切、仮排水路トンネル、ケーブルクレーン、走行路、各種プラント、工事用道路等の仮設備や付替道路等の設計・施工を行うために必要な地質情報を得るために行う。

資料の保存(4.8)は、ダム事業の各段階において得た地質調査資料を以降の段階で有効に活用するために行う。

#### <推奨>

ダム建設に関わる地質条件を効率よく正確に把握するため、地質調査はダム事業の段階に応じて以下の方針で系統的に進めることに努める。

- 1) 広い範囲の調査から狭い範囲の調査へ
- 2) 小縮尺の地形図を用いた調査から大縮尺の地形図を用いた調査へ
- 3) 全体の傾向を把握する調査から特定の目的を持つ調査へ

また、上記の諸調査は密接に関連しており、それぞれの調査結果や施工時の情報は相互に活用できる場合が多い。このため、たとえば付替道路の調査と貯水池地すべり等の調査を併せて実施する、仮排水路トンネルの切羽観察結果をダムの地質断面図作成の参考にするなど、計画的・効率的な調査並びに情報活用に努める。

#### <参考となる資料>

ダムの地質並びにダムの地質調査の方針については、下記の資料が参考となる。

- 1) 脇坂安彦, 双木英人: 多目的ダムの建設, pp. 1-123 第3巻 調査Ⅱ編 第15章 ダムの地質調査, (財)ダム技術センター, 2005.
- 2) 中村康夫: 地質現象とダム, p. 454, (財)ダム技術センター, 2008.
- 3) 土木学会: ダムの地質調査, 1986.

## 4.2 ダム事業の段階と調査内容

### 4.2.1 ダム事業の段階

#### <考え方>

ダムの地質調査は、ダムサイト候補地点の選定から設計・施工及び完成後の維持管理に必要な地質情報を得るために、次の段階において調査を行うものである。

- 1) ダムサイト選定段階
- 2) ダム軸選定段階
- 3) 設計段階
- 4) 施工時等の段階
- 5) 完成後の段階

## 4. 2. 2 ダムサイト選定段階

### (1) 調査目的

#### <考え方>

ダムサイト選定段階は、複数のダムサイト候補地点が選定された後、ダム建設の可能性も含め、ダムサイト候補地点の優劣を判断するに当たり必要な地質情報を得ることを目的に、ダム基礎等、第四紀断層、貯水池周辺地すべり等及び堤体材料の各調査を行う段階である。

### (2) 調査範囲

#### <必須>

ダムサイト選定段階の調査範囲は、複数のダムサイト候補地点において、ダム建設の可能性も含め、ダムサイト候補地点の優劣を判断するに当たり必要な地質情報を得るために適切な範囲とするものとする。なお、第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料の各調査範囲は、本章の4.4、4.5、及び4.6を踏まえ、適切な範囲とする。

#### <標準>

ダム基礎及び貯水池で地表地質踏査を実施する範囲は、想定される貯水池全域を含み、ダム中心線より上流側は想定される満水面を基準に兩岸の山側へ300～500m、下流側は貯水池上流端までの距離の約1/2に相当する距離の河道を基準に兩岸の山側へ300～500mにわたる範囲を標準とする(図15-4-1)。ただし、堤体材料調査を兼ねる場合、他流域への漏水の懸念がある場合等の特異な条件下では、必要に応じて踏査範囲を拡大する。

ダムサイト周辺における実測横断図の範囲は、想定されるダム基礎並びに止水範囲を含むものとし、満水面標高より比高100m以上まで、あるいは、想定ダム袖部より山側へ200m以上延長した範囲を標準とする。ただし、その範囲内の測線上に鞍部地形がある場合には、該当地点より更に山側へ100m以上延長する。

ダム基礎等で物理探査(弾性波探査等)を実施する場合の測線長は、想定されるダムの両袖部から、天端以高の掘削のり面長を考慮した範囲を標準とする。

ダム基礎等でのボーリング調査孔は、初期段階では、想定ダム軸の河床、両袖部及び堤趾部に、その後、調査の進展に従い、ダム敷を中心にダムの設計に必要な地質情報を得るために必要な範囲に配置することを標準とする。

ダム基礎等での調査坑による調査は、ダムサイト選定段階においてはダム建設に当たって特に重要な地質的課題が存在する場合に行い、その範囲は課題個所が含まれる範囲を標準とする。

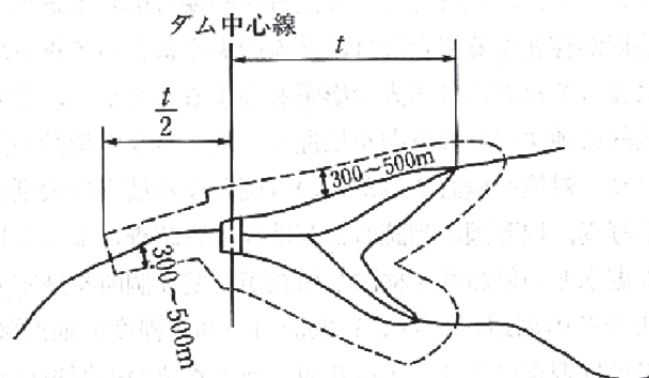


図15-4-1 ダムサイト選定段階における標準的な調査範囲



### (3) 調査精度

#### <必須>

ダムサイト選定段階の調査は、複数のダムサイト候補地点において、ダム建設の可能性も含め、各ダムサイト候補地点の優劣を判断するに当たり、必要な地質情報を得るために適切な精度で実施するものとする。第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料の各調査は、本節の4.4、4.5及び4.6を踏まえて適切な精度で実施するものとする。

ダムサイト選定段階において使用する地形図の精度は、地質調査の正確さを左右するので、事前に必要な縮尺の地形図・実測縦横断面図を準備するものとする。

#### <推奨>

ダムサイト選定段階において使用する地形図は、1/5,000程度の地形図を基本とし、ダムサイト周辺については、必要に応じて1/500～1/1,000実測平面図、航測図化平面図若しくは航空レーザー測量による地形図を使用することが望ましい。

実測横断面図の縮尺は、1/500～1/1,000を基本とし、必要に応じて同縮尺の河床実測縦断面図を作成することが望ましい。

ダムサイト選定段階の初期段階に限っては、弾性波探査測線やボーリング位置認定のためのレベル測量に基づく縦横断面図、航測地形図若しくは航空レーザー測量による地形図から作成した縦横断面図を実測横断面図に代えることもあるが、ダムサイト選定調査の最終段階では実測横断面図を使用することが望ましい。

#### <例示>

ダムサイトや貯水池斜面などが複雑な地形・地質の場合には、航空レーザー測量による地形図、陰影図、傾斜量図等の精度の高い図を作成・活用すると以後の地形地質調査精度が向上するため、必要に応じて取得するのもよい。また、航測図化等の際に標高データをデジタル化しておくと、GIS等にも活用できる。

### (4) 調査内容

#### <標準>

ダム基礎等の調査は、資料調査、地形調査、地表地質踏査、物理探査、ボーリング調査等による調査、地下水調査等を行うことを標準とする。また、必要に応じて調査坑等による調査を行う。

第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料の各調査は、本節の4.4、4.5、及び4.6を踏まえ適切に行う。少なくとも、第四紀断層の調査は一次調査(4.4.2)を、また貯水池周辺地すべり等の調査は概査(4.5)を行うことを標準とする。

#### <推奨>

各調査の内容は以下のとおりであり、適切に組み合わせて実施することが望ましい。

資料調査は、以降の調査の参考としてダムサイト候補地点及び貯水池周辺の地形や地質に関する資料、文献を収集し、整理するものである。実施は、本節の4.3.2による。

地形調査は、ダムサイト候補地点及び貯水池周辺について、空中写真判読並びに地形図判読を行いダムサイト候補地点及び貯水池周辺の特にダム建設を行う上で考慮する必要のある地形(地すべり地形、崩壊地形、ゆるみ岩盤地形、崖錐地形、段丘地形、断層地形等)を抽出するものである。実施は、本節の4.3.3による。ただし、第四紀断層の調査は本節の4.4、貯水池周辺の地すべり地形等の調査は、本節の4.5による。

地表地質踏査は、ダムサイト選定段階の基本となる調査として、資料調査及び地形調査の結果から予備的情報を得た後に実施し、各ダムサイト候補地点及び各候補地点の貯水池周辺の地質情報を収集するものである。実施は、本節の 4.3.4 による。

物理探査は、ダムサイトにおける堅岩線の分布、大規模な断層、熱水変質帯等の有無を概略的に把握する目的等で実施するものである。探査測線は、少なくとも想定ダム軸に設定し、更に河床、左右岸のダム天端付近にも上下流方向の測線を配置することが望ましい。実施は、本節の 4.3.5 による。

ボーリング調査は、ダム建設において重要な地質性状を確認するため、地質構成、岩盤状況、透水特性等の地質情報を得る目的で実施するものである。ボーリング孔の配置は、ダムサイト河床部及び左右岸の岩盤状況を確実に判断できる個所に計画し、削孔深度は、想定掘削深度を考慮するとともに、基礎としての力学的安定性及び止水性が確認できるよう、少なくともダム高以上とする。実施は、本節の 4.3.6 による。また、岩盤部では原則として透水試験であるルジオンテストを行う。実施は、本節の 4.3.9 による。

調査坑等による調査は、ボーリング調査等に比べ、地山内部の岩盤状況のある程度の広がりをもって直接観察できるため、ダム建設を行う上で特に考慮する必要がある地質的課題があるなど、地質調査の精度を高める必要がある場合に実施するものである。実施時期は、ルジオンテストへの影響を避けるため、ボーリング調査の完了後を基本とし、ルジオンテストに重点を置くボーリング調査を調査坑掘削後に実施する場合は、既設調査横杭から少なくとも 20m 程度離れた位置で行うのが望ましい。実施は、本節の 4.3.7 による。

地下水調査は、地下水位分布を把握するために、ボーリング調査時等に、削孔中の湧水と逸水の深度、並びに削孔に伴う孔内水位の変動、削孔後の孔内水位の変動等を記録するものである。また、削孔中に湧水が認められる深度では、その水圧(水頭)を測定し、場合によっては湧水量・湧水圧の経時変化も記録する。実施は、本節の 4.3.8 による。

## (5) 調査結果の整理

### < 必 須 >

ダムサイト選定段階における調査結果は、総括的に整理・解析した上で、ダムサイト候補地点において、地質状況(地質構成、地質構造、岩盤状況、透水性状など)の概要、地質上の課題、ダム建設の可能性も含めた各ダムサイト候補地点の優劣及びダム軸選定段階の調査時の検討事項を取りまとめるものとする。なお、第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料の各調査は、本節の 4.4、4.5、及び 4.6 を踏まえて適切に整理するものとする。

### < 標 準 >

作成する図面は以下を標準とする。

- 1) ダムサイト地形判読図並びに貯水池周辺地すべり等予察図
- 2) 貯水池地質平面図
- 3) ダムサイト地質平面図
- 4) ダムサイト地質横断面図
- 5) ダムサイト岩級区分横断面図
- 6) ダムサイトルジオンマップ(横断面図)
- 7) 第四紀断層関連の図面
- 8) 堤体材料関連の図面

### 4. 2. 3 ダム軸選定段階

#### (1) 調査目的

##### <考え方>

ダム軸選定段階は、選定されたダムサイトでダム軸の優劣を判断するに当たり必要な地質情報を得ることを目的に、ダム基礎等、第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、及び堤体材料の各調査を行う段階である。

#### (2) 調査範囲

##### <必須>

ダム軸選定段階の調査範囲は、選定したダムサイトにおいて、ダム軸の設定に当たり必要な地質情報を得るために適切な範囲とするものとする。その際、調査範囲として、ダム堤体の範囲並びに止水処理範囲を考慮して設定する。

なお、第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料の各調査範囲は、本節の 4. 4、4. 5 及び 4. 6 を踏まえ、適切な範囲とする。

#### (3) 調査精度

##### <必須>

ダム軸選定段階の調査精度は、各ダム軸の比較検討が適切に行える精度とするものとする。なお第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料の各調査は、本節の 4. 4、4. 5 及び 4. 6 を踏まえ、適切な精度で実施するものとする。

##### <推奨>

ダム軸選定段階の調査に使用する地形図は 1/500 実測地形図を使用することが望ましい。ただし、ダム高の高いフィルダムや広域の止水計画に対する調査で利用する場合には、使用上の便利さを考慮して必要に応じて 1/1, 000 実測地形図を使用する。

#### (4) 調査内容

##### <標準>

ダム基礎等の調査は、選定したダムサイトにおいて、ダムの型式・規模、掘削量、止水処理範囲及び地質上の課題等、ダム軸を選定するに当たり必要な情報を明らかにするために、地表地質踏査、物理探査、ボーリング調査及び必要に応じて調査坑による調査等を行うことを標準とする。また、ダム基礎及びリム部の止水方法、止水範囲を把握するために、ボーリング調査時に、本節の 4. 3. 9 に基づきルジオンテストを行い、ルジオン値を求めることを標準とする。なお、未固結な地盤等でルジオンテストができない場合には、ピット法等の適切な試験方法によってその透水性を求める。

第四紀断層の調査は、この段階までに、想定されるダム敷の範囲において、ダム建設を行う上で特に考慮する必要がある第四紀断層の有無を確認するために必要な調査について、本節の 4. 4 を踏まえ適切に行う。

貯水池周辺地すべり等の調査は、この段階までに、想定されるダム敷の範囲に、ダム建設を行う上で特に考慮する必要がある地すべりの有無を確認するとともに、貯水池周辺における地すべり地形等を把握するために必要な調査について、本節の 4. 5 を踏まえ適切に行う。

堤体材料の調査は、本節の 4. 6 を踏まえ適切に行う。

### <推 奨>

ダム軸選定における基本的な調査内容は以下のとおり実施することが望ましい。

ダム軸の選定は、初期の段階では、ダムサイト選定段階の調査の結果や地形等から行い、その後、物理探査、ボーリング調査及び調査坑による調査は、ダムサイト選定段階の調査結果や地形等から選定された各ダム軸において同じ測線上で行う。また、各調査は地質情報の信頼性を高めるために相互に補完するような個所や時期に行う。また、各調査の進展に伴い、ダム軸候補の見直しを行い、必要に応じて新たな軸に対しても調査を行う。

地表地質踏査は、ダムサイト選定段階の調査で行われた地表地質踏査を補足するようにダム軸の選定が可能な範囲内について行い、必要に応じて露頭測量を併用して詳細に行う。実施は、本節の 4.3.4 による。

物理探査は、選定された各ダム軸を測線として必要に応じて行う。実施は、本節の 4.3.5 による。

ボーリング調査は、選定された各ダム軸を測線として行う。実施は、本節の 4.3.6 による。

調査坑による調査は、選定された各ダム軸に対して必要に応じて行う。実施は、本節の 4.3.7 による。

ダム軸選定段階における各調査は、そのダムサイトに設定されるダム軸の状況等によっては、グリッド方式を採用した方が効率的な場合がある。詳細は本節の 4.2.4 による。

## (5) 調査結果の整理

### <必 須>

ダム軸選定段階における調査結果は、総括的に整理・解析した上で、ダム軸の各案において、地質状況(地質構成、地質構造、岩盤状況、透水性状など)、地質上の課題、各ダム軸におけるダムの型式・規模、掘削量、止水処理範囲に係る検討結果、各ダム軸の優劣及び設計段階の調査時の検討事項を取りまとめるものとする。

なお、第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料の各調査は、本節の 4.4、4.5 及び 4.6 を踏まえて適切に整理するものとする。

### <標 準>

作成する図面は以下を標準とする。

- 1) ダムサイト地質平面図
  - 2) 各ダム軸の地質横断面図
  - 3) 各ダム軸の岩級区分横断面図
  - 4) 各ダム軸の横断ルジオンマップ
  - 5) 第四紀断層関連の図面
  - 6) 貯水池地すべり関連の図面
  - 7) 堤体材料関連の図面
- また、必要に応じて以下の図面も作成する。
- 8) ダムサイト地質水平断面図
  - 9) ダムサイト岩級水平断面図
  - 10) ダムサイト地質縦断面図
  - 11) ダムサイト岩級区分縦断面図
  - 12) ダムサイト縦断ルジオンマップ

## 4. 2. 4 設計段階

### (1) 調査目的

#### <考え方>

設計段階は、ダム建設に関する実施設計及び施工計画の作成に当たり必要な地質情報を得ることを目的に、ダム基礎等、貯水池周辺地すべり等、堤体材料、及び仮設備・付替道路等の各調査を行う段階である。

### (2) 調査範囲

#### <標準>

設計段階の調査は、選定したダム軸において、ダム建設に関する実施設計及び施工計画の作成に当たり必要な地質情報を得るために適切な範囲において実施することを基本とする。

具体的には、ダム基礎及び周辺の掘削範囲、リム部等の止水範囲、ダム関連施設等の施工範囲における地質の性状及び地下水の分布を把握するために必要な範囲とする。なお、地質の不均質性や地下水の変動が大きい場合、ダムサイトに近接して大規模な弱層となり得る不連続面、あるいは地すべりが存在すると推定される場合等は、必要に応じてこれらの分布や性状を把握するために必要な範囲を含める。

第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料、仮設備・付替道路等の各調査範囲は、本節の4.4～4.7を踏まえ適切な範囲とする。

### (3) 調査精度

#### <必須>

設計段階の調査は、選定したダム軸において、ダム建設に関する実施設計及び施工計画の作成に当たり必要な地質情報を得るために適切な精度で実施するものとする。また、第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料、仮設備・付替道路等の各調査は、本節の4.4～4.7を踏まえ適切な精度で実施するものとする。

#### <推奨>

設計段階においては、使用する地形図の精度が地質調査の信頼性に大きく影響し、ひいては工事費等にも影響するので、ダム基礎の調査において使用する地形図としては、1/500実測地形図を用いることが望ましい。ただし、ダム高の高いフィルダムや広域の止水計画に対する調査で利用する場合には、使用上の便利さを考慮して必要に応じて1/1,000実測地形図を使用する。

### (4) 調査内容

#### <標準>

ダム基礎等の調査は、ダムの座取り、岩盤掘削線、止水処理工の設計が可能となる地質情報を得るために、ボーリング調査及び必要に応じて調査坑による調査を主体として実施し、地質構成、地質構造、断層・破碎帯、風化帯、熱水変質帯、ゆるみ領域等の形態を把握するとともに、基礎岩盤の強度、変形係数、弾性係数、透水係数(ルジオン値)等のうち必要な物性を測定することを標準とする。

ボーリング調査及び調査坑による調査は、原則として、グリッド(立体格子状の調査網)方式により、本節の4.3.6及び4.3.7に基づき実施する。また、それぞれの調査は、地質情報の信頼度を高めるように相互に補完しあう最も有効な個所及び時期に実施する。

ダム基礎のせん断強度、変形係数、弾性係数の設計値は、原位置試験を行って求めるとともに、必要に応じ他ダムの原位置試験結果も参考に、設計値を設定することを標準とする。ただ

し、小規模なダム等において、地質工学性状の類似性を十分確認した上で他ダムの原位置試験結果を参考に設計値を定めることができる場合はこの限りでない。原位置試験は、堤体の基礎岩盤となる各岩級の代表的な分布個所において、試験個所周辺及び試験面の岩級を再評価した上で、本節の 4.3.9 に基づき実施することを標準とする。

ダム基礎及びリム部の止水方法、止水範囲を決定するために、ボーリング調査時に、本節の 4.3.9 に基づきルジオンテストを行い、ルジオン値を求めることを標準とする。なお、未固結な地盤等でルジオンテストができない場合には、ピット法等の適切な試験方法によってその透水性を求めることを標準とする。

岩石の諸性質はダム基礎等の岩盤の工学的性質を把握する目安となること、また、堤体材料調査においても岩石の諸性質を把握する必要があることから、基礎岩盤を構成する代表的な岩石や実施設計を行う上で諸性質の把握が必要な岩石については、本節の 4.3.10 に基づき岩石の室内試験を行うことを標準とする。

第四紀断層の調査は原則としてダム軸選定段階までに行うこととするが、ダム軸選定以降に文献等新たな情報が得られた場合においては、その内容も踏まえて本節の 4.4 に基づき適切に行うことを標準とする。

貯水池周辺地すべり等の調査は、この段階までに貯水池周辺地すべり等の状況についておおむね把握し対策の方針を検討するために必要な調査を行うことを標準とする。また、地すべりがダム敷に分布する可能性のある場合は原則としてダム軸選定段階までに行うこととするが、ダム軸選定以降に新たな情報が得られた場合においては、その内容も踏まえて、本節の 4.5 に基づき適切に行うこととする。なお、その他のダム施設・家屋・国道など重要な施設に貯水池周辺地すべり等が分布する可能性がある場合は、設計段階までに当該調査を行うことを標準とする。

堤体材料、及び仮設備計画個所や付替道路等についての地質調査を行う。調査内容は本節の 4.6、4.7 による。

#### < 推 奨 >

グリッドの選定方法は以下とすることが望ましい。

まずダム軸あるいはそれに近接した直線を第 1 の基準線(X軸)とし、基準線(X軸)と河道中央において直交する直線を第 2 の基準線(Y軸)とし、その交点(基準点(0))を通りX軸、Y軸にそれぞれ直交する任意の標高に定めた直線を第 3 の基準線(Z軸)とする。X、Y、Z軸のうち、2つの軸を含む面(基準面)は 3 つあり、それぞれの基準面に平行で一定間隔の平面によって構成される格子をグリッドとよぶ。また、グリッドを平面図上に投影したものを平面グリッドとよぶ。グリッド間隔は任意であるが、10mの倍数で設定するのが便利で、20~40mとする場合が多い。なお、調査の初期段階では、ボーリングや調査坑の位置を粗い間隔で配置し、地質状況あるいは設計上、より詳細な地質情報を得たい個所についてグリッド間隔を狭くしていく内挿法を採用する。

ボーリング及び調査坑の配置における一般的な留意点は以下のとおりである。

- 1) 主として山腹部では調査横坑、河床部ではボーリングを実施するが山腹部の下部(図 15-4-2 の A 及び B の部分)は調査上の盲点になりやすい。そこで山腹と河床部の境から山側へ斜ボーリング(a)を配置するか、山腹から垂直ボーリング(b)を行う。なお、ダム天端付近の岩盤状況を調査坑ではなくボーリングで確認する場合は、ダム基礎の堅岩が確実に把握できるようにダム天端より山側にもボーリングを配置する必要がある。
- 2) グリッドの同一線上でボーリングと調査横坑を重ねて、あるいは非常に近接して行くと、

ボーリングからのルジオンテストが不正確になるので、ボーリングを先行させるか、少なくとも 20m 程度は離して行う。

- 3) 調査横坑の坑口と坑口を結ぶトレンチングや上下流方向の枝坑を実施すると地質構造の判定が容易になる場合がある。
- 4) 弾性波探査等の物理探査の測線の交点にボーリングを実施すると探査結果の解析精度が向上する。

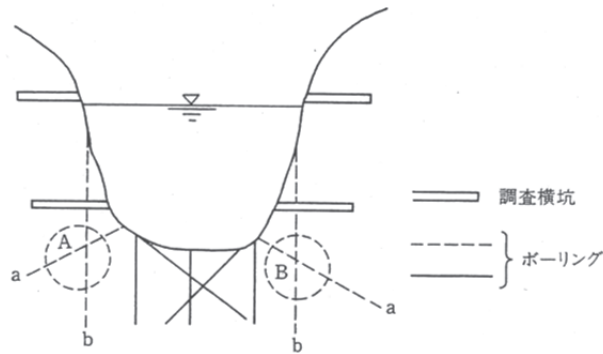


図15-4-2 調査横坑とボーリングの配置例

また、ダム型式に応じて、以下のような留意すべき地質があるため、ボーリングや調査坑の配置において考慮することが望ましい。

- 1) 全型式共通：均質で堅硬な基礎地盤の分布深度、堤敷部における大規模な断層、変質帯の有無、大規模な地すべり、あるいは岩盤のゆるみ領域の有無、ダム天端付近標高と地下水水位線の分布
- 2) 重力式コンクリートダム：河床部、堤体基礎部、堤趾部及び堤体近傍における堅岩の分布、低角度の地質的不連続面（断層、節理、割れ目など）や脆弱部の有無
- 3) アーチ式コンクリートダム：着岩部における堅硬な岩盤の分布、下流のショルダー部における堅岩の厚み、鉛直・上下流方向に連続する地質的不連続面（断層、節理、割れ目）の有無
- 4) フィルダム：コア敷（内部土質遮水壁型ロックフィルダムの場合）の岩盤状況、不同沈下が懸念される大規模な断層や熱水変質、強風化部等の有無

#### (5) 調査結果の整理（総合解析）

##### < 必 須 >

設計段階における調査結果は、それまでに得られた地質調査・試験結果を整理し、ダム基礎等の地質構成、地質構造、岩盤状況、透水性状について、相互の整合を確認した上で取りまとめるものとする。ダム基礎等の調査成果の取りまとめは、本節の 4.3.11 による。第四紀断層、貯水池周辺地すべり等、堤体材料及び仮設備・付替道路等の各調査の結果の整理は、本節の 4.4～4.7 による。

##### < 推 奨 >

設計段階の調査結果の取りまとめにおいて主に必要な事項及び図面は次のとおりである。また、総合解析後、検討の余地のある地質上の課題についても明記する。

- 1) ダム基礎及び貯水池の地質構成・地質構造(地質平面図、地質縦横断・水平断面図)
- 2) ダム基礎の岩盤状況(代表的な岩盤の写真、岩盤分類基準、岩級区分図)
- 3) ダム基礎周辺の地下水分布状況(地下水位等高線図)
- 4) ダム基礎の透水性状(ルジオンマップ、地下水位状況)
- 5) 原位置試験、室内試験の結果
- 6) ダムの安定上及び止水上課題となる地質状況
- 7) 各種地質調査結果(ルートマップ、露頭写真やスケッチ、柱状図・コア写真、横坑展開図・展開写真、岩盤試験結果図表、岩石試験結果図表、P-Q曲線、地下水変動図等)
- 8) 第四紀断層関連の資料
- 9) 貯水池地すべり等関連の資料
- 10) 堤体材料関連の資料
- 11) 仮設備・付替道路等関連の資料

調査結果の取りまとめの際には、地質技術者のみならず設計技術者の所見も加えて、基礎岩盤の工学的性質を明らかにすることに努める。また、ダム本体の設計・施工のみでなく、原石山や付替道路など、ダム建設に関連する種々の条件との関連性についても確認し、総合的に取りまとめることに努める。

#### 4. 2. 5 施工時等の段階

##### (1) 調査目的

###### <考え方>

施工時等の段階は、設計条件の妥当性の確認、施工時や完成後の維持管理等に必要な地質情報を得ることを目的に、ダム基礎、仮設備・付替道路等の各調査を行う段階である。

##### (2) 調査内容等

###### <標準>

ダム基礎等の調査はボーリング、必要に応じて調査坑等による調査あるいは原位置試験等による地質調査の補足、及び施工中における掘削面観察、基礎処理工解析等によって行うことを標準とする。

貯水池周辺地すべり等、堤体材料、仮設備・付替道路等の各調査結果についても、各工事等により生じた掘削面の観察・スケッチ及び施工時のボーリング結果などから得られる地質情報を用いて再度確認を行い、必要に応じて適切な対応を行う。

第四紀断層の調査は原則としてダム軸選定段階までに行うこととするが、ダム軸選定以降に文献等新たな情報が得られた場合においては、その内容も踏まえて本節の 4.4 に基づき適切に行う。

###### <推奨>

掘削面観察は、ダム堤体基礎掘削時の掘削面を詳細に観察しスケッチするものである。観察範囲は、ダム基礎のほか、ダム基礎に連続する天端のり面、また必要に応じて仮排水路トンネルの切羽等についても対象としてダム基礎の評価の参考とすることが望ましい。

観察項目は、掘削面の地質構成、断層や割れ目等の不連続面の分布と性状(断層粘土や亀裂挟在物の状況と強度、亀裂面の粗滑、開口状況やゆるみの有無等)、岩級、湧水個所とその状況(湧水量、湧水圧、温度や水質等)等、ダムの安定や止水等に関わるものとする。

掘削面の観察結果は掘削面地質図及び岩級区分図(主要な不連続面を含む)として整理する。



原石山についても同様に掘削面の観察を行うが、観察方法については原石山としての適否が分かるように実施する。また、河床砂礫、掘削ズリや他工事からの発生材料の活用について検討する場合についても同様に掘削面の観察や材質の観察を行う。なお、ダム基礎・原石山、及び貯水池周辺地すべり等、仮設備・付替道路等においては掘削時の斜面安定性についても着目して観察する。

基礎処理工解析は、グラウチングにおけるパイロット孔、チェック孔のコア観察と一般注入孔を含めたグラウチング効果を解析するもので、グラウチング計画の妥当性の確認や計画変更、完成後の漏水対策工等の基礎資料、並びに施工前の調査による地質状況（地質構成、地質構造、岩線）の確認資料とする。パイロット孔等のコア観察結果及び水押しテストの結果は、地質断面図、岩級区分断面図及びルジオンマップとして表現する。

掘削面観察の結果及びパイロット孔のコア観察結果、水押しテストの結果を整理した各図面は、着工前までの地質情報に基づく図面と比較検討し、設計の妥当性を評価する。

## 4. 2. 6 完成後の段階

### (1) 調査目的

#### <考え方>

完成後の段階は、ダムや貯水池等の安全性の確認を行う場合や再開発等の工事を行う場合等に、必要に応じて、施設の維持管理や再開発等に必要な地質情報を得ることを目的に、ダム基礎等及び地すべり等の各調査を行う段階である。

### (2) 調査内容等

#### <標準>

完成後のダム基礎等及び貯水池周辺地すべり等の各調査は、建設後若しくは供用中であることに伴い、調査手法や調査個所の制約があるため、建設当時の調査・試験資料を十分に活用するとともに、これまでの貯水状況や計測データ、建設前と現在までの変化等も踏まえて地質状況を評価した上で必要な地質調査を実施することを標準とする。

#### <推奨>

再開発のうちダムの嵩上げを伴う場合は、有効貯水容量の増加等に伴うダム基礎への荷重や水圧の増加、ダム基礎の範囲の変更や拡大、ダム基礎周辺の新たな掘削等によるダム基礎及び周辺斜面への影響、貯水位の上昇等による貯水池周辺地すべりへの影響等が考えられるため、当該ダムの建設時の調査資料を十分整理・分析して活用するとともに、ダム建設時（本節4.2.2～4.2.5）の地質調査手法を参考に、ダム基礎及び貯水池について適切に地質調査を行う。

再開発のうち嵩上げを伴わない場合においても、以下を参考に、当該ダムの建設時の調査資料を十分整理・分析して活用するとともに、必要な項目について適切に地質調査を行うことが望ましい。

- 1) 洪水吐きの改造や新設等を行う場合は、ダムの堤体の切削若しくは穿孔等により堤体の安定性が低下する可能性が考えられるため、改造等による影響範囲を中心に適切な範囲において地質調査を行う。
- 2) トンネル放流施設を新設する場合は、トンネル施工に当たり必要な地質情報を得るために適切な範囲において地質調査を行うほか、併せて、トンネル施工による地下水への影響等についても調査する。
- 3) 貯水容量の増加のために貯水池内の掘削を行う場合は、掘削部周辺の斜面安定を検討す

るために適切な範囲において地質調査を行う。

4) 貯水池の運用の変更を行う場合は、必要に応じ、貯水池周辺地すべり等の調査を行う。

ダム安全性を確認するために調査が必要となる地質現象としては、異常漏水、貯水池周辺地すべり、大規模地震直後の諸現象等が考えられるため、以下を参考に適切に地質調査を行う。

- 1) 異常漏水(たとえば、多量の漏水、パイピングの疑いのある漏水等)時は、下流側の広範囲にボーリング孔を配置し、上流堤体等からの漏水個所の有無の調査、トレーサー試験や注水試験、基礎排水孔等を活用した水圧・漏水量やその変化の調査、水温や水質の測定等の必要な調査、透水経路、透水量、透水速度、地下水変動、漏水のにごりの計測等を行い、併せてダムの貯水位変動や降水量の変化と照合して漏水の原因や経路等の解析・検討を行う。
- 2) 貯水池に地すべりが発生した場合には、地すべりの発生機構を十分検討の上、地すべりの調査方法(4.5)に従って調査する。
- 3) 大規模地震の直後には、ダム本体の損傷調査とともに、基礎岩盤の変状、漏水量の変化、漏水のにごり、貯水池周辺斜面の変状の有無等を直ちに調査する。

補修を行う場合の目的としては、地震等の地質現象による被災部の補修、ダム堤体・基礎及び関連施設の老朽化対策、堆砂による貯水池機能の低下対策、冷濁水対策、新基準への対応等があり、補修対象としては堤体・基礎、放流設備、貯砂ダム、排砂設備、取水設備等がある。これらについては、それぞれ必要な地質調査を行う。

ダムの完成後の調査では、地質調査が既設のダムや貯水池斜面等に影響を及ぼすことも考えられるため、既設ダムの調査・設計・施工の担当者、ダムの構造に関する技術者、地質技術者、地すべり技術者などが十分協議しつつ調査を行う。

#### 4.2.7 アースダムの基礎地盤の土質調査

##### (1) 調査の方針

###### <考え方>

ダムの基礎地盤が全面ないし一部土質地盤・砂礫地盤の場合は、アースダム基礎地盤の調査手法を活用して地質調査を行う。なお、アースダム基礎地盤の調査の進め方の基本的な方針は、本節の4.1と同様である。

##### (2) アースダムの基礎地盤の予備調査

###### <標準>

アースダムの基礎地盤の予備調査では、ダム建設の可能性も含めダムサイトやダム軸の選定に当たり必要な地質情報を得るために、本節4.2.2及び4.2.3に記す調査内容に加えて、サウンディング等の原位置試験、土質試験等を行うことを標準とする。

調査範囲及び精度は、それぞれ本節4.2.2、4.2.3による。

ボーリング調査の配置は、原則として岩盤基礎の調査に準じるものとし、堅固な不透水性地盤まで実施する。

各ボーリング孔では、標準貫入試験、土質試験、原位置試験を実施する。

サウンディングは、標準貫入試験のほか、必要に応じて、オランダ式二重管コーン貫入試験若しくはスウェーデン式サウンディングを実施する。

調査結果の整理方法は、本節4.2.2及び4.2.3による。

#### <関連通知等>

- 1) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004.
- 2) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
- 3) JIS A 1219 標準貫入試験方法.
- 4) JIS A 1220 オランダ式二重管コーン貫入試験.
- 5) JIS A 1221 スウェーデン式サウンディング試験方法.

### (3) アースダムの基礎地盤の設計調査

#### <標準>

アースダムの基礎地盤の設計調査では、ダム建設に関する設計及び施工計画の策定に必要な地質情報を得るために、サウンディング等の原位置試験、土質試験等を行うことを標準とする。

調査範囲及び調査精度は、本節の4.2.4に準ずる。

調査は原則としてグリッド方式(本節4.2.4)を採用する。ボーリング調査は、原則として、ダムサイトで想定される掘削面を網羅する範囲の格子点若しくは線上に配置された個所で、堅固な不透水性地盤又は、岩盤が深さ方向に連続していることが確認される深度まで実施する。なお、ダムの取り付け部の厚さが薄い場合など特殊な条件がある場合には、ここに定めた調査範囲外の地点においても調査を行う。

各ボーリング孔では、標準貫入試験、土質試験、現場透水試験を実施する。

ボーリング孔間では、オランダ式二重管コーン貫入試験若しくはスウェーデン式サウンディング試験を実施する。

調査結果の整理方法は、本節4.2.4に準ずる。

## 4.3 ダム基礎等の調査

### 4.3.1 調査の方針

#### <考え方>

ダム基礎等の調査は、ダム事業の段階ごとの調査目的に応じて次の調査・試験を適切に組み合わせ実施する。取りまとめに当たっては、各々の調査結果を総合的に解析する。

- 1) 資料調査
- 2) 地形調査
- 3) 地表地質踏査
- 4) 物理探査
- 5) ボーリング調査
- 6) 調査坑等による調査
- 7) 地下水の調査
- 8) 岩盤の原位置試験
- 9) 岩石の室内試験

### 4.3.2 資料調査

#### <標準>

資料調査は、ダム計画地域全般の地形・地質の概要を把握し、以降の地質調査の方針を定めることを目的とし、空中写真・地形図等の地形に関する資料、地質図、地質に関する資料や文献、温泉・鉱山等の地質に関する資料や文献、地震・地すべり等に関する資料や文献を収集し、整理・検討することを標準とする。

### 4. 3. 3 地形調査

#### <標準>

地形調査は、鞍部、やせ尾根、崩壊地形、地すべり地形、ゆるみ岩盤地形、崖錐地形、断層地形など、ダムを建設する上で特に考慮する必要がある地形を抽出し、地質調査の参考とするために、空中写真及び地形図の判読及び必要に応じて現地調査により行うことを標準とする。なお、必要に応じて航空レーザー測量を活用する。第四紀断層の調査と貯水池周辺地すべり等の調査はそれぞれ本節 4. 4、4. 5 に定めるところによる。

各種の組織地形は地質構成や地質構造を反映している場合もあり、このような場合は概略の地質を地形から把握する。

調査結果は、以後の各調査の立案やほかの調査法による調査結果の解析の基礎資料として利用できるように地形判読図等にまとめることを標準とする。

### 4. 3. 4 地表地質踏査

#### <標準>

地表地質踏査は広域的な地質構成及び地質構造の把握並びに以後の各調査の立案、ほかの調査結果の地質解析を行うために、山腹斜面、溪流や河床、人工のり面などの露頭や転石等を調査することを標準とする。また、露頭の少ない場合や、特に高い精度の調査を行う必要のある場合には、トレンチやピットを掘って調査する。

地表地質踏査、資料調査及び地形調査を基に、地質学的考察を行い、ダム基礎として重要な地質要素を十分に検討した上で、地質平面図及び地質縦断図等として取りまとめ、以後の調査の立案やほかの調査結果の地質解析のための基礎資料として利用できるようにすることを標準とする。

#### <推奨>

地表地質踏査では、以下の項目等を調査することが望ましい。

- 1) 地質性状：岩種、産状、成因、接触関係（整合、不整合、貫入、断層接触等）、地質構造（しゅう曲・同斜構造・断層等）、地質時代等
- 2) 地質工学性状：不連続面や弱層（断層、破碎帯、シーム、地すべり粘土、層理、片理、節理、亀裂等）の分布・方向性・連続性・頻度・開口性・挟在物質等、岩盤の風化や変質、未固結堆積物の種類と性状、岩盤の工学的性質（硬さ、透水性）等
- 3) 地下水に関連する情報：湧水やにじみだし、パイピングホール等
- 4) 地質に関連すると考えられる地形の情報：段丘、地すべり・崩壊・土石流・崖錐等の斜面変動地形、鞍部ややせ尾根、緩斜面や急斜面、遷急線、遷緩線、段差、凹地や湿地等
- 5) 地質現象を反映していると思われる植生等

なお、地表地質踏査の取りまとめにおいては、踏査結果、踏査密度、地質図の作成根拠等を明確にするため、踏査経路、野帳記載地点（露頭地点、試料採取地点）等を地形図に記入したルートマップを作成することが望ましい。

### 4. 3. 5 物理探査

#### <標準>

物理探査は、堆積物や岩盤の性状、地質構造、地下水の状態などを推定するために、一般に弾性波探査や電気探査を用いて行うことを標準とする。なお、求める物性値等によってその他

の物理探査手法を適宜利用する。

物理探査で得られた堆積物・岩盤の物理的な性質は地層区分・岩盤区分とは相関性はあるものの、その対応関係や探査精度は地質条件や探査条件により異なるため、物理探査に基づく推定結果はボーリング等の直接的な調査で確認することを標準とする。

#### <推 奨>

物理探査の手法は以下によることが望ましい。

##### 1) 弾性波探査

弾性波探査は、原則として屈折法によるものとする。調査に当たっては、調査の目的、調査の段階、地形及び地質条件等によって最も適する測線配置、起振点間隔及び受振点間隔を定めるとともに、適切な解析方法を選択して行う。

弾性波探査の結果から、走時曲線図や速度層断面図等を求め、これらから岩盤の硬さ、割れ目・破碎・固結・変質・風化の程度、地層境界の位置や地層の厚さ、断層・破碎帯・軟弱層などの位置、幅若しくは厚さなどを推定する。

##### 2) 電気探査

電気探査は、調査の目的、調査の段階、地形及び地質条件等によって最も適する探査法を採用し、測線配置・測点位置・電極間隔を決定して行う。

電気探査の結果から、比抵抗断面図等を求め、地質構成や地質構造、風化や変質の状況、地下水状況等を推定する。

##### 3) その他の物理探査

弾性波探査や電気探査では必要な情報を十分に得られない場合、その他の物理探査法を用いて探査を行う。その他の物理探査手法としては、空中又は地表から探査する手法として電磁探査、磁気探査、重力探査、放射能探査、地温探査、リモートセンシング等、また、ボーリング孔等を用いるものとして弾性波や比抵抗、電磁波等を用いた各鍾のジオトモグラフィー等がある。これらの手法は弾性波探査や電気探査に比べ土木分野への利用例が少ないので、適用に当たっては、各探査手法の探査特性を比較検討するとともに、調査目的、調査の段階、地形及び地質条件等を踏まえ、必要な情報とその精度等を明確に決定し、最も適した手法及び測定条件、解析条件を採用する。

#### <参考となる資料>

物理探査の適用の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) (社)物理探査学会 標準化検討委員会：新版 物理探査適用の手引き－土木物理探査マニュアル 2008－，2008.

### 4. 3. 6 ボーリング調査

#### <標 準>

ボーリング調査は、地質調査の精度を高めること及び地表地質踏査や物理探査等の結果と組み合わせて、地質の分布や地質構造を確認することを目的として、地質性状、地質工学性状を調査することを標準とする。また、ボーリング孔は、ルジオンテスト等の種々の孔内試験(本節 4. 3. 9(5))を行うために利用し、コアの一部は岩石の室内試験(本節 4. 3. 10)に供する試料として利用する。

ボーリング調査は、コアを採取して行う。ボーリングの仕様・配置・深度は、地表地質踏査や物理探査の結果を考慮し、調査の目的に応じて決定するとともに、調査においては良質なコアを採取するよう努める。

地質調査用のボーリングは、原則としてロータリー式ボーリング機を使用する。

#### <推 奨>

ボーリング調査の孔径（コアビットの外径）は標準として66mmとし、ダブルコアチューブを用いてコアを採取する。調査に当たっては地山の状態が推定できるように、乱れの少ない良質なコアを採取するよう努める。特に、破碎帯や亀裂の多い地質、粘土分の少ない軟質な部分を含む地質、地すべり土塊及びすべり面を詳細に観察・確認する必要がある場合等では、コア採取状況を改善させるために、循環水に界面活性剤や増粘剤を用いた高品質ボーリング、大口径ボーリング等を採用することが望ましい。

ボーリング調査の結果は、作業日報及び柱状図として整理する。また、採取したコアは整理してダムが完成するまで全て保存しておく。

ボーリングコアの観察では、地層や不連続面の走向、割れ目の開口度などの把握は困難であるため、連続性の高い不連続面が分布する地質構造や岩盤のゆるみ領域、水理地質構造調査等においてこれらを把握する必要があるときは、ボーリング調査に併せてボアホールテレビカメラを併用すると効率的な調査が可能となる。なお、これらのボーリング孔を用いた試験を実施する場合は、ボーリングの配置や仕様に制約がある場合もあるので計画的に行う。

#### <参考となる資料>

ダムにおけるボーリング調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 中村康夫：ダムにおけるボーリング・調査坑・トレンチ調査(1)～(5)，ダム技術，No. 256-260，2008.，2008.

### 4. 3. 7 調査坑等による調査

#### <標 準>

調査坑等による調査は、地質調査の精度を高めるため、踏査やボーリング調査では把握しにくい地質性状、地質工学性状を肉眼で確認すること、原位置試験を行うこと、試料採取を行うことを目的として、地表地質踏査、物理探査及びボーリング調査結果を踏まえ、概略の地質構成、地質構造を把握した後に、横坑による調査を主体とし、必要に応じて斜坑や立坑、トレンチ等を掘削して行うことを標準とする。調査坑等の種類や位置、深度などは、調査目的、調査段階、地形及び地質条件によって決定する。

#### <推 奨>

調査坑等による調査としては、調査坑（横坑、斜坑、立坑）調査のほか、トレンチ調査や、簡易なものとしては、表土はぎ調査やピット（つぼ掘り）調査があり、調査目的等に応じて適切な方法を用いることが望ましい。

横坑は、斜面から水平に掘る調査坑で、ダムサイトの調査等で実施される。立坑は、河床や広い平地で垂直方向の地質を調べるために実施されるが、余り深く掘ることは困難である。特に地下水位以下では、排水対策を考えておく必要がある。

調査坑では、地表地質踏査やボーリング調査で把握が困難な事項の調査に努める。

調査坑の施工に当たっては、観察や試験に支障のない断面（一般には高さ2m程度、敷幅1.5m程度の長方形）を掘削するが、火薬量を極力制限し周辺岩盤をゆるめないこと、矢板等観察に

支障となるものは必要最小限にすること、坑内壁は浮石を除去し粉塵等を除いておくこと等々の注意を払う。

調査坑の掘削は、周辺地山の地下水位やルジオンテストに影響を与えるので、留意が必要である。

表土はぎ調査やピット調査は、露頭調査の補足調査として有効な場合があるので、必要に応じて補足的に用いる。

**<例 示>**

調査坑等は縮尺 1/10~1/20 程度でスケッチし、縮尺 1/20~1/200 程度の展開図として表す(図 15-4-3 参照)。展開図には、地質分布や地質構造(岩種、地質境界、層理面などの構造、断層・破碎帯、風化・熱水変質の程度、湧水など)及び岩級分布(岩級区分、硬さ、割れ目)、ゆるみ領域(開口亀裂)等を別々に表示する。ダム基礎として注意を要する情報は目立つように記載する。

重力式コンクリートダム直下の連続性の高い低角度弱層のように、ダムの設計において特に問題となる地層については、必要に応じて通常の調査坑展開図よりも詳しい分類やスケッチ(たとえば表 15-4-1 参照)を行った上で、力学試験等の必要な調査や強度評価を行う。

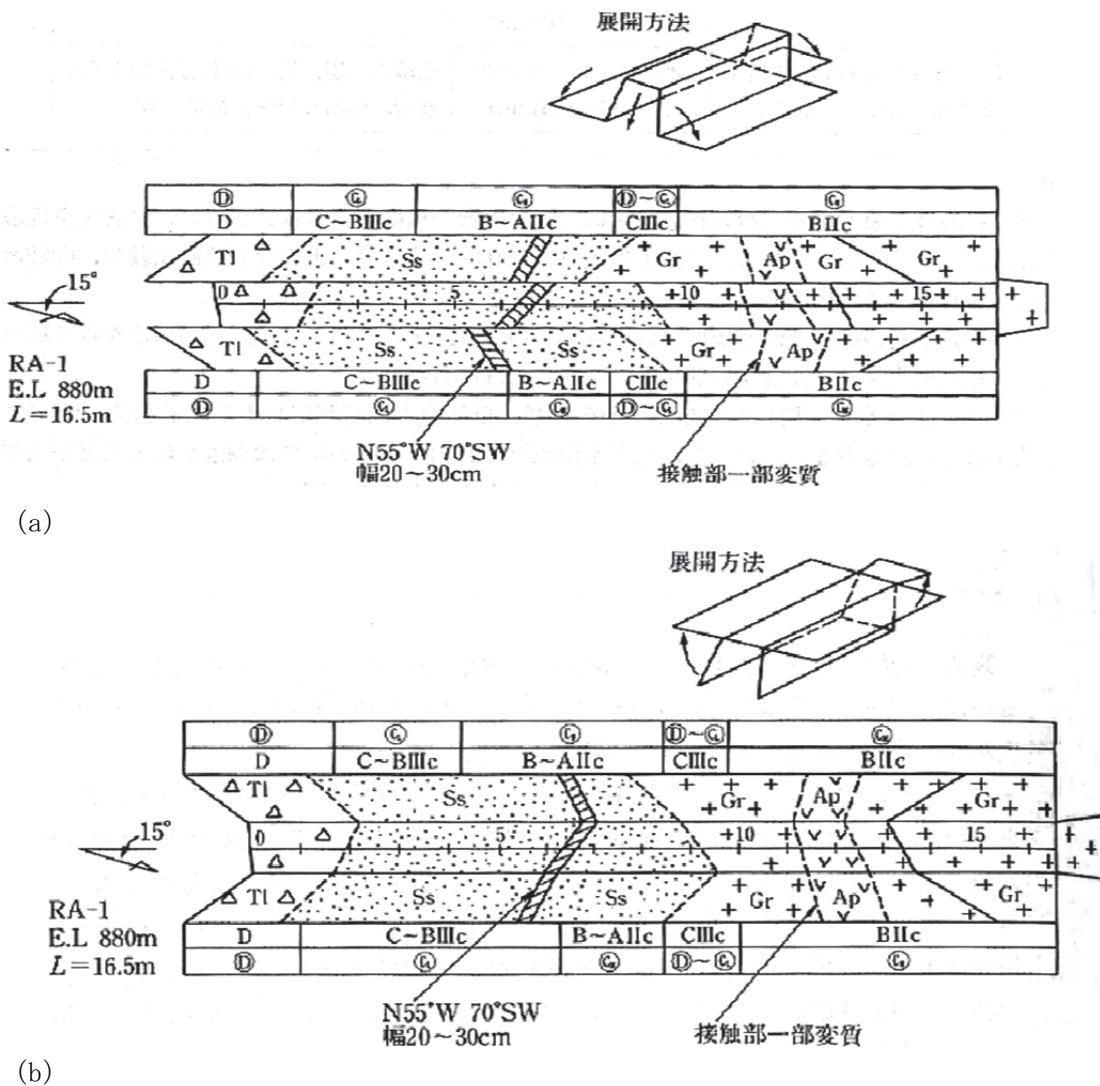

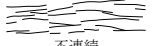
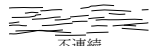

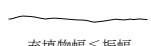

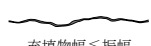

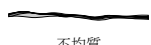





図15-4-3 調査横坑展開図の例

表15-4-1 弱層の形態分類の例（佐々木ほか、2008）

弱層タイプ	露頭・横坑調査スケール ← 数～数10m程度 →	原位置試験スケール ← 0.5～1m程度 →	特徴	弱層の例
A	 不連続	 不連続	個々の不連続面の連続性が原位置試験スケールより小さい。原位置試験スケールで不連続面のせん断強度に加え、不連続部（岩盤部）の強度が期待できる。	割れ目密集ゾーン
B	 不連続	 連続	個々の不連続面の連続性が、原位置試験スケールより大きい。露頭・横坑調査スケールでは不連続部（岩盤部）の強度を期待できるが、原位置試験スケールでは期待できない。	節理
C	 充填物幅 ≤ 振幅	 充填物幅 ≤ 振幅	充填物を含まない、もしくは充填物幅が凹凸の振幅より小さく、原位置試験スケールで壁面のかみ合い効果が期待できる。	節理クラック シーム
D	 充填物幅 ≤ 振幅	 充填物幅 > 振幅	露頭・横坑調査スケールでは充填物幅が起伏の振幅より小さく、壁面のかみ合い効果が期待できるが、原位置試験スケールでは充填物幅が凹凸の振幅より大きく、かみ合い効果は期待できない。	シーム 断層
E	 不均質	 均質または層状	充填物幅が厚く、不均質な複数種類の充填物で構成される。露頭・横坑調査スケールでは充填物の構成に応じた強度が期待できるが、原位置試験スケールでは一部の充填物の強度に支配される。	断層
F	 均質または層状	 均質または層状	充填物幅が厚く、均質または層状の充填物で構成される。単一種類の充填物のせん断強度しか期待できない。	断層 軟質挟在層 非熔結層 境界層

<参考となる資料>

ダムにおける弱層・不連続面の調査並びに調査坑調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 佐々木靖人, 寶谷周, 矢島良紀: ダム基礎の弱層分類と強度評価手法, ダム技術, No. 256, pp. 35-48, 2008.
- 2) JGS 3821-2006 岩盤不連続面分布の幾何学的情報に関する調査方法.
- 3) 中村康夫: ダムにおけるボーリング・調査坑・トレンチ調査(6)～(8), ダム技術, No. 261-263, 2008.

4. 3. 8 地下水の調査

<標準>

地下水の調査は、ダムの基礎岩盤及び貯水池周辺の地山の水理地質構造を把握するために、主としてボーリング孔を用いて、地下水の水位とその変動、地下水流動、帯水層等の調査を行うとともに、本章 4. 3. 9 を踏まえ、透水性や浸透破壊抵抗性の調査を行うことを標準とする。

その際に、各ボーリング孔では掘削深度とその際の地下水位の関係が明瞭となるように掘削中の孔内水位を観測するとともに、要所のボーリング孔では掘削後に孔内水位を継続して観測する。

なお、地下水位の変動を把握するためには、長期にわたる観測が必要であることに留意する。

また、ダム基礎岩盤等の浸透流対策並びに基礎処理計画の検討のためには、ダム軸付近及びダムの上下流方向や貯水池周辺の地山も含めた三次元的な水理地質構造を把握する。

<推奨>

ボーリングに当たっては、将来孔内水位の観測が必要となる場合を考慮し、ボーリング孔は全孔地下水位測定が必要な状態とすることが望ましい。

地下水の流向を把握するためには、複数のボーリング孔の孔内水位から流線を描く方法や複数のボーリング孔を用いたトレーサー試験、単独のボーリング孔内での流向試験などの方法がある。地下水の流速を把握するためには、複数のボーリング孔を用いたトレーサー試験、単独のボーリング孔内での流速試験（孔内微流速計など）がある。地盤内に複数の帯水層がある場合には、削孔時の孔内水位の変化により把握する方法、多段式の間隙水圧計を使用して同時に



複数の地下水位を観測する方法等がある。これらの手法から適切な方法を用いて調査を行うことが望ましい。また、必要に応じて、ダムサイトや貯水池周辺の表流水の流出状況、湧出状況等を地表踏査によって調査する。

このほか一般的な地下水調査については、第2章 水文・水理観測 第6節 地下水観測による。

#### <参考となる資料>

ダムにおける地下水の調査の詳細については、下記の資料が参考となる。

- 1) 土木学会：ダム建設における水理地質構造の調査と止水設計，p.141，丸善，2001.
- 2) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，P.889，2004.

### 4.3.9 岩盤の原位置試験

#### <標準>

岩盤の原位置試験は、ダムの設計に必要な基礎岩盤の特性（変形係数、弾性係数、せん断強度、透水性）を求めるため、変形試験、せん断試験、透水特性、ボーリング孔を用いる試験、グラウチングテストのうち、それぞれ適切な試験を行うことを標準とする。

#### (1) 変形試験

#### <標準>

変形試験は、岩盤の変形性等を検討するための岩盤の特性(変形係数、弾性係数等)を求めるために、ダム基礎岩盤を代表する地質、岩級の分布する個所で、必要に応じて適切な方法を用いて行うことを標準とする。

#### <推奨>

変形試験の方法には、ジャッキ法（平板載荷試験）のほか、ラジアルジャッキ法、スリット法、孔内載荷試験法などがあるが、試験法が比較的手軽で対象範囲が広いことなどからジャッキ法によることが多く、任意の深度で試験できることから補助的に孔内載荷試験を用いる場合も多いため、調査目的等に応じて適切な方法を選定ないし組み合わせを行うことが望ましい。

平板載荷試験においては、試験結果の信頼性を高めるため、同一の地質状況で同一の岩級に区分される個所において、それぞれ少なくとも3個所以上の試験を行うことが望ましい。また、孔内載荷試験においては、平板載荷試験に比べ、試験範囲を直接確認できないことや孔壁の状況の影響を受けやすいことなどから、試験値のばらつきを確認できる試験数を行うことが望ましい。

変形試験は、少数の試験結果から全体の地質を代表させる値を決定しなければならないため、試験位置の選定を慎重に行い、試験前のみならず試験後にも試験面を詳細に観察し、岩級区分を再度確認する。

#### <関連通知等>

- 1) 土木学会岩盤力学委員：原位置岩盤試験法の指針，土木学会，2000.
- 2) JGS 3521-2003 剛体載荷板による岩盤の平板載荷試験方法.

## (2) せん断試験

### <標準>

原位置せん断試験は、必要に応じて粘着力や内部摩擦係数を求めるために、ダム基礎岩盤を代表する地質、岩級の分布する個所で、適切な方法を用いて行うことを標準とする。

### <推奨>

岩盤のせん断試験は、通常実施される方法として、ブロックせん断試験とロックせん断試験がある。ブロックせん断試験は、整形した岩盤上にコンクリートブロックを打設して岩盤とコンクリートの接触面直下の岩盤をせん断する試験であり、ロックせん断試験は、ブロック状に切り出した岩盤をコンクリートでライニングし、ブロック底部でせん断する試験である。両試験は岩盤状況等により適用性が異なるので選定においては留意することが望ましい。

試験結果の信頼性を高めるため、同一の地質状況で同一の岩級に区分される個所において、それぞれ4地点以上選んで1組の試験を行うことが望ましい。

せん断試験は、少数の試験から全体の地質を代表させる値を決定しなければならないため、試験位置の選定を慎重に行い、試験前のみならず試験後にも試験面を詳細に観察し、岩級区分を再度確認することが望ましい。

重力式コンクリートダムで低角度の断層が基礎直下に広く分布する場合など、ダムの安定性に大きな影響を及ぼす弱層が分布する場合には、必要に応じ弱層を対象としたせん断試験等により、弱層の性状に応じた適切な強度評価を行う。

### <関連通知等>

- 1) 土木学会岩盤力学委員：原位置岩盤試験法の指針，土木学会，2000.
- 2) JGS 3511-2003 岩盤のせん断試験方法.
- 3) JGS 2541-2008 岩盤不連続面の一面せん断試験方法.

## (3) 透水試験

### <標準>

透水試験は、ダム基礎岩盤の遮水性の改良方法や遮水の改良範囲等を決定するために原位置での岩盤の透水性を把握する目的で行い、主にルジオンテスト法を用い試験することを標準とする。

### <推奨>

ルジオンテストは、ボーリング孔に多段階の一定圧力で水を注入し、注入圧力と注入量の関係より岩盤の透水性(ルジオン値)を評価するものである。ルジオンテストの方法は、シングルパッカー方式とダブルパッカー方式がある。シングルパッカー方式は、所定の試験区間(5mとする場合が多い)の上端にパッカーをかけ、孔底までの区間に水を段階的に圧入して、その圧力ごとの注入量を測定するもので、ダブルパッカー方式は、上端と下端にパッカーをかけ、そのパッカー間で試験するものである。一般的には下部パッカーからの漏水による誤差が少ないので、シングルパッカー方式を採用することが望ましい。

限界圧力が小さい地盤の場合には、孔内圧力センサーを使用した孔内静水圧透水試験を用いることもできる。また、比較的均質な多孔質体とみなせる軟質な地盤では、ルジオンテストに加え現場透水試験等で透水係数を把握する場合がある。

ルジオンテストによる限界圧力が特に小さく浸透破壊が懸念される地盤については、必要に応じて浸透破壊抵抗性を確認する調査や試験を行う。

ルジオンテストの詳細については、「ルジオンテスト技術指針・同解説」による。

#### <関連通知等>

- 1) (財)国土技術研究センター：ルジオンテスト技術指針・同解説，大成出版社，2006.

### (4) ボーリング孔を用いる試験

#### <標準>

ボーリング孔を用いる試験は、ボーリングコア等では確認できない地層の走向、開口量等の基礎岩盤の地質構造、力学的特性、地下水の流動特性等を求めることを目的として、必要に応じて適切に実施することを標準とする。

#### <推奨>

ルジオンテスト以外の、ボーリング孔を用いる主な試験の概要は次のとおりであるが、必要に応じてこれ以外の手法を用いてもよい。なお、ボーリング孔を用いる試験のうち、地下水流動に関する試験は本節 4.3.8 による。

#### 1) ボアホールテレビ観察

ボーリング孔内にテレビカメラを入れ、孔壁を観察するものである。テレビカメラには、スポット画像タイプ（側方視タイプ、前方視タイプ等）と展開画像タイプとがある。一般にスポット画像タイプは細部及びリアルタイムなものの動きの観察に適している。展開画像タイプでは孔内全周が観察でき、ボーリングコアでは計測できない地層面、亀裂面等の走向傾斜、開口量が測定できる。

#### 2) 電気検層

地盤の比抵抗や自然電位を測定することにより、地層の厚さ、帯水層、難透水層、孔隙率・飽和度等が求められる。電気検層は原理上地下水位以下の部分でのみ適用できる。また、ケーシング挿入部分では正確な値が得られないことに留意する。

#### 3) 速度検層

速度検層はP波やS波等の弾性波伝播速度を求め、地盤の物理的性質を調査する手法である。弾性波速度から動ポアソン比、動弾性係数等の動弾性定数を算出できるほか、波形記録から地盤中における弾性波の減衰特性を知ることができる。

#### 4) その他の検層法

キャリパー検層、温度検層、密度検層、中性子検層、JFT(透水試験法)等がある。

#### 5) 孔内載荷試験

力学定数等を求める場合には、各種孔内載荷試験がある。

#### <関連通知等>

- 1) JGS 1121-2003 地盤の電気検層方法.
- 2) JGS 1122-2003 地盤の弾性波速度検層方法.
- 3) JGS 3431-2004 岩盤のプレッシャーメータ試験方法.
- 4) 土木学会岩盤力学委員：原位置岩盤試験法の指針，土木学会，2000.

## (5) グラウチングテスト

### <標準>

グラウチングテストは、グラウチングによる基礎処理を計画する際に改良特性や注入仕様等に関する資料を本施工前に得る必要がある場合に適切に行うことを標準とする。

### <推奨>

グラウチングテストでは、グラウチングによる改良の見通し、グラウト材料、グラウト孔のパターン及び孔間隔、注入圧力、施工法等を検討することが望ましい。グラウチングテストは、中央内挿法で実施し、岩盤変位測定装置による変位計測も併せて行うことが望ましい。

グラウト効果の判定は一般にルジオンテストにより得られるルジオン値によって行う。なお、ルジオン値のほか、セメント注入量も考慮する場合がある。なお、一般にグラウチング施工時には、水押試験によってルジオン値を算定するため、ルジオンテスト結果と水押試験結果の関係について整理しておくことが望ましい。

注入圧力については、注入圧力を上げれば注入量が多くなり注入範囲も広がるが、それによって岩盤の局所的な破壊や浮上りが生ずるので注意する。

グラウチングの詳細については、「グラウチング技術指針・同解説」による。

### <関連通知等>

- 1) (財)国土技術研究センター編集：グラウチング技術指針・同解説，大成出版社，2003.

## 4. 3. 10 岩石の室内試験

### <標準>

岩石の室内試験は、岩盤の工学的性質等を把握するための手段の一つとして、岩盤の構成材料である岩石供試体を利用して、岩石の基本的な性質を求めするために、岩石の岩石学的・鉱物学的性質を求めめる試験、物理的性質を求めめる試験、力学的性質を求めめる試験、水理学的性質を求めめる試験、化学的性質を求めめる試験、及び耐久性を求めめる試験のうち、必要性及び求めめる性質に応じて適切な試験を行うことを標準とする。

### (1) 試料採取及び供試体の調製

#### <推奨>

岩石試験の試料は、主としてボーリングコア、調査坑、露頭からの採取岩片を利用することが望ましい。

試料採取を行う場合には、試料ができる限り岩盤の性質を代表するよう偏りのない採取を行うよう注意する。

硬岩は、通常、ボーリングコアを利用して供試体の調製を行う。軟岩は、ボーリングコアを利用できない場合には、ブロックサンプリングを行い、試験室で供試体の調製を行う。

採取した試料は、試験に供するまで採取時の状態を保ち、振動を与えないように保存した上で調製することが望ましい。

供試体は、試験前に岩石の状態（岩種、岩質等）を観察、記録し、試験結果の考察に反映させることが望ましい。

### <関連通知等>

- 1) JIS M 0301-1975 岩石の試験片作成.

## (2) 岩石・鉱物特性試験

### <推奨>

岩石の岩石学的・鉱物学的性質（岩種・岩石組織・粒度分布・構成鉱物の種類・構成鉱物の含有量等）を求める場合には、それぞれ適切な試験を行う。

岩石の岩石学的・鉱物学的性質は岩石の物理・力学・化学的性質や耐久性と密接に関係している。また、鉱物学的性質はその岩石の風化や熱水変質等の変質の状況や粘土鉱物などの物理・力学的性質などを劣化させる鉱物の存在を示すものである。

岩石の岩石学的・鉱物学的性質を求める代表的な試験方法を表 15-4-2 に示す。

表15-4-2 岩石の岩石学的・鉱物学的性質を求める試験方法の例

求める性質	試験方法
岩種	岩石薄片の偏光顕微鏡観察
岩石組織	同上
粒度分布	同上
構成鉱物の種類	同上, X線回折分析, 示差熱分析
構成鉱物の含有量	岩石薄片の偏光顕微鏡によるポイントカウンティング, X線回折分析

## (3) 物理特性試験

### <推奨>

岩石の物理的性質（密度・含水比・有効間隙率・吸水率・P波速度・S波速度・動弾性係数・動ポアソン比など）を求める場合には、それぞれ適切な試験を行う。

岩石の物理的性質は、岩石の力学的性質、耐久性と密接に関係している。

岩石の物理的性質を求める代表的な試験方法の例を表 15-4-3 に示す。

表15-4-3 岩石の物理的性質を求めるための試験方法の例

求める値	試験方法
自然状態, 強制乾燥状態, 強制湿潤状態の密度	密度試験
吸水率および有効間隙率	吸水率及び有効間隙率試験
動弾性係数, 動ポアソン比	超音波速度測定

### <関連通知等>

- 1) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
- 2) JGS 2132-2009 岩石の密度試験方法.
- 3) JIS A 1110:2006 粗骨材の密度及び吸水率試験方法.
- 4) JGS 2134-2009 岩石の含水比試験方法.
- 5) JGS 2132-2009 岩石の密度試験方法.
- 6) KDK S 0501-1968 岩石の密度・含水比・飽和度・有効間隙率・吸水率試験方法，建設省，1968.
- 7) JGS 2110-2009 パルス透過法による岩石の超音波速度測定方法.

#### (4) 力学特性試験

##### <推奨>

岩石の力学的性質(一軸圧縮強さ・静弾性係数・静ポアソン比・せん断強さ・内部摩擦角・引張強さなど)を求める場合には、それぞれ求める性質に応じて適切な試験を行う。

岩石の力学特性について試料間で対比を行う場合には、それぞれの試料の物理特性を考慮する必要がある。したがって、力学特性試験に供する供試体は、必要な物理特性試験を併せて実施する。

岩石の力学特性を求める代表的な試験方法を表 15-4-4 に示す。

表15-4-4 岩石の力学的性質を求めるための試験方法

求める性質	試験方法
せん断強さ	一軸圧縮試験, 三軸圧縮試験, 直接せん断試験
引張強さ	圧裂試験, 点載荷試験

##### <関連通知等>

- 1) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
- 2) JGS 2521-2009 岩石の一軸圧縮試験方法.
- 3) JGS 2531-2009 岩石の非圧密非排水 (UU) 三軸圧縮試験方法.
- 4) JGS 2532-2009 軟岩の圧密非排水 (CU) 三軸圧縮試験方法.
- 5) JGS 2533-2002 軟岩の圧密非排水 (CU $\bar{v}$ ) 三軸圧縮試験方法.
- 6) JGS 2534-2009 岩石の圧密排水 (CD) 三軸圧縮試験方法.
- 7) JGS 2541-2008 岩盤不連続面の一面せん断試験方法.
- 8) JGS 2551-2009 圧裂による岩石の引張り強さ試験方法.
- 9) JGS 3421-2005 岩石の点載荷試験方法.

#### (5) 透水試験

##### <推奨>

岩石の透水特性や浸透破壊抵抗性を求める必要がある場合には、その目的に応じて適切な透水試験を行う。

透水試験には、放射流による試験や一様流による試験等があるため、想定される地下水の流れや岩石の異方性等を考慮して適切な試験方法並びに試験条件で行う。

#### (6) 化学的特性試験

##### <推奨>

岩石の化学的性質を求める必要がある場合には、その目的に応じて、岩石の性質や置かれる環境を考慮して適切な試験を行う。

## (7) 耐久性試験

### <推奨>

岩石の耐久性を求める必要がある場合には、その目的に応じて、岩石の性質や置かれる環境を考慮して適切な耐久性試験を行う。

堤体材料や掘削のり面には、力学的性質のほかに耐久性が要求される。岩石の耐久性は岩石の性質や岩石が置かれる環境によって大きく異なるため、これらに応じた適切な耐久性試験を選定する。

凍結融解試験は、硬岩の耐久性を求める代表的な方法で、岩石試料の内部まで凍結融解が繰り返される条件下での試験前と試験中のある時期における各種物理量の測定値の変化を耐久性判定の目安とするものである。

スレーキング試験は、軟岩の耐久性を求める代表的な方法で、乾燥させた供試体の水浸、ないしその繰り返しによって生じる形状変化及び吸水量から、スレーキングの性質の目安を求めるものである。

すりへり試験は、粗骨材・石材のすりへりに対する抵抗を試験するものである。

岩石の耐久特性について試料間で対比を行う場合には、それぞれの試料の物理特性を考慮する必要がある。したがって、耐久特性試験に供する供試体は、必要な物理特性試験を併せて行う。

### <関連通知等>

- 1) 地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，2009.
- 2) JIS A 1148:2001 コンクリートの凍結融解試験方法.
- 3) JGS 2124-2009 岩石のスレーキング試験方法.
- 4) JGS 2125-2009 岩石の促進スレーキング試験方法.
- 5) JIS A 1121:2007 ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり試験方法.

## 4. 3. 11 ダム基礎等の地質調査結果の取りまとめ方法

### (1) 結果の取りまとめ方針

#### <考え方>

ダム基礎等の地質調査によって得られた地質情報を総合的に検討して、地質状況、地質工学性状、地下水状況、透水性状を取りまとめ、各種図面として整理する。なお、各種図面の作成に当たっては、その根拠となった露頭、ボーリング孔、調査坑等を表示する。

地質状況の整理では、資料調査、地形調査、地表地質踏査、物理探査、ボーリング、横坑等による調査等を基に、調査地域に分布する地層や岩石を地質学的手法で分類し、地質図としてまとめ、岩級区分図やルジオンマップの基礎資料を作成する。

地質工学性状の整理では、岩盤分類基準に基づいてダムサイトを構成する岩盤を統一的に区分（岩級区分）し、岩級区分図として取りまとめ、ダムの設計の基礎資料を作成する。

地下水状況の整理では、ダムサイト及び貯水池周辺の地下水状況を取りまとめ、基礎処理計画及びダムの安定性等を検討する上での基礎資料を作成する。

透水性状の整理では、地質状況の整理及び透水試験の結果等から水理地質構造を解明し、ルジオンマップ等を作成するとともに、硬岩の場合は割れ目の頻度及び開口量、軟岩の場合は風化の程度及び岩石組織の粒子間のゆるみなどとの関連性を考察し、ダムの基礎岩盤の透水性状を取りまとめ、基礎処理計画を検討する際の資料を作成する。

## (2) 地質状況の整理

### < 推 奨 >

ダム基礎等の地質調査では、ダム事業の各段階の目的に応じて、以下のとおり地質調査結果から地質状況の整理をすることが望ましい。

地質状況の整理では、地質状況（地質構成、層序、地質構造、断層や亀裂、風化、熱水変質等）を取りまとめるとともに、地質平面図、地質断面図（地質縦断面図、地質横断面図、地質水平断面図）を作成する。また、場合によっては割れ目密度分布図、風化・変質区分図等の地質図を作成する。これらの図面は、地表地質踏査、ボーリング及び調査坑による調査等の地質調査がある程度進展した後に、これらの地質情報を取りまとめて作成する。

地質平面図、地質断面図等はダムの設計に直接用いられる岩級区分図やルジオンマップの作成の基礎資料となるものである。

地質平面図には、地形図上に地層や岩石の分布及び地質構造等を地質学的な手法に基づいて作図記入する。なお、ダムサイト周辺が崖錐堆積物等の表層被覆物により覆われている場合は、ダムの基礎や止水基盤となる地質の分布を明確にするために、必要に応じて表層被覆物を取り除いた地質平面図についても作成する。

地質断面図は、地質縦断面図、地質横断面図、地質水平断面図の3種に区別される。一般的には、本節 4.2.4(4)に記すグリッド沿いに地質断面図を作成する。

地質状況の取りまとめに当たっては、たとえば地表地質踏査についてはルートマップ、断層系や亀裂系の調査については一覧表やシュミットネットの活用など、作成した地質図等の根拠資料についてわかりやすい形で整理する。

## (3) 地質工学性状の整理

### < 推 奨 >

ダム基礎の地質調査では、ダム事業の各段階の目的に応じて、以下のとおりダム基礎の耐荷性の観点から基礎地盤の岩盤分類を行い、これに基づいて岩級区分図等を作成することが望ましい。

各ダムサイトでは、岩盤を工学的に評価するために岩盤分類基準を定め、その岩盤分類基準に基づいて岩盤分類（岩級区分）を行い、岩級区分図、各岩級の等高線図を作成する。岩盤分類は地質調査と原位置試験及び設計値の決定を結ぶ重要な作業であって、本節 4.2.4(5)に定める総合解析の主要な内容を占めるものである。

### 1) 岩盤分類基準の作成

岩盤分類では、変形性や強度など岩盤の工学的性質とつながる分類要素を取り上げ、要素ごとに段階分けし、それらを組み合わせて岩盤分類の基準を作成する。

岩盤分類の基準は、岩片の硬軟、割れ目の間隔、割れ目の状態等の分類要素の段階分けを組み合わせて、ダムサイトごとに岩盤の工学的性質を最もよく表現できるように作成する。岩盤分類は、ボーリングコアや調査坑における岩盤状況の肉眼観察、ハンマーの打診等によって行い、補足的に弾性波探査による地山の弾性波速度、過去の類似地質のダムにおける岩盤分類事例等を利用する。

### 2) 岩級区分図の作成

ボーリングコアや調査坑で判定した岩盤分類結果を、地質断面図と同じ断面図上に記入し、この結果と地質構成・地質構造やその他の諸調査の結果を十分考慮して基礎岩盤全体を表す岩級区分図を作成する。岩級区分図は、地質図上に表現すべきものであるが、地質構造が複雑



で地質断面図が煩雑となる場合には、必要に応じて被覆層及び断層破碎帯のみを示した地質断面図上に重ねて岩級区分図を作成する。

作成された岩級区分図を基に、設計上必要な岩級の最浅部について等高線図を作成する。

### <例 示>

岩級区分の例を表 15-4-5～10 に示す。表 15-4-5、6 は岩片の硬軟、割れ目の間隔、割れ目の状態の三要素区分の組合せによる方法（土研式）の例、表 15-4-7、8 は土研式において三要素区分並びにその組合せ方法を一般化した例（土研式共通岩級区分案）、表 15-4-9 は記述式の岩級区分（田中式、電中研式）の例である。このほかにも岩盤の工学的分類方法は種々のものが考案されている。しかし、岩盤の性状や工学的特性は地質ごとに大きく異なること、またダム規模や岩盤性状によって岩級を細分化する必要がある場合があることなどから、分類要素や岩級区分の基準はダムサイトごとに工夫して作成することを基本とする。

一軸圧縮強度が 9.81～19.6 MN/m<sup>2</sup> 程度以下の軟岩において、これらの岩盤分類法を適用できない場合は、岩の硬さに着目した岩級区分を行う必要がある。その場合、岩片の硬さの精度を高めるためには、シュミットハンマー試験、針貫入試験等の簡易な原位置試験や点載荷試験、一軸圧縮強度試験等の岩石の室内試験を行うことが有効である。なお、これらの試験は、岩盤の含水状態、あるいは岩質によっては測定値がばらつくことがあるので、試験時の測定条件や適用する岩質に十分な注意を払う必要がある。

大きな開口亀裂を伴うゆるみ岩盤については、ダム基礎として適さない場合が多く、また通常の岩盤分類基準では適切に評価できない場合もあるので、必要に応じて別途、開口亀裂の状況等に着目したゆるみ性状区分をダムごとに作成し（表 15-4-10）、通常の岩盤と識別できるように表示する。また、同様に、特に脆弱で浸透破壊等を生じるような地盤や、極端な高透水性を生じることが懸念される地盤では、耐荷性のみならず止水性も問題となるため、このような地盤が識別できるように岩盤分類基準を工夫するか、別途必要な性状区分を行う。

表15-4-5 岩級区分の例（A）：要素区分

(a) 下笠ダム（花崗岩・安山岩の例）			(b) 裾花断面（凝灰角礫岩の例）		
区分要素	細区分	内 容	区 分 要 素	細区分	内 容
岩塊の硬さ	A	堅 硬 <sup>注1)</sup>	硬 さ	A	堅 硬
	B	一部堅硬，一部軟質 <sup>注2)</sup> 全体にやや軟質		B	中程度あるいは軟硬 が入り混じる
	C	軟 質 <sup>注3)</sup>		C	軟 質
割れ目の間隔	I	50cm以上	割れ目の間隔 <sup>注4)</sup>	I	50cm以上
	II	50～15cm		II	50～15cm以上
	III	15cm以下		III	15cm以下
割れ目の状態	a	密着	角礫の量比 <sup>注5)</sup>	a	50%以上
	b	開口状		b	50～20%
	c	粘土をはさむ		c	20%以下

- 注 1. ハンマーで火花が出る程度  
 2. ハンマーで強打して1回で割れる程度  
 3. ハンマーで崩せる程度  
 4. ここでの数値は一例であり、現場条件で異なる。  
 5. 概算 1 m<sup>2</sup>中の面積比

表15-4-6 岩級区分の例（A）：岩盤の評価基準

評価区分	評価	細区分の組合せ
[A]	良好	A I a A I b B I a B I b
[B]	やや良好	A II c A II a A II b B I c B II a B II b
[C]	やや良好	C I a
[D]	不良	A II c C I b C I c C II a C II b 残りの組み合わせ

表15-4-7 岩級区分の例（B）：要素区分（日本建設情報総合センター、1999）

記号	硬軟区分	記号	コア形状	記号	割れ目状態区分
A	硬軟、ハンマーで容易に割れない。	I	長さ50cm以上の棒状のコア	a	密着している、あるいは分離しているが、割れ目沿いの風化・変質は認められない。
B	硬、ハンマーで金属音。	II	長さ50～15cmの棒状のコア	b	割れ目沿いの風化・変質は認められるが、岩片はほとんど風化・変質していない。
		III	長さ15～5cmの棒状のコア		
C	中硬、ハンマーで容易に割れる。	IV	長さが5cm以下の棒状～片状コアでかつコアの外周の一部が認められるもの。	c	割れ目沿いの岩片に風化・変質が認められ軟質となっている。
		V	主として角礫状のもの。		
D	軟、ハンマーでボロボロに砕ける	VI	主として砂状のもの。	d	割れ目として認識できない角礫状、砂状、粘土状コア。
		VII	主として粘土状のもの。		
E	極軟、マサ状、粘土状。	VIII	コアの採取ができないもの。スライムを含む。（記事欄に理由を書く）		

表15-4-8 岩級区分の例（B）：土研式共通岩級区分案（森・脇坂・佐々木・阿南、2007）

岩石	硬さA				硬さB				硬さC				硬さD			
	状態a	状態b	状態c	状態d	状態a	状態b	状態c	状態d	状態a	状態b	状態c	状態d	状態a	状態b	状態c	状態d
階級 I	B	B	CH	(D)	CH	CH	CM **	(D)	CM	CM	CL	(D)	CL	CL	D **	(D)
階級 II	CH	CH	CH *	(D)	CH	CM **	CM	(D)	CM	CM	CL	(D)	CL	CL	D **	(D)
階級 III	CH	CH	CH *	(D)	CM	CM	CM	(D)	CL **	CL	CL	(D)	D **	D **	D	(D)
階級 IV	CH *	CH *	CM *	(D)	CM	CM	CL	(D)	CL	CL	D **	(D)	D **	D	D	(D)
階級 V	(CM)	(CM) *	(CL)	(D)	(CL)	(CL)	(CL)	(D)	(CL)	(D)	(D)	(D)	(D)	(D)	(D)	(D)

( ) : 本検討で用いていない組合せ  
 \* 「共通岩級」を見處して1ランク上げた三要素組合せ  
 \*\* 「共通岩級」を見處して1ランク下げた三要素組合せ

表15-4-9 岩級区分の例 (C) 記述式岩級区分 (田中式) (田中、1971)

名称	特 徴
A	<p>きわめて新鮮なもので造岩鉱物および粒子は風化、変質を受けてない。亀裂、節理はよく密着し、それらの面にそって風化の跡はみられないもの。 ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。</p>
B	<p>岩質堅硬で開口した(たとえ1mmでも)亀裂あるいは節理はなく、よく密着している。ただし造岩鉱物および粒子は部分的に多少風化、変質がみられる。 ハンマーによって打診すれば澄んだ音を出す。</p>
CH	<p>造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けてはいるが岩質は比較的堅硬である。一般に褐鉄鉱などに汚染せられ、節理あるいは亀裂の間の粘着力はわずかに減少しており、ハンマーの強打によって割れ目にそって岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質の薄層が残留することがある。 ハンマーによって打診すればすこし濁った音を出す。</p>
CM	<p>造岩鉱物および粒子は石英を除けば風化作用を受けて多少軟質化しており、岩質も多少柔らかくなっている。 節理あるいは亀裂の間の粘着力は多少減少しておりハンマーの普通程度の打撃によって、割れ目にそって岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質の層が残留することがある。 ハンマーによって打診すれば、多少濁った音を出す。</p>
CL	<p>造岩鉱物および粒子は風化作用を受けて軟質化しており岩質も柔らかくなっている。 節理あるいは亀裂の間の粘着力は減少しており、ハンマーの軽打によって割れ目にそって岩塊が剥脱し、剥脱面には粘土質物質が残留する。 ハンマーによって打診すれば濁った音を出す。</p>
D	<p>岩石鉱物および粒子は風化作用を受けて著しく軟質化しており岩質も著しく柔らかい。 節理あるいは亀裂の間の粘着力はほとんどなく、ハンマーによってわずかな打撃を与えるだけでくずれ落ちる。剥脱面には粘土質物質が残留する。 ハンマーによって打診すれば著しく濁った音を出す。</p>

表15-4-10 ゆるみ岩盤の性状区分方法の例（佐々木ほか、2005）

<p><b>ゆるみにより開口やずれを生じた亀裂の定義試案</b></p> <p><b>開口亀裂：</b>亀裂（ないし弱層）の内部が主として空隙（水）からなるもの。ただし、流入粘土*1で充填された開口亀裂も原則として開口亀裂の一種として扱い、その際は「<b>開口亀裂（流入粘土）</b>」などと表示して区別できるようにする。</p> <p><b>ずれ亀裂：</b>亀裂面（ないし弱層）に沿ってずれ変位の見られるもの。厳密には断層と同じ変形モードであるが、地殻変動による断層（テクニク断層）とは異なり、重力変形などのノンテクニク断層に伴ってずれ変位を生じている可能性のあるものについて用いる。</p> <p>*1 流入粘土：地下水などにより運搬された粘土が岩盤中の開口した割れ目等の空隙に沈積・充填したもの。多くは、褐色～黄褐色で非常に細粒の粒子からなる。</p>	<p><b>ずれ亀裂の出現率やずれの量を示す指標試案</b></p> <p><b>ずれ亀裂数：</b>横坑（ボーリング孔）の特定区間長（1m, 5m, 10m, 横坑全区間など）におけるずれ幅0.25～0.3mm以上のずれ亀裂の本数。「1m当たりずれ亀裂数」を標準とする。</p> <p><b>ずれ亀裂出現率：</b>横坑（ボーリング孔）の特定区間長（1m, 5m, 10m, 横坑全区間など）における（測線上の）全亀裂（本数）に対するずれ幅0.25～0.3mm以上のずれ亀裂（本数）の割合（%）。「1m当たりずれ亀裂出現率」を標準とする。</p> <p><b>ずれ方向：</b>上盤側の岩体の移動方向を方向・傾斜の順に（N〇〇W・〇〇Sなどで）示す。横坑の坑壁などで真の方向が判別できない場合は、見かけ方向（見かけN〇〇W・〇〇Sなど）として示す。</p> <p><b>ずれ量：</b>ずれの方向が確認できる場合には真のずれの量で定義する。真のずれの方向が確認できない場合は、<b>見かけずれ量</b>として定義する。</p> <p><b>累積ずれ量：</b>横坑（ボーリング孔）の特定区間長（1m, 5m, 10m, 全区間など）における複数の亀裂の累積ずれ量。「1m当たり累積ずれ量」を標準とする。</p> <p><b>最大ずれ量：</b>横坑（ボーリング孔）の特定区間長（1m, 5m, 10m, 全区間など）における単一亀裂の最大ずれ量。「1m当たり最大ずれ量」を標準とする。</p> <p><b>ずれ量区分：</b>区間当たりの「累積ずれ量」や「最大ずれ量」に関する大まかな区分。「開口量区分」と同じ境界値区分を標準とするが、現場状況や目的に応じて一部省略ないし変更して用いても良い。</p>
<p><b>開口亀裂の出現率や開口量を示す指標試案</b></p> <p><b>開口亀裂数：</b>横坑（ボーリング孔）の特定区間長（1m, 5m, 10m, 横坑全区間など）における開口幅0.25～0.3mm以上の開口亀裂の本数。「1m当たり開口亀裂数」を標準とする。</p> <p><b>開口亀裂出現率：</b>横坑（ボーリング孔）の特定区間長（1m, 5m, 10m, 横坑全区間など）における（測線上の）全亀裂（本数）に対する開口幅0.25～0.3mm以上の開口亀裂（本数）の割合（%）。「1m当たり開口亀裂出現率」を標準とする。</p> <p><b>開口量：</b>（測線などに沿った開口量ではなく）割れ目の面と面に対する垂直な距離で定義する。単一の開口亀裂の中でも開口量が場所によって異なるときは、測線上で計測している際は測線にかかる部分の開口量で定義する。なお、横坑内など、観察できる範囲の中で単一亀裂における最大の開口量については、<b>最大開口部開口量</b>と呼ぶ。また、流入粘土が充填している場合も原則として開口量に含める。</p> <p><b>累積開口量：</b>横坑（ボーリング孔）の特定区間長（1m, 5m, 10m, 横坑全区間など）における累積開口量。「1m当たり累積開口量」を標準とする。また、区間長に対する区間当たり累積開口量の割合（%）を<b>区間開口率</b>とよぶ。</p> <p><b>最大開口量：</b>横坑（ボーリング孔）の特定区間長（1m, 5m, 10m, 全区間など）における単一亀裂の最大開口量。「1m当たり最大開口量」を標準とする。</p> <p><b>開口量区分：</b>区間当たりの「累積開口量」や「最大開口量」に関する大まかな区分。次の区分による表示を参考とするが、現場状況や目的に応じて一部省略ないし変更して用いても良い。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① 1m以上</li> <li>② 30cm以上</li> <li>③ 10cm以上</li> <li>④ 3cm以上</li> <li>⑤ 1cm以上</li> <li>⑥ 2.5～3mm以上</li> <li>⑦ 1mm以上</li> <li>⑧ 0.25～0.3mm以上</li> <li>⑨ 上記未満（開口亀裂に含めなくてもよい）</li> </ol>	<p><b>横坑や露頭等におけるゆるみ性状の分類試案</b></p> <p><b>ゆるみ性状区分：</b>ゆるみと判断される岩盤について、ゆるみの程度を定性的に示す区分。ゆるみの程度の強い順に以下の通りを標準とする。実際の現場では、現場状況に応じて工夫・変更を行っても良い。また、風化の状態（岩芯まで風化、亀裂面周辺のみ風化や酸化、など）、流入粘土の有無、なども加味して整理するとよい。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① <b>土砂状</b>（ゆるみに伴う変形・破砕・風化により、岩盤が細粒化・軟質化し土砂化したもの）</li> <li>② <b>崖壁状</b>（多くの岩塊が転動し岩塊群状ないし土砂混じり岩塊状をなしているもの）</li> <li>③ <b>石積み状、ないし極大ゆるみ</b>（多くの岩塊に約3cm以上の大きなずれや開口を生じ、全体としておよそ数10cm～数m程度の石を積み重ねたような状態を示す岩盤）</li> <li>④ <b>ブロック状、ないし強ゆるみ</b>（数m～10m程度の範囲の中に約3cm以上の大きなずれや開口が見られ、全体として岩盤が数m～10cm程度のブロックに分けられるような状態を示す岩盤）</li> <li>⑤ <b>中ゆるみ</b>（数m～10m程度の範囲の中に1～3cm程度の亀裂の開口やずれが見られる岩盤）</li> <li>⑥ <b>弱ゆるみ</b>（数m～10m程度の範囲の中に3mm～1cm程度の亀裂の開口やずれが見られる岩盤）</li> <li>⑦ <b>微小ゆるみ</b>（数m～10m程度の範囲のところに2.5～3mm未満の亀裂の開口やずれが見られる岩盤）</li> <li>⑧ <b>前ゆるみ</b>（数m～10m程度の範囲のごく一部に2.5～3mm未満の亀裂の開口やずれが見られる岩盤、数m～10m程度の範囲のところに1mm未満の亀裂の開口やずれが見られる岩盤、亀裂の開口やずれはほとんどないまたは確認できないが応力解放などの作用により軟質化・弾性波速度の低下・透水性の向上などのゆるみの兆候と思われる性状を示す岩盤）</li> </ol>

＜関連通知等＞

- 1) 建設大臣官房技術調査室監修，土木研究所編集：ボーリング柱状図作成要領（案）解説書（改訂版），（財）日本建設情報総合センター，1999.
- 2) JGS 3811-2004 岩盤の工学的分類方法.

### <参考となる資料>

ダム基礎の岩盤分類方法については、下記の資料が参考となる。

- 1) 岡本隆一，安江朝光：ダムサイトにおける岩盤区分の試み-矢作ダムの例-，土木技術資料，Vol. 8 No. 9，1966.
- 2) 森良樹，脇坂安彦，佐々木靖人，阿南修司：原位置岩盤せん断試験によるダム基礎の岩盤分類の定量的な評価の試み，ダム工学，Vol. 17 No. 3，pp. 205-215，2007.
- 3) 田中治雄：土木技術者のための地質学入門（第4刷），山海堂，1971.
- 4) 増田秀夫：我が国におけるコンクリートダム基礎地盤の弾性波速度に関する応用地球物理学的研究，電力中央研究所報告，土木 61006，1961.
- 5) 佐々木靖人，片山弘憲，倉橋稔幸：ダムにおけるゆるみ岩盤の実態と分類試案，ダム技術，No. 228，pp. 9-21，2005.

## （４） 地下水状況の整理

### <推 奨>

ダム基礎の地質調査では、ダム事業の各段階に応じて、浸透流対策・基礎処理計画検討のための資料として、地下水関連資料を取りまとめることが望ましい。

地下水変動を把握するためには長期間の観測が必要であること、調査坑の掘削によって地山の地下水位の低下が生じる場合があることなどから、地下水に関わる資料はダム事業の初期段階から収集、整理する。

基礎的な地下水関連資料として、ボーリング掘削時の孔内水位変動図とその後の継続する孔内水位観測結果図、観測結果に基づく地下水面等高線図を作成する。また、必要に応じて、地下水賦存状況を知る上で有効な手法としてダムサイト貯水池周辺の表流水の流出状況・湧出状況や比流量図などを作成する。

## （５） 透水性状の整理

### <推 奨>

ダム基礎の地質調査では、透水試験の結果から基礎岩盤の透水性状について整理することが望ましい。

基礎岩盤の透水性状を整理するに当たって、個々のルジオン値に影響している地質的な因子を検討し、高透水性ゾーンの存在が想定される場合には、その成因・方向性・連続性（ダム基礎岩盤の上下流方向や隣接流域への連続性、漏水に関する貯水池側の入口や下流側出口の有無等）等の水理地質構造を、地質構成・地質構造、岩盤分類、割れ目、断層破碎帯の分布やその他の諸調査の結果を用いて水理地質学的に検討し整理する。

ルジオンテストの結果であるルジオン値を地質断面図と同じ断面図上に記載し、この結果と水理地質構造等を十分考慮して、等ルジオン値線によって基礎岩盤を透水性の面で区分するルジオンマップを作成する。また、特に脆弱な地質でグラウチングによる止水に困難が予想される場合等には、必要に応じてルジオンテストの結果得られた限界圧力の分布を示す限界圧力分布図を作成する。

## 4. 4 第四紀断層の調査

### 4. 4. 1 調査の方針

#### <考え方>

第四紀断層の調査は、段階的に以下の調査を行う。

- 1) 一次調査
- 2) 二次調査

一次調査は、ダム敷近傍における第四紀断層の存否あるいは存在の可能性を知るために行うものである。また、二次調査は、一次調査の結果、第四紀断層又はその疑いのあるものがダム敷近傍に存在すること、あるいはダム敷近傍に存在する可能性があることが判明した場合に実施し、その位置、規模及び活動性を明らかにするために行うものである。

#### 4. 4. 2 一次調査

##### <標準>

一次調査は、文献調査、地形調査、地表地質踏査によって行うことを標準とする。

##### <推奨>

一次調査は以下のとおり実施することが望ましい。

文献調査では、ダム敷から広い範囲(半径 50km 程度)について、第四紀地質構造運動に関する既存文献資料を収集し、整理する。また、既存文献資料によってダム敷から広い範囲(半径 50km 程度)について、地質図を集成する。その成果として、縮尺 1/200,000 の地勢図などに「地質集成図」を作成する。

空中写真・地形図判読による地形調査では、ダム敷から半径約 10km の範囲内について、空中写真及び地形図(縮尺 1/25,000 程度)を判読し、断層変位地形を伴った線状模様を抽出する。用いる空中写真の縮尺は原則として 1/40,000 程度とするが、地形状況に応じて適切な縮尺のものを用いる。

文献調査、地形調査の結果を対比した結果、文献に記載されている第四紀断層及び地形調査で抽出した断層変位地形を伴った線状模様がダム敷から半径約 3km 以内を通る場合、あるいは抽出した線状模様がダム敷近傍に向いている場合は、文献に記載されている第四紀断層及び抽出した線状模様について、第四紀の地質構造運動に着目した地形調査、地表地質踏査を実施する。

##### <参考となる資料>

ダムにおける活断層の地形判読については、下記の資料が参考となる。

- 1) (独)土木研究所ほか：活断層地形要素判読マニュアル，土木研究所共同研究報告書，第 338 号，2007。

#### 4. 4. 3 二次調査

##### <標準>

二次調査は、一次調査の結果、二次調査が必要と判断された場合について、地形調査、地質踏査、物理探査、ボーリング・トレンチ・調査坑等による調査及び活動年代測定等の調査方法の中から、適切な方法の組合せにより行うことを標準とする。

##### <推奨>

二次調査は、以下の二次調査の 1、二次調査の 2 及び二次調査の 3 により段階的に行うことが望ましい。

二次調査の 1 として地形調査と地表地質踏査を行う。地形調査では、ダム敷近傍とその周辺について、縮尺 1/8,000~1/10,000 程度の空中写真、又は縮尺 1/1,000~1/5,000 程度の地形図等を判読し、第四紀断層、あるいは第四紀断層の可能性のある線状模様沿いの断層変位地形を抽出する。地表地質踏査では、第四紀断層あるいは第四紀断層の可能性のある線状模様に沿って、幅 500m 程度の範囲で詳細に行い、第四紀断層の有無・位置・規模・活動性を確認する。

二次調査の2は、二次調査の1の結果、一次調査結果における第四紀断層の可能性のあるものの存在が否認されない場合に、物理探査・ボーリング調査・トレンチ調査・調査坑等による調査のうち適切な方法を選定して行い、第四紀断層の有無・位置・規模・活動性を確認する。

二次調査の2の結果、第四紀断層の可能性のあるものの存在が否認されない場合には、二次調査の3として、より詳細に第四紀断層の規模や活動年代等を求める調査を行う。調査方法は、二次調査の2に示す手法に加えて、各種の年代測定手法等を用いた手法とする。

#### 4.5 貯水池周辺地すべり等の調査

##### <考え方>

ダム貯水池周辺地すべり等の調査では、段階的に以下の調査を行う。

- 1) 概査
- 2) 精査
- 3) 補足調査及び湛水時の斜面管理のための調査

概査は、貯水池周辺の地すべり等の分布を明らかにし、この中から精査が必要な地すべり等を抽出することを目的として行うものである。

精査は、地すべり等の機構解析、安定解析、対策工の必要性の評価及び対策工の計画等の資料を得ることを目的として行うものである。

補足調査及び湛水時の斜面管理のための調査は、解析結果や設計の細部を補足すること等を目的に、必要に応じて行うものである。

##### <標準>

概査は、資料調査、空中写真・地形図等の判読による地すべり地形等予察図の作成、及び地表地質踏査等の結果を加えた地すべり等分布図の作成等により段階的に行うことを標準とする。これらの結果から、地すべり等への湛水の影響、地すべり等の規模、保全対象への影響等を総合的に勘案して、精査が必要な地すべり等を抽出する。

精査は、概査で抽出された地すべり等及びその周辺について、必要な精度・縮尺の地形図の作成並びにボーリング調査、地下水調査、移動量調査等により行うことを標準とする。これらの結果を基に、地すべり等の位置及び規模、保全対象との関係を考慮して、安定解析等の必要性の評価を行うとともに、安定解析の基礎資料とする。

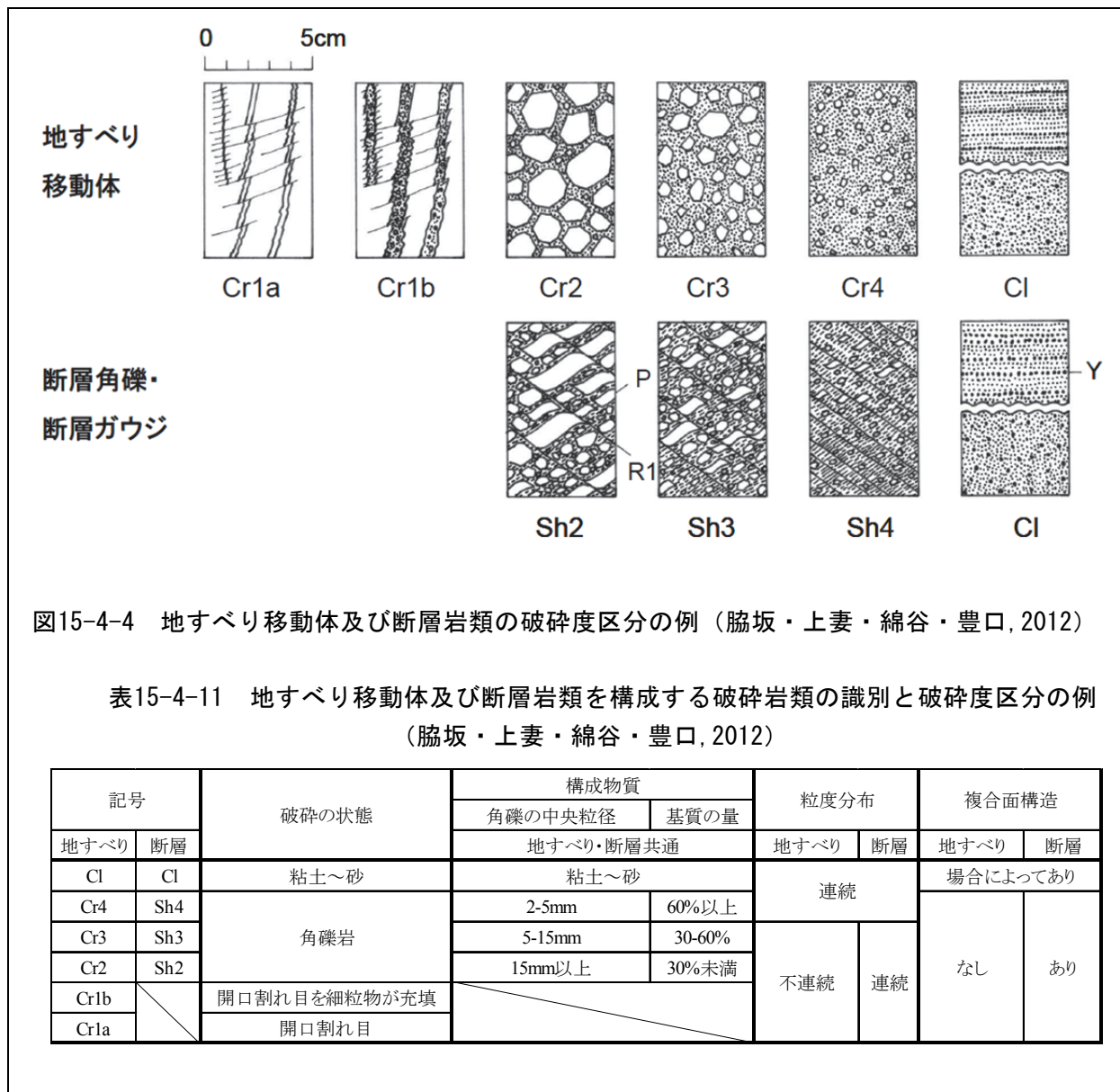
補足調査は、ダム本体や貯水池周辺道路等の掘削面等の地質情報を参考に、適切な方法で行うことを標準とする。また、施工時に地すべり等に関して新たな情報が得られた場合や、湛水時の斜面管理が必要な場合等においても、概査や精査の手法を活用し適切な方法で行う。

調査の詳細は、「貯水池周辺の地すべり調査と対策に関する技術指針（案）」による。

このほか一般的な地すべり調査については第18章 地すべり調査 による。

##### <例示>

地すべり地の地盤では、断層や風化等による破砕と地すべりによる破砕が混在し、すべり面の認定や地すべりブロック区分が難しい場合が多い。このため、ボーリングコア観察等においては、すべり面の認定等を適切に行うために、採取状況の良質なコアを用いて、地すべりによる破砕と地すべり以外の原因による破砕の識別を慎重に行うことが重要である。このような方法の例として、破砕度区分を用いた方法（図15-4-4、表15-4-11）がある。



<関連通知等>

- 1) [貯水池周辺の地すべり調査と対策に関する技術指針\(案\)・同解説](#), 平成21年7月, 国土交通省河川局治水課.
- 2) 地すべり防止技術指針及び同解説, 平成20年4月, 国土交通省砂防部, (独)土木研究所, p. 145.

<参考となる資料>

貯水池周辺すべりに関しては、下記の資料が参考となる。

- 1) (財)国土技術研究センター編集：改訂新版 貯水池周辺の地すべり調査と対策, p. 277, 古今書院, 2010.

地すべりと断層岩類のコアによる識別方法の例に関しては、下記の資料が参考となる。

- 2) 脇坂安彦, 上妻睦男, 綿谷博之, 豊口佳之：地すべり移動体を特徴づける破碎岩—四万十帯の地すべりを例として—, 応用地質, 第52巻 第6号, pp. 231-247, 2012.



## 4. 6 堤体材料の調査

### 4. 6. 1 調査の方針と内容

#### (1) 調査の方針

##### <考え方>

堤体材料の調査は、堤体材料採取地としての適性、賦存量及び材料の品質を把握するために、ダムサイトの選定と同時に行われる材料採取候補地抽出調査から材料採取地選定調査を経てダムサイトの設計段階の調査と並行して行う設計・施工計画調査に至るまで、段階的に行うとともに、それぞれの堤体材料調査の段階で材料試験を適切に行う。

#### (2) 材料採取候補地抽出調査

##### <標準>

材料採取候補地抽出調査は、使用する材料の概括的な品質及び賦存量の把握及び材料採取候補地を抽出するために、資料調査、地表地質踏査により行うことを標準とする。

##### <推奨>

材料採取候補地抽出調査は以下のとおり実施することが望ましい。

資料調査においては、既存の地形図、空中写真及び航空測量図、地質図等、計画地点付近の地形・地質を示す資料を整理・検討し、候補地からダムサイトまでの運搬条件を考慮して、材料の採取候補地点を複数箇所抽出する。この際、土壌汚染や有害物質の有無、材料採取に伴う補償の程度、鉱業権、鉄道・道路等の他事業への影響、環境保全対策、安全対策等に関する資料も収集する。

地表地質踏査は、資料調査の結果に従い、地形・地質条件、経済性、環境条件を考慮し採取候補地として適切と思われる箇所から順次行う。調査範囲は、堤体材料の必要採取量が十分確保できる範囲とする。地表地質踏査では、候補地を抽出するにあたり、各個所における採取可能な材料の賦存量を把握するとともに、代表的な試料に対して、使用目的に応じた各種材料試験を実施し、堤体材料の品質を概括的に把握する。施工に必要な材料の量は、不良土の除去その他を考慮し、実際に必要な量の1.5～2.0倍程度であると考え、現地調査後、改めて採取候補地点を限定し、採取条件、採取方法、運搬距離、運搬経路等についても検討を加え、候補地としての優劣の評価を行う。

コンクリート骨材は河床、河岸段丘等の河床砂礫（山砂利層、山砂層を含む）を用いる場合と原石を破碎して用いる場合がある。河床砂礫の場合には、構成礫の岩質、粒度、形状、風化の程度、砂・シルト・粘土含有量、有機物含有量、堆積状況等に注意して調査する。原石山の場合には岩質・岩相、表土層の厚さ、岩石の風化の程度と厚さ、変質の度合い、多孔性、硬さ、割れ目の間隔等について調査する。なお、小規模なダムでは、市販の砂利、碎石を使用する方が有利な場合、また、砂防ダムの堆積土砂が利用できる場合もあるので、併せて検討する。

フィルダム築堤材料のうち、透水性材料には、河床、河岸段丘から得られる玉石の多い粗粒の砂礫材料、原石を破碎して用いるロック材料、基礎掘削ずり等が用いられる。ほかの材料と比べてダム堤体に占める比重が大きいため、材質とともに運搬条件や採取条件等も重要視される。一般に運搬距離はフィルダム建設のコストに大きく影響するので、採取場決定に当たっては、この点を考慮する。また表土の厚さ、運搬道路の位置、採取方法等についても考慮する。

フィルダム築堤材料のうち、半透水性材料には、河床、河岸段丘から得られる比較的細粒の砂礫材料、原石を破碎して得られる細粒のロック材料及び掘削ずり等が用いられる。砂礫材料は、一般に材質が堅硬であり、締固め施工が容易である上、締固め後の密度が土質材料やロック材料に比べて一般的に大きいので、経済的に採取できる場合は極力利用すべきであるが、材質や粒度が不安定な場合があるので、十分留意して調査する。また、掘削ずり、細粒ロック材

料を用いる場合は、重機による締固め施工の際、破碎されて細粒分が増加し、所要の粒度、適度な透水性が得られないおそれがあるので、この点にも十分留意して調査する。

フィルダム築堤材料のうち、土質材料には、風化岩、風化残留土、崖錐堆積物及び河岸段丘堆積物等を用いるが、一般には風化残留土又は崖錐堆積物を用いる例が多い。このうち風化残留土は、母岩の質にもよるが、重機械施工を前提とする場合、しばしば極めて優良な材料源となる。崖錐堆積物は、最も一般的な土質材料であり、量的には相当量存在することが多いが、含水比、粒度等の質的な面から設計上慎重な検討が必要な場合もある。なお、土質材料は単体で所要の性質が得られない場合に、2種以上の材料を混合して用いる場合があるので、この点にも留意して調査する。

上記の地表地質踏査によって得られた地質情報は、縮尺 1/5,000 程度の地質図、地質断面図に整理するのが望ましい。

### (3) 材料採取地選定調査

#### <標準>

材料採取地選定調査は、材料採取候補地として抽出された個所において、使用する堤体材料の採取場を選定するために、地表地質踏査、物理探査、ボーリング調査、調査坑による調査、トレンチ等の地質調査、材料試験等のうち適切な手法を組み合わせることを標準とする。

#### <推奨>

材料採取地選定調査は以下のとおり実施することが望ましい。

調査の規模は採取予定地の地形、採取量並びにダム全体の工程を勘案して計画する。候補地が数か所あって、そのうちから選定を行う場合は、材料候補地抽出調査の結果、経済性、環境条件等を考慮して最も有望な地点から調査を行う。

それぞれの候補地について、地表地質踏査、物理探査、ボーリング・調査坑による調査、トレンチ調査等のうち必要な調査を行い、使用する材料の正確な賦存量を把握する。土質材料は一般に不均質に分布し、当初想定と大きく異なることもまれでないため、調査の配置や密度は、材料の品質の三次元的な分布と掘削計画、掘削時並びに掘削後の斜面安定性等を適切に検討できるように計画する。特にボーリング調査は材料の質を直接確認できる重要な調査であるため、適切な範囲・密度・深度で実施する。

各種調査で採取した試料を利用して、使用目的に応じた各種材料試験を実施し、材料の詳細な性質を把握する。調査結果から材料採取候補地としての優先順位をつける。最終的な採取場は本調査の結果に経済性、環境条件等を考慮し、選定する。

調査結果は、採取可能量を計算できる精度の地形図を用いて、地質図、地質断面図、材料区分図等に整理する。

### (4) 設計・施工計画調査

#### <標準>

設計・施工計画調査は、設計条件を決定し、使用材料としての適否の判断基準を作成するため、材料採取場として選定された個所の材料について、使用目的に応じた詳細な室内試験、現場試験により行うことを標準とする。

#### <推奨>

設計・施工計画調査は以下のとおり実施することが望ましい。

設計・施工計画調査では、使用目的に応じた各種の材料試験を実施し、ダムの設計条件とし

て、粒度、配合、含水比、単位体積重量、強度、透水係数等の堤体材料の物性値を決定する。また、使用材料としての適否の判断基準の作成、定められた設計条件を満足するための現場配合比、締固め機種、まき出し厚さと転圧回数、施工含水比等の施工基準を作成し、施工計画を立てる。このほか、堤体材料の採取方法、運搬路の決定及び維持、規格外品等の廃棄物の処理、濁水の処理、材料採取後ののり面の安定等について検討する。

#### 4. 6. 2 コンクリート骨材の試験

##### <標準>

コンクリート骨材の試験は、清浄、堅硬、耐久的で、適切な粒度と粒形を持ち、有機不純物等を含まない骨材の採取場を選定するため、必要な室内岩石試験を行うことを標準とする。

##### <推奨>

コンクリート骨材の調査は以下のとおり実施することが望ましい。

コンクリート骨材の試験としては、細骨材、粗骨材について、コンクリート骨材試験(比重及び吸水試験、すり減り試験、安定性試験等)を行う。更に、原石を破碎して製造する場合はクラッシャーに試験的にかけて岩の割れ方や岩片の形状を調べる破碎試験を実施する。また、骨材中にモンモリロナイト等のスメクタイト属鉱物の存在が認められるときには、コンシステンシーの経時変化試験、凝結試験を行う。

コンクリート骨材で注意すべき事項としては、材料を選定する際に、岩質的に極端に鋭角又は扁平に割れるもの、潜在ひび割れの多いもの、吸水して膨張するもの、風化の甚だしいもの、粗しょうなものを含むものは特に注意を要する。更に、骨材は、物理的耐久性を有すると同時に化学的に安定したものでなければならぬため、ある種のシリカ鉱物(微細な石英・玉随・オパール・クリストバライト・トリディマイト)・火山ガラスのようにアルカリシリカ反応を起こす鉱物、スメクタイトのように早期凝結を誘起させる鉱物、濁沸石(ローモンタイト)のように場合によってはコンクリートの耐久性を損なう可能性のある鉱物、ないし雲母のように圧縮強度や凍結融解抵抗性を低下させるおそれのある鉱物、その他コンクリートにとって有害な鉱物が限度を超えて含まれている場合には注意を要する。

##### <関連通知等>

- 1) JIS A 5308 レディーミクストコンクリート。
- 2) 土木学会コンクリート委員会，コンクリート標準示方書改訂小委員会：2007年制定 コンクリート標準示方書【ダムコンクリート編】，2008。

#### 4. 6. 3 透水性材料(ロック材)の試験

##### <標準>

透水性材料の試験は、堅硬かつ耐久で、所要のせん断強さと排水性を有し、水及び気象作用に対する耐久性が大きい材料の採取場を選定するため、必要な室内試験を実施することを標準とする。

##### <推奨>

透水性材料の試験は以下のとおり実施することが望ましい。

材料を選定する場合、岩質的に良質の材料が望ましい。特にリップラップ材については長期間の風化や波浪等に耐える良質な材料が必要である。ただし、施工中に破碎されて細粒化する材料や風化のおそれのある材料でも、設計値の選定及びゾーンの配置に際し、材料の性質をよ

く把握すれば築堤材料として使用できる場合がある。また、盛立後の沈下を極力抑制するため、大小塊が適切に混合した粒度のよいものが望ましい。

材料採取地選定調査における材料試験では、粒度、比重、吸水率、耐久性、圧縮強度、密度及びせん断強さを検討する。

設計・施工計画調査における材料試験では、上記の試験を更に詳細に実施するとともに、材料の採取、盛立方法を規定し、試験発破等も含めて大型試験、現地試験等を行い、密度、せん断強さ等を検討する。また、細粒分の多い材料は透水性についても検討する。

風化岩の軟岩等耐久性に問題のある材料は、スレーキング試験、凍結融解試験等によって検討することが望ましい。

一般に透水性材料は、粒径が大きいことと重機械施工により細粒化する傾向があることを考慮して、試験盛土を行い、密度を検討することが望ましい。

#### 4. 6. 4 半透水性材料（フィルタ材、トランジション材）の試験

##### <標準>

半透水性材料の調査では、堅硬で、所要のせん断強さを有し、有機物などの有害物を含まないもので、かつしゃ水層と透水層のトランジションとして目的に応じた粒度分布と適度な透水性を有する材料の採取場を選定するため、必要な室内試験を実施する。

##### <推奨>

半透水性材料の試験は以下のとおり実施することが望ましい。

半透水性材料は、特にフィルタ層として用いる場合は、しゃ水層の細粒子の流出を防ぎ、かつ、浸透した水を安全に流下させる適度な排水性を有するものでなければならない。

材料採取地選定調査における材料試験では、粒度、比重、吸水率、特性又は密度、透水性及びせん断強さ等を検討する。

設計・施工計画調査では、上記の試験を更に重点的に行うとともに、実際の採取方法を規定し、できるだけ類似条件の採取方法でサンプリングし、密度の現地試験を行って、締固め前後の密度変化を調べることが望ましい。

#### 4. 6. 5 土質材料（コア材）の試験

##### <標準>

土質材料では、所要のしゃ水性とせん断強さを有し、圧縮量が少なく、かつ締固め施工が容易で、有機物の有害量を含まない土質材料の採取場を選定するため、必要な室内試験を実施する。

##### <推奨>

土質材料の試験は以下のとおり実施することが望ましい。

採取候補地抽出調査では、概略的に土質材料について材料の観察、粒度、液性限界、塑性限界等に基づいて土質材料を分類するとともに、堤体材料としての適性度を判定する。

材料採取地選定調査における材料試験では、粒度、液性限界、塑性限界、比重、自然含水比、締固め特性、透水性、せん断強度及び圧密特性等を検討する。特に、自然含水比、締固め特性は安定性、施工性を判定する上で重要である。また、調査の進行に伴い、必要に応じて吸水膨張、有機物含有量、水溶性成分含有量等の試験を実施する。

設計・施工計画調査における材料試験では、前項の試験を更に詳細に行うとともに、必要に応じて大型供試体による粗粒分を含んだ突固め試験、透水試験、せん断試験等を行い、設計粒

度、最適含水比、設計密度、透水係数などを求める。また、現場転圧試験を行って、撒き出し厚さ、転圧回数、施工含水比、密度、透水係数等の設計、施工計画のための材料条件を求める。

#### <関連通知等>

- 1) JGS 0051-2009 地盤材料の工学的分類方法。

### 4. 7 仮設備・付替道路等の調査

#### <考え方>

仮設備・付替道路等の地質調査は、設計の熟度に応じ、設計・施工計画の検討に必要な地質情報を得るために適切に行う。

#### <標準>

仮締切、仮排水路トンネル、ケーブルクレーン塔、走行路、各種プラント、工事用道路及び付替道路等の設計・施工の候補個所の地質調査は、各個所の地質状況と設計・施工上の問題点を整理するために、資料調査、地形調査、地表地質踏査、ボーリング、物理探査等により行うことを標準とする。なお、道路、トンネル等の地質調査は、関係指針等を参照することとする。

#### <推奨>

ダム建設のために大規模な付替道路を建設する必要がある場合には、切土、盛土、橋梁、トンネル、擁壁等の道路構造物個所で、それぞれ地表地質踏査、ボーリング、物理探査を実施し、施工中に災害を生じたり、道路の維持管理に支障を生じたりしないように各個所の地質状況と設計・施工上の問題点を整理することに努める。

仮設備・付替道路等の個所は、ダムサイト及び貯水池の地表地質踏査の際にあらかじめ範囲を広げて地質図を作成しておくことが望ましい。また、調査に当たっては貯水池地すべり等の調査、貯水池の地質調査の結果を活用することが望ましい。

### 4. 8 資料の保存

#### <考え方>

設計及び施工時の地質調査や試験の資料は、試験湛水時及び完成後の管理、補修及び再開発等を行うにあたり貴重な資料となるため、適切に保存する。

#### <推奨>

保存を必要とする資料とその望ましい保存期間を以下に示すが、それぞれのダムの状況に応じて、保管期間を延長することが必要な場合もある。

- 1) ダムの完成時まで；ボーリングコア、材料試験試料標本
- 2) ダム完成後 5～10 年間；ボーリング日報、その他調査試験の直接記録
- 3) 永久保存；地質調査報告書（ダムの選定段階から管理段階に至る、ダム基礎の調査、第四紀断層の調査、貯水池周辺地すべり等の調査、堤体材料の調査、仮設備・付替道路等の調査の報告書）、1/5,000 及び 1/500 等地形図、空中写真、土質試験・透水試験・原位置試験データ、ボーリングコアカラー写真、基礎岩盤岩石標本、特殊な調査資料、その他必要と判断される資料

なお、現在行われるほとんどの地質調査成果は一般に電子データとなっているので、これら

の電子データについてはすぐに利用できるように整理し保管する。また紙資料の永久保存資料についても、すぐに利用できるように電子データ化して永久保管することが望ましい。紙資料の永久保存資料も保管できる限り保管することが望ましいが、紙資料のままでは非常に大量となる場合には電子データ化して永久保管する。ただし、大判・多色表現の地質図類等は電子データでは細密性が劣るなど迅速に利用しにくい場合があるので、ダム管理事務所、技術試験のセンター、地方庁の担当課等保管する場所それぞれにおいて責任者を定めて保管することが望ましい。