

7. 湛水時の斜面管理

湛水に伴う地すべり等の変動には試験湛水時に発生するものと、ダムの運用時に発生するものがある。前者は貯水池斜面が初めて水没するときの水理環境の大きな変化に対する反応であり、想定外の事象が発生することがある。一方、後者は貯水位が繰り返し変動しているときの貯水位の急激な低下や異常降雨およびこれらに伴う浸食・崩壊などに対する反応である。したがって、地すべり等の巡視・計測は、試験湛水時はもちろん、ダムの運用時においても引き続いて実施しなければならない。

7.1 試験湛水時の斜面管理

7.1.1 目的

試験湛水時の斜面管理は、初期湛水時の貯水池周辺斜面を巡視・計測してその安定性を確認するとともに、変状が生じた場合には適切かつ迅速な対応をとることにより地すべり等の発生を未然に防止することを目的として実施する。

ダム貯水池の試験湛水によって貯水池周辺斜面に変状が生じた場合には、その発生を早期に察知し、適切かつ迅速な対策を講じなければならない。そのためには、入念な斜面管理を行う必要がある。

湛水に伴う地すべり等の変動は試験湛水時に発生するものが過半であり、想定外の事象が発生することがあるため、試験湛水期間中は、対象とする斜面を常に注意深く巡視・計測する必要がある。

7.1.2 対象斜面

試験湛水時の斜面管理における対象斜面を、以下の3つに区分する。

- ① 対策工を施工した斜面
- ② 精査対象であったが対策工を施工していない斜面
- ③ 概査対象であったが精査を実施していない斜面

試験湛水時の斜面管理は、対象とする斜面の対策工の有無、地すべり等の安定性などによって、その内容と方法が異なる。

対策工を施工した斜面は、巡視および計測により斜面の挙動を監視するとともに対策工の効果判定を行う。

精査段階で地すべり等として抽出したが、解析の結果、湛水により不安定化しないと判断して対策工を施工していない斜面、精査段階で地すべり等として抽出したが解析が不要と評価した斜面、概査段階で地すべり等として抽出したが精査を実施していない斜面は、巡視を行うとともに必要に応じて計測を行う（表 7.1 参照）。

重要度が大の保全対象（6.3 参照）周辺の斜面等では、概査、精査時の判定結果にかかわらず巡視を行うとともに必要に応じて計測を行う。また、貯水池周辺斜面全体の安定性を確認するために、その他の斜面についても注意を払うことが望ましい。

表 7.1 管理対象斜面の区分と管理目的

管理対象斜面の区分	管 理 目 的
対策工施工斜面	<ul style="list-style-type: none"> ・ 斜面の挙動の把握 ・ 対策工の効果、安全性の確認 ・ 安定計算の妥当性の検証
精査対象で未対策斜面	<ul style="list-style-type: none"> ・ 斜面の挙動の把握 ・ 安定計算の妥当性の検証
概査対象で精査未実施斜面	<ul style="list-style-type: none"> ・ 斜面の挙動の把握

7.1.3 斜面管理方法

試験湛水時の斜面管理方法は、斜面の挙動を監視することを目的として、巡視および計測とする。

(1) 巡 視

新たな亀裂の発生など、地すべり等の徴候を早期に発見することを目的として、斜面の変状の有無や変状の進行を目視で確認する。変状が発生しやすい地すべりブロックの頭部や側部、過去の地すべり等によって生じた可能性のある道路面・地表面の亀裂や構造物の変位箇所および地すべり等が発生した場合に保全対象に被害が生じると予想される箇所を中心に、巡視ルートを設定する。

変位が生じると予想される位置には必要に応じて計測点（定点）を設置し定期的に巡視時に計測を行う。その他の方法として、巡視船を用いたダム湖上よりの目視観察、ITV カメラ等を用いた映像監視、これらと画像解析監視システムとの併用による監視などがある。

(2) 計 測

(i) 計器の選定

計測を行う計器はその計測目的に応じて表 7.2 を参考にして選定する。地すべり等および地すべりブロックの状況に応じて計器を適切に配置して挙動を計測し、監視する。すなわち、孔内傾斜計等の各計測器の変動量の有無や程度から地すべりブロックの運動状況とその原因を把握する。また、対策工を実施している場合には、地下水位計やアンカー軸力計などによって、設計時に想定した地下水低下高や許容変動量・応力度等の妥当性を確認する。さらに、アンカー軸力計などについては、対策工の効果や対策工構造物自体の機能低下状態・安全性を確認するためにも用いる。

なお、精査対象とした斜面で湛水により不安定化しないと判断し、対策工を施工していない斜面については、必要に応じて地下水位計測を行い、貯水位の下降時の残留地下水位を計測し、監視する。

表 7.2 計測目的と計器の適用性¹⁾

目的 項目		斜面挙動の把握	設計計算の 妥当性の検証	対策工の効果 安全性の確認
目視・巡視による監視		・斜面にルートを設定し、巡視を併用して地表や構造物の新たな亀裂、変形の早期発見に努める。	・設計計算により設定した地下水位低下高や変位量等の妥当性を確認する。	・排水状況の確認 ・杭頭付近の地山状況の確認 ・アンカー法枠の亀裂、変形有無の確認 ・その他対策工の変形の有無等の確認
計測監視	孔内傾斜計	◎		
	パイプ歪計	◎		
	多層移動量計	△		
	光波測量	○		
	水準測量	◎		
	G P S 測量	○		
	地盤伸縮計	◎		
	地盤傾斜計	○		
	クラックゲージ	○		
	ぬき板	△		
	地下水位計	◎	◎	○
	排水量測定	○		○
	杭頭変位測量	○	△	○
	鋼管杭内に埋設した歪計、孔内傾斜計	○	△	○
	深礎工の土圧計、鉄筋計	○	○	○
	アンカー軸力計	◎	◎	◎
	連杭による水準測量	◎	○	◎

◎：特に有効

○：有効

△：場合によっては有効

(ii) 計測方法

計測方法には、手動計測（半自動計測を含む）と自動計測がある。このうち自動計測は、データ収集、解析（変動図の作成）をリアルタイムで実施できることから、地すべり等の前兆となりうる微少な変動の継続的な監視を必要とする場合や、数多くの計器による計測値の相関を総合的に評価する必要がある場合などに用いられる。

自動計測システムは、地盤伸縮計等の観測データを現地観測局より電話回線などによってデータセンター（サーバー）に収録し、インターネットによってそれらデータやグラフ等を閲覧する。現地に WEB カメラシステムを併用設置することによって瞬時に現地状況の確認が可能となる。WEB カメラシステムは、特に運動速度の速く活発な地すべりや重要な保全対象のある場所などに対し、現地の異常の有無を常時監視することが必要な場合に有効である。

(iii) 計測頻度

表 7.3 に、試験湛水時における手動計測の計測頻度の目安を示す。変動の兆候と疑われるような計測値が得られた場合や管理基準値を超過した場合などには、計測頻度を増加させる。斜面の挙動を常時監視する自動計測の場合は、雨量や貯水位などの計測頻度と整合をとることでリアルタイムでの変動の兆候を察知できるようにする。

表 7.3 手動計測の計測頻度の目安¹⁾

(計器 1 台あたり)

期 間		頻 度	備 考
試験湛水前		1 回/1 週	バックデータ（基準値）の入手
試験 湛 水 時	貯 水 位 上 昇 時	1 回/1 日 ～ 1 回/3 日	地すべりブロックに影響のない貯水位範囲内では 1 回/3 日程度
	貯 水 位 下 降 時	2 回/1 日 ～ 1 回/3 日	予備放流計画に基づき貯水位を下降する場合は 2 回/1 日以上
	貯 水 期 間 保 持 期 間	1 回/3 日 ～ 1 回/1 週	最低水位付近の低水位で長期間保持する場合は 1 回/1 週間程度
	異 常 時	1 回以上/1 日	地すべり等の変動発生後、動きが鎮静化するまでは 1 回/1 時間程度 降雨強度に応じて計測頻度を設定

(iv) 計測開始時期

計器による計測の開始時期は、湛水前の状況を把握する必要があることから、遅くとも湛水開始の 2 年程度前とする。湛水前から貯水池周辺斜面の計測を行うことにより、湛水後に計測された挙動が試験湛水による地すべり等の変動によるものか否かを判別することができる。

湛水前の計測によって次の点を明らかにしておく必要がある。

- ① 降雨時の累積変動の有無、累積速度、傾動の方向
- ② 地下水位変動と地すべり等の変動の相関
- ③ 年周期変動の有無、季節ごとの傾動方向と累積速度
- ④ 降雨と地下水位変動の相関
- ⑤ その他、安定時の変動の傾向

(v) 計測値の分別・補間

自動計測システム等により得られる時系列の連続データを取り扱う場合、生データに含まれるノイズを取り除き、できる限り真の値に近いデータとして活用することが望ましい。

7.1.4 管理基準値の設定

湛水に伴う地すべり等の計測値に対する管理基準値は、計測値がこれを超過した場合には巡視および計測体制を強化する判断基準として、また、その後、斜面が安定であることを確認した際には巡視および計測体制を通常の体制に移行する判断基準として設定する。管理基準値は、注意体制・警戒体制のように段階的に設定することが一般的である。

管理基準値は、一般に地盤伸縮計、地盤傾斜計を対象に設定し、これらの計器の変動量と斜面の変動

種別の判定 (5.3.2 参照)、既設ダムの管理基準値、事前の計測結果から得られる計測値のばらつきなどを参考に設定する。実際に地すべり等および地すべりブロックが変動した際の計測データがある場合は、その値に対して十分に余裕をもった値を管理基準値として設定する。

なお、地すべりの型分類、変動履歴、地形・地質などに応じた管理基準値を合理的に設定するために、試験湛水時における貯水池周辺斜面の計測データの蓄積に努める必要がある。

近年のダムで採用された試験湛水時の管理基準値の例を表 7.4 に示す。

表 7.4 試験湛水時の管理基準値の例

ダム	体制	地盤伸縮計	地盤傾斜計	孔内傾斜計	アンカー荷重計
A	注意		5 秒/日以上で累積を伴う、または 7 日間で 35 秒以上	谷側へ 1.0mm/日以上で、累積を伴い、地盤傾斜計と連動、または 3 日間で 3.0mm 以上	
	警戒		ブロック内全ての傾斜計で連続して 5 秒/日以上で注意段階を越え、定時観測時に 100 秒以上累積した場合	連続して谷側へ 1.0mm/日以上で、注意段階を越え、定時観測時に 10mm 以上累積し、地盤傾斜計と連動した場合	
B	注意	(垂直伸縮計) 1mm/日以上が同一方向に 3 日間連続した場合。	±15 秒/日以上が同一方向に 3 日間連続した場合。	0.2mm/日以上が同一方向に 3 日間連続した場合。	アンカー体の定着荷重を越えた場合
	警戒	(垂直伸縮計) 1mm/日以上が同一方向に 5 日間連続または 5 日間の累積が 10mm 以上の場合。	±15 秒/日以上が同一方向に 5 日間連続または 5 日間の累積が 150 秒以上の場合。	0.2mm/日以上が同一方向に 5 日間連続または 5 日間の累積が 2mm 以上の場合。	

7.1.5 安定性の評価

試験湛水時の地すべり等の安定性の評価は、地すべりブロック等の巡視および計測の結果に基づいて実施する。

管理基準値は巡視および計測体制を変更する際の判断基準であり、この値を超過してもただちに地すべり等の変動の発生を意味するものではない。管理基準値を上回る値が計測された場合には、計測間隔の短縮や計器の増設を行うとともに、巡視結果や各種計器の計測結果などを総合的に分析して対象とする斜面の安定性や対策工を施工している場合にはその効果を評価する。評価の結果、地すべり等が不安定化する可能性があるとは判定された場合には、対策工の施工、既に対策工を施工している場合には追加施工の検討を行う。

7.1.6 異常時の対応

試験湛水時の巡視や計測計画の策定にあたっては、万一異常事態が発生した場合にも速やかに対応がとれるよう、予め調査、対策工、貯水位操作などの対応方針を立案しておく必要がある。

試験湛水時に管理基準値の超過、変状の発生などの地すべり等の変動の兆候が計測、確認された場合には、関係機関と協議を行い、速やかに入念な調査を行うとともに適切な対策工を施工して被害を未然に防止する必要がある。また、異常の発生に適切かつ迅速に対処するため、関係機関へのスムーズな情報伝達ができる連絡体制を整備しておく必要がある。

(1) 対応の方針

管理基準値を超過した場合の対応と監視体制の移行の例を図 7.1 に示す。

管理基準値を超過するデータが得られた場合には、そのデータの信頼性を十分に吟味したうえで必要な追加調査を実施してその原因を明らかにし、重大な事態が生じないうちに適切な対策工を実施することが必要である。なお、この対策には試験湛水の一時中断も含む。

(2) 緊急調査

緊急時に有効と考えられる調査を以下に挙げる。

- ① 亀裂の有無・進展の確認のための巡視
- ② 地盤伸縮計（応急措置としては移動杭）の設置・観測
- ③ 連杭による水準測量の実施
- ④ 孔内傾斜計、パイプ歪計の設置・観測

①～③の調査は地すべり等の平面的な範囲を確認するための調査、④は地すべりの深さ方向の範囲を確認するための調査である。なお、必要となる対策工の種類、規模については、既往の地すべり調査結果、試験湛水中の計測結果とこれら追加調査の結果を総合的に判断して決定する必要がある。

(3) 地すべりが鎮静化した後の措置

地すべりが鎮静化した後の貯水位操作は、地すべりの挙動を詳細に検討したうえで決定しなければならない。

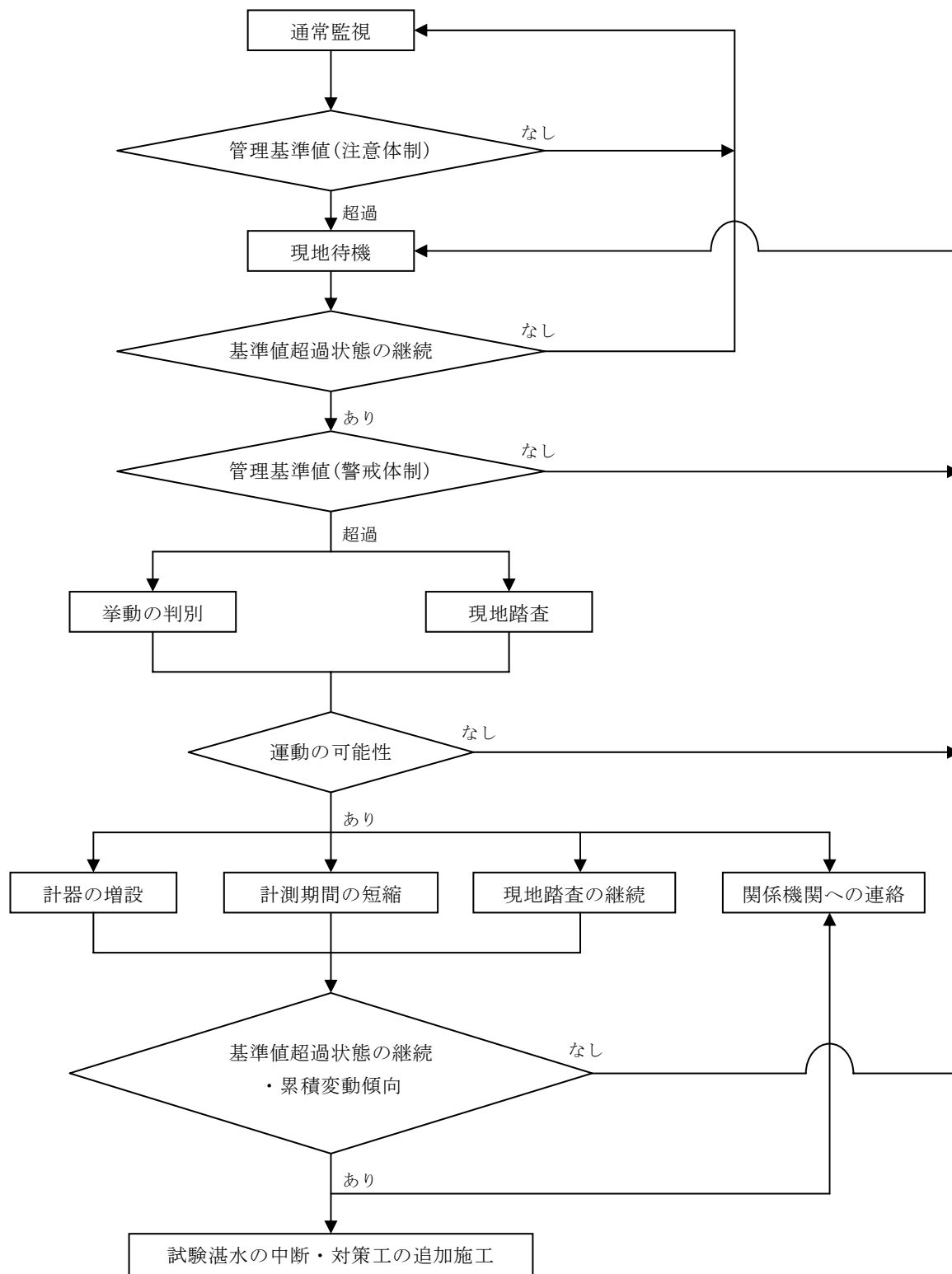


図 7.1 管理基準値を超過した場合の対応と監視体制移行の例

7.2 ダム運用時の斜面管理

7.2.1 目的および斜面管理方法

ダム運用時における斜面管理は、長期的に斜面の安定性を確認することを目的として、巡視および計測並びに地すべり等カルテの更新により実施する。

(1) ダム運用時の巡視および計測

ダム運用時についても、試験湛水時と同様、貯水池周辺斜面を巡視・計測することによりその長期の安定性を確認するために適切な斜面管理を行う必要がある。

ダム運用時に地すべり等の変動の明瞭な兆候が計測された場合（変動 A）には、速やかに必要な対策を講じて被害の発生を防止または軽減する必要がある。緩慢ながらも地すべり性の変動（変動 B）が計測された斜面、潜在的な変動（変動 C）が計測された斜面については、試験湛水時の安定性評価結果、貯水位の変動状況、気象状況（季節）などに応じて巡視や計測の内容を決定する。また、斜面変動の発生初期の傾向が見られる場合には、巡視や計測間隔を短縮するとともに必要に応じて計器を増設して慎重な監視を行う。なお、変動 A、B、C に対応するような斜面の変状が巡視によって観察された場合には、それぞれの変動に準じた対応を行う。

ダム運用時に安定性が確認された斜面については、巡視および計測の頻度低下、休止、中止（計測計器の撤去）を行う。

計器や計測システムは試験湛水に設置していたものを継続して用いる。ダム運用時の計測は、試験湛水時の頻度を踏まえ、斜面の安定性評価、貯水位の操作状況、気象状況（季節）などに応じて計測の頻度を変えることができる。計測システム、特に自動計測システムは経時データを自動的に入手できるため、運用時における斜面管理においては有効な手法であり、試験湛水時に得られた変動傾向や外的要因による周期変動等の特性を考慮した上で、適正な斜面管理を行うことができる。ただし、自動計測計器は概ね 10 年くらいの寿命であると言われており、計測を継続する必要がある場合には、定期的な計測器の点検や不良計器の修復、交換などを行う必要がある。

(2) ダム運用時における地すべり等カルテの更新

地すべり等カルテは、地すべり等の現状における安定性の評価や、万が一、安定性に変化が生じた場合に利用するため、管理段階においても随時更新する必要がある。

地形の変化や変状の有無、計測体制（計器配置・計測頻度等）の変更および管理基準値の改定などの内容は、地すべり等カルテに追記し、斜面管理の履歴を確実に記録する。

7.2.2 ダム運用時の計測

地すべりの挙動把握のためには、ダム運用開始から数年程度の観測期間が必要であるが、その後の斜面監視を含めた観測期間の設定については、変動状況や貯水池の運用に応じて適宜設定することが必要である。

ダム運用時における計測器の選定については、初期の数年間程度においては、ブロックについて数種類の観測計器を適切に配置して観測を行うことを基本とするが、その後は、観測の適正化を図るために、計器の選定を行うことも必要である。

7.2.3 ダム運用時における管理基準値の見直し

ダム運用時の管理基準値は、試験湛水時の管理基準値を参考に設定する。また、ダム運用時の長期にわたる貯水池周辺の斜面管理を適切に行うため、計測データが十分蓄積された段階で斜面の挙動を評価し、管理基準値を見直す。

管理基準値を上回る値が計測された場合には、湛水条件、気象条件などを検討し、管理基準値の超過が地すべり等の変動によるものか、その他の要因（誤差や小動物の接触など）によるものかなどの分析も含めて斜面の安定性の評価を行い、適宜、管理基準値を見直す。

7.2.4 ダム運用時における異常時の対応

運用時に地すべり等の運動の兆候が計測された場合には、試験湛水時の異常時の対応に準ずるものとし、速やかに必要な対策を講じて被害の拡大を未然に防止することが必要である。なお、斜面変動の発生初期の傾向が見られる場合には、計測間隔を短縮して慎重な計測を行うとともに、臨時巡視の実施や必要に応じて計器の増設を行う。

7.3 ダム再開発事業にあたっての留意点

ダム再開発事業は、既存のダムの機能維持・強化などを目的として実施される。近年、より効果的・効率的な社会資本整備が求められ、また、ダム建設に適した地点が少なくなっていることから、新たな河川開発手法としてその実績が増加傾向にある。

ダム再開発事業にあたっては、これらによって変更された貯水池運用が貯水池周辺斜面に与える影響について検討する。地すべり等の安定性が現状の運用水位状況によるものより低下する場合には、本書に準じて調査・解析を行い、必要に応じて適切な調査・解析を追加し、不安定化が想定される地すべり等に対しては所定の安定性を確保するための対策工が必要となる。この際、既設ダムにおける貯水池運用実績、湛水時の地すべり等の挙動、湛水面以下の露岩状況に関する調査・解析結果および既設対策工の効果検証結果などを有効活用する必要がある。