

表-9. 参2 力学的な抵抗性の改善を目的とした工法の例と適用部材

工法の概要	主な工法の例*1	適 用 部 材					
		全般	はり	柱	スラブ	壁*2	支承
接着	接着工法		◎	○	◎	○	
巻立て	巻立て工法			◎		○	
プレストレスの導入	プレストレス導入工法		◎	○	○		
断面の増厚	増厚工法		○		◎		
部材の交換	打換え工法		○	○	◎	◎	◎
はり（桁）の増設	増設工法		◎		◎		
壁の増設	増設工法					◎	
支持点の増設	増設工法		◎		◎		○
免震化	免震工法	◎					◎

*1：接着工法：鋼板接着工法、連続繊維接着工法（連続繊維シート接着工法、連続繊維板接着工法）

巻立て工法：鋼板巻立て工法、連続繊維巻立て工法（連続繊維シート巻立て工法、連続繊維板巻立て工）、RC 巻立て工法、モルタル吹付け工法、プレキャストパネル巻立て工法

プレストレス導入：外ケーブル工法、内ケーブル工法

増厚工法：上面増厚工法、下面増厚工法

増設工法：はり（桁）増設工法、壁増設工法、支持点増設工法

*2：壁式橋脚を含む

◎：実績が比較的多いもの、○：適用が可能と考えられるもの

（引用文献：コンクリート標準示方書【維持管理編】2018年版、P. 96）

9.2.3 堤体の補修、補強工法

堤体の補修、補強の工法については、目的に応じた工法を採択する必要がある。

9.2.3.1 経年劣化による堤体の補修、補強の目的

(1) フィルダム

ア 上流法面

上流法面の補修は、貯水池の波浪による侵食、水位急降下時による流出、波の這い上がりに対して十分な抵抗を有する構造及び材料が確保されるよう上流法面機能の回復を目的とする。また、表面遮水壁については、遮水機能の回復を目的とする。

イ 下流法面

下流法面の補修は、雨水の流下等による堤体の侵食を防止し、滲出し水による法面の崩壊を防止することを目的とする。

ウ ダム天端

ダム天端の補修は、管理のための通行を確保し、波浪によるしぶき、雨水、凍結による軟弱化、交通等による損傷を防止し、堤体を保護することを目的とする。

エ 洪水吐き

洪水吐きの補修、補強は、躯体が十分な止水機能を有し、構造が剛体の安定を保ち、計画洪水流下能力と通水断面を確保し、流水に伴う摩耗に対して安定であり、下流河川に対して

安全に洪水を処理することを目的とする。

特に急流部においては、補修部分と既設部分の密着性、補修部分の十分な品質及び施工精度の確保に留意し、補修部分がキャビテーションの原因とならないよう施工する必要がある。

オ 監査廊

監査廊の補修、補強は、躯体の安定性を保持し、十分な水密性を確保するものとする。

(2) コンクリートダム

コンクリートダムの堤体の安定上特に重要な事項は、横継目の止水機能の確保、水平打ち継目の水密性の確保、ダム軸直交方向亀裂の水密性の確保である。

9.2.3.2 地震被害に対する堤体の補修・補強工法

平成23年3月11日に発生した東北太平洋沖地震などにより国営造成農業用ダムに多くの被害が発生した。このことを踏まえ、ダムに対する補強・復旧（補修）工法選定の調査から対策工法の実施及び対策後の管理まで体系的に整理した「国営造成農業用ダムの補強・復旧（補修）工法に関する手引き（案）」（令和2年10月、農林水産省農村振興局整備部設計課）が整備されている。

被災ダムの安全性評価、対策・復旧工法検討等において、被災状況の正確な把握が重要となるがアースダムのように堤体が土質材料の場合、被災後の風雨などにより亀裂が不明瞭となり以降の被災状況把握が困難となる。施設管理者は十分な安全性を確保した上で、本震、余震を含め被災直後の状況について写真撮影などにより正確な記録を行うことが望ましい。

なお、地震時の「臨時点検」については、「7.5 臨時の計測、点検及び監視」に点検すべき項目が記されている。

(1) 調査から対策工法の実施の流れ

補修・補強工法に関する検討のフローを図-9.6に示す。

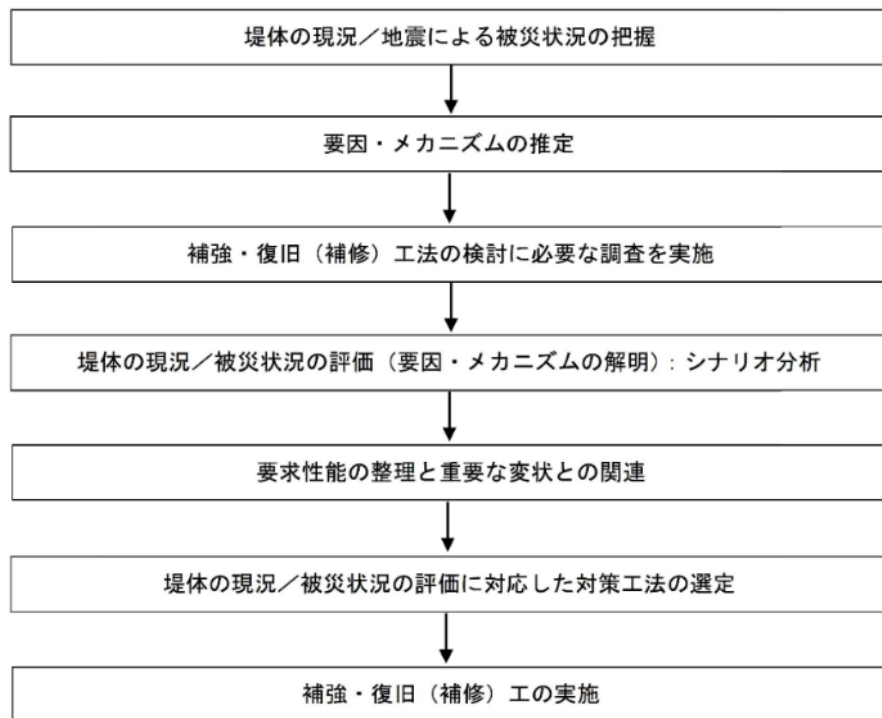


図-9.6 堤体の補強・復旧（補修）工の実施フロー

（引用文献：国営造成農業用ダムの補強・復旧（補修）工法に関する手引き（案）、P. 2に加筆）

(2) 被災時の調査方法の具体例

フィルダムの被災時の調査方法について、「緊急目視点検（一次）：地震による被災状況把握のための調査」、「緊急詳細調査（二次）：復旧工法選定のための調査」の具体例を以下に示す。

ア 緊急目視調査（一次）

被災後の調査において、巡視点検による亀裂及び変形、漏水、湧水等の発見が第一番目の安全性の確認である。

特に地震後の浸透量の変化や濁りの監視が重要である。この監視は、内部の損傷が外部に現れるには時間遅れがあるため、ある程度の期間が必要である（満濃池では、地震後、1か月経って漏水が拡大して決壊したという記録もある）。

【目視による点検】

・ダム堤体に亀裂を発見した場合

(ア) 先ず、下流法面に漏水が発生していないか、直ちに点検する。

(イ) しばらくの間、亀裂の幅が拡大していないか、漏水が発生していないか、注意深く監視する。

(ウ) 亀裂や漏水が発生していた場合、被災後の余震や降雨の状況を考慮して、堤体が十分に安全な貯水位まで低下させる。

・亀裂タイプごとに想定される変状

亀裂には図-9.7に示すように、ダム軸に直角方向の「横断亀裂」、ダム軸に平行な「縦断亀裂」がある。

(ア)「横断亀裂」では、亀裂が上下流に堤体を貫通している場合、漏水が発生する可能性が大きく、特に注意が必要である。

(イ)段差を伴う「縦断亀裂」の場合には、法面がすべっている可能性がある。



図-9.7 地震により発生する変状（亀裂・漏水等）

（引用文献：農業用ダムの補強・復旧（補修）工法に関する手引き（案）令和2年10月、P.68）

【漏水調査】

堤体の下流法面から漏水の発生の有無を踏査などにより確認する。漏水が確認された場合は、貯水位との位置関係、漏水量、濁りなどを確認する。濁り（土粒子の流亡）が確認される場合は、漏水が拡大して決壊に至る場合があることから重要である。ただし、地震直後は一時的に漏水が濁り、その後濁りが無くなることもあるので、漏水量と濁りを定期的に確認点検することが重要である。

漏水量を計測するには、水路に漏水を集めた上、三角堰により測定する方法や直接バケツなどで測定する方法がある。また、漏水量を測定すると同時に貯水位も計測する。

漏水の範囲を明示するため、カラーテープを着けたポールを立てるとともにカラスプレー等によって境界を示すことも重要である。

・漏水量の計測方法には以下の方法がある

- (1) 雨樋・塩ビパイプ等を利用
- (2) 竹が入手できれば二つ割にして樋として利用
- (3) 段ボールをV字型に整形して利用（ビニール製のラップ・袋があれば被せる）

【亀裂幅や堤体形状の定期的な測定】

地震後、余震や降雨により堤体の変形が進行する場合がある。被災後の堤体の変状や亀裂幅を記録しておくことで、変形の進行を確認することができる。

イ 緊急詳細調査（二次）

亀裂発生場所の試掘により、亀裂が遮水性に影響を及ぼすかどうかの判断が重要である。

亀裂の試掘のみでは、内部損傷を見落としている可能性がある。このような場合には、築堤時のボーリング資料、岩盤写真、盛土管理実績、試験湛水時からの埋設計器データ、浸透量観測値等の資料から地震時に起こり得る損傷の推定と現在の状況との比較検討を行い判断することとなる。

また、再湛水時及びそれ以後に十分な安全管理が行えるように、埋設計器、浸透量等観測装置の保守・管理も重要な点である。

被災したダムを復旧するには、亀裂がダムのどの程度の深さまで及んでいるかを知る必要がある。ところが、地震によってダムに発生した亀裂は、被災後に雨が降ると、すぐに詰まって閉じてしまい、数週間経つと亀裂の深さを正確に測ることができなくなってしまう。

このため、原則的には被災後すぐに亀裂に石灰水等のトレーサーを入れておくことで、亀裂深さを確認でき、後で復旧計画を立てやすくなる。

※石灰水以外のトレーサーとして、メチレンブルーや水性ペンキを使用している例もある。

また、コア、フィルターなどのゾーンによってトレーサーを使い分けている例もある。

(ア) 準備するもの

- ①消石灰
- ②石灰水をつくるためのタンク、バケツ等（亀裂の大きさに応じて大きさを決める）
- ③かき混ぜるためのひしゃくか棒のようなもの
- ④亀裂に流し込むためのバケツ
- ⑤貯水池の水をくみ上げる水中ポンプ（※用意できれば）



写真-a タンク



写真-b 石灰水（消石灰混合状態）



写真-c 石灰水を攪拌している状況

図-9.8 注入する石灰水の準備状況

（引用文献：農業用ダムの補強・復旧（補修）工法に関する手引き（案）令和2年10月、P.70）

(イ) 注入方法

- ①亀裂部分にバケツ・水中ポンプ等で、石灰水を流し込む。小型の水中ポンプがあれば、ポンプから直接亀裂に流し込むことができ、効率的に注入ができる。
- ②石灰水が亀裂の下の方で貯まっているのが確認できれば、作業を終了する。



写真-d 石灰水注入状況（着色料混入）



写真-e 石灰水注入状況（ポンプ注入）

図-9.9 堤体に発生した亀裂への石灰注入状況

（引用文献：農業用ダムの補強・復旧（補修）工法に関する手引き（案）令和2年10月、P.71）

(ウ) 亀裂の深さ確認

石灰水を注入した箇所では、トレンチを掘削する。このとき、注入した箇所を全て取り除いてしまわないように慎重に掘り下げる。バックホウで掘削した断面は乱れているので、掘削断面をスコップで少し崩し、石灰水の白色の痕跡や、アルカリにより発色するフェノールフタレイン水溶液を用い亀裂の方向や深さを確認する。

兵庫県南部地震で被災したため池では、堤体の一番下まで亀裂が進展していた場合もある。また、亀裂の進展が止まっているが、更に下まで延びている場合もあるため、周辺状況等を踏まえ、掘削深度を決定することが重要である。



写真-f 亀裂確認状況（堤体開削）

図-9.10 亀裂確認状況（堤体開削）

（引用文献：農業用ダムの補強・復旧（補修）工法に関する手引き（案）令和2年10月、P.71）