

胆沢ダムにおける震災被害の復旧までの経緯と施工 Restoration Work of Isawa Dam Damaged by Earthquake

岡本 義洋*

Yoshihiro Okamoto

要 約

本工事は、洪水調節を主たる目的とし、北上川水系胆沢川に建設する堤体積 1,350 万 m³ を有するロックフィルダムの関連工事として行われる洪水吐き打設工事である。

胆沢ダム洪水吐きは、平成 20 年 6 月 14 日の岩手・宮城内陸地震により被災し、躯体・基礎地盤に甚大な被害を受けた。被災時、洪水吐きは全体の約 58% の進捗状況であり、早期の打設再開を目指し被災直後より被災調査を行うとともに、復旧工事を行ってきた。

本稿では、被災調査により確認された被災状況それぞれにおいて実施した、復旧・補修方法について報告する。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 洪水吐き被災復旧基本方針と調査
- § 4. 被災パターン別の具体的な復旧・補修
- § 5. おわりに

§ 1. はじめに

平成 20 年 6 月 14 日 8 時 43 分、岩手県内陸南部の深さ 8 km で M7.2 の地震が発生した。発震機構は西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、地殻内で発生した地震であり、岩手県奥州市と宮城県栗原市では震度 6 強を観測した。

奥州市に建設中であった胆沢ダム建設工事現場においても、斜面崩落や堤体・洪水吐き等にクラックが生じるなど被害が発生した。

被災時洪水吐き打設工事は、未だ竣工しておらず、特に洪水吐き右岸壁は、堤体盛立材と接していることから、胆沢ダム全体工程を考えると、早期の躯体構築の再開が必要であった。そのため、洪水吐きでは震災直後より多種の調査を実施し、平成 20 年 8 月 19 日より調査・復旧対策が完了した打設箇所より順次打設を再開した。

本稿では、被災後の洪水吐き復旧基本方針ならびに復旧のための具体的な施工について報告する。

§ 2. 工事概要

胆沢ダム本体工事では、工事を 5 つに分割発注（基礎掘削工事、原石山準備工事、堤体盛立工事、原石山材料採取工事、洪水吐き打設工事）し、マネジメント技術活用方式（CM 方式）を試行的に導入している。写真-1 に胆沢ダム完成予想図を示す。以下に工事内容を示す。

工事件名：胆沢ダム洪水吐き打設（第 1 期）工事	
発注者：国土交通省 東北地方整備局	
工事場所：岩手県奥州市胆沢区若柳地内	
工 期：平成 18 年 3 月 16 日～平成 22 年 3 月 10 日	
河 川 名：1 級河川 北上川水系 胆沢川	
工事内容：洪水吐きコンクリート打設	231,050 m ³
：ボーリング・グラウチング工	7,372 m
：取水放流設備	1 式
：濁水処理設備運転工	1 式
：雑工事	1 式
：仮設費	1 式



写真-1 胆沢ダム完成予想図

* 北日本（支）胆沢ダム（出）

§3. 洪水吐き被災復旧基本方針と調査

3-1 検討フロー

被災対応の検討フローを図一1に示す。検討フローは、①補修・復旧レベルの選定、②要求性能の整理と被災パターンの分類、③復旧対策のための被災調査の実施、④復旧対策のための詳細調査の実施、⑤被災状況の評価、⑥被災評価に対応した補修方法の選定の順で行うこととした。

3-2 洪水吐きの要求性能

洪水吐きは、未だ竣工していない構造物であるため、被災箇所の対策実施に際しては、「当初設計仕様」に見合った補修・再構築を実施することを基本とした。

今回相当の地震に対しても修復可能な損傷にとどまる構造とする。

- ① 補修または再構築の実施は、躯体や基礎地盤等との適用性や経済性を勘案して判断する。
- ② ダム本体の貯水機能維持に影響が懸念される箇所については仕様を変更（機能強化）する。

3-3 補修・復旧の考え方

洪水吐きにおいて要求される性能は、以下の(1)~(4)に示したとおりである。

(1) 力学的耐久性

洪水吐き構造物として、所定の設計条件に対する抵抗

力と耐久性が必要である。

(2) 水密性・止水性・通水断面

洪水吐きとして所要の水路断面の確保と水密性およびジョイント部（止水板）の止水性が必要である。

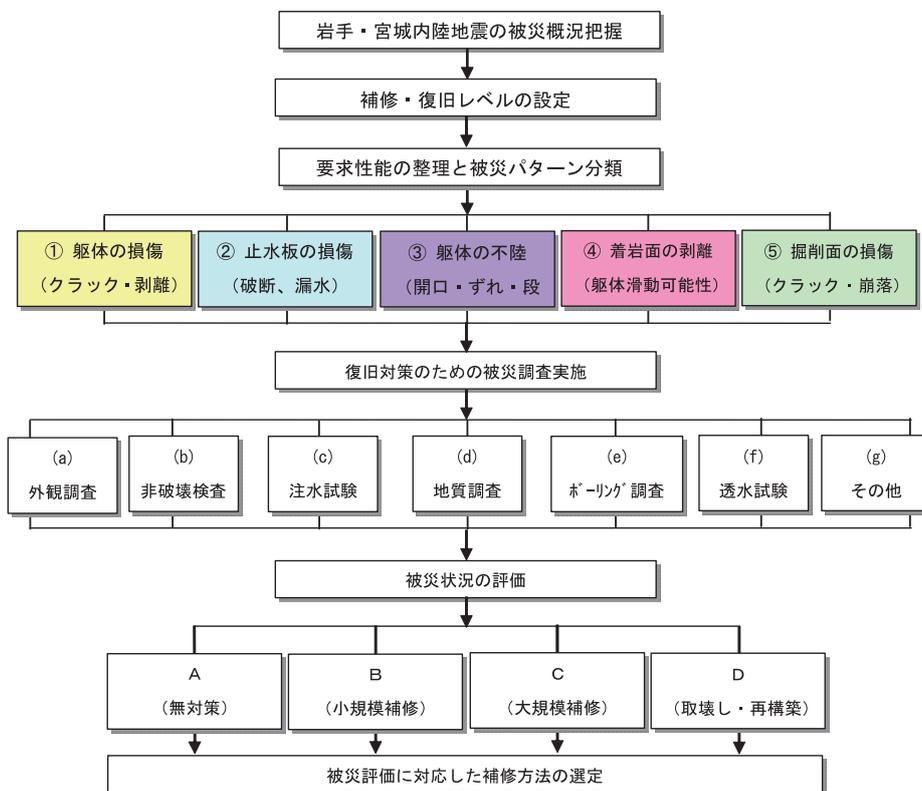
(3) 躯体安定性

洪水吐きの安定基準の基本的な考え方は次のとおりである。

- ① 流入部～セパレートウォール部は、貯留水による水圧を受けるため、重力式ダムに準じた安定基準とする。
- ② シュート部の堤体側は、ダム本体と接触しておりダム本体の円弧すべりにかかる部位であることから、重力式ダムに準じた安定基準とする。
- ③ 上記以外の山側導流壁および減勢部は、一般の擁壁基準に準じるものとする（ただし、滑動安定性はHennyの式による）。

(4) 掘削面の健全性

洪水吐きの掘削面に損傷・不安定箇所がなく、基礎岩盤及び法面（仮設、永久）としての健全性が必要である。また、洪水吐きの既施工ブロックでは、貯水機能（ダム本体）への影響区間として、流入部及びシュート部の右岸側導流壁が該当する。特に、セパレートウォール部では遮水性の確保が重要となるため、止水板機能が確認できる構造（正・副の二重化、漏水計測など）に変更する。なお、常用洪水吐きは貯水機能に大きく影響する区間であるが、被災時点では未施工区間であった。



図一1 洪水吐き被災対応検討フロー

3-4 被災パターンの分類

被災パターンと評価区分について取りまとめた結果は、表一に示すとおりである。①被災パターンの分類、②要求性能の整理、③評価の判断基準の整理を行った。

3-5 補修・復旧に向けた調査内容

洪水吐きの被災状況を明らかにし、今後対策が必要となる箇所の特定と、補修・復旧計画案のために詳細調査を実施した。

詳細調査の実施時期は、平成20年6月26日の気象庁の予報に基づき震度4~5弱の余震発生確率が低くなってから調査を開始した。

洪水吐きの被災状況調査においては、構造物の規模や範囲、現地状況を勘案すると、表二に示すような詳細調査が必要と考えられた。

- (1) 洪水吐き全域に渡って(a)の調査を実施することが基本となる。
- (2) 躯体クラックの内部進展状況を確認する目的で(b)(c)(e)の調査を実施する。
- (3) 止水板機能が保持されているか確認する目的で(c)の

表一 被災パターン別の評価区分概要

被災パターン	要求性能	評価	判断基準
① クラック	・水密性	A 対策不要	0.2mm以下(非貫通)
	・耐久性	B 補修(小)	0.2~3.0mm以上(非貫通)、表面剥離
		C 補修(大)	クラック貫通、鉄筋非降伏
		D 再構築	クラック貫通、鉄筋降伏
② 止水板	・止水性	A 対策不要	ジョイント開口幅0~3mm
	・弾性、可撓性	B 補修(小)	ジョイント開口幅3~10mm
		C 補修(大)	ジョイント開口幅10~17mm
		D 再構築	17mm以上または漏水あり
③ 躯体不陸	・平滑性	A 対策不要	流れに平行±6.0mm以下/流れに直交-3.0~+1.0mm
	・耐摩耗性	B 補修(小)	流れに平行±6.0mm以下/流れに直交+1.0~+3.0mm以下
		C 補修(大)	流れに平行±6.0mm以上/流れに直交±3.0mm以上
		D 再構築	被災パターン②、④に該当
④ 躯体着岩	・構造安定性	A 対策不要	躯体着岩及び基礎岩盤が健全
	・基礎健全性	B 補修(小)	半重力式導流壁の背面剥離、部分的な着岩剥離あり
		C 補修(大)	補強で対処可能な着岩剥離
		D 再構築	変位を伴う着岩剥離、基礎岩盤の破壊
⑤ 掘削面	・法面安定性	A 対策不要	開口割れ目等が認められない
	・掘削面健全性	B 補修(小)	岩盤内部に軽微な開口割れ目あり
		C 補修(大)	掘削線の変更できない範囲に安定上問題となる割れ目あり
		D 再構築	安定上問題となる割れ目あり

表二 洪水吐きにおける詳細調査一覧

調査方法	調査目的	内容
(a) 外観調査	被災箇所の概要確認	目視による被災状況把握
	ジョイントの開口・段差確認	クラックスケール等による開口・段差量の計測
(b) 非破壊検査	クラック進展状況の確認	超音波法、衝撃弾性波法によるクラック発生範囲の特定
(c) 注水試験	注水によりクラック貫通の有無の確認	注水によりクラック貫通の有無を確認
	止水板機能の確認	注水により止水板の破断・引抜きの有無を確認
(d) 地質調査	基礎岩盤・法面の確認	地質調査による基礎・背面岩盤、掘削法面の健全性確認
(e) ボーリング調査	クラック進展状況の確認	コアカッター、ボーリングによるクラック発生範囲の特定
	着岩状況の確認	ボーリングによる躯体の着岩、岩盤内の割れ目を確認
(f) 透水試験	基礎処理機能の確認	透水試験により流入部のコンソリデーショングラウチング健全性を確認
(g) その他	対策工の選定	既設鉄筋の引張試験及び曲げ試験、クラック貫通部の簡易一面せん断試験

調査を実施する。

- (4) 掘削面・法面の状況や躯体の着岩状況を確認する目的で(d)(e)の調査を実施する。
- (5) 流入部では、コンソリデーショングラウチング健全性を確認するため(f)の調査を実施する。
- (6) クラック貫通箇所及び鉄筋の露出箇所については、対策工規模の判断材料として(g)の調査を実施する。

§ 4. 被災パターン別の具体的な復旧・補修

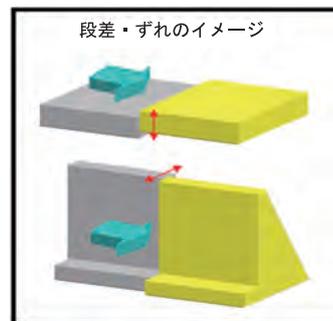
前章で述べた調査により洪水吐きの被災状況、対策工の必要な箇所が明らかになった。復旧・補修は大別して次の4区分で検討した。

- ① 躯体の不陸対策
- ② 止水板の損傷対策
- ③ クラック、欠損部の損傷対策
- ④ 躯体の安定対策

以下にそれぞれの具体的な対策工について述べる。

4-1 躯体の不陸対策

洪水吐きのコンクリート水路表面は、流水や流砂によるすり減り、損傷を受けるおそれがあるため、不陸のない平滑な表面に仕上げる必要がある。コンクリート標準示方書(ダムコンクリート編)では「型枠に接する面の局部不陸の許容値は、流れに平行な面で6mm、流れに直交する面で3mm、全体的に6mm以下を標準とする。」「型枠に接しない面の局部不陸の許容値は6mm以



図二 段差・ずれ概要図



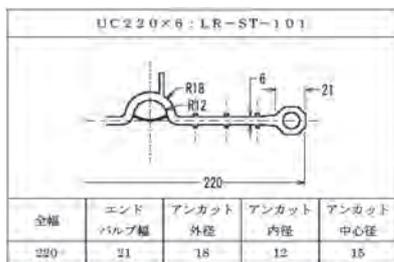
写真二 傾斜処理施工状況

下を標準とする。高速流にさらされる部分の局部不陸は、さらに入念に仕上げる必要があり、表面の小さな突起はグラインダなどを用いて研磨し、所定の限度内に仕上げる必要がある。」とうたわれている。これより、躯体の不陸対策の許容値に関しては、流れに平行な面内で±6 mm、流れに直交する面内で-3 mm～+1 mmとした。

このような段差は洪水吐き全体に発生しており、最大で23 mmであった。許容値を上回る不陸箇所は傾斜処理(勾配1:50)を施し、下回る箇所は無対策とした。ジョイントの開きについては、開口幅に合わせて無収縮モルタルを充填した。

4-2 止水板の損傷対策

洪水吐きの収縮継目にはポリ塩化ビニル止水板(UC220×6)が使用されている。止水板の健全性を確認



アンカットの形状による変形追従量
 $\Delta b = \pi R - 2r = 15\pi - 2 \times 15 = 17.12\text{mm}$

図-3 止水板詳細図



写真-3 止水板再設置完了(打設前)



写真-4 外付け止水板設置完了

するための調査として、開口より着色水を注入し漏水を確認した。また、開口が狭く注水が困難な箇所についてはコンクリートを撤去し直接目視で確認した。さらに止水板の最大変形量より17 mm以上の開口が確認されたジョイントについては対策工を施した。

対策工については、既設止水板の内側(水路側)のコンクリートをウォータージェット工法により撤去し、既設止水板の手前に新たな止水板を再設置する方法を用いた。

但し、流入部のセパレートウォール背面についてはジョイントの形状が複雑な点と堤体と接し、急速な施工が必要とされた点からジョイント外側にアスファルト製の遮水シートを設置し(外付け止水板)対策工とした。

4-3 クラックと欠損部の損傷対策

目視で確認されたクラックについて、超音波によるクラック深さ測定、ボアホールスキャナ、ボアホールカメラによるコンクリート内部のクラックの調査、クラックに注水を行い通水状況を調査し、非貫通クラック、貫通クラックに分類した。クラック幅に応じてA～Cの3段階にさらに分類し、それぞれについて対策工を検討した。表-3に分類別の対策工と使用した材料を示す。シュー



写真-5 貫通クラック注水調査状況

表-3 クラックの分類・使用材料一覧表

非貫通クラック

評価	ひび割れ幅(mm)	表面処理工法	注入工法	充填工法	備考
A	0.2mm未満	○ (背面側)	○ (背面側)	-	
B	0.2～3.0mm	-	○	-	
C	3.0mm以上	-	-	-	

貫通クラック

評価	ひび割れ幅(mm)	表面処理工法	注入工法	充填工法	備考
A	0.2mm未満	-	-	-	
B	0.2～3.0mm	-	○	○ (シュート背面)	シュート背面 せん断補強工
C	3.0mm以上	-	○	○ (シュート背面)	シュート背面 せん断補強工

工法名	材料	商品名	適用
表面処理工法	表面改質材	ウルトラシリカ	クラック深さ5cm以下
	超微粒子セメント	セメトロンG	

工法名	材料	商品名	適用
注入工法	超微粒子セメント	ハイスタッフ	-
	速硬型高強度注入材	コロイドSQ-A	基礎排水の直上部

工法名	材料	商品名	適用
充填工法	ポリアレタン系シーリング材	ボンドUPシール	シュート部 (背面側)



写真一六 減勢部 R30BL 全景

ト部については注入・充填工法の他に天端より貫通クラックを縫うように補強鉄筋を挿入し、所定の滑動安定性に対し満足するものとした。

減勢部 R30 BL についても貫通クラックが確認された。但し、鉄筋が完全に切断している点から、貫通クラックより上部の構造物を取壊し、再構築を行うものとした。取壊しはワイヤーソーにより 35t のブロックに切断し、150t クローラークレーンによりそれぞれのブロックを搬出した。

減勢部 R32 BL についても R30 BL と同様に貫通クラックが確認されたが、鉄筋の抜き取り試験を行ったところ、鉄筋は降伏しておらず、健全性が確認されたため、シュート部の貫通クラックと同様にせん断補強鉄筋による対策工とした。せん断補強鉄筋は天端からではなく、背面の一部をウォータージェット工法によりはつり挿入した。

4-4 躯体の安定対策

シュート部 L24 BL, C24-1 BL については、目視によりブロック全体が下方へと滑動しており、岩盤面とコンクリートが剥離していた。対策工による復旧は難しいと考え、取壊し、再構築を行った。取壊しは大型ブレイカーを使用した。岩盤面の緩みが確認されたため緩みを除去し、コンクリートにより置き換えを行い、その後再構築を行った。

減勢部副ダム部 C33-1 BL, C33-2 BL についてはボー



写真一七 切断ブロック撤去状況



写真一八 ウォータージェット工法によるはつり状況



写真一十 L24BL・C24-1BL 滑動状況



写真一九 せん断補強鉄筋挿入状況



写真一十一 大型ブレイカーによる取壊し状況



写真一12 大口径ボーリングマシンによる削孔状況



写真一13 H型鋼設置完了

リングによる調査を実施したところ岩盤面とコンクリート面に剥離が確認された。対策工として、剥離面と地山のクラックにセメントミルクを充填した後、大口径ボーリングマシンを使用してコンクリート、岩盤面を削孔し、H型鋼を設置しせん断に対する安定を計った。施工後チェックボーリングを行い、剥離面にセメントミルクが充填されていることを確認した。

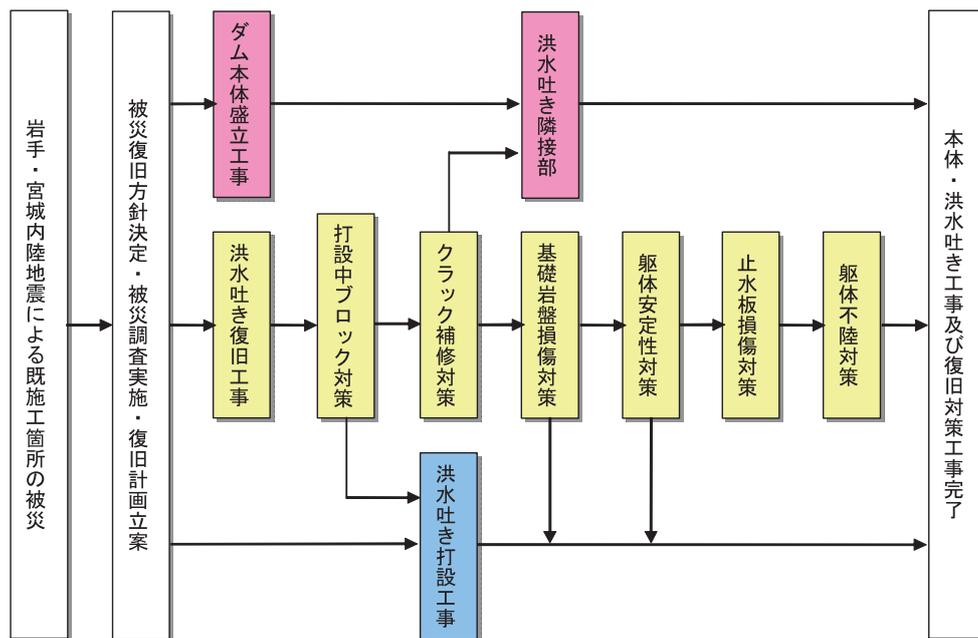
§5. おわりに

洪水吐き打設工事および被災復旧対策の実施概要は、図一4に示すとおりである。洪水吐きの復旧対策工事はH21年度で完了した。

本稿では、震災による大規模コンクリート構造物の被災復旧基本方針および被災調査、具体的な対策工について述べた。施工中の被災としては類を見ない大規模な被害であったが、震災直後より専門的な知識、経験を有する技術者等による地震影響評価検討会を発足し、損傷の程度の評価および補修方法について、発注者、施工業者が一体となり取り込み、工事を完了することができた。施工中のブロック、施工が完了したブロックが混在する中、被災の種類も様々で、範囲も広範囲に及ぶものだったが、構造物として要求される性能、他業者との調整、健全な箇所への影響を被災箇所べつに整理、検討し施工することができた。

震災の復旧とういことで希なケースだが、同種の工事において参考になれば幸いである。

最後に、ご指導、ご協力いただいた各位に深くお礼を申し上げます。



図一4 洪水吐き打設工事および被災復旧対策の実施概要