

第65回(2021年度) 北海道開発技術研究発表会論文

厚真ダムの洪水吐等の復旧状況について

室蘭開発建設部 胆振農業事務所 第1工事課 ○笠井 淳
岩田 徳雄
北島 悠

平成30年9月6日に胆振地方中東部を震源とした北海道胆振東部地震が発生した。この地震で、厚真ダム堤体周辺の左右岸法面や貯水池内の山林斜面が崩落し、洪水吐の損傷や土砂等の堆積、放流ゲート操作室や浸透量観測室の損壊、堤体下流部への土砂等の堆積、貯水池内への土砂流入などの被災を受けた。令和元年に「胆振東部地震における厚真ダムの被災状況と復旧内容」を第1報として報告した。厚真ダムの復旧工事は、令和4年度までに主要工事完了を目指し、鋭意進めているところである。本報では、厚真ダムの洪水吐等の復旧状況について第2報として報告をする。

キーワード：平成30年北海道胆振東部地震、災害復旧、ダム

1. 厚真ダムの概要

厚真ダムは勇払郡厚真町市街地から北東約20km地点の二級河川厚真川に位置し（河口より約39km）、1,909haの水田かんがい用として、昭和37(1962)年から昭和45(1970)年にかけて、国営厚真土地改良事業で造成された施設であり、昭和46年度から供用が開始され、厚真町土地改良区により管理されている農業用ダムである（図-1）。ダムの基盤地盤は川端層の互層から構成され厚さ20mの礫岩層（細粒礫岩～中粒砂岩）を中心とする砂質泥岩の優勢な砂岩泥岩互層である。ダムの諸元は、流域面積52km²、満水面積0.93km²、総貯水量10,080千m³、有効貯水量9,523千m³、堤高38.2m、堤頂長222m、堤体積499千m³の中心遮水ゾーン型フィルダム型式である（図-2, 3）。

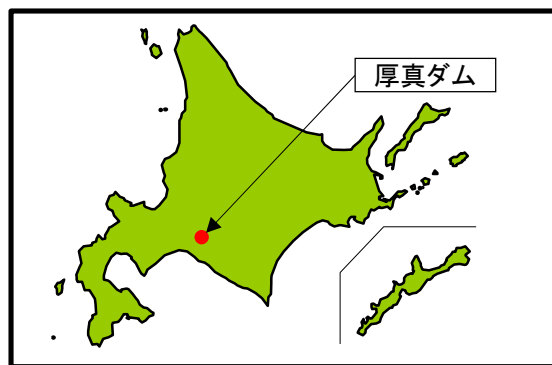


図-1 厚真ダム位置図

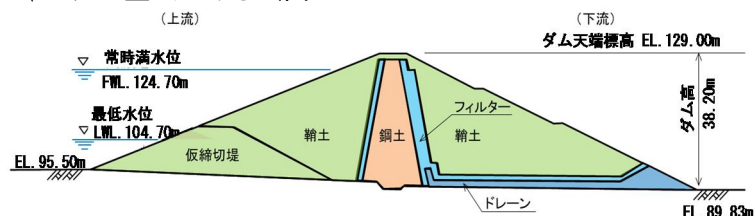


図-2 厚真ダム断面図

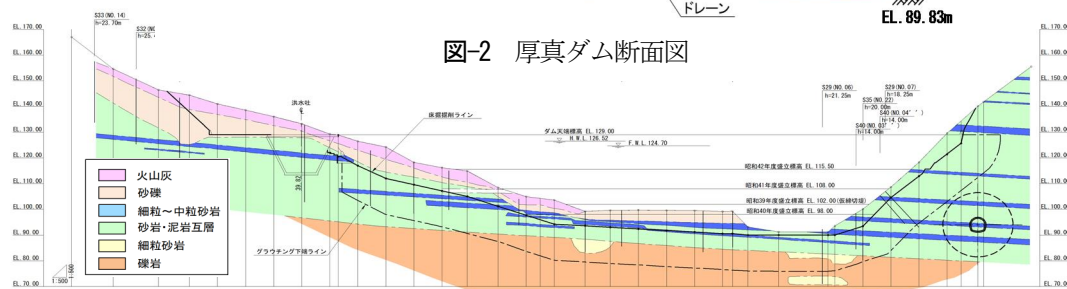


図-3 厚真ダム縦断面図

2. 被災概要

平成30年9月6日に発生した北海道胆振東部地震による厚真ダムの被災状況を以下に示す。

(1) 洪水吐

堤体左岸法面の崩落に伴い、洪水吐に土砂等が流入し、その衝撃により左岸側壁は欠損、床版はひび割れ、右岸側壁は欠損・ひび割れ・傾倒が発生した（写真-1, 2）。洪水吐防護柵は損傷及び消失した。また、道道北進平取線と堤頂を結ぶ管理橋において、崩落土砂の衝撃により、管理橋右岸橋台コンクリート内部にひび割れが生じ、左岸橋台コンクリートには欠損が生じた。転落防止柵も完全に破損された。



写真-1 洪水吐左岸側壁欠損



写真-2 洪水吐右岸側壁傾倒

(2) 堤体

地震動による影響で堤体上流側のリップラップ材の流出が発生した。簡易縦断測量の結果、高欄の変形箇所でも最大22cmの沈下が発生しているが、リップラップ材の流失以外は、ひび割れや不陸等の変状は認められず、堤体の安定は確保されていると評価した。また、堤体左岸法面の崩落土砂が堤頂道路部分にも流入し、堤頂の高欄及び地覆を破損させた。

(3) 取水施設

堤体下流右岸法面の崩落に伴い、取水施設操作室周辺に土砂が流入し、操作室が倒壊、操作室内の操作盤、水位流量計盤、データ伝送盤等の機械設備類が埋没した。また、操作室へ向かう管理用道路も埋没した。

(4) 付帯施設

a) 網場

貯水池内山林斜面の崩落により土砂及び倒木が貯水池内に流入し、流入した流木等が網場に衝突しフロートが破損した。破損の衝撃により網場の左岸部のアンカーが消失した。

b) 観測計器

堤体左岸法面の崩落に伴い、堤体左岸法面に設置してあった表面変位計基準点が消失した。

c) 浸透水量観測施設

堤体右岸下流法面の崩落に伴い、浸透水量観測室周辺に土砂が流入し、浸透水量観測施設が倒壊した。

d) ダム管理施設

崩落土砂により通信ケーブルが断線し、貯水位計、仮排水トンネル水位計、地震計等が使用不可能となった。

e) 係船設備

地震動により、艇庫の基礎のひび割れが拡大、インクライン基礎の変形及びレールにゆがみが生じた。また、網場の破損により流木が管理用階段の手すりを押し倒した。

3. 復旧状況

(1) 復旧工程

厚真ダムの復旧は平成30(2018)年～令和5(2023)年の6カ年を予定している。平成30年度は地震後の調査、応急復旧及び放流機能の確保を行った。令和元年度は復旧箇所の詳細な設計を行い、令和2年度以降の工事が円滑に進むように貯水池内に進入するための工事用道路造成、仮排水トンネルの閉塞部開口のための鋼矢板締切、洪水吐に溜まった崩落土砂の撤去を行った。令和2年度は、洪水吐掘削開始、洪水吐橋梁上部工撤去、既設洪水吐撤去、周辺整備工として貯水池内の流木と崩落土砂の撤去、右岸下流河川横断工の新設を行った。令和3年度は、洪水吐本体、堤体掘削、基礎処理工、浸透量観測施設、右岸上流法面工、右岸下流法面工を行っている。また、管理橋の復旧に伴い、既設堤体の一部を掘削・再盛立を行う必要があり盛立試験を行った。令和4年度は、堤体再盛立、取水放流施設、ダム管理施設等の復旧を行う。令和5年度に試験湛水を行い、令和6年度から供用再開の予定である（図-4）。

年度	H30	R1	R2	R3	R4	R5	R6	
復旧 工種						試験湛水 /共用	共用	
	応急工事	放流機能 確保						
			洪水吐	洪水吐	洪水吐			
			取水施設					
			左岸法面	左岸法面	左岸・右岸 法面	右岸法面		
			土砂撤去		土砂撤去			
					周辺整備	周辺整備		

図-4 復旧スケジュール

(2) 洪水吐の復旧状況

洪水吐の復旧は、令和2年11月から洪水吐の土砂掘削を始め、洪水吐橋梁上部工の撤去を行い、3月末に既設洪水吐の撤去を終えた（写真-4）。令和3年度は、4月末の融雪後から洪水吐本体の置換コンクリート（均しコンクリート）、床板鉄筋組立、床板型枠、床板コンクリートの打設・養生を行った。床板コンクリートの型枠解体後に収縮目地の施工箇所合成樹脂ペイントを塗布。次に、側壁の鉄筋、型枠組立、側壁コンクリート打設を行う。打設は箇所毎に26～38m級ポンプ車を選定し使用する（写真-5）。打込んだ生コンは棒状バイブレータで締固め、打設後に表面を平滑に仕上げる。足場組立を行い、再び側壁鉄筋組立から繰り返す。側壁高は6.2m～6.6m程度となることから、3リフトに分けて施工する。3リフトの型枠撤去後に足場解体し完了となる。今年度の延長は、復旧区間L=149mの内、橋台部L=9m, SP180～SP210 L=30m SP270～SP330 L=60mが完成し、残りのL=50mは令和4年度に施工予定となっている（写真-6）。



写真-4 洪水吐撤去状況



写真-5 コンクリート打設状況



写真-6 現在の洪水吐 (令和3年11月撮影)

(3) 洪水吐右岸橋台の復旧状況

a) 洪水吐橋台と堤体の接合部の形状

洪水吐橋台の復旧は、令和3年の4月末の融雪後から土砂掘削を始め9月末に橋台の施工が完了した（写真-7）。橋台の土砂掘削は、堤体の掘削を伴うことから、堤体と橋台部との遮水部と接合には、遮水性が求められる。現況の洪水吐右岸橋台と堤体の接合形状は垂直となっているが、現行の設計基準に準拠し接合面勾配を「1:0.5」とした。

b) 1リフト（1回打設層）の高さ

洪水吐のコンクリート打設は、1ブロック当たりの打設量が少ないことから極力数ブロックを同時打設できるような工程を考え、側壁部の打設は1リフト3m以下とすることが多いが、今回の洪水吐右岸橋台は、重力式擁壁で非常に大きいマスコンクリートであることから、温度応力を低減するため、コンクリートダムを採用例を参考に1リフトの高さを「1.5m」とした。

c) 温度応力解析によるひび割れ抑制対策

洪水吐橋台コンクリートのひびわれ抑制対策の検討手法として、温度応力解析を実施し、その結果を踏まえて対策を行った。温度応力解析結果、無対策のケース1-1（高炉セメントB種+標準養生）と対策ケース3-2（普通ポルトランドセメント配合+膨脹剤添加+養生延長）の中心断面における最小ひび割れ指数を示す。対策ケース3-2では、ひび割れ指数1.0を下回る範囲が減少し、全体的にひびわれ指数が向上している（図-5, 6）。

検討ケース	セメント種類	養生	膨脹材	備考
1-1	高炉セメントB種 (BB)	標準養生 (7日)	なし	標準仕様
1-2		延長 (10日)		
2-1	普通ポルトランド (N)	標準養生 (7日)	なし	
2-2		延長 (10日)		
3-1	普通ポルトランド (N)	標準養生 (7日)	添加	
3-2		延長 (10日)		

図-5 温度応力解析の検討ケース

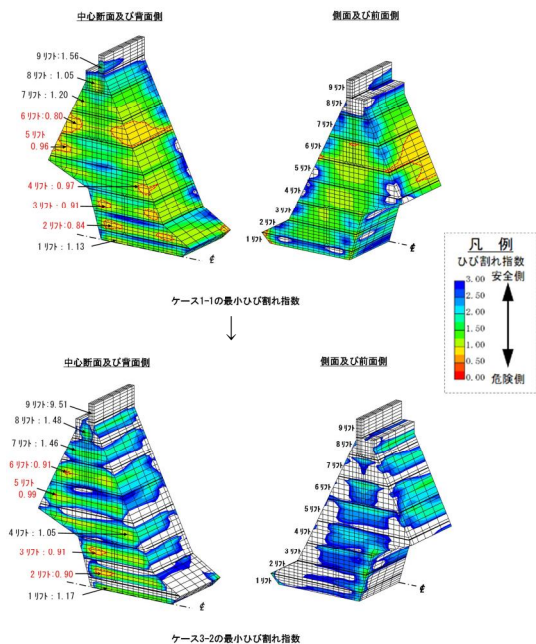


図-6 ケース別温度応力解析結果



写真-7 A2橋台の完成状況

d) 施工時のひび割れ対策

洪水吐橋台打設地点はダム堤体のひらけた場所にあるため、風が強いことから、施工中コンクリート表面の急激な温度変化対策として、コンクリート保湿保温シートを装着した。装着する養生用シートの材質は、ポリエチレンフィルムと気泡緩衝材の複合性であり、一般的な型枠（合板）と比較して、断熱性において有利となる。これをコンクリート表面に装着し、施工期間中のできるだけ長い期間を維持することとした。

e) 橋台部基礎状況

橋台部打設前の基礎の状況を確認すると、分布する地質は川端層の細粒砂岩、極細粒砂岩（泥質）、泥岩の周期的な五層で構成される。単層の層厚は数cmから40cm程度である。まれに数10cm厚の中粒砂岩を挟在する。橋台底盤は亀裂面の一部に褐色酸化が認められるが密着して全体的にCM級程度に評価される。また、掘削面上部（側壁）は岩芯まで酸化がおよび、やや緩みも見られることから、CL級程度と想定された。掘削後の地盤状況から、橋台基礎として十分な地耐力を有していると判断した（写真-8）。

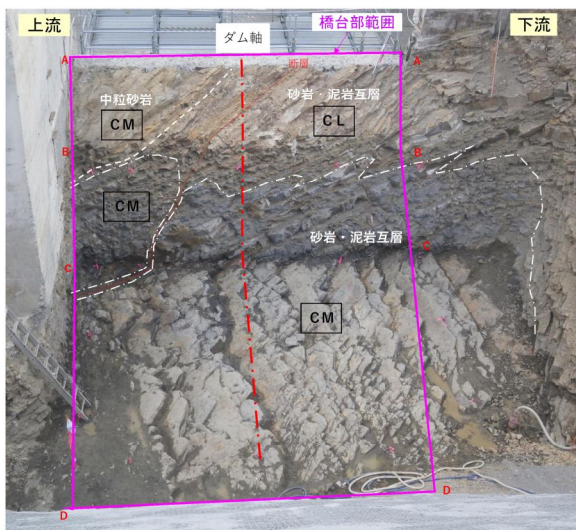


写真-8 橋台部基礎地盤の状況

4. 盛立試験

(1) 試験目的

a) 施工機械による盛立仕様の決定

橋台の復旧に伴い、既設堤体の一部を掘削・再盛立を行う必要がある。施工時は橋台と堤体に囲まれ施工スペースが限られているため、小型転圧機械を計画する。

堤体の再盛立に先立ち、令和3年7月～9月にかけて盛立試験を実施した。転圧機械、撒き出し厚さおよび転圧回数等の盛立仕様に関して複数の試験仕様を設定し、それぞれの盛立結果（現場達成密度、現場透水係数）を比較することにより、所用の条件を充たす範囲で最も経済的な盛立施工仕様の組合を決定する。

b) 実施工機械による築堤材料の締固め特性の把握

室内試験結果のみで把握していた材料締固め特性に関し、実施工（盛立）における転圧特性を確認する。

実施工における施工上の留意点を明確にする。

(2) 使用材料

- a) 遮水性材料（鋼土）：現堤材料、土取場材料（細粒材および粗粒材）による混合材
- b) 半透水性材料（靴土）：現堤材料（※不足が生じた場合、土取場材料（泥岩）を用いる。）

(3) 盛立区分毎の施工機種（図-7,8）

遮水性材料のような土質材料の場合には、一般的には転圧機種として『タンピングローラ』が選定される。しかし、施工スペースが狭く、大型重機による盛立施工は困難である。このため、フィルダム岩着部で使用されている小型転圧機械を計画する。

盛立区分	施工機種	材料	備考	
鋼土	①橋台との境界部	スラリー塗布(人カ)	E土取場等の粘性土	
	②コンタクトクレイ	エアタンバ	〃	
	③コンタクトコア	ランマー	〃	
	④一般材(狭小部)	ランマー	現堤材料	
	⑤一般材	1t級振動ローラ	現堤材料・土取場材料	試験対象
(現場との境界部:接合部)	振動ローラ、ランマー	〃	試験対象	
靴土	一般材	1t級振動ローラ、3~4t級振動ローラ	現堤材料、土取場材料	試験対象
フィルター	1t級振動ローラ	購入材	試験対象	
上流ロック	1t級振動ローラ	購入材	試験対象	

図-7 盛土区分毎の施工機種、材料一覧表

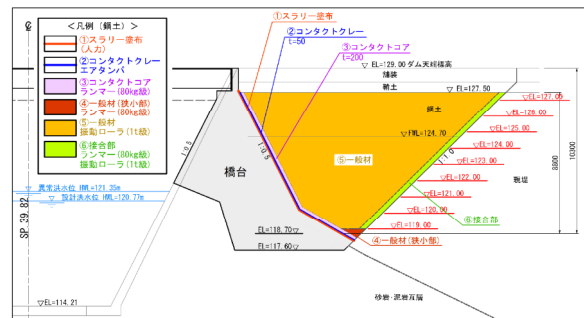


図-8 盛土区分図

(4) 盛立試験結果 (図-9, 10)

a) 鋼土、現堤材料

鋼土現堤材料の盛立は1t級振動ローラによる10回転圧(10cm、撒き出し)する施工仕様を採用する。

b) 鋼土、土取場材料 (写真-10)

鋼土土取場材料の盛立は1t級振動ローラ10回転圧(10cm、撒き出し)する施工仕様を採用する。

c) 鞆土、土取場材料

鞆土(10cm撒き出し)の盛立は1t級振動ローラより、10回転圧する施工仕様を採用する。

鞆土(20cm撒き出し)材料の盛立は3~4t級振動ローラにより、10回転圧する施工仕様を採用する。

d) フィルター材

フィルター材の盛立はバイプロコンパクタにより、4回転圧を採用する。

e) 上流ロック材

上流ロック材1t級振動ローラ8回転圧を採用する。



写真-10 鋼土土取場材料、盛立試験状況

種別		鋼土		鞆土		フィルター	上流ロック
		現堤材料	土取場材料	10cmまき出し	20cmまき出し		
まき出し	機械	0.2m ³ バックホウ	0.2m ³ バックホウ	0.2m ³ バックホウ	0.2m ³ バックホウ	0.2m ³ バックホウ	0.2m ³ バックホウ
	厚さ	10cm/層	10cm/層	10cm/層	20cm/層	20cm/層	20cm/層
敷き均し	機械	0.1m ³ バックホウ	-	-	-	-	-
転圧	機械	1t級振動ローラ	1t級振動ローラ	1t級振動ローラ	3~4t級振動ローラ	バイプロコンパクタ	1t級振動ローラ
	回数	10回転圧/層	10回転圧/層	10回転圧/層	10回転圧/層	4回転圧/層	8回転圧/層

図-9 盛立施工仕様 一覧表

項目		単位	鋼土		鞆土	フィルター	上流ロック	
			現堤材料	土取場材料	10cm/20cmまき出し			
粒度分布	最大粒径	Dmax	mm	50	50	10cmまき出し:50 20cmまき出し:100	10	50
	細粒分	Fc	%	-	-	-	5%以下	5%以下
盛立管理	施工含水比 [※]	W	%	D値95%以上 最適含水比 ~D値95%湿潤側	D値95%以上 最適含水比 ~D値95%湿潤側	-	-	-
	飽和度	Sr	%	-	85%以上	-	-	-
	乾燥密度	ρ_d	g/cm ³	1.59	1.60	1.70	1.34	1.98
	締固め度	D値	%	95%以上	95%以上	95%以上	-	-
	透水係数	k	cm/s	1×10^{-5} 以下 (現場)	1×10^{-5} 以下 (現場)	1×10^{-3} 以上 (現場)	1×10^{-3} 以上 (現場)	1×10^{-3} 以上 (現場)
せん断強度	粘着力	c	kN/m ²	4.7	4.7	25.3	0	0
	内部摩擦角	ϕ	°	29.2	29.2	33.6	30	40

図-10 盛立材料品質管理基準値 (案) 一覧表

5. おわりに

最大震度7を観測した胆振東部地震から早くも3年半が経過し、厚真ダム復旧工事は今年度をピークに鋭意、作業を進めているところである。次年度からは、堤体の再盛立を始め、取水放流施設、電気設備、操作室等のダム管理に重要な施設の復旧を計画している。厚真ダムのある厚真町では被災を受けた多くの場所で災害復旧工事が行われている。水田の多い厚真町ではダムは重要な水源であり、早期の復旧が望まれているため、計画している令和6年度に供用開始できるよう、災害復旧を進めていきたい(写真-11)。



写真-11 厚真ダム (令和3年11月撮影)