平成22年度

当麻ダム洪水吐改修における水理現象の検証
—水理模型実験による検証結果について—

旭川開発建設部　旭川農業事務所　第１工事課　　○岩田　徳雄
今川　幸久
今西　智幸.

当麻ダムは、国営開墾建設事業「当麻地区」により、S34に完成したが、洪水流下能力不足を解消するため、国営総合農地防災事業「とうま地区」が、洪水吐を改修することとし、平成19年度から事業着手している。

本報は、前回報告した流入部～上流取付水路部から下流の急流水路部～下流河川取付部までを対象にした水理模型実験による水理現象の検証結果について、報告するものである。

キーワード：ストックマネジメント、洪水吐改修、水理模型実験

1. はじめに

当麻ダムは、上川郡当麻町に位置し、石狩川水系牛朱別川支流当麻川に昭和26年～昭和34年に建設された中心遮水ゾーン型アースダムである(**図-1**)。

当麻ダムの洪水吐は、ダム流域内の開発等に起因する洪水流下能力不足を解消するため、流下能力を141m^3/sから268m^3/sとして改修することとした。

設計にあたり、流下能力を確保する観点から洪水吐の流入部は呑み口の形状に、導流部及び減勢工部は平面的な線形に留意する一方、改修工事のためより一層限られた敷地に洪水吐を新設する必要がある。

そのため、設計された形状について、前回は流入部～上流取付水路部の水理模型実験を行い、非対称のY字型とした流入部形状の妥当性を含めた検証について報告[1)]を行った。

今回は、急流水路部～下流河川取付部までを対象(**図-2,3**)に前回同様の水理模型実験を行い、水理現象や減勢効果を検証するとともに下流河川移行後の流れについても検証を行ったので、その結果を報告する。

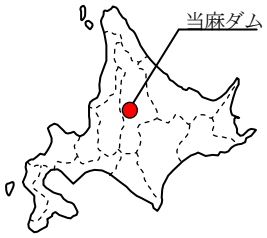


図-1　当麻ダム位置図

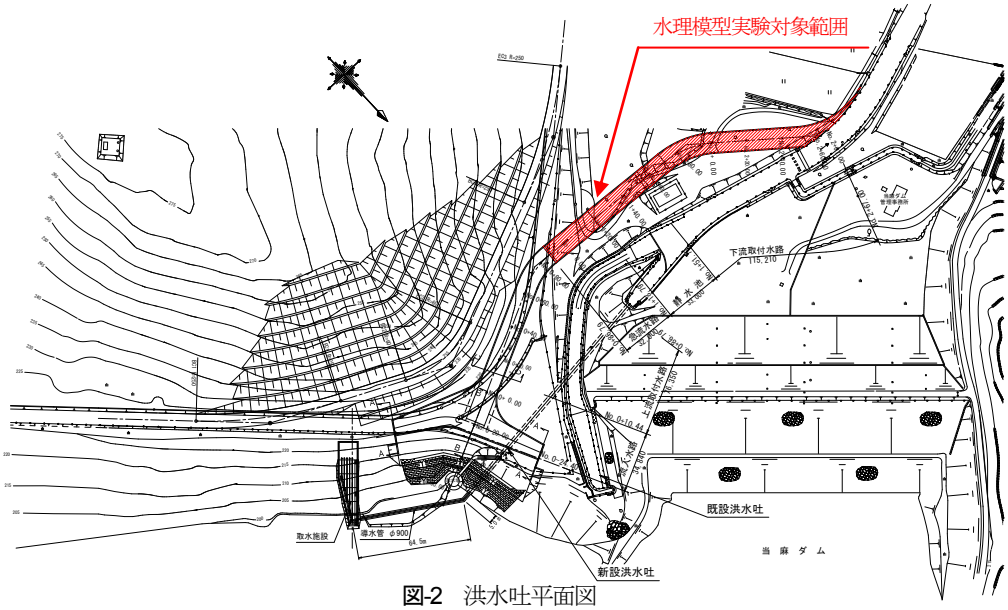


図-2　洪水吐平面図

Tokuo Iwata, Yukihisa Imagawa, Tomoyuki Imanishi

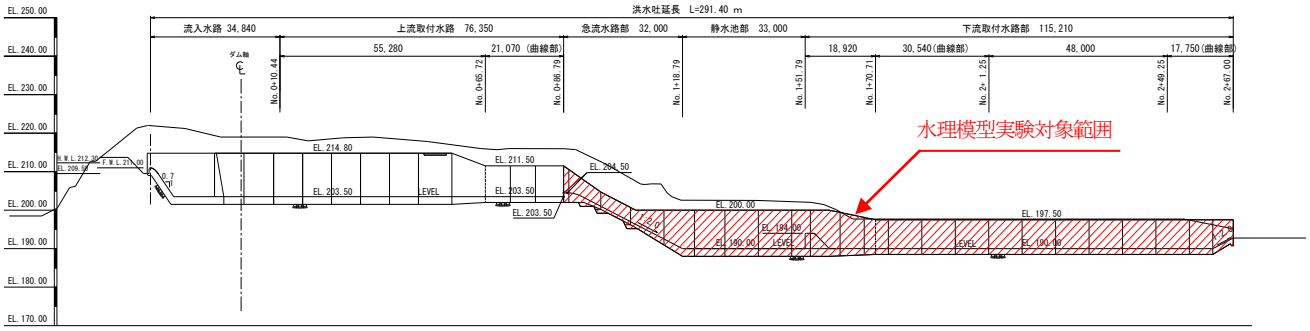


図-3　洪水吐縦断図

2. 水理模型実験の概要

(1) 水理模型実験基本条件

模型の縮尺は、前回製作した模型の一部を利用するため、1/30である。また、洪水吐のような局所急変流の開水路では、流れの性質から見て重力の影響が支配的であって、粘性等の影響を無視できるので、模型と実物との力学的相似関係はフルードの相似法則を適用して実験を行う。

このため、基本的物理量の縮尺は**表-1**となり、この関係から、洪水吐主要諸元の実物に対する模型の値は**表-2**のとおりである。

(2) 課題となる水理現象の予測

水理模型実験において、予測される水理的課題と検証方法及び考えられる対処方針を**表-3**に示す。

急流水路部は、平面レイアウトの制約から上流取付水路部から急流部への移行地点が曲線上に位置することとなる。減勢工は、採用事例並びに実証試験例が多い水平水叩き型を採用することとし、下流取付水路部については、減勢した流水をスムーズに河川に合流させるため、極力曲線半径を大きくする線形とした。

これらの設計形状から予想される水理的課題(**図-4,5,6**)に対して、水理模型実験により安全性を検証し、安全な洪水吐の設計を行った。

表-1　基本物理量の縮尺

基本量	次元	縮尺
長　さ	L	K_L ＝1:30
時　間	T	$K_T = K_L^{1/2}$ ＝1:5.48
流　速	$L \cdot T^{-1}$	$K_V = K_L^{1/2}$ ＝1:5.48
流　量	$L^3 \cdot T^{-1}$	$K_Q = K_L^{5/2}$ ＝1:4,930
圧力水頭	$M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$	$K_P = K_L$ ＝1:30

「多目的ダムの建設　設計Ⅱ編」P199 抜粋 [2]

表-2　洪水吐主要諸元の縮尺

諸元	実物値	縮尺	模型値
洪水吐総延長	291.4 m	1:30	971.3 cm
越流堰長	85.0 m	1:30	283 cm
設計越流水深	1.3 m	1:30	4.3 cm
水路幅	11.0 m	1:30	37 cm
減勢工長	34.0 m	1:30	113.3 cm
設計洪水量	268 m3/s	1:4,930	54.4 ﾘｯﾄﾙ/s
減勢工対象流量	179 m3/s	1:4,930	36.3 ﾘｯﾄﾙ/s
FWLと減勢工静水池敷き高との高低差	21.0 m	1:30	70 cm

表-3　水理的課題と対処方針

部位	課題となる水理現象	検証方法	対処方針
急流水路部	・偏流、飛沫の発生等、問題となる流況の発生	・流況観察（水理現象を目視、カメラ撮影で検証） ・水位測定（洪水流下時の水面形から、側壁高の妥当性を検証）	・側壁高の変更
	・急流部始点の堰に作用する有害な負圧の発生	・圧力測定（有害な負圧発生有無の検証）	・堰形状の変更
減勢工部	・静水池内の跳水状況の不具合（越波、気泡連行、水面の乱れ等）	・流況観察（水理現象を目視、カメラ撮影で検証） ・水位測定（洪水流下時の水面形を検証） ・圧力測定（有害な負圧発生有無の検証）	・減勢工長の変更
下流取付水路部 （下流取付水路～下流河川）	・水脈の乱れ、偏流、越波等、問題となる流況の発生	・流況観察（水理現象を目視、カメラ撮影で検証）	・二次減勢構造物の設置 ・下流取付水路線形の変更

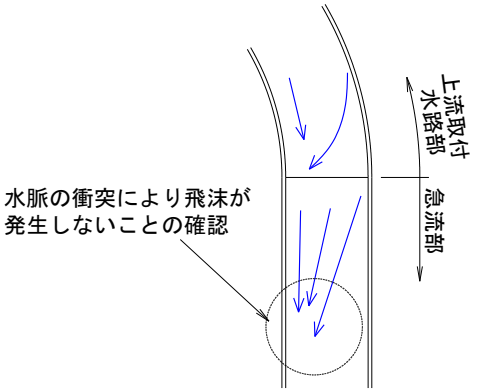


図-4　予想される水理的課題（急流部平面図）

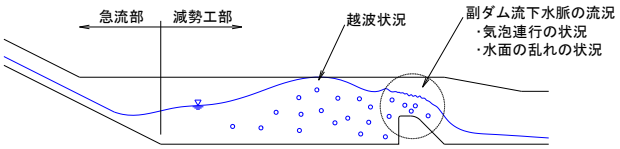


図-5　予想される水理的課題（減勢工部縦断図）

Tokuo Iwata, Yukihisa Imagawa, Tomoyuki Imanishi

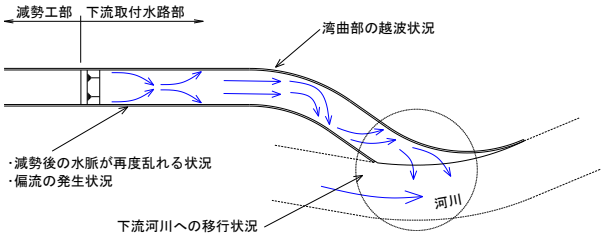


図-6　予想される水理的課題（下流取付水路部平面図）

3. 水理模型実験の結果

(1) 急流水路部

急流水路部は、上流取付水路部と減勢工を接続する急勾配水路である。水路勾配は、現況地形よりｉ＝1/2.0と決定した。側壁高は、水理計算で算出された水位からグ

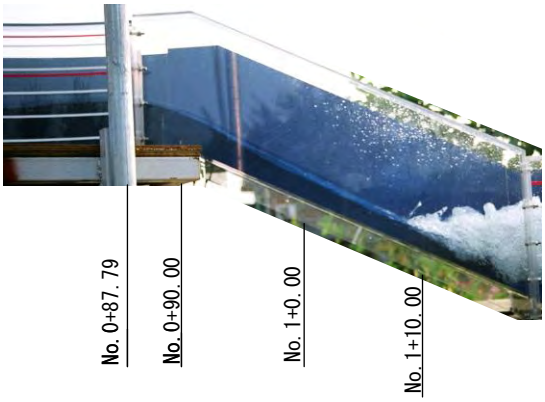
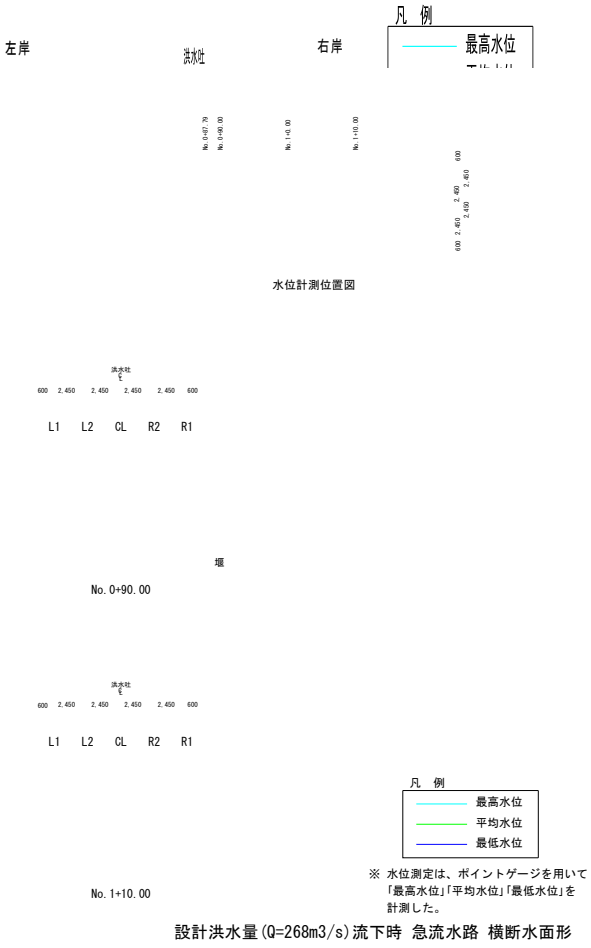


写真-2　急流水路部　縦断流況写真
（設計洪水量流下時）



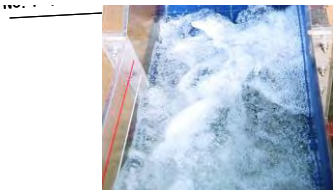


写真-1　急流水路部　平面流況写真
（設計洪水量流下時）

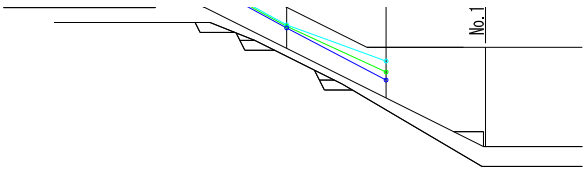


図-8　急流水路部縦断水面形図（設計洪水量流下時）

【圧力測定結果】

急流部始点の堰への作用圧力測定の結果、何れの計測値も正圧であり、構造物に支障となる負圧は発生しない(図-9)。

以上のことから、現計画の急流水路部において、不

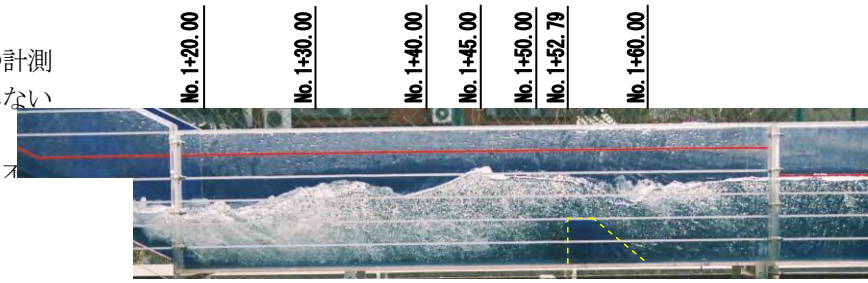
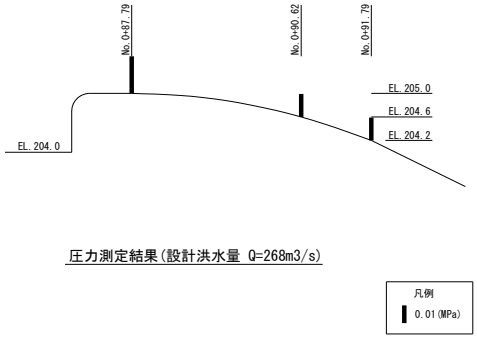


写真-3　当初計画形状　減勢工部縦断流況写真
(減勢工対象流量 179m³/s 流下時)

原設計案　縦断流況写真
(減勢工対象流量流下時)



圧力計測結果図

図-9　急流水路部圧力測定結果(縦断図)

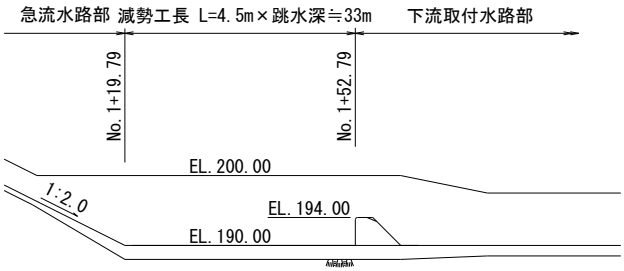


図-10　当初計画形状　減勢工縦断図

改良案形状

改良案】

水理模型実験の結果、当初計画の減勢工では、水面変動を伴ったまま、副ダム上を流下する状況が認められ、減勢工効果が不十分と判断された。

このため、減勢効果の向上を図る目的で、減勢工長を長く設定した改良を行い、改良案形状の水理模型実験を行った。

減勢工長は、「土地改良事業計画設計基準　設計「ダム」技術書〔フィルダム編〕PⅡ251」に示される実験式の平均的な値((4.5+6.7)/2)の「L=5.5d$_2$≒41m」を採用した。

この結果、副ダムの位置は、当初よりも8.0m下流に移動する（減勢工長は、33mから41mになる）(図-11)。

流況】

減勢工対象流量（179m³/s）流下時、急流部から流入した水脈の勢いは、減勢工内で収まっており、副ダム前で上方に堰上げられる流況は解消された。また、副ダムを越流する流れには、多少の気泡を連行するものの、概ね水面形は安定しており、十分な減勢効果が認められた(写真-4)。

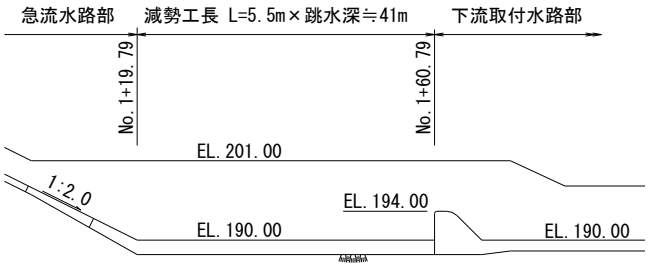


図-11　改良案　減勢工縦断図

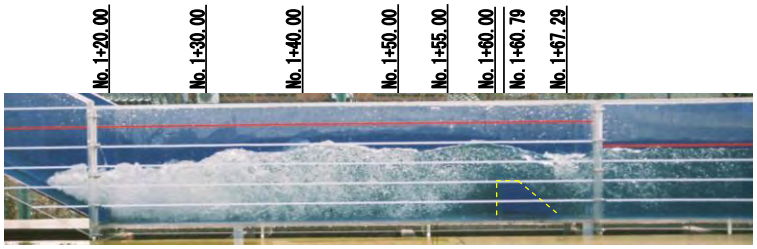


写真-4　改良案形状　減勢工部縦断流況写真
(減勢工対象流量流下時)

【水位計測結果】

図-12 当初形状 減勢工縦断水面形(CL 線)
(減勢工対象流量流下時)

図-13 改良案形状 減勢工縦断水面形(CL 線)
(減勢工流量流下時)

表-5 水位計測結果から算出した必要壁高 (減勢工部)

測定位置	流量※1	測点 No. 1+20.00	No. 1+30.00	No. 1+40.00	No. 1+50.00	No. 1+55.00	No. 1+60.00	No. 1+60.79	No. 1+67.29	最高水位	余裕高※2	実験結果からの計画壁高(m)	必要壁高(m)
R1	Qdmax	6.23	7.78	8.60	9.30	9.83	9.26	9.24	7.34	9.83	—	9.83	11.0
	Qsmax	5.78	6.78	7.93	8.08	8.32	8.03	8.03	6.62	8.32	2.53	10.85	
R2	Qdmax	6.26	7.77	8.59	9.26	9.77	9.23	9.21	7.34	9.77	—	9.77	
	Qsmax	5.75	6.82	7.90	8.04	8.26	7.98	7.97	6.64	8.26	2.53	10.79	
CL	Qdmax	6.28	7.78	8.58	9.23	9.71	9.13	9.19	7.27	9.71	—	9.71	
	Qsmax	5.75	6.82	7.90	8.03	8.23	7.97	7.90	6.68	8.23	2.53	10.76	
L2	Qdmax	6.31	7.80	8.59	9.27	9.75	9.23	9.24	7.31	9.75	—	9.75	
	Qsmax	5.79	6.82	7.85	8.06	8.26	7.97	8.00	6.70	8.26	2.53	10.79	
L1	Qdmax	6.31	7.78	8.62	9.30	9.80	9.26	9.25	7.35	9.80	—	9.80	
	Qsmax	5.78	6.83	7.87	8.09	8.30	8.02	8.03	6.74	8.30	2.53	10.83	

※1 Qdmax:設計洪水量(268m³/s)流下時の最高水位
Qsmax:減勢工対象流量(179m³/s)流下時の最高水位
※2 減勢工部の側壁高は水理計算による余裕高を準用

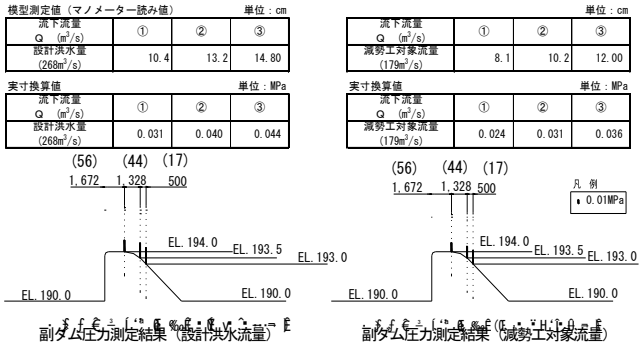


図-14 減勢工部圧力測定結果(縦断図)

(3) 下流取付水路部

a) 当初計画形状

当初、下流取付水路部は、現況河川の石積み護岸下端に取付け、河川移行区間では、左岸に逆T擁壁を設置する計画としている(図-15)。

【流況】

設計洪水流量(268m³/s)、減勢工対象流量(179m³/s)流下時とも末端の堰上げによる背水の影響を受け、下流取付水路内の水位が高くなり、側壁を越えている。また、下流取付水路内の水位が高く、河川水位との間で、相対的に大きな水面落差を生じる(写真-5)。

河川部に移行した流れは、水面落差に起因して速い流速となり、河川の対岸で大きくはい上がる。また、河川へ移行した流れの向きは、河川部左岸に設けた水路壁に支持され、対岸での越波を促進するように観察された(写真-6)。

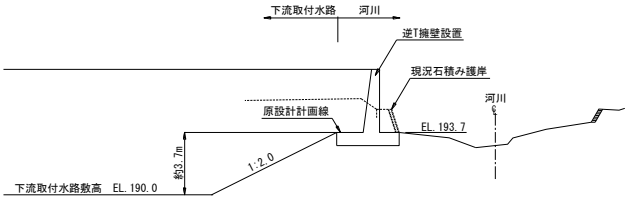


図-15 下流取付水路～河川 取付形状概要図
(当初計画)

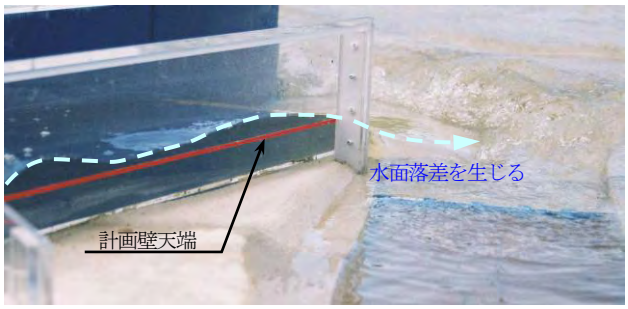


写真-5 下流取付水路～河川 縦断流況写真
(減勢工対象流量流下時)

写真-6　河川移行部　平面流況写真
(減勢工対象流量流下時)

b) 改良案形状

【改良案】

水理模型実験による流況の課題を踏まえ、当初計画形状に対して以下の改良を行った(**図-16**)。

① 下流取付水路を河川中心部の標高に取付ることによって比高差を減じ、水面落差の縮小を図る。(比高差約3.7m→約2.8m)

② 下流取付水路と河川の取付位置を、上流側へ約66m移動させ（下流取付水路敷高の底上げ）、水理的規定点を水路内で持たせることによって、河川との水面落差の解消を図るとともに、水路内の躯体規模の縮小を図る。

③ 河川移行部の左岸逆T擁壁を廃止して、現況と同様な石積み護岸（あるいは、もたれ擁壁）とすることで、河川移行後の流行の支持を解消し、河川流況の改善を図る。

以上の改良を水理模型に再現し、改良案形状による実験を行った。

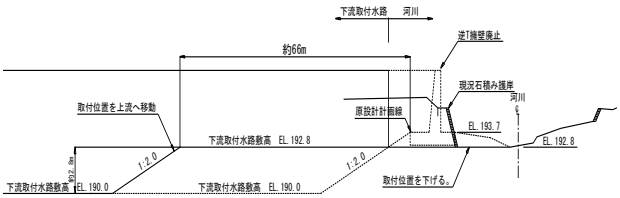


図-16　下流取付水路～河川　取付形状概要図
(改良案)

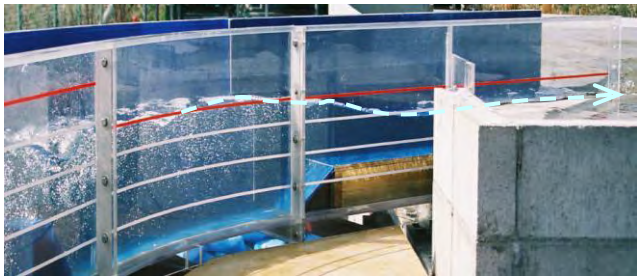


写真-7　改良案形状　下流取付水路～河川　縦断流況写真
(減勢工対象流量流下時)

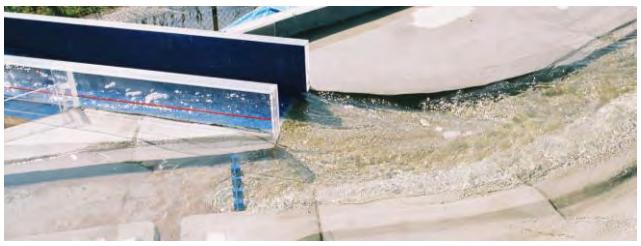


写真-8　改良案形状　河川移行部　平面流況写真
(減勢工対象流量流下時)

【流況】

下流取付水路と河川の取付標高を下げ、比高差を減じたことにより、下流取付水路内の水深は小さくなり、水位が側壁を越える状況は解消された(**写真-7**)。

下流取付水路と河川の取付位置を上流側へ移動させたことによって、水面落差は解消された。また、左岸逆T擁壁を廃止したことによって、流れの向きは制限を受けなくなり、河川への引継流況は改善された(**写真-8**)。

水理模型実験の結果を踏まえ、下流取付水路の形状は、河川への引継流況を改善する目的で、改良案のとおり改良することとした。

4.　おわりに

ダム洪水吐は、設計対象流量を安全に流下させる施設であり、洪水吐の能力は、水理模型実験により確認することが望ましいとされている。このため、前回の上流部に引き続き今回下流部において水理模型実験を行ったところ、急流水路部については、当初設計形状で問題ないことが確認されたものの減勢工部及び下流取付水路部においては問題となる流況が確認されたため、形状を改良し再度水理模型実験を行い、流況の安定性を確認することができた。

このように、水理模型実験により水理現象を検証することで、安全な施設設計ができたと考えられる。

参考文献

1)荻野修司、福山正弘、武田耕一：当麻ダム洪水吐の改修について－当麻ダム洪水吐の模型実験について－、第50回北海道開発局技術研究発表会論文集

2)ダム技術センター：多目的ダムの建設　設計Ⅱ編

3)農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」技術書(フィルダム編)