

大河津分水路床止め工群改修の経緯と 河床の安定化について

On the Process and Effects of Groundsill Repairs and Riverbed Stabilization
of the Ohkouzu Diversion Channel

常山修治¹・小川正淳²・見田弘幸³・浅見和人⁴
・保要牧央⁵・丸山友之⁶・福岡捷二⁷

Shuji TSUNEYAMA, Masazumi OGAWA, Hiroyuki MITA, Kazuhito ASAMI,
Makio HOYOU, Tomoyuki MARUYAMA, and Shoji FUKUOKA

¹正会員 工修 国土交通省北陸地方整備局信濃川河川事務所(〒940-0098 新潟県長岡市信濃1-5-30)

²国土交通省北陸地方整備局信濃川河川事務所(〒940-0098 新潟県長岡市信濃1-5-30)

³国土交通省北陸地方整備局河川部河川計画課(〒950-8801 新潟県新潟市中央区美咲町1-1-1)

⁴国土交通省水管理・国土保全局治水課(〒100-8918 東京都千代田区霞が関2-1-3)

⁵国土交通省北陸地方整備局阿賀野川河川事務所(〒956-0032 新潟県新潟市秋葉区南町14-28)

⁶国土交通省北陸地方整備局河川部河川計画課(〒950-8801 新潟県新潟市中央区美咲町1-1-1)

⁷フェロー会員 Ph.D 工博 中央大学研究開発機構 教授(〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

The overall history of repairs of the Ohkouzu Diversion Channel which had been constructed in 1924 to bypass the Shinano River flood to the Sea of Japan is investigated by a large number of valuable data of the past flood control works. Thorough examination of constructions for preserving riverbed stabilization as well as analyses of data achieved from both survey and hydrological and geological investigations over the past 80 years leads to the conclusion that riverbed preservative groundsills have played a great role in riverbed stabilization of the Channel. Investigation reveals that use of blocks and fascine mattresses was quite effective in preventing partial erosion of riverbed preservative groundsills. Moreover, it was found that the Second Consolidation dam and blocks set after the building of baffle pier were greatly successful in keeping up the function of the channel structures and in preventing the change in channel bed.

Key Words : Ohkouzu Diversion Channel, flood, riverbed erosion and stabilization, baffle pier, groundsill,
Consolidation dam

1. はじめに

大河津分水路は、信濃川の洪水から越後平野を守るため、明治29年の大洪水を契機とし13年の歳月をかけて建設され大正11年(1922)に通水した放水路である。

しかしながら、約60kmの流れを約9kmに短絡したこと
から通水当初より河床低下が著しく、昭和2年(1927)には大河津自在堰が河床洗掘により陥没する事故が発生している。加えて、下流山間部約2キロ区間の河床には軟岩層(俗称土丹岩)が、上流有堤部の河床には粘性土または細砂がそれぞれ分布するなど脆弱な地質条件となっ

ており、河床安定性の確保が分水路通水以来、河川管理上の最大の課題となっている。特に、河口部の第二床固周辺は軟岩河床の侵食が激しく、河床洗掘の都度、副堰堤やバップルピアの設置、ブロック投入等による洗掘対策がなされてきた。

本稿は、大河津自在堰陥没後に実施された「信濃川補修工事」以降における、河床洗掘に対する維持・補修工事の実施内容をとりまとめるとともに、測量・水文・地質データ等の分析により分水路の河床低下の要因と対策工の実施効果について考察することにより、今後の大河津分水路改修の事業化に向けた検討に資することを目的とした。

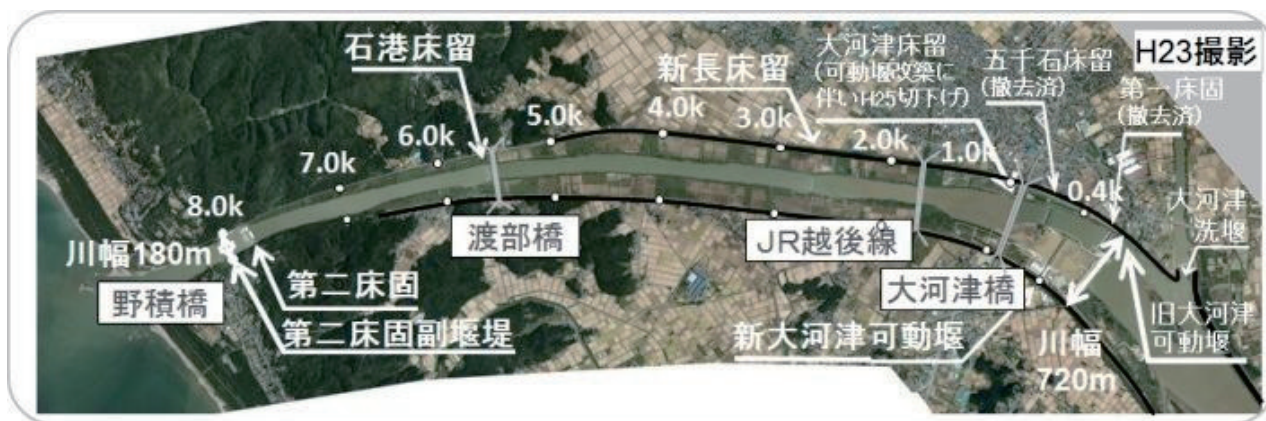


図-1 大河津分水路の全体概要図

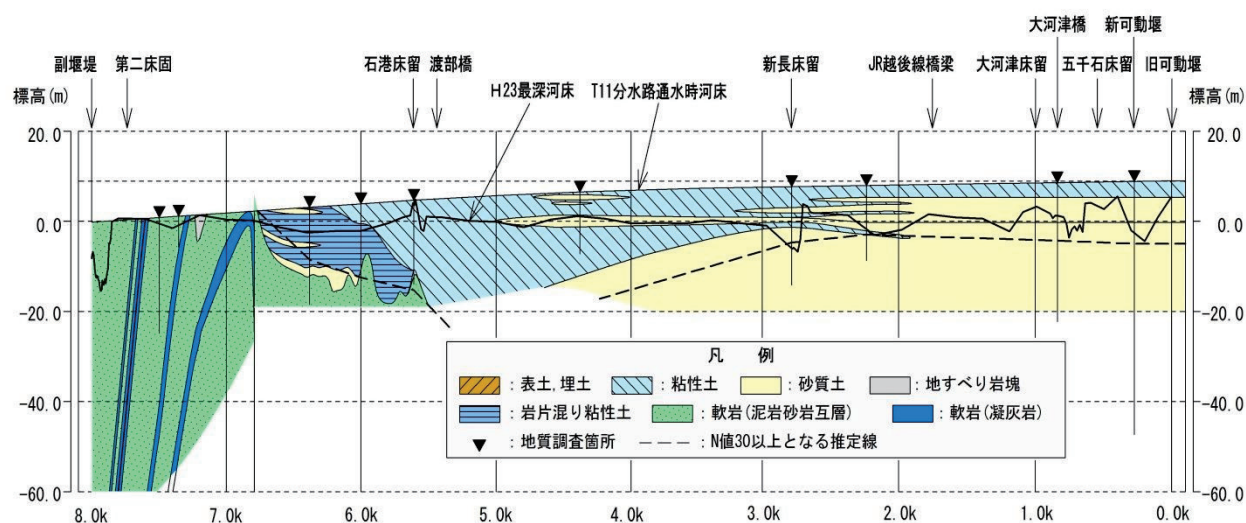


図-2 大河津分水路の地質縦断面図

2. 大河津分水路の概要

大河津分水路は延長9km、勾配1/2000の人工水路であり、本川分派地点の川幅が720mであるのに対し河口部では180mとなっている。区間内には河床維持のための床止めが現在は6基（バップルピア含む）設置され、橋梁3橋に加え、信濃川本川との合流部で大河津可動堰（平成23年（2011）通水）の改築を進めている（図-1）。

分水路完成後6,000m³/sを超える主な洪水は、昭和53・56・57・58・60、平成16・18・23の8回発生しているが、特に昭和56～58年は3年連続で洪水が発生し、床止め工群周辺をはじめ、分水路全体で河床低下が進行している。なお、陥没前的大河津自在堰の水叩部を利用した第一床固及び五千石床留は、新大河津可動堰の運用による低水路の切替によりその役割を終えているが、本稿では考察の対象としている。

3. 大河津分水路の河床安定性について

(1) 分水路の地質

分水路の地質縦断分布を図-2に示す。大まかには、河口から約2kmまでの区間は建設時に開削した山地区間とその上流の有堤区間に大別される。山地区間は、新第三紀に堆積した寺泊層と呼ばれ、砂岩泥岩互層・凝灰岩により構成される軟岩が河床に分布している。一方、有堤区間は、分水路通水以前に信濃川本川の蛇行により形成された氾濫原に位置し、砂や粘性土が河床に分布しており、N値30以上の層がT.P. -4.0以深にみられ、その上層部は、シルト・粘土と砂の互層構造となっている。なお、粒径は大河津可動堰から下流に向かって小さくなっている。

(2) 分水路の河床低下の状況と要因分析

大河津分水路は通水を開始した大正11年（1922）から

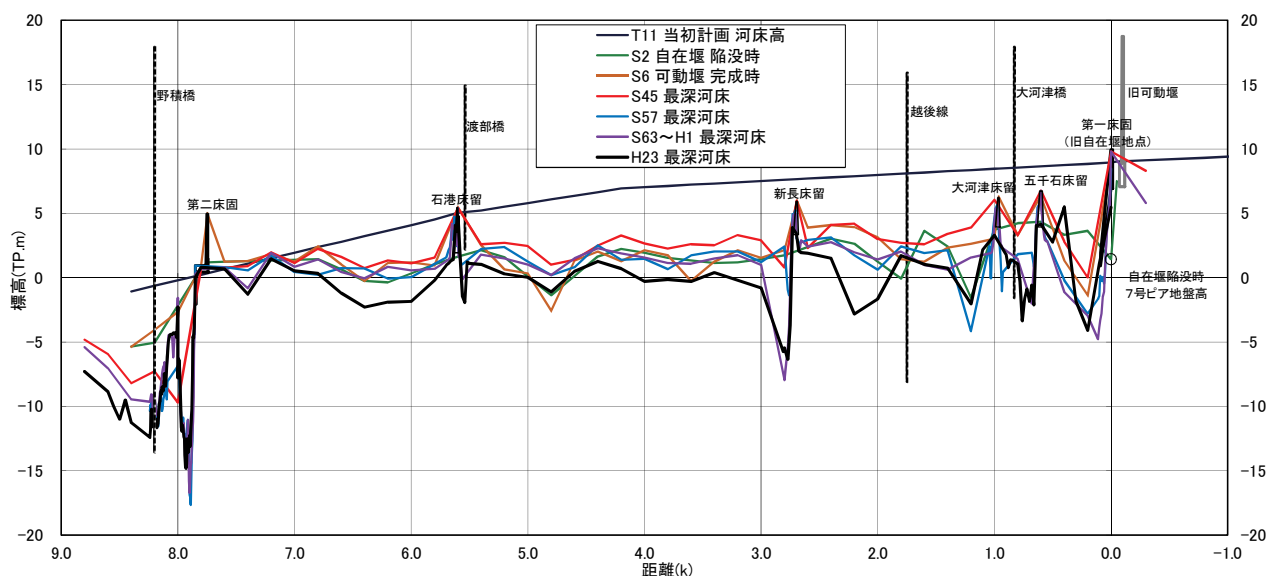


図-3 大河津分水路の最深河床縦断面図

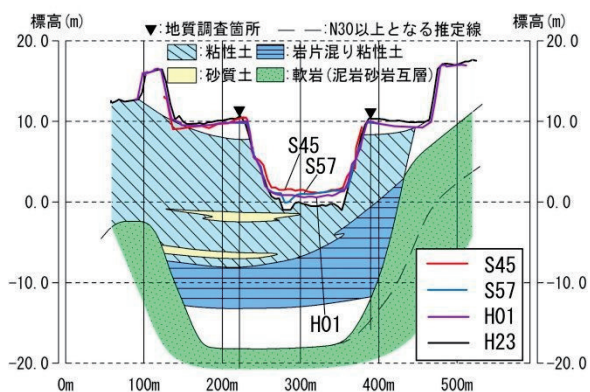


図-4 石港床留下流（6.0k）の地質及びH23測量横断面図

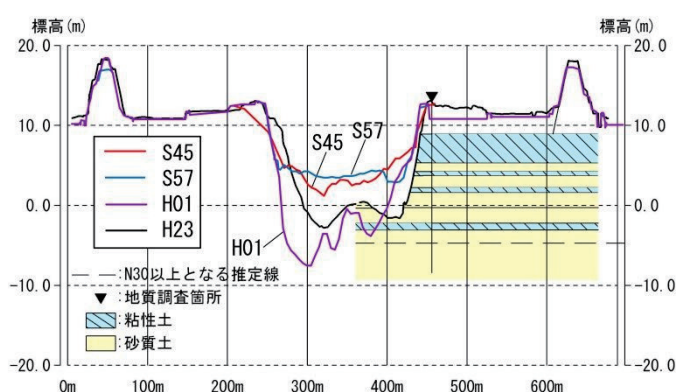


図-5 新長床留下流（2.8k）の地質及びH23測量横断面図

大河津自在堰が倒壊する昭和2年（1927）までの5年間に河床低下が大幅に進んだ。この結果が自在堰の陥没につながっており、最深河床は通水時と比べ5m以上低下した箇所がみられた。この自在堰陥没直後に着手し昭和6年（1931）に竣工した「信濃川補修工事」により、旧可動堰と分水路の床止め工群が新たに設置され、通水当初のような著しい河床低下は抑えられたものの、分水路全体の河床低下は依然として進行している。

図-3は、昭和6年（1931）から現在に至る測量成果を重ね合わせた、分水路の最深河床縦断面図である。これによれば、昭和60年（1985）頃まで分水路全体で一貫して河床低下が継続し、特に床止め工群周辺で局所洗掘が進行してきたことが分かる。近年発生した平成16・18・23の洪水による河床低下量は少なく、分水路の河床は現状では安定化傾向にあるといえる。

また、前節で示したとおり、分水路上流の有堤部の河床はN値30以上の砂層の上にシルト・粘土と砂の互層構造により形成されているものと推定される。

図-4は、石港床留下流の6.0kにおける横断面での地質と河道の経年変化との関係を示したものであり、経年的に河床全体が侵食されている。これは、流砂・流水による摩耗が考えられ、局所的な洗掘箇所では、相対的に耐侵食力の小さい弱層または砂層の存在が考えられる。

また、図-5に示す新長床留下流の2.8kにおいては、シルト・粘土層の侵食と砂層の吸い出しにより大きく河床が低下し、N値30以上の砂層付近に最深河床が位置している。これは、シルト・粘土と砂の互層構造の場合、シルト・粘土層がなくなると直下の砂層が吸い出されるため、大きな河床低下が生じやすいことによるものと考えられる。なお、山地区間の特性については次章で述べる。

(3) 分水路の河床安定化と床固設置の効果検証

大河津分水路では、信濃川補修工事が完成した昭和6年（1931）以降、床止め工群周辺の局所洗掘対策としてブロック投入や木工沈床、粗朶沈床設置が継続的に実施されてきた。ここでは、有堤区間における床固の設置効

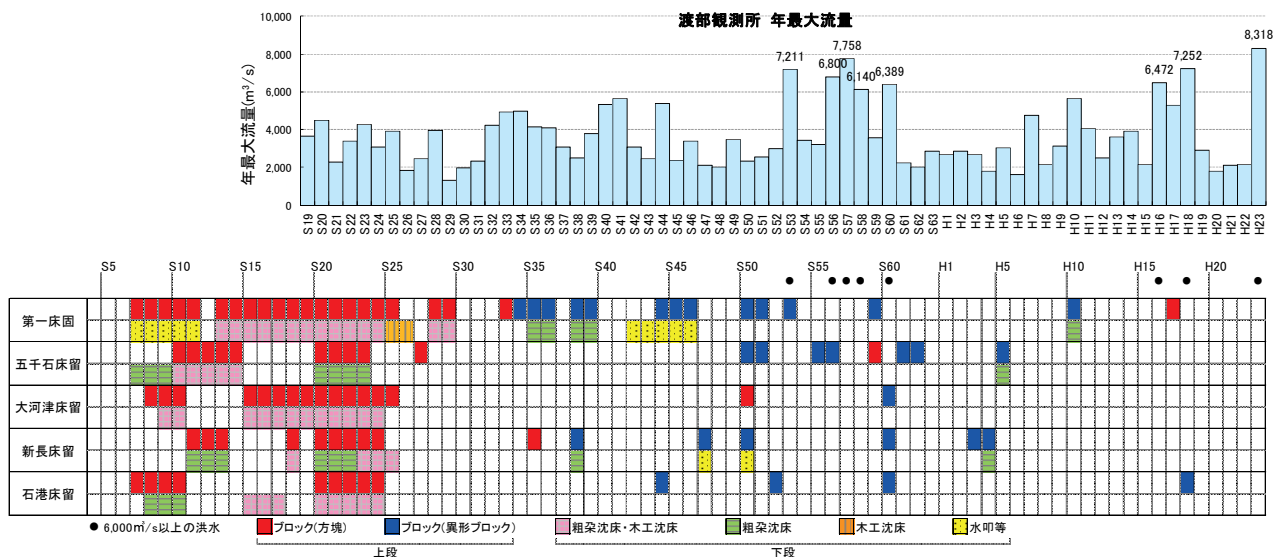


図-6 有堤区間の床止めにおける維持補修・洗掘対策の履歴と年最大流量の関係

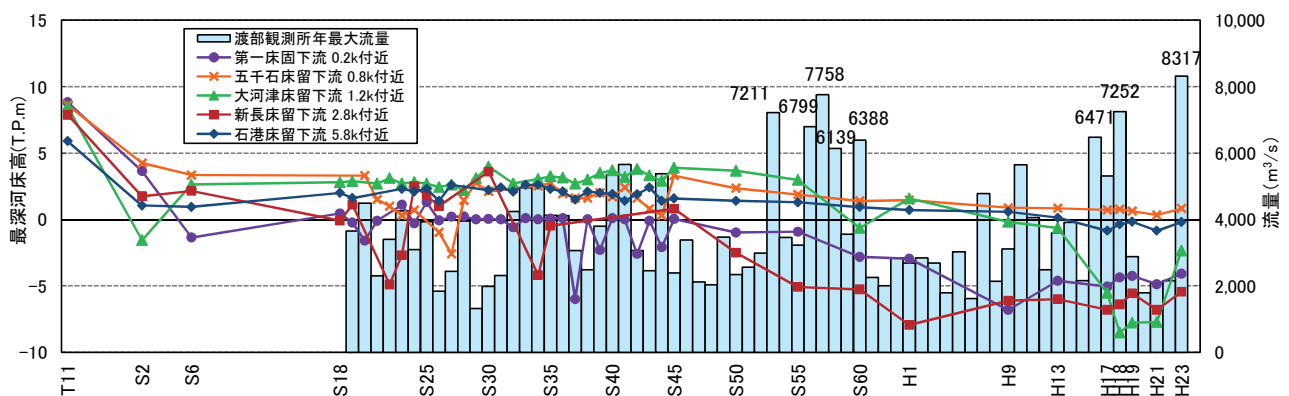


図-7 有堤区間の床止め工群下流の最深河床高の変位と年最大流量の関係

果について考察を行う。なお山地区間の第二床固周辺における河床洗掘対策の効果については、次章で詳述する。

有堤区間に設置された5箇所の床止めの維持・補修履歴と観測を開始した昭和19年以降の年最大流量の関係を示したのが図-6である。昭和40年代までは床止め下流側の洗掘箇所に粗朶沈床及び方塊（立方体形状のブロック）、上流側は木工沈床を設置してきたが、昭和40年代後半以降は、施工機械の進歩等により大型の異形ブロックの投入が可能となった。また、図-7は有堤区間の床止め工群下流の最深河床高の変位と年最大流量の関係を示す。新長床留下流では最深河床高の変動が大きくなっているが、他の床止め工群下流については、昭和6年の「信濃川補修工事」完成から昭和55年の間では、最深河床高の変動は小さかった。その後、昭和56、57、58年に3年連続で大きな洪水が発生したため、全ての床止め工群周辺で局所洗掘が進行したが、以降のブロック投入等の対策により洗掘の進行は概ね抑制されている。

新長床留を例に河床低下と地質の関係について考察す

ると図-7より、昭和6年の新長床留設置から昭和19年までは最深河床高は概ねT.P. 2.0で推移していたが、昭和22年には急激に河床低下が発生し、以降は維持補修対策の実施と河床変動を繰り返している。これは図-5より、T.P. 2.0付近のシルト・粘土層の露出により、昭和19年までは河床低下が抑制されていたが、以降の河床低下により砂層が吸出しを受け、河床低下が進行したと考えられる。したがって、河床にシルト・粘土と砂の互層構造がみられる場合、有堤区間の河床安定のためには、シルト・粘土層の侵食を抑え、砂層の吸出しによる洗掘を防ぐ対策が重要となる。特に床止め工下流では、床止め工の落差により水面勾配が急となるため摩擦速度が大きくなり洗掘が発生しやすい。このような洗掘しやすい箇所での集中的な対策が効果的であるものと考えられる。

これまでの大河津分水路有堤区間の床止めの洗掘に対しては、床止め工下流の広い範囲で河床を被覆する対策工（根固（粗朶沈床）の設置とブロック投入）が有効となった可能性がある。ただし、新長床留の直下流ではN

表-1 第二床固の維持・補修履歴

第二床固関連 工事経歴一覧表(昭和9～平成22年度)

施工年度	番号	施工内容	ブロック投入実績			
			ブロック名	重さ (t)	投入個数 (個)	体積 (空m3)
昭和9	2	第二床固第一回補修工事 水叩下流土丹岩被覆コンクリート 220m3				
昭和11	3	第二床固第二回補修工事 水叩下流土丹岩被覆コンクリート 160m3				
昭和13	4	第二床固第三回補修工事 水叩下流階段式4m立法ブロック6段 480m2 1,700m3				
昭和14	5	第二床固第四回補修工事 水叩下流擁壁及被覆コンクリート500m2 1,200m3				
昭和20	6	第二床固災害復旧工事 水叩下流 コンクリート方塊沈設 1.3×1.3×1.3 1,560m2 1600個	コンクリート方塊	2.4	500	2,746
昭和24	7	第二床固補修工事 水叩下流鉄線蛇籠水中沈設 φ2m×20m 30本 1200m2	コンクリート方塊	4.8	1,100	3,022
昭和25～26	8	第二床固補修工事 大口径ボーリングによる水叩轟壁工 φ30cm×10.15m～20m W=171.8m				
昭和27	9	第二床固補修護岸工事 床固左岸上流L=120m				
昭和28～29	10	第二床固補修工事 第二回補修工事 第二床固補修工事 第三回補修工事 水叩下流鉄骨擁壁 5,083m3 68m				
昭和33	11	第二床固補修工事 左岸水叩下流コンクリート10m3				
	12	第二床固右岸災害復旧工事 右岸水叩下流コンクリート148m3 右岸水叩下流 テトラポット4t 103個 2t 205個	テトラポット	2.0	205	328
	13	第二床固水叩修理工事 右岸水叩チッピング補修 コンクリート26.2m3	テトラポット	4.0	103	330
昭和37	14	第二床固補修工事 水叩下流 ブロック 正三角錐8t 600個	正三角錐	6.0	600	4,419
昭和39	15	第二床固災害復旧工事 水叩下流 ブロック 正三角錐7t 375個	正三角錐	7.0	375	2,762
昭和40	16	第二床固災害復旧工事 右岸水叩下流カットオフ式 水叩下流 ブロック テトラポット8t 1,850個	テトラポット	8.0	1,850	11,840
昭和44	19	第二床固災害復旧工事 水叩下流 ブロック 中空三角8t 1,028個	中空三角	8.0	1,028	7,950
昭和47	23	第二床固護岸補修工事 左岸上流 根固工 32m				
昭和51	24	第二床固護岸補修工事 護岸前面腹付補強 右岸64.9m、左岸65.4m 右岸水叩補修 690m2				
昭和58	35	第二床固災害復旧工事 水叩コンクリート補修 288m2				
昭和63	41	第二床固応急対策工事 減勢工21基 12tブロック40個製作のみ				
平成1	42	第二床固応急対策その2工事 減勢工14基 12tブロック199個製作のみ				
平成2	43	第二床固応急対策その1工事 減勢工27基				
	44	第二床固応急対策その2工事 テトラポット(12t) 488個沈設 、12tブロック6個製作のみ	テトラポット	12.0	488	4,880
平成3	45	第二床固応急対策その1工事 護床工:銅矢板工(Ⅲ型)L=10.5、6.5)75m 根固工: テトラポット(12t) 据付306個 、製作280個 法覆工: ブロック強310m2、平張Con.45m2	テトラポット	12.0	306	3,080
	46	第二床固応急対策その2工事 根固工: テトラポット(12t) 据付455個	テトラポット	12.0	455	4,550
平成4	47	第二床固応急対策その1工事 根固工: テトラポット(12t) 据付580個	テトラポット	12.0	580	5,800
	48	第二床固応急対策その2工事 護床工:自立鎖矢板護岸(Ⅲ型)L=6.5m)93m				
平成5	49	第二床固応急対策工事 護床工: テトラポット(12t) 据付384個 、製作179個	テトラポット	12.0	384	3,840
平成14	50	第二床固補修工事 右岸水叩き Con.打ち替え1,500m2 右岸水叩き ひび割れ補修60m				
平成15	51	第二床固補修工事 右岸水叩き Con.打ち替え1,058m2、右岸水叩き ひび割れ補修43m、 テトラポット設置(3.1t:23個、3.7t:17個)	ホロスケヤー 3連	3.1 3.7	23 17	76 72
平成19	52	第二床固補修工事(維持管理作業) 左右岸水叩き 穴あき部コンクリート打設(左岸0.2m3、右岸1.1m3)				
			合計		8,014	55,695

※平成20年度～平成22年度は施工無し

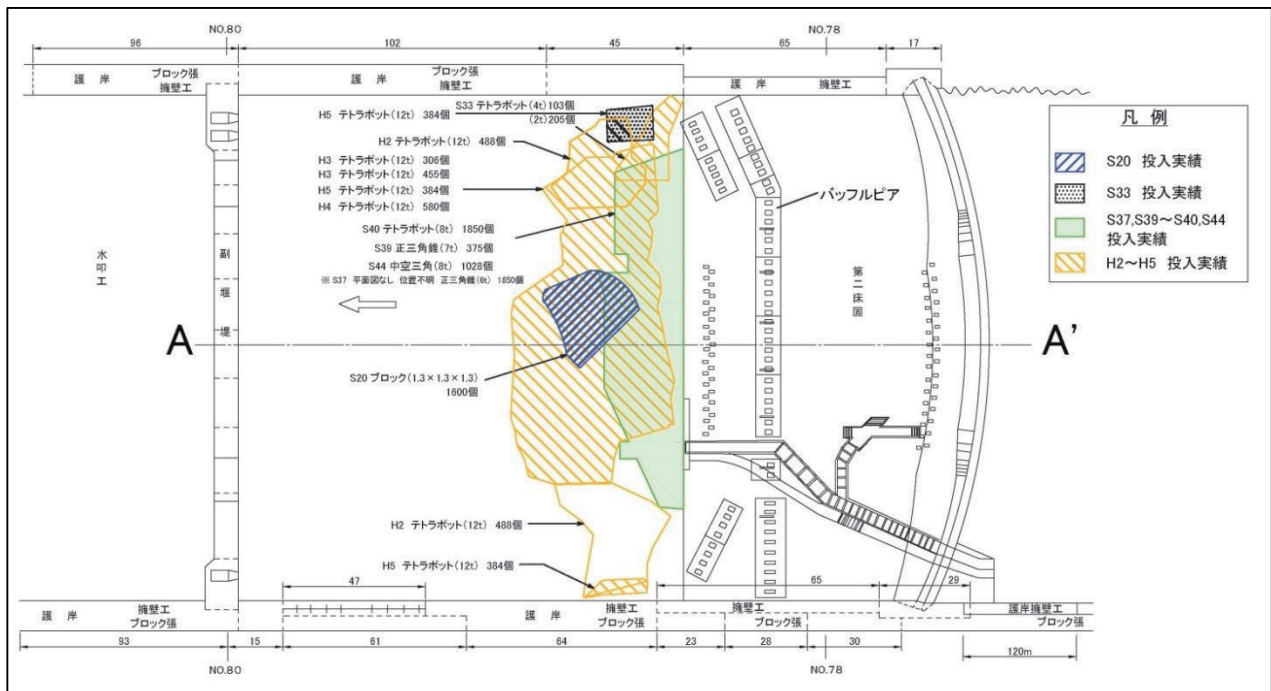


図-8 第二床固の維持・補修履歴 (平面図)

値30以上の砂層が現れていることから、地質的な要因で河床低下が抑制された可能性も考慮し、床止め工下流の地質を詳細に把握したうえで、維持補修対策の効果について検証を行うことが必要である。

4. 第二床固周辺部の河床安定化方策の検証

(1) 第二床固の維持・補修履歴

第二床固は、信濃川補修工事で昭和6年に設置された大河津分水路の河床安定、洪水時のエネルギー減勢機能を有する大河津分水路の要の施設である。しかしながら、設置後80年以上が経過し、老朽化が生じているほか、第二床固周辺の局所洗掘対策として、昭和9年～平成19年の73年間に約86億円を投じて、維持補修及び災害復旧工事等の洗掘対策を実施してきた（表-1及び図-8）。これ

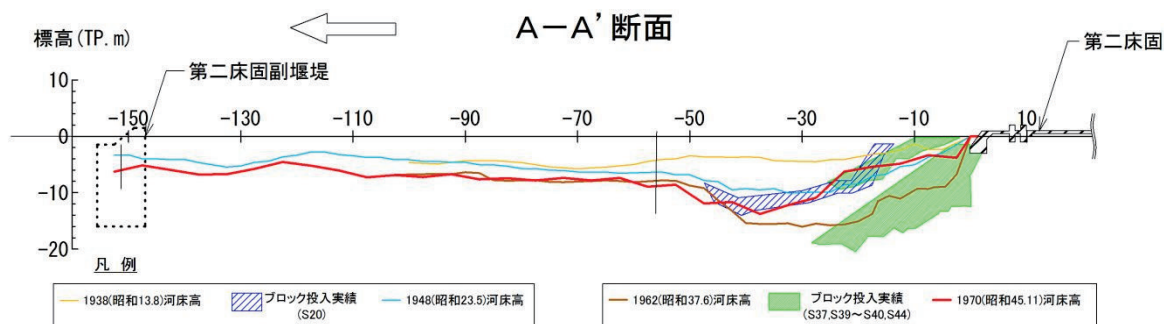


図-9 第二床固下流部の平均河床高の変位とブロック投入実績（昭和13年代～昭和40年代）

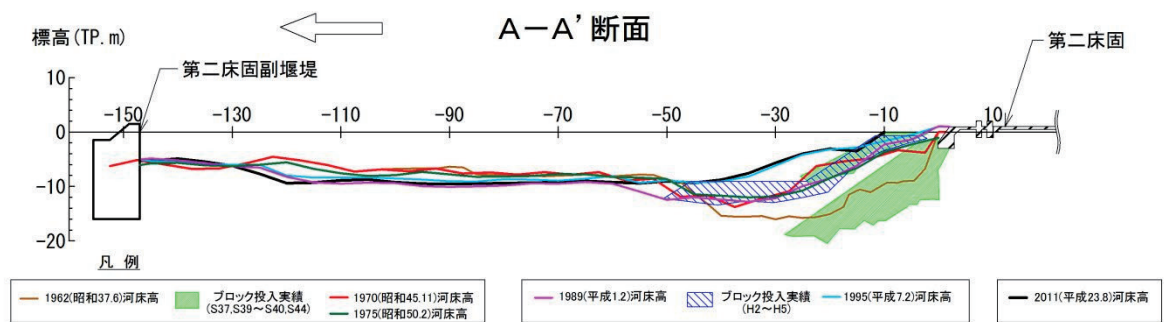


図-10 第二床固下流部の平均河床高の変位とブロック投入実績（昭和40年代～現在）

は、第二床固周辺の河床は軟岩（図-2）であり、軟岩の洗掘特性に関する知見は少なく、洗掘に関する予測が困難であること、その洗掘現象は極めて複雑であることから、洗掘の発生～補修・災害復旧を繰り返し実施して、河床維持を行ってきた経緯がある。

(2) 第二床固下流部の河床安定と維持補修の効果

図-9は昭和13年（1938）から昭和40年代まで、図-10は昭和40年代から現在までの第二床固直下流の河床高の変位とブロックの投入実績を測量成果や工事記録から取りまとめたものである。軟岩河床上の第二床固では、昭和19年（1944）頃より水叩き直下流で局所洗掘が進行し、昭和37年（1962）には低水路内の平均河床がT. P. -15m程度となり、第二床固設置当時から約15mの河床低下が発生している。その後、昭和37年（1962）から昭和44年（1969）の7年間に実施されたブロック投入を中心とした維持工事により河床低下は抑制されている。昭和47年（1972）には、第二床固直下で副堰堤が設置された。副堰堤～第二床固間の水位上昇による洗掘抑制効果が期待され、事実、副堰堤設置直後の昭和50年（1975）は、副堰堤施工中の昭和45年と比較して、副堰堤～第二床固間の平均河床高に変化は見られず、第二床固下流の洗掘は抑制された。しかし、昭和56年から3年連続で発生した分水路通水以来初となる $6,000\text{m}^3/\text{s}$ を超える洪水により、第二床固及び副堰堤の直下流で洗掘が発生した。これを受け、平成2年（1990）に強制跳水及び主流の流向制御による河床洗掘対策として、バップルピア設置及び12tブロック投入（平成2～5年）が行われた。以降現在に至るまで、これらの対策により第二床固周辺の河床低下は抑制されている。

土屋¹⁾は特に副堰堤、バップルピアの設置が洗掘対策として効果があったこと、及び併せて実施しているブロック投入の効果を確認するとともに、第二床固の洗掘深について洪水規模との相関がないことを示しており、大洪水で洗掘が進行したわけではなく、融雪出水規模で洗掘が徐々に進行したと考察を行っている。平成23年7月には渡部観測所で既往最大となる約 $8,300\text{m}^3/\text{s}$ の洪水が発生したにもかかわらず、大規模な河床洗掘は発生していない。

5. おわりに

本稿では、河床安定化のために幾度となく実施されてきた維持・補修工事の実施内容等を整理するとともに、河床低下の要因と対策工の実施効果を検証した結果、床止め工群が分水路の河床安定に大きく寄与していることを明らかにした。特に、局所洗掘対策としてブロック投入や粗朶沈床等の根固の設置が極めて効果的であることが確認された。また、河口部の第二床固については、バップルピア設置後に維持補修で実施したブロック投入が、構造物の機能維持及び河床変動の抑制に寄与していることが明らかとなった。今後、大河津分水路改修の早期着手に向けた検討を進めるうえで必要となる基礎的なデータを網羅的に整理できた。

参考文献

- 1) 土屋 進：急流河川の河道計画と河床変動対策，広島大学学位論文，pp249-288，2001.

(2013. 4. 4受付)