

# 多摩川水系における河川横断構造物の 予防保全に向けての具体的検討

TOWARDS PREVENTIVE MAINTENANCE OF RIVER CROSSING STRUCTURE  
AND CHANNEL IN THE TAMA RIVER SYSTEM

下條康之<sup>1</sup>・石川武彦<sup>2</sup>・福岡捷二<sup>3</sup>

Yasuyuki SHIMOJO, Takehiko ISHIKAWA and Shoji FUKUOKA

<sup>1</sup>正会員 国土交通省関東地方整備局京浜河川事務所管理課管理係長  
(〒230-0051 神奈川県横浜市鶴見区鶴見中央2-18-1)

<sup>2</sup>正会員 国土交通省関東地方整備局京浜河川事務所管理課長 (同上)

<sup>3</sup>フェロー 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)

In the Tama river system, river crossing structures and sediment deposited upstream of the structure decreases flow capacity. Existence of shale exposed at the river bed is one of causes of structure damages. Therefore, repairs of the weir and checking of river bed variation are main preventive maintenance works in the Tama river. In this paper, we investigate by surveying change in river crossing structure and channel bed before and after repairing. Following points were adopted as the basic concept for preventive maintenance of Tama river. They are detailed investigation of bed changes in river course and around crossing structures, countermeasures against their change, and proper engineering and administrative approach to preventive river management. Attentions are also paid on other crossing structures which need countermeasure from now on.

**Key Words :** River crossing structure, Preventive maintenance of river channel, Tama river

## 1. 背景及び目的

多摩川水系は、土砂移動の活発な石礫河川であり、固定堰等の河川横断構造物が多く存在し、構造物とその直上流の土砂堆積が要因となり、洪水流下の阻害となっている。現在、多摩川中流部にある4つの堰とその上流では、主に堰固定部が要因となり、多摩川水系河川整備計画で定めた目標流量を下回っている。また、多摩川中流部は、河床勾配が1/220~720と急であることから、河岸等が崩壊する急流河川特有の被災形態を示しており、適切な対応を図らなければ、堤防の崩壊へつながる危険性がある。

多摩川水系において、河床付近に広く分布する新第三紀層(以下、土丹層)は、地中では固く、護岸等の基盤であることが多い。土丹層は露頭し、乾湿等により脆くなり、流水等で洗掘されやすくなる特性を持ち、局所洗掘による土丹層上に設置された護岸前面の根固め工崩落<sup>1)</sup>や四谷本宿堰の崩壊の要因が護床工下部の土丹層洗掘であったことから、構造物近傍での土丹層の有無は構造物

の安全性の確保や河道管理を行う上で重要な判断要素となっている<sup>2)</sup>。

多摩川の治水整備は、洪水流下の阻害となっている堰の対策及び水衝部における河岸防護対策について、土丹層を考慮し計画的に実施してきた。堰対策は、固定堰を可動堰化し、洪水時の安全性を向上させた二ヶ領宿河原堰改築(平成11年3月竣工)、洪水で被災した四谷本宿堰に対して治水機能を優先させ、堰から床止への改築(平成17年3月竣工)を行ってきた。また、二ヶ領宿河原堰では、平成19年9月洪水により上流護床工が被災を受け復旧を行った。平成21年度から、川崎市が管理する二ヶ領上河原堰上流の流下能力向上のため、堰固定部を可動堰化する対策を平成24年度完成に向け進めている。

本論文では、多摩川水系河川整備計画に位置付けられ、洪水流下の阻害となっている残り3堰の対策工法の検討を進めるため、改築等が行われた3堰に着目し、対策後の変化を現地で調査を行い比較した。その上で、対策による効果や課題を抽出し、予防保全的な河道管理手法を示すとともに、今後対策が必要となる他の河川横断構造物の対応にあたっての留意点を整理した。

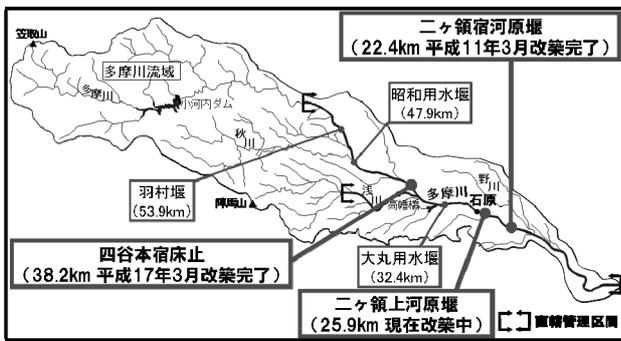


図-1 堰等位置図

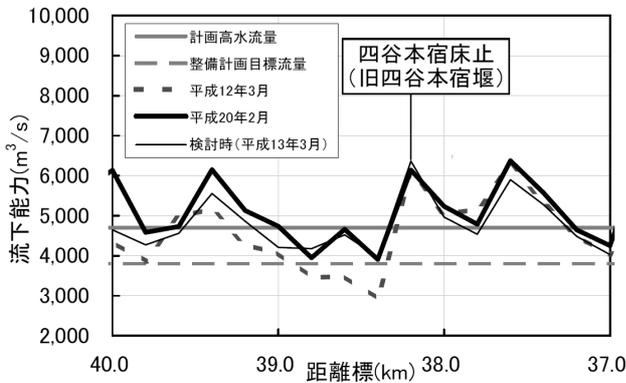


図-2 四谷本宿堰改築前後の流下能力図

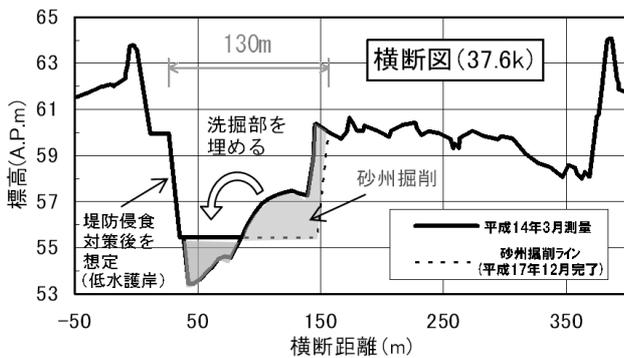


図-3 河道整齊横断面図

## 2. 四谷本宿床止について

### (1) 改築の経緯

灌漑用水の取水施設であった四谷本宿堰(図-1, 現在, 床止)は, 平成11年8月洪水以降, 堰下流護床工損傷部の補修を施設管理者に求めていた。そうした中, 平成13年9月洪水により, その損傷部から護床工が崩壊し, 土丹層露出及び侵食を契機に堰中央部が破壊され, 流出する被害を受けた(写真-1)。また, 堰下流部では砂州の発達により低水路を狭めていたことから左岸側に局所洗掘が発生し, 河岸際の水制工が流出し堤防の安全性が損なわれる状況となった(写真-2)。このため, 施設管理者と調整し, 取水方法をポンプ方式に変更することで, 流下能

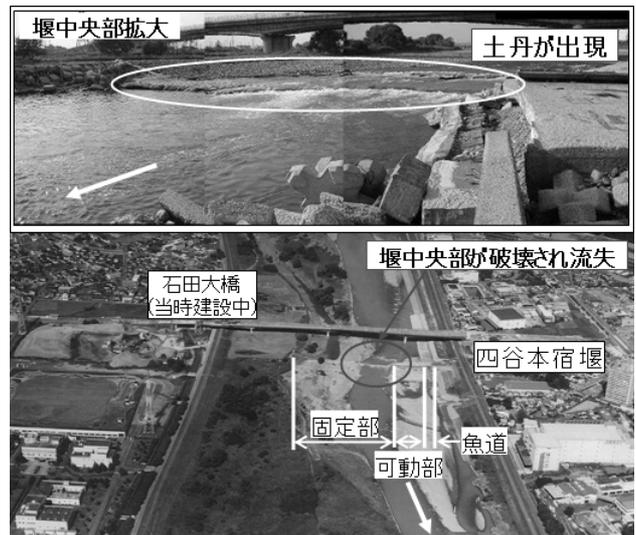


写真-1 四谷本宿堰被災状況(平成13年9月撮影)

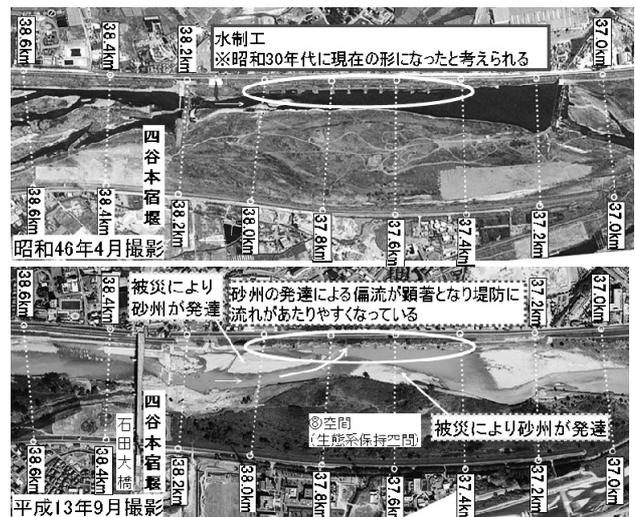


写真-2 四谷本宿堰下流の状況

力を向上させるため, 施設敷高を切り下げ(約2.0m), 取水用の堰からブロック構造の床止(河川管理施設)として改築を行った。あわせて, 床止下流部の水衝部対策及び河道整齊を実施し, 堤防の安全性を向上させた。

### (2) 効果検証と課題の抽出

堰対策等の完了後に取得した横断測量等のデータ及び現地調査結果を用いて対策後の効果検証を行った。

堰から床止としたことで, その上流側の流下能力については, 予測以上に向上している(図-2)。これは床止化により施設敷高を下げたことで堰地点の河道断面積が大幅に拡大したことや堆積していた土砂が予測以上に床止を通過し下流側へ移動したためと考えられる。

河道整齊を行うにあたり, 高流速発生箇所における流速低減, 水位低下, 洗掘深緩和の予測を行い, 図-3のような横断形状を決定している。あわせて水衝部対策として堰を挟んだ上下流左岸36.8kmから38.8km間において高

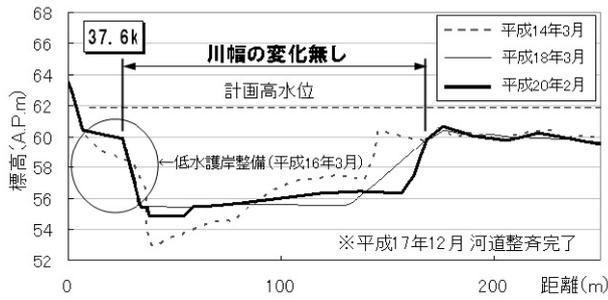


図-4 河道整齊実施前後の横断測量

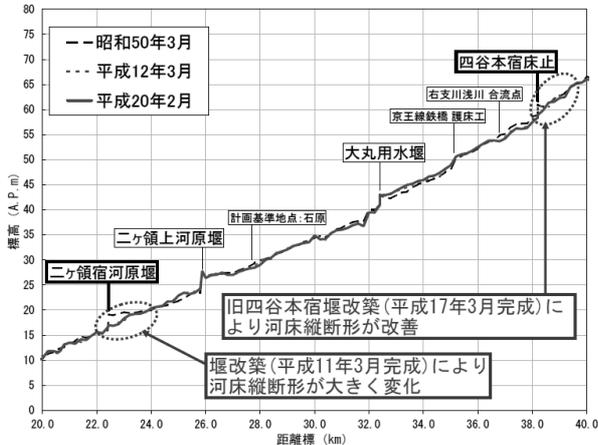


図-5 平均河床縦断図(20.0km~40.0km)

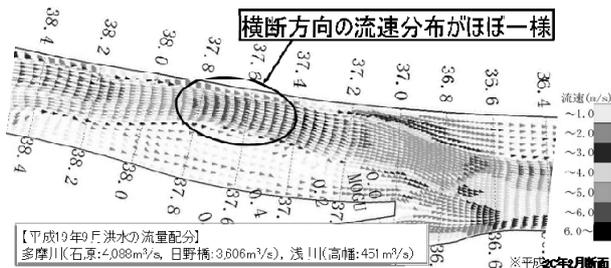


図-6 改修後の流速分布

水敷造成と低水護岸の整備を行った。これにより、耐侵食性が増加、構造物としての耐久性が向上し、堤防前面の流速低減を図った。

河道整齊後の状況としては、横断測量結果を見ると川幅を広げた効果は継続し、局所洗掘も発生せず安定している(図-4)。また、施設敷高の切り下げにより施設上流部の平均河床高が低下し河床の縦断形が改善された(図-5)。低水護岸は、平成19年9月洪水を受けても変状せずに安定している。平面二次元流解析による流速分布は、図-6のように床止下流において、横断方向にほぼ一様となり、川幅拡大時の横断形状が概ね維持されている現状と整合している。

床止の施設変状把握については、直接水準での横断測量を構造物要所で行い、更に、短時間での傾向変化を必要な精度で経済的に計測することが可能なGPS測量(RTK-GPS)を外観調査とあわせて行った。図-7は

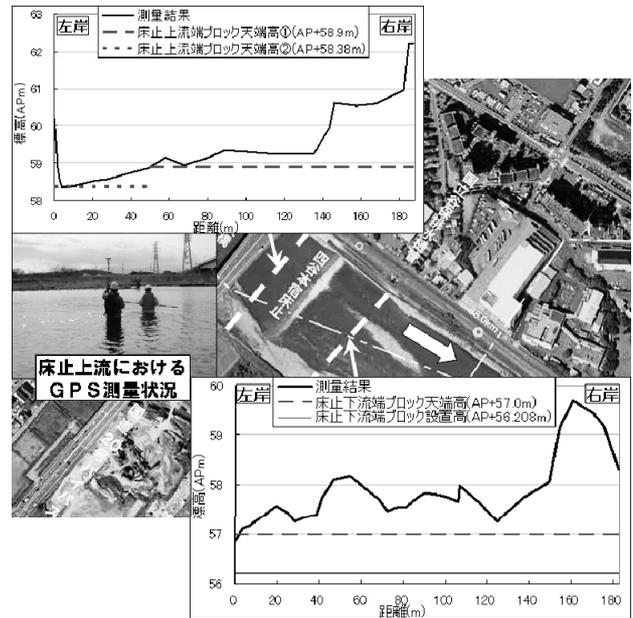


図-7 四谷本宿床止上下流端部GPS測量

床止におけるGPS測量横断結果であり、土砂堆積が見られるものの、床止上下流端部のブロック設置高等の施設の変状は見られなかった。外観調査では、周辺よりも敷高を下げた中央魚道部周辺のブロック突起部のみ摩耗が進行していたが、必要なブロック重量(4t)は確保されていることから、問題は無いと判断した。

### (3) 対応方針

四谷本宿床止及びその周辺における対策後の調査結果を踏まえ、床止本体及び上下流の河道形状の予防保全的な維持管理を行う上での対応方針を以下に示す。

#### a) 床止変状把握のための横断測量と外観調査

床止ブロックは、急激な沈下が発生した場合に施設崩壊へ繋がる危険性があるため、ブロック設置高及び床止上下流端部河床高を把握するための測線を設け、定期的に直接水準による横断測量を実施する。ブロック単体について、摩耗の進行状況を把握するため、計測箇所を定めた上で、定期的に目視等による外観調査を行う。各々の頻度は、堰周辺の河道変化の把握等を含めた定期横断測量と合わせて実施する。

#### b) 床止下流端部等河床変動把握のための横断測量

被災発生要因となり易い床止下流端部は、経済的に計測が可能なGPS測量により河床変動を出水期前後に把握する。あわせて経過観察のため、河道整齊を実施した低水路部分の形状変化についてもGPS測量を実施する。

## 3. 二ヶ領宿河原堰及び二ヶ領上河原堰について

### (1) 改築及び整備の経緯

昭和49年9月洪水を契機に、平成7年度より着手し平成

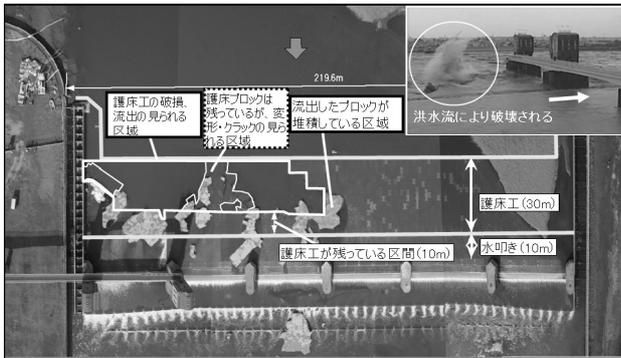


図-8 ニヶ領宿河原堰上流護床工の被災状況



写真-3 ニヶ領上河原堰

10年度に完成したニヶ領宿河原堰(図-1)は流下能力向上のため構造を見直し、固定堰から可動堰へ改築し、その際に堰敷高を2.1m下げ、上流部の一部で河道掘削を行った。また堰下流では、土丹層の右岸方向への傾斜による右岸の局所洗掘が顕著であったため、右岸高水敷を造成することにより流れを中央部へ寄せたことで、下流部の局所洗掘が解消され、河床が上昇傾向を示した。しかし、平成19年9月洪水で、図-8のような堰上流護床工(ブロック構造)がめくれあがる被害が発生した。被災後に行った要因分析によれば、上流護床工右岸側の砂礫層の経年的な河床低下(深掘れ)が生じていた。深掘れはブロック下まで進行し、ブロックを間詰めコンクリート等で一体化していたことから上流護床工は片持ち状態となり、集中する水流でブロック下面への揚圧力が増大し、ブロックが浮き上がり流出したと考えられている<sup>3)</sup>。このため、護床工の復旧に加え、上流護床工右岸部に深掘れ対策としてブロックを設置した。直接的な堰護床工右岸上流付近の深掘れを防ぎ、護床工高さと同設置高を同じにすることでスムーズな水流が確保された。

灌漑及び工業用水取水のために設置されたニヶ領上河原堰(図-1、写真-3)は、昭和46年に改築が行われ、可動堰約140m、固定堰約260mとなっている。現在、堰上流土砂堆積とその上流の基準地点である石原観測所周辺の河道断面不足により河川整備計画の目標流量を安全に流下

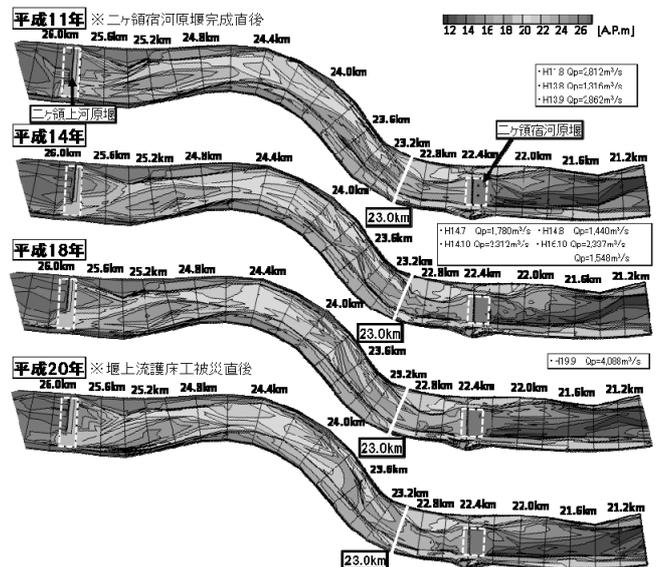


図-9 ニヶ領宿河原堰周辺河床高経年変化

させることが困難となっている。加えて、平成19年9月洪水の際には同堰による土砂堆積が要因となり堰から石原観測所までの約1kmの区間で計画高水位を超過する事態が発生した。また、可動堰と固定堰が混在するため洪水流が右岸側(可動堰部)へ集中する偏流が発生し、局所洗掘が発生している。このため、平成21年度より固定堰を切り下げ(1.6m)、可動堰へ改良する対策に着手しており、平成24年度完成を予定している。堆積している土砂の下流への移動を活性化させるため、堰改築とあわせて堰上流の河道掘削を行うこととしており、今後、ニヶ領上河原堰からニヶ領宿河原堰までの連続した砂州の状態把握を行うことが重要となってくる。

## (2) 効果的なデータ分析とそれを用いた河床変動解析

ニヶ領宿河原堰は、堰改築により堰敷高を低下させたため、堰上流河道の土砂移動が活性化した。堰上流は、改築前から右岸側が洗掘傾向にあり、改築後は堰切り下げ効果により深掘れが進行していた。被災を受けて以降、河床変動を確認したところ、経年的に堰の影響を受けながら砂州及びびろ筋が下流に動いている状況にあり、その変動で護床工右岸側が洗掘傾向となっていたことがデータ分析により判明した。具体的には、経年的に把握した河床形状の変化に着目すると、図-9のように23.0km上流砂州が下流へ広がるように移動している。また堰直上流被災箇所周辺(22.6~22.8km付近)の河床変動を見ると、霽筋となる右岸低水護床沿いに河床の低い範囲が分布し中小規模の洪水により、上流砂州前縁が下流側へ移動し、左岸側に堆積傾向がみられた。それにより、流速の速い箇所である霽筋と砂州前縁が重なり、深掘れが生じやすい河道特性となっていた。このことは、取得しているデータを用いて的確に河床変動を表現・把握し、出水による影響を予測することが出来れば、予防保全的な対策の実施が出来た可能性を示している。

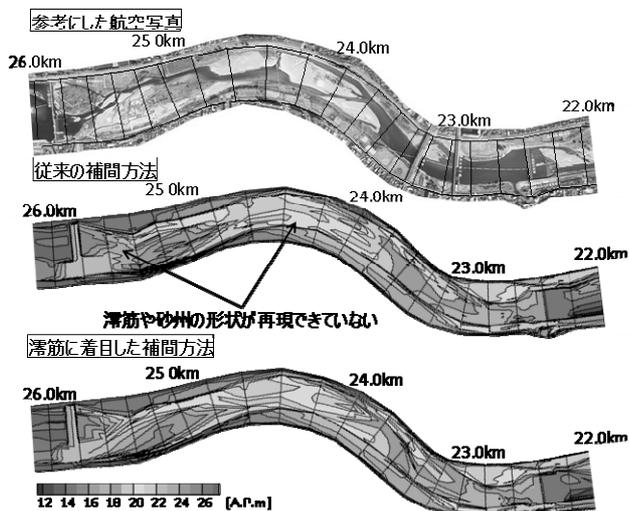


図-10 維持管理に有効な河床高コンター図作成方法

こうした河床変動再現手法としては河床高コンター図作成がある。従来、航空写真及び定期横断図を元に河岸へ沿った低水路法線を設定し低水路、高水敷及び縦断方向において規則的にメッシュ分割し定期横断図から内挿してメッシュ内地盤高を設定しコンター図を作成していた。しかし、二ヶ領宿河原堰上下流のような砂州や濁筋が下流へ移動する河道は、従来方法では洪水による河床変化を精度良く捉えることが困難であった。そこで今回の分析では図-10に示すように航空写真より濁筋に着目しメッシュ分割することで砂州や濁筋が的確に再現でき、そのコンター図を初期河床として洪水流による河床変動解析<sup>4)</sup>を行うことで洪水中後の河道と構造物の状態をより明確に把握出来ることから、詳細に描かれた河床高コンター図は河道管理を行う上で有効な手段である。

改築中の二ヶ領上河原堰では、堰改築による下流への土砂移動環境が、固定堰切り下げや上流土砂の一部撤去等により、改築前後で大きく変化すると考えられる。このため、今後の河道の維持管理を行う上で河床形状の初期値や洪水毎の変動量を把握することが重要となる。

### (3) 対応方針

二ヶ領宿河原堰と二ヶ領上河原堰及びその周辺における予防保全的な維持管理を行う上で、重要となる河床変動把握を中心とした対応方針について以下に示す。

#### a) 構造物及び施設端部周辺河床の変状把握

構造物変状の把握については、堰本体及び下流護床工の目視による外観調査を定期的に行い、上下流護床工端部及び周辺河床において測線を設定し定期横断測量頻度と合わせ横断測量を行う。特に被害が生じた上流護床工端部周辺河床は毎年測量を行う。下流護床工端部周辺河床は、水流が比較的安定し水深が浅いことから、GPS測量を毎年出水期前後に行い、変状を把握する。

#### b) 河床変動の的確な把握及び解析

二ヶ領宿河原堰上流護床工の被災後に判明した要因の

一つである砂州の移動・変形といった河床変動状況を予測することが出来れば、被災前に対策をとることが可能であったと言える。このことから、砂州の移動・変形から局所洗掘箇所の移動・拡大について河床高コンター図を更新し傾向を把握・分析し、そのデータを蓄積していく。特に、二ヶ領上河原堰上下流については、堰改築及び河道掘削という河道への大きなインパクトがあることから、改築後の河床変動状況について、二ヶ領上河原堰から二ヶ領宿河原堰の間で、随時、横断測量等のデータを取得し、コンター図作成により分析を行っていく。更に、必要に応じ、コンター図を初期河床として洪水流による河床変動解析を行い、その解析結果をもとに構造物周辺の河床変動を予測し、局所洗掘進行による堰護床工端部や護岸基礎の低下等といった現象が予測される箇所は、必要なモニタリング(測線ピッチを細かくした横断測量等)や対策の検討を実施する。

#### c) 局所洗掘箇所における対策の検討

局所洗掘が進行している箇所は、継続的に詳細な横断測量を行い、洗掘の継続や進行の懸念がある場合に、流速低減等を図るための必要な川幅確保のための砂州掘削とその掘削土砂による深掘れ箇所への埋戻しといった河道整齊の実施について検討を行う。

#### d) 長期的な深掘れ抑制対策の検討

二ヶ領宿河原堰においては、深掘れ対策箇所周辺の洗掘状況を把握するとともに、深掘れ傾向を長期的に抑制するため、右岸側への洪水外力集中を緩和させるような上流側の河道掘削や堰操作運用ルール等の検討を行う。

## 4. まとめ

二ヶ領宿河原堰のように改築後の施設において再び被害が発生する事例が存在する。そういった中、河川横断構造物の変状傾向を有することで被害を未然に防ぐと同時に、施設の長寿命化を図るためにも施設の点検等を行うことは重要である。特に、平成19年9月洪水での二ヶ領宿河原堰被災要因の一つである河床変動については、定期横断測量等のデータを捉えておくことが河川横断構造物だけでなく周辺施設を保全するために重要であり、更に、河道の動きを予測するためにも重要である。

改築中の二ヶ領上河原堰についても同様にデータ蓄積を行い、維持管理へ移行していく必要がある。更に、今後対策が必要となる大丸用水堰・昭和用水堰・羽村堰について河道維持管理を念頭に対応策の検討を進めていく。

### (1) 多摩川水系における河川横断構造物の予防保全

多摩川水系では、河川横断構造物にかかわる災害が繰り返し発生し、被災メカニズムを分析・評価し、蓄積されたデータを元に効果予測を行った結果を踏まえ、維持

管理を考えつつ、河川横断構造物改築等が行われてきた。一方で、河川横断構造物改築により施設高を変えることで、その後、施設上下流の砂州の移動・変形が生じる。特に砂州の移動とともに局所洗掘が移動・発達する河道の場合には、河川横断構造物や低水護岸周辺における河床変動を正確に捉えることが重要である。更に必要に応じ、解析から河道の動きの予測・評価を行い、過去の被災要因を考慮しつつ、対応策について検討し、対処するといった戦略をもった予防保全的河道管理が求められている。また、構造物上下流の砂州の動きに伴う局所洗掘を小さく保つため、砂州の移動を意識した構造物周辺高水敷の平面形等について今後の河道管理の視点から早急に検討する必要がある。

## (2) 河川横断構造物を中心とした予防保全の取組方針

### a) 変化の把握

航空写真や定期横断測量から滲筋に着目した精細な河床高コンター図を作成し、経年的な砂州の移動・変形や局所洗掘箇所を確認し、河川横断構造物への影響を把握する。また、河川横断構造物や低水護岸の周辺河道は、航空写真等を踏まえた現地調査から変化を把握する。更に目視と横断測量結果から構造物の摩耗や設置高等の変化を把握する。これらの取得したデータは所定のフォーマットによる蓄積・共有する。なお、多摩川水系の定期横断測量は、中小洪水による河床変動が著しいことから、各流量観測地点において平均年最大流量を超過した場合に実施する。

### b) 被災が発生しやすい箇所での詳細調査

河川横断構造物下流部では、過去の被災事例から河床変化が起きると災害に繋がり易いことから、GPS測量を毎年実施し詳細に変化を把握する。また、構造物周辺河岸部では、局所洗掘による護岸崩壊の危険があることから、護岸等設置高(基礎工高さ等)を確認し、横断測量を詳細に実施する。

### c) 変化に応じた具体的な対応策

河川横断構造物上下流端部の洗掘において、端部の沈下・めくれが予測される場合には護床工延伸等の洗掘防止対策を行うことを検討する。構造物周辺河岸部において、根固めブロック流出又は傾斜が発生しブロック背面の基礎工根入れ深さや洗掘程度により施設の不安定が生じた場合、ブロックの並べ替えや緊急的に根固めブロックの投入等を行う。更に、必要に応じて、河床変動予測を踏まえた河道整齊等を組み合わせて対策を行うことを検討する。また、局所洗掘により土丹層が現れた場合には、現在検討中である河床高を回復させるための方策<sup>5)</sup>の適用についても視野に入れて検討する。対応策の実施にあたっては、学識者等から技術的助言を受けるとともに、追加調査や見直し等を柔軟に行った上で決定する<sup>6)</sup>。

### d) 砂州の動きに配慮した河道内の抜本的対応策

河川横断構造物周辺の局所洗掘を防止するには、構造物上下流の砂州の動きを阻害せず保全することが必要である。そのために極端な流れとならないよう川幅確保を実施する。その際、高水敷利用により構造物周辺の河道を狭めていることによる川幅確保の必要性を含めて河川敷地利用者へ説明し理解を求め、対策を進めていく。

### e) 他の管理者の河川横断構造物への対応

堰以外の河川横断構造物としては、鉄道事業者等による橋脚保護のために設置した護床工がある。このうち、堰同様、洪水流等の阻害となっている構造物については、河道管理への影響が懸念されることから、当事務所及び各管理者の所有しているデータと護床工の現状を確認しつつ、予防保全的対応方針について協議を進めていく。

### f) 河道管理への体制の整備

河道を適切に管理するには、現地の変状把握、必要なデータの継続的取得とデータに基づく分析・評価、改善のための工事実施、実施後の分析・評価、そして、分析・評価結果から更なる河道管理への反映、といったPDCAサイクルでの取組が必要となる。そこで、管理を担当する管理課が川の状態把握・分析・評価の中心となり、日々の河川巡視出張所、測量等の継続的なデータ取得を調査課、工事実施を工務課、といった役割分担において、各部署の進め方等の議論を互いに行いながら、河道管理を進めることとした。また、全職員を対象に、職員自ら河川巡視の実施、河床変動解析で必要となる河床材料調査、構造物周りの変化を計測するGPS測量等、河道管理の基礎的調査を実施し、情報の取得や共有の重要性を認識しつつ、河道管理に取り組んでいる。

### 参考文献

- 1) 米沢拓繁，福岡捷二，鈴木重隆：水衝部の河床表層材料と河床洗掘の関係の調査研究，河川技術論文集，第13巻，2007年6月
- 2) 松本将能，工藤美紀男，福岡捷二：平成20年8月浅川洪水(多摩川水系)による土丹河床の大規模洗掘と河道管理方策，河川技術論文集，第15巻，2009年6月
- 3) 第12回多摩川水系河道計画検討会資料，国土交通省関東地方整備局京浜河川事務所，2007年11月
- 4) 忠津哲也，下條康之，内田龍彦，福岡捷二：洪水流による砂州の移動・変形と砂州粒度構成の変化，河川技術論文集，第16巻，2010年6月
- 5) 森僚多，石川武彦，長田健吾，福岡捷二：多摩川水系浅川における河床高回復現地実験と河道管理手法，河川技術論文集，第16巻，2010年6月
- 6) 第16回多摩川水系河道計画検討会資料，国土交通省関東地方整備局京浜河川事務所，2010年12月

(2011.5.19受付)