

遊水地の確実な調節効果を確保するための 河道水位のコントロール -茨城県那珂川御前山遊水地の例-

WATER LEVEL CONTOROL FOR RELIABLE DISCHARGE CONTOROL OF
RETARDING BASIN
—GOZENYAMA OF NAKA RIVER IN IBARAKI PREFECTURE—

前川隆海¹・陣ノ内康司²・田代洋一³・秋元賢一⁴・石井 正⁵・萩野谷守泉⁶
Takami MAEKAWA, Yasuji JIN-NOUCHI, Yoichi TASHIRO,
Ken-ichi AKIMOTO, Tadashi ISHII and Morimoto HAGINOYA

¹主任研究員 財団法人 土木研究センター 研究開発一部 (〒110 東京都台東区台東1-6-4)

²正会員 財団法人 土木研究センター 研究開発一部 (〒110 東京都台東区台東1-6-4)

³技術士 財団法人 土木研究センター 研究開発一部 (〒110 東京都台東区台東1-6-4)

⁴国土交通省 常陸河川国道事務所 利水調査課 (〒313 茨城県常陸太田市木崎一町700-1)

⁵国土交通省 常陸河川国道事務所 利水調査課 (〒313 茨城県常陸太田市木崎一町700-1)

⁶国土交通省 常陸河川国道事務所 事業対策官 (〒313 茨城県常陸太田市木崎一町700-1)

A retarding basin was planned at Gozenyama 41km upstream of the Naka River at a design flood of 10-year return period. This retarding basin has severe conditions; large river bed variation, steep bed slope of 1/765 and small design overflow depth of 44cm. In order to ensure the planned regulating effect of flow, reliable control of the water level is required. We studied effective measures for control of water level using both a movable bed experiment with a scale of 1/50 and calculation of improved semi-two dimensional unsteady flow model. We also studied mitigation method for river improvement plan, ecosystem and landscape. It was found that the most effective control can be done at curved point located in downstream of overflow levee. The restriction of river bed variation is required at this point to fix the sand bar inside of curved reach. As a result, the effectiveness of a series of four bed girdles, the crests of which are designed to fit the present river bed is found.

Key Words : Retarding basin, river bed variation, semi-two dimensional unsteady flow calculation, Naka River

1. はじめに

遊水地の洪水調節効果は、河床変動に伴う水位変動が少ないものとして固定床模型で検討する事例は数多くあるが、河床変動に伴う水位変動が大きい場合は、調節効果を支配する越流水深を確実にコントロールする対策が必要となる。

本報告は、河床変動が大きな図-1 に示す茨城県那珂川中流部41km地点に計画された御前山遊水地に対し、計画の調節効果を確保するため実施した河道水位の確実なコントロール対策について、1/50の移動床水理模型実験で検討したものである。

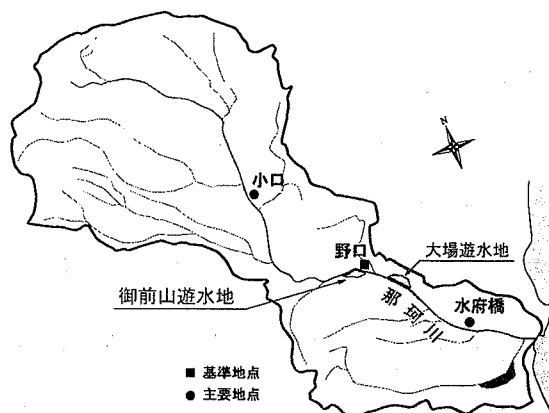


図-1 御前山遊水地位置図

昭和61年洪水撮影

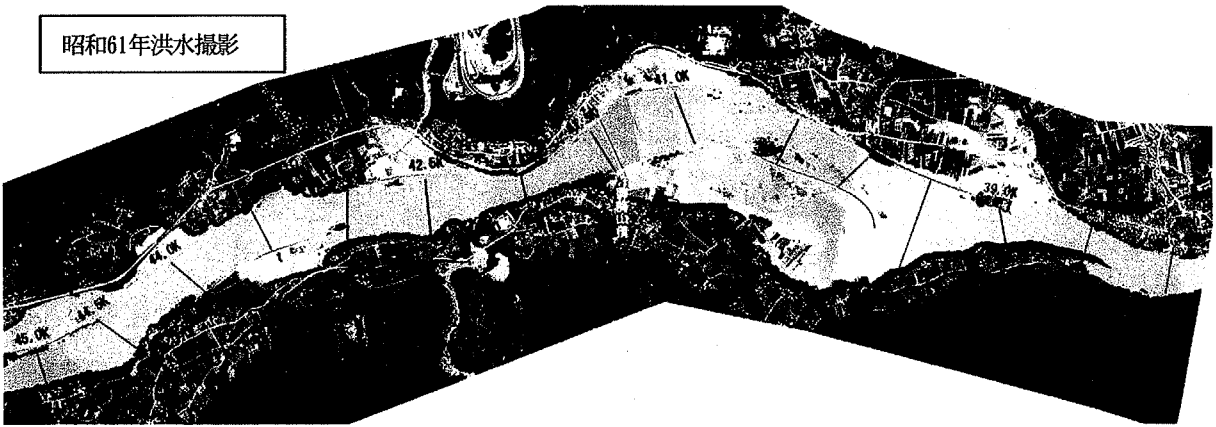
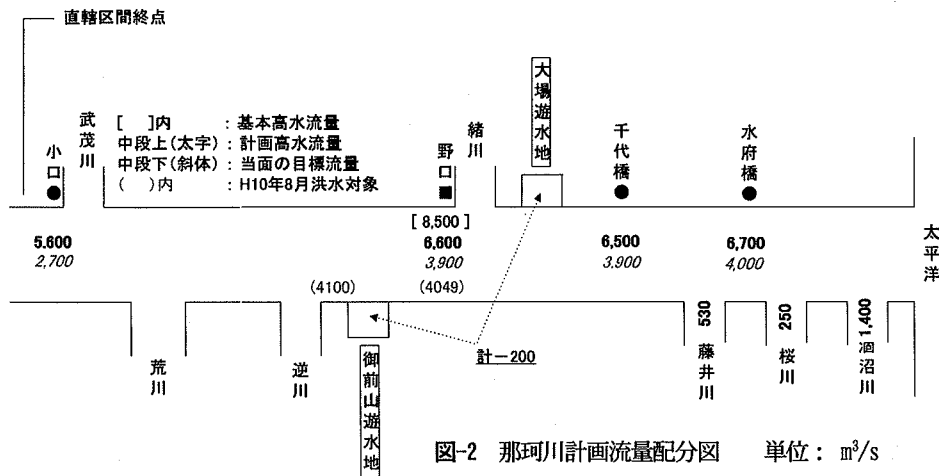


写真-1 昭和61年8月洪水時の御前山遊水地付近の流況



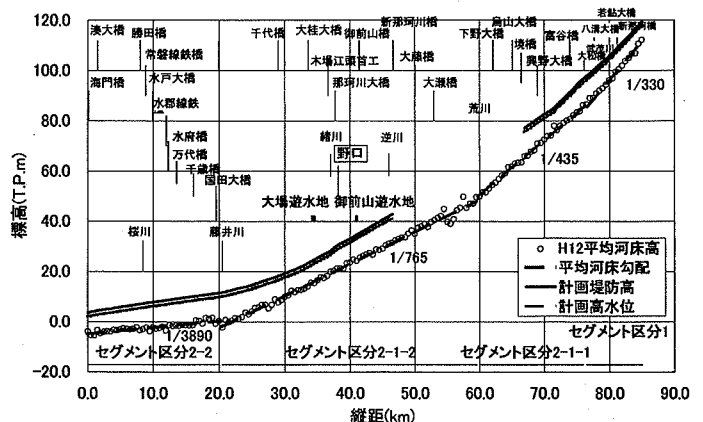
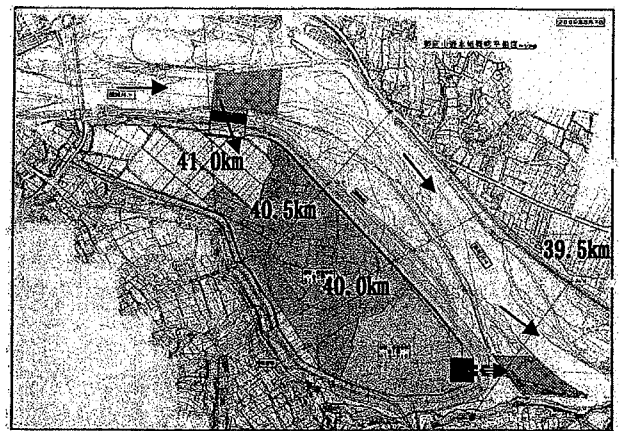
2. 御前山遊水地の概要と課題点

那珂川は、栃木県的那須岳に水源を発し茨城県大洗町に注ぐ流域面積 $3,270\text{km}^2$ 、流路延長 $1,485\text{km}$ の一級河川である。河川改修計画は近年の降雨資料から計画安全度 $1/100$ で基準点野口の基本高水流量を $8,500\text{m}^3/\text{s}$ 、上流ダム群・遊水地群で計画高水流量 $6,600\text{m}^3/\text{s}$ とする計画に改定された。しかし、那珂川の現況の整備水準は低いため、当面整備目標として $1/10$ 確率で整備を行うこととし、御前山遊水地 41km 地点では、平成10年洪水に対応して越流開始流量を $1/8$ 確率の $3,500\text{m}^3/\text{s}$ 、ピーク流量 $4,100\text{m}^3/\text{s}$ に対し $50\text{m}^3/\text{s}$ のカットを行う方針で計画された。

しかし、遊水地は、鮎つりが盛んな河床勾配 $1/765$ 、 $d_{60}=26\text{mm}$ の単列砂州が発達する地点に位置し、越流堤も河道が急激に開けた対岸に高水敷が広がる地点となっている。洪水規模による砂州の移動や河床高の変化等により水位が変化し、確実な調節効果が難しい地点に計画された。加えて、越流堤天端高は地内地盤からわずかに 1m の高さで、ピーク時の設計越流水深も 44cm と河道の規模から見ても極めて小さい。

このため、計画の調節効果を確保するためには河道水位の確実なコントロール対策が必要と判断し、

① 河床変動による水位変動を回避する横工、縦工が



らなる対策を計画する

- ② 対策工は鮎など生態系に対する負の影響を最小限とし、かつ周囲の景観に配慮した対策とする

河道対策工を立案し、1/50の移動床実験、固定床実験並びに準二次元不等流計算を用いて検討したものである。

3. 那珂川40km地点の河道概要

(1) 河道の変動

越流堤の建設が予定されている那珂川41km付近は、図-5に示すように河床変動は狭窄部、急拡部、湾曲の影響を強く受ける区間で、河床は近年低下傾向にある。

(2) 掃流力

洪水痕跡水位と測量成果を用いた掃流力の分布を図-6に示す。4,000m³/s規模の洪水では、41.0km上流において最大粒径の移動限界掃流力を上回っており、御前山橋41.5km上流の狭窄部区間の掃流力は極めて大きく、土砂の移動が著しいことがわかる。

(3) 河床と粗度係数

近年の洪水痕跡水位より逆算した粗度係数は、下記に示す通りである。

- ・低水路粗度係数 $n=0.030$
- ・高水敷粗度係数 $n=0.040$

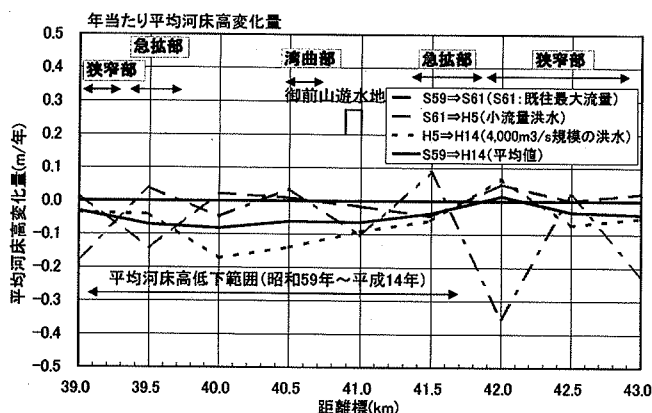


図-5 年当たり平均河床高の変化量

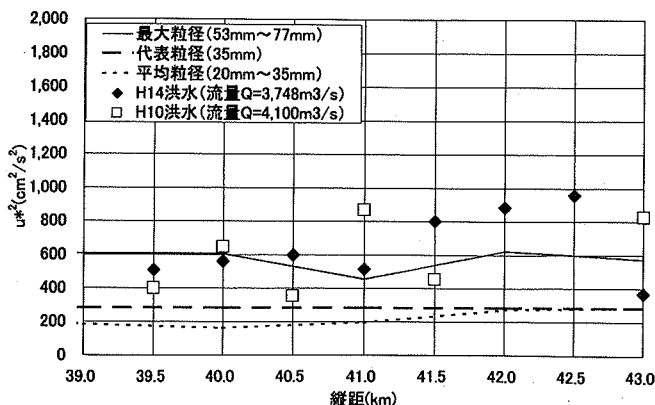


図-6 掃流力及び限界掃流力の縦断分布図

4. 実験の概要

(1) 模型

模型は、砂礫堆の動きを再現するため、41kmに位置する越流堤をはさんで上流43kmから下流39kmまでの4km間を再現した。移動床厚は河床変動量から現河床より20cm（現地10m）とした。河床材料は、図-7に示す混合粒径であり、現地河床材料を4つの母集団（B, A', A'', C集団）に分割し、2mm以下の集団（B集団）をカットした^{1) 2)} $d_{60}=0.7\text{mm}$ である。

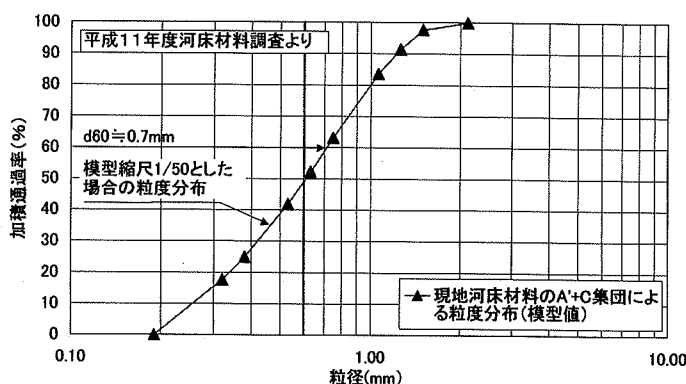


図-7 実験における河床材料の粒度分布図

(2) 実験フロー

実験は、図-8に示すように河床の再現性を検証後、対象洪水に対する特性を把握し、その後対策工について検討した。

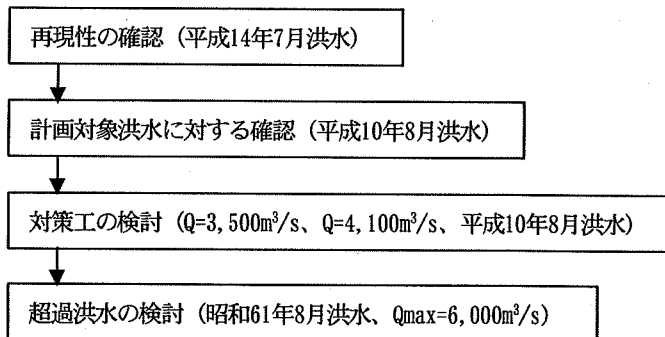


図-8 対策工検討の流れ

5. 河床変動と洪水痕跡水位の再現

(1) 再現性の確保

那珂川の河道定期横断測量は、500m間隔で実施されていたが、現況再現実験の結果、42.5km下流付近の狭窄部の流出土砂量が、過大であると41.0km越流堤上流付近まで流出して堆積することが明らかになった。このため、新たに100m間隔の深浅測量を実施して、推定岩盤ライン

を再現することで、流出土砂量と砂礫堆の動きを再現した。

(2) 不等流計算による実験水位の再現

不等流計算による実験水位の再現計算を行った。低水路粗度係数については、平均年最大流量通水時の水位と河床高より粗度係数を逆算し、計画値（ $n=0.030$ ）となっていることを確認した。

不等流計算では、(1)式に示すレベル1aの公式³⁾より平均流速を求めた。さらに、実験における流量に応じた平面流況を踏まえた死水域の範囲を設定することで、不等流計算の精度向上を図った。計算結果を図-9及び図-10に示す。計算結果は、実験水位を再現している。

$$U = \frac{A^{2/3}}{\left(\sum S_i \cdot n_i^{3/2}\right)^{2/3}} I_b^{1/2} \tag{1}$$

(3) 不等流計算水位による痕跡水位の再現

実験水位の再現計算におけるモデルにおいて、河床形状を現地の対象洪水後の測量成果を用いた河床条件とした場合の計算水位と痕跡水位を比較し、モデルの再現性確認を行った。その結果は図-9及び図-10に示す通りで十分に痕跡水位を再現していると判断した。

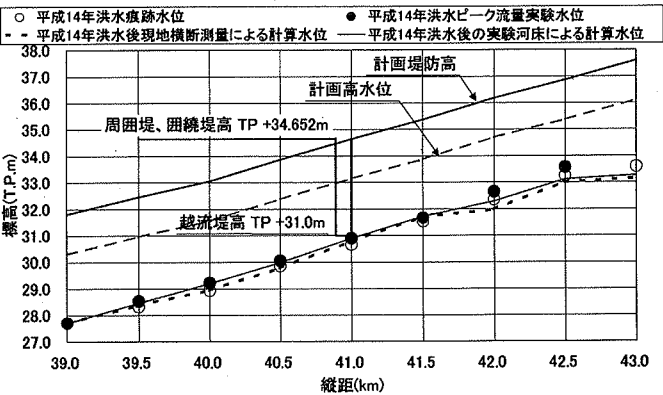


図-9 平成14年7月洪水痕跡水位と水位の再現計算結果

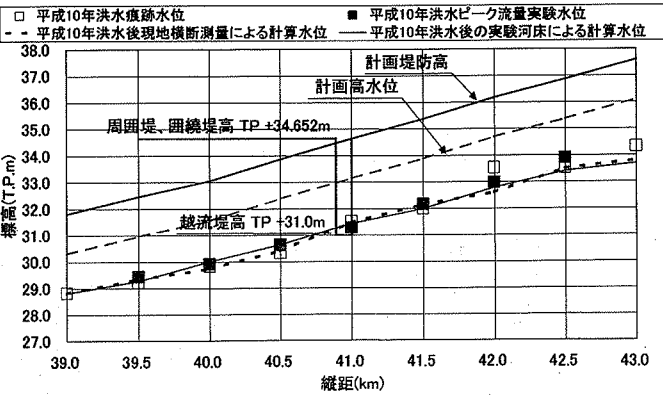


図-10 平成10年8月洪水痕跡水位と水位の再現計算結果

6. 河床変動対策工の検討

(1) 対策工の基本的な考え方

対策工は、河床低下による河積拡大を制御する横工、河積縮小を図る縦工を基本とし、これらと水制工、置換工を併用した4案を対象として、越流地点の必要水位を確実に確保する対策工を検討した。

- 対策工は下記の点に配慮して構造を決定した。
- ・ 鮎や鮭の魚類の回遊等の環境に配慮してできるだけ落差を設けないこと。
 - ・ コンクリート構造を避けた簡易構造とし、景観にも配慮すること。
 - ・ 対策工標高は計画河床高以下とし、計画河道の河積を侵さないこと。

(2) 対策工の抽出と実験による効果検討

前述した不等流計算モデルに横工と縦工を組み込み、計画高水流量 $4,100 \text{ m}^3/\text{s}$ に対して越流堤地点41kmの水位が設計越流水深となる効果的な横工及び縦工の位置と高さの関係を机上検討で求めた。

この結果、横工・縦工とも現状で水衝部となっている越流堤下流40.62kmに設置することが、最も効率的であることを確認した。これより下記4案を計画し、計画流量 $4,100 \text{ m}^3/\text{s}$ の定流実験でそれぞれの効果を検討した。

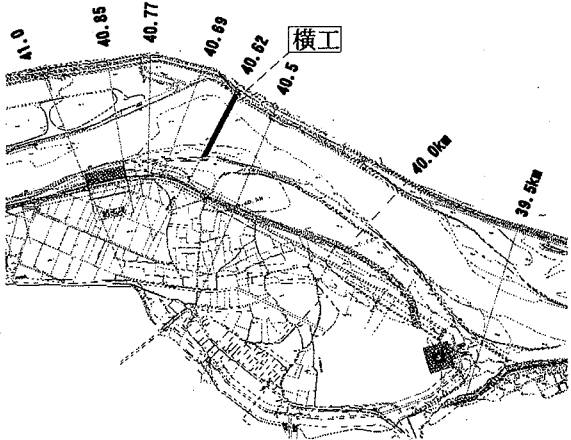


図-11 横工平面図

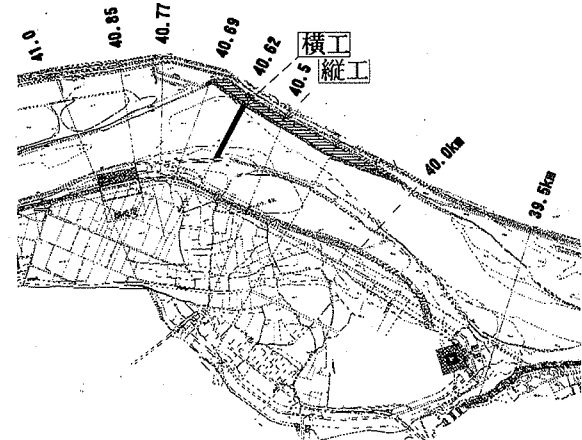


図-12 縦工平面図

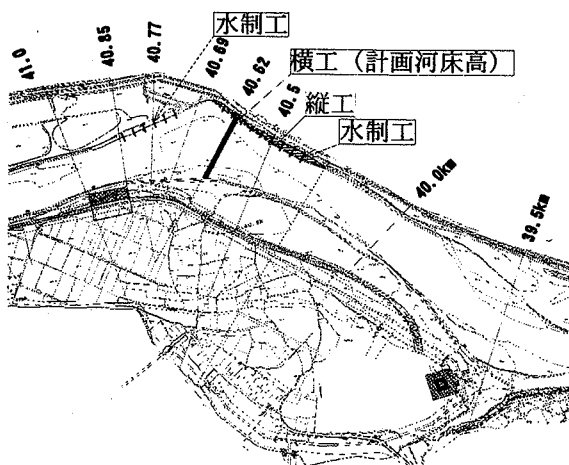


図-13 縦工、水制工併用案平面図

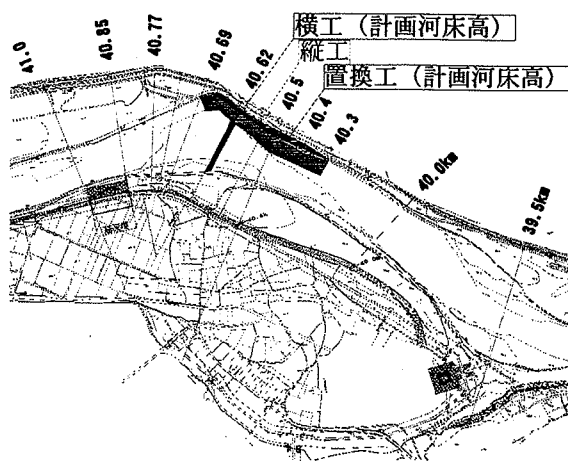


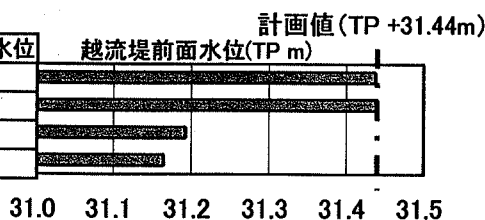
図-14 縦工、置換工併用案平面図

表-1 対策工の効果

対策工案	横工高	縦工幅	越流堤前面水位
横工	3.9	—	31.44
縦工	1.4	29.5	31.44
縦工、水制工併用案	0.0	18.2	31.19
縦工、置換工併用案	0.0	18.2	31.17

※ 横工高は計画河床高からの高さ

※ 縦工幅は天端幅



(3) 対策工の効果

4案の対策工の効果は次のようにまとめられる。

横工：横工の設置により左岸水衝部の流れは制御されるが、逆に右岸固定砂州上の流速が増大するため、期待した程水位上昇しない。横工単独とするには計画河床高を4m上回る横工を必要とする。

縦工：湾曲部の左岸水衝部に設置した縦工と横工1基との併用案としたが、縦工沿いの流速が増大し、縦工前面での河床洗掘が大きい。期待した水位上昇を確保するには、縦工天端幅を29.5mまで拡幅することが必要となり、将来の改修計画規模以上の大幅な河積縮小となる。

縦工・水制工併用案：水制工は水刎ねの効果で左岸護岸の防御と水位上昇を期待したものであるが、水制工前面の河床洗掘が大きく、同時に右岸固定砂州上の流速が増大する。多くの対策を必要とする割には効果が少ない。

縦工・置換工併用案：水衝部による河床洗掘部分の河床粒径を置換してみたが、置換工部分は逆に流速増大をもたらし、右岸固定砂州上の流速増大を招くことがわかった。

(4) 湾曲部の河床変化を面的に制御する対策工の立案

湾曲部全体の河床変動を面的に制御して安定した水位のせき上げ効果を確保するため、横工を40.0kmから40.62km間の縦断方向に4基連続して配置する複断面連続式横工を立案した。横断形状は最深部を将来の計画河床高に合わせた現状河道横断に応じた複断面形状とした。

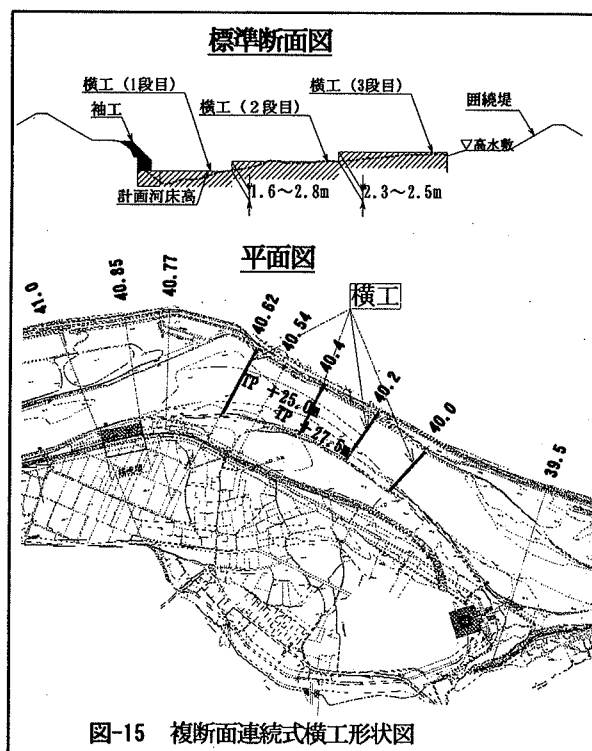


図-15 複断面連続式横工形状図

(5) 複断面連続式横工の結果

実験は、遊水地の対象洪水であるピーク流量4,100 m^3/s の不定流実験で対策工の効果を確認した後、さらにピーク流量6,000 m^3/s の昭和61年8月洪水(超過洪水)を重ねて通水し対策工の効果とその影響等を確認した。

【平成10年8月洪水(対象洪水)の結果】

遊水地の対象洪水であるピーク流量4,100 m^3/s の流況及び洪水後の状況を写真-2～写真-3に示す。

図-16 に示した水位縦断面図より、越流堤地点で設計越流水深を確保できることが確認された。図-17 に示した通水後の河床変動のコンター図より、横工の一部上下流で洗掘が生じているが、置換材による洗掘対策で対応可能な範囲にあると判断した。



写真-2 平成10年8月洪水ピーク付近の流況

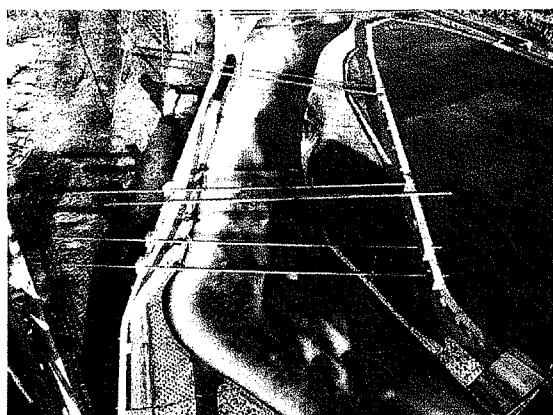


写真-3 平成10年8月洪水通水後の河床状況

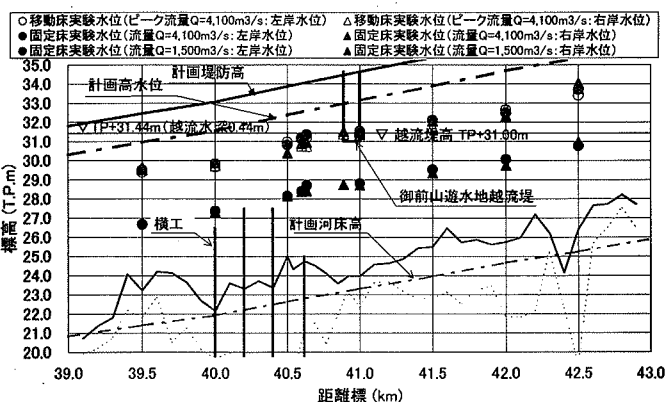


図-16 複断面連続式横工水位縦断面図

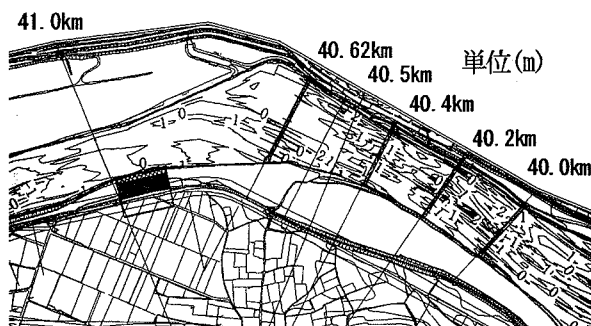


図-17 平成10年8月洪水通水後の河床変動状況

【昭和61年8月洪水（超過洪水）の結果】

超過洪水が発生した場合の対策工が及ぼす影響や対策工への影響等について検証を行った。

流量規模の増加により、湾曲部全体に水面の動揺が強くなるが、計画高水位を超えることはない。対策工付近では図-18 に示すように、局所的な河床変動量は大きくなるが、被災することなく湾曲部全体の河床変動は抑制される。計画流量が2回発生しても、対策工はその機能を確保すると判断し、対策工の実施案形状とした。

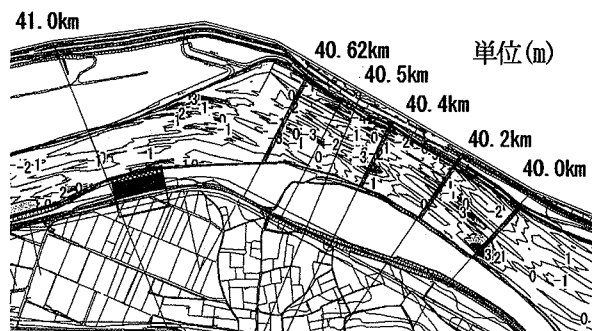


図-18 昭和61年8月洪水通水後の河床変動状況

7. まとめ

対策工は、当該河川の生態環境と景観に配慮し、越流堤下流の湾曲部内湾側に発達した固定砂州と外湾側深掘部の形状を改変することなく人為的に固定する横工を選択した。今後は、詳細な検討の後に施工を実施し、モニタリングを行いながら、この手法の実効性を検証したいと考えている。

謝辞：本論文の内容は、御前山遊水地検討会において検討されました。検討委員の方々、関係各位の多大なご助言とご協力に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 財団法人国土技術研究センター編：河道計画検討の手引き，山海堂，pp.57-60.
- 2) 山本晃一著：沖積河川学，山海堂，pp.7-10.
- 3) 社団法人日本河川協会編：建設省河川砂防技術基準（案）同解説 調査編，pp.110.
- 4) 福岡捷二：洪水の水理と河道の設計法，森北出版株式会社，pp.281-296.
- 5) 山本晃一編著：護岸・水制の計画・設計 一歩先そして一歩手前，山海堂，pp.222-229.
- 6) 財団法人国土技術研究センター編：護岸の力学設計法，山海堂，pp.85.
- 7) 宇多高明，藤田光一，平林桂，服部敦，伊藤克雄：利根川下流部洗掘対策模型実験報告書，土研資料，第3267号，pp.28-32.

(2005. 4. 7 受付)