

61 砂溜工の機能と構造に関する実験的考察

— 粕川流路工水理模型実験を例として —

建設省土木研究所 ○ 阿部宗平
群馬県 砂防課 坂井賢一
砂防地帯技術センター 松村和樹
建設技術 研究所 阿部孝七

はじめに

一般に砂溜工は、河幅の拡大と河床勾配を緩くすることによって掃流力を小さくし、下流に対して有害な土砂を堆積させ、堆積土砂は除石する方法をとる例が多い。これに対して粕川に計画した砂溜工は、①流路工計画区間に配置するもので、河床勾配は上、下流の流路工の計画河床勾配に整合させ、砂溜工区間で河床勾配を急変しない。②河幅の拡大と横工（床固工、帯工）に袖を設置することによって、掃流力を小さくして砂溜工内に有害土砂を堆積させ、無害である堆積土砂は減水期に徐々に排砂させて、除石などの維持管理を少なくする機能と構造を有する砂溜工であることが特徴的である。

本文は、横工の袖による流水のせき上げ水深と河床の変化についての実験結果について述べ、粕川流路工水理模型実験を例として、砂溜工計画における袖工の有効性を考察するものである。

1 流域の概要

粕川は、赤城山小沼を水源地とする流域面積 16.9 km^2 、流路延長 19 km 、平均河床勾配 $1/10$ で、利根川水系広瀬川に合流する河川である。粕川流域は昭和22年のカスリン台風、昭和23年のアイオン台風により被害を受けていて、特にカスリン台風時には多数の死者を出している。その後上流域に9基の砂防ダムが配置され、砂防ダムより下流及び市街地に近い下流域に流路工が施工されてきており、本実験で検討した流路工計画範囲が唯一の未整備地区として残されている。

2 流路工計画の概要

既設流路工の下流に流路幅 30 m 、計画河床勾配 $1/50$ の流路工を計画し、この下流に砂溜工を配置する。砂溜工計画区間は過去に土砂堆積による災害が発生していて、現河道においても河道幅が広く、土砂が堆積しやすい区間である。砂溜工より下流は幅 25 m 、計画河床勾配 $1/60$ の流路工を計画している。

砂溜工は、長さ 600 m にわたって河道幅が既設護岸で $50 \sim 60 \text{ m}$ に固定している現在の河道地形を利用して計画した。土砂処理計画により、一洪水で砂溜工に流入する土砂量は $30,800 \text{ m}^3$ で、砂溜工から下流に流出してもよい土砂量（計画許容流砂量）は $17,000 \text{ m}^3$ であり、砂溜工内での計画堆砂量は $13,800 \text{ m}^3$ である。砂溜工幅は現在の河道幅にほぼ等しい 50 m で、長さは 600 m で、計画河床勾配は上、下流の河床勾配に整合させて $1/60$ とした。床固工に袖を設置して床固工間での掃流力を小さくすることによって土砂を堆積させ、減水期には、砂溜工に堆砂した土砂のうち無害土砂は徐々に排砂する目的で、床固工間に高さの低い袖を有する帯工を設置する砂溜工の機能と構造を考え、この妥当性を水理模型実験で検討した。

3. 袖による流水のせき上げ水深と河床変化¹⁾

無次元掃流力 $\tau_* = 0.08 \sim 0.3$, 河幅・水深比 $B/H_0 = 10 \sim 60$, フルード数 $Fr = 0.6 \sim 1.2$ の範囲で実験を行い次のような結果を得ている。

単列砂礫堆が形成する領域で、横工(床固工, 帯工)に袖を設置すると、流水のせき上げが生じて、横工間の河床形状は変化する。河床形状の変化の様子は図-1に示すようにせき上げ水深の程度によって異なっている。せき上げ水深 H_0/H_i は、袖の形状とに図-2に示す関係があり、式(1)で近似できる。

$$H_0/H_i = e^{-1.28 W/H_0} \cdot e^{-1.62 B_0/B} \quad (1)$$

ここで、 H_0 : 袖のない場合の等流水深, H_i : せき上げ水深, W : 袖の高さ, B : 流路幅, B_0 : 水通し幅である。式(1)で計算される H_0/H_i が、 $H_0/H_i \geq 1.5$ のときに横工間では土砂が堆積し、 $1.25 \leq H_0/H_i \leq 1.5$ の領域では河道中央部の河床が低下して、複断面的な河道を形成する機能が袖に期待できる。

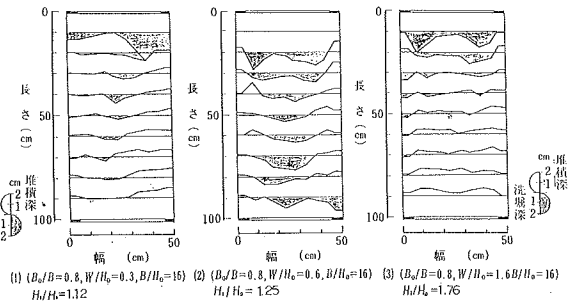


図-1 洗掘・堆積 平面図

粕川砂溜工は、前述のように床固工の袖によって堆積機能を発揮させ、床固工間に設置する帯工の袖によって排砂機能を発揮させることを期待した。床固工及び帯工の袖の形状は、計画洪水流量(220 m³/sec, 50年確率流量)を対象にして検討した。床固工及び帯工の水通し幅 B_0 は、砂溜工の上流あるいは下流の流路工幅に一致させた。床固工の袖高 W_1 は既設護岸の余裕高を確保し、土砂を堆積させるのに必要なせき上げ水深($H_0/H_i > 1.5$)が得られるように、また、帯工の袖高 W_2 は、後述する砂溜工内に低水路と設ける構造のタイプ2で低水路幅を30mとするときに、流量80 m³/sec(2年確率流量)を流下させるのに必要な低水路岸の高さ0.85mに等しい値とした。なお、 $W_2 = 0.85$ mは計画洪水流量に対して $B_0 = 30$ mとするときに、複断面的な河道を形成するのに必要なせき上げ水深($H_0/H_i < 1.5$)を得ることができる。

図-2 せき上げ水深と袖の形状との関係

図-2は、 $H_0/H_i = e^{-1.28 W/H_0} \cdot e^{-1.62 B_0/B}$ の関係をグラフ化したものである。縦軸は H_0/H_i (0.1から1.0)、横軸は W/H_0 (0から0.1)を示している。3つのデータ系列があり、 B_0/B の値は0.8 (○), 0.6 (●), 0.4 (◐)である。右側には袖の形状を示す断面図があり、 H_0 と H_i の位置が示されている。

4. 粕川砂溜工の機能と構造に関する水理模型実験

4.1 実験の概要

模型は、流路工計画区間である2kmの範囲を縮尺 $1/40$ の大きさに製作した。実験に使用した流量は、図-3に示すピーク流量が220 m³/secの計画洪水波形を与えた。各流量ごとの給砂量は、茅田、高橋、水山の流砂量式での計算値に一致させた。河床材料の粒度分布は、給砂材料のそれと同一であり、平均粒径 d_m は10 cm(模型値で2.5 mm)である(図-4)。なお、袖のない場合の砂溜工内でのピーク流量に対するフルード数 Fr は、1.2である。

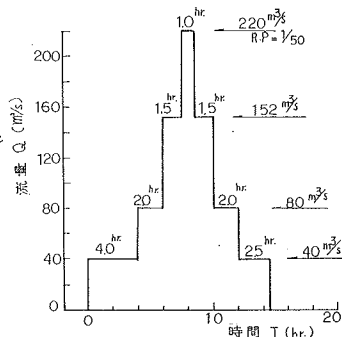


図-3 実験に用いた洪水波形

実験で検討した砂溜工の構造は、①計画河床勾配は静的安定勾配に同じ $1/150$ で、床固工の袖の形状は $B_0/B = 0.42$, $W_1/H_0 = 1.78$ とし床固工間に帯工のないタイプ1、

②砂溜工内に流量 $80 \text{ m}^3/\text{sec}$ (2年確率流量) の流過能力を有する低水路 (幅 30 m , 低水路高 0.85 m , 河床勾配 $1/50$) を設け, 横工に袖がないタイプ2, ③計画河床勾配は, 下流の流路工と同じ $1/60$ で, 床固工の袖の形状は $B/b = 0.5$, $W/H_0 = 1.89$ で, 帯工の袖の形状は $B/b = 0.5$, $W/H_0 = 0.77$ のタイプ3, ④タイプ3の形状で帯工を撤去したタイプ4の4種類である。床固工間隔はタイプ1の場合に

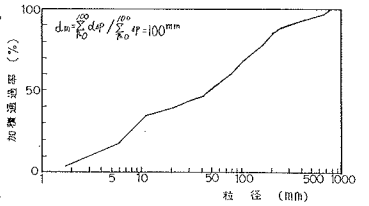


図-4 粒度分布加積曲線

100 m (流路幅の2倍), タイプ2, タイプ3及びタイプ4での床固工間隔は 120 m で, タイプ2及びタイプ3では床固工間の中央部に帯工1基を設置した。

4.2 実験結果と考察

1) タイプ1, タイプ2及びタイプ3の土砂収支を図-5に示した。タイプ1のように, 砂溜工に流入する全土砂量に近い土砂量を砂溜工内に堆積させると, 砂溜工下流の流路工区間で河床低下が生じて, 既設の流路工に流入する土砂量は, 許容流砂量を上回る問題がある。

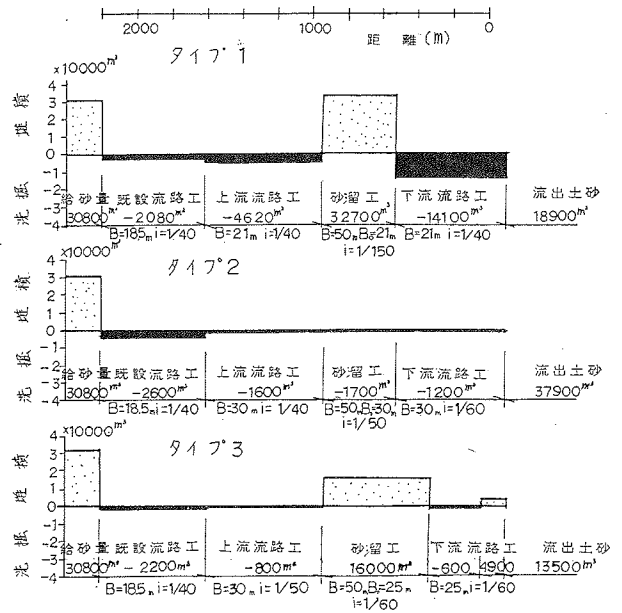


図-5 土砂収支

タイプ2では, 低水路を設けて2年確率流量の $80 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以下の流砂は, 砂溜工内に堆積することなしに流下させ, これより大きい流量での流砂は砂溜工に堆積させようとしたが, $80 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以上の流量においても主流水は低水路に沿って流下し, 砂溜工に流入する土砂は, 砂溜工に堆積しないで下流に流出している。これに対してタイプ3では, 砂溜工内に計画堆砂量と同程度の土砂を堆積させることができ, タイプ1のように下流の流路工での河床低下は生じていない。

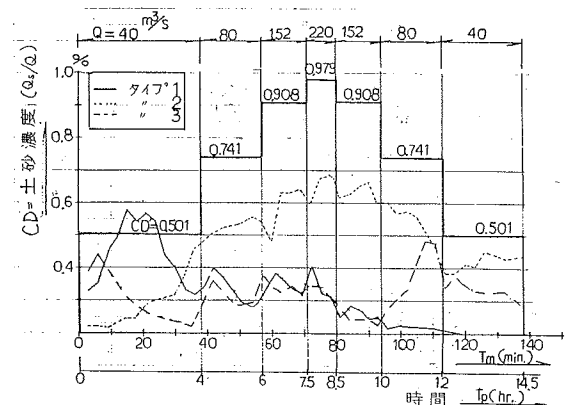
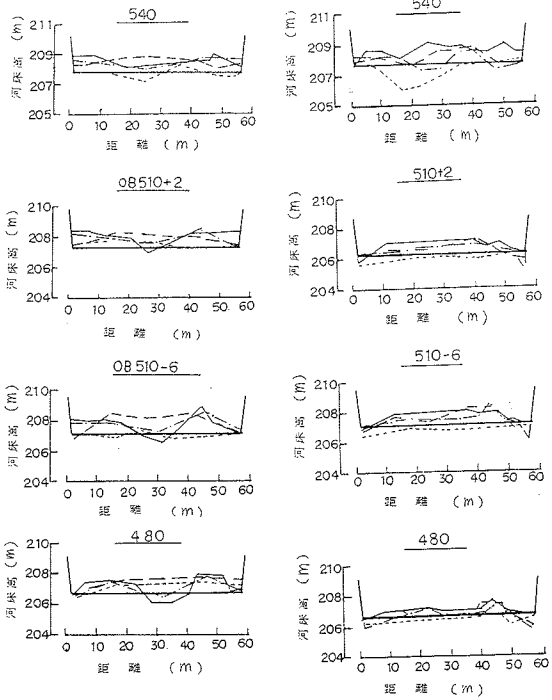
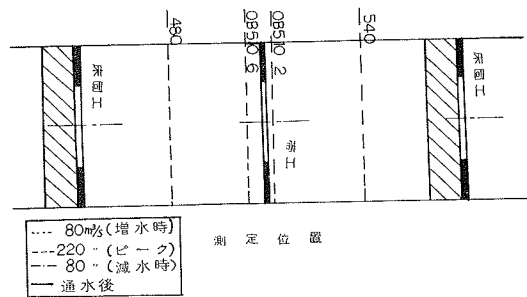


図-6 流出土砂濃度の時間的变化

2) 模型末端から流出する土砂量の時間的变化を図-6に示した。タイプ1では, 洪水の初期に流出する土砂量が多く, 減水期に少ない。洪水初期における流出土砂量は, 砂溜工下流の流路工区間での生産土砂量である。タイプ2の場合は, 他のタイプに比べて流出土砂量が多く, それだけ砂溜工内の堆砂がないことを示している。これに対して, タイプ3の場合は, タイプ2に比べて洪水の初

期を除いて流出土砂量は少なく、タイプ1に比べて減水期での流出土砂量が多い。このことは、横工の袖が有効に作用して土砂調節機能が発揮されていることを示唆している。

3) タイプ3とタイプ4の床固工間での河床高の時間的変化を図-7に示した。タイプ3の場合は、図-7(1)に示すように増水期に横工間の河床は上昇して、減水期に流路中央部の河床が低下して、いわゆる複断面的な河道が形成されることがわかる。これに対して、床固工間に帯工のないタイプ4では、図-7(2)に示すように、タイプ3に比べて減水期での河床の変化はわずかであり、むしろ減水期に河床が上昇する傾向がみられる。



(1) タイプ 3 (2) タイプ 4
図-7 河床高の時間的変化

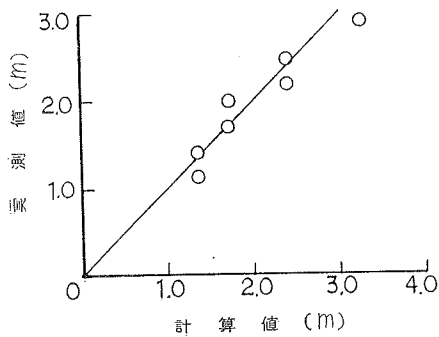


図-8 せき上げ水深

4) 式(1)を用いた計算値と実測値との関係を図-8に示した。図-8より計算値と実測値は、ほぼ一致することがわかる。

5. まとめ

矢澤、阿部、福本¹⁾による袖のせき上げ水深と河床変化に関する実験的研究成果を粕川砂溜工に適用して水理模型実験で妥当性を検討した結果、横工に袖を設置することによって有害土砂を堆砂させ、減水期に無害土砂を徐々に排砂することができることがわかった。このことは、砂溜工の維持管理の面で有利だといえるが、除石が不必要であるということにはならない。

参考文献

- 1) 矢澤昭夫、阿部宗平、福本晃久；流路工における袖の効果と形状に関する実験的考察；土木技術資料28-1，(1986年1月)，pp.20~25