

各種形状不透水制に起因する河床変動

愛媛大学大学院	学生員	○竹本祐樹
愛媛大学大学院	学会員	森本 稔
愛媛大学大学院	正会員	門田章宏
愛媛大学大学院	フェロー会員	鈴木幸一

1. はじめに

河川の管理においては河川法が制定されており，最初の河川法は度重なる洪水被害などに対応するため治水に重点を置いていて，1896（明治 29）年に制定された．その後，河川開発や生活用水確保のための開発が行なわれるようになり，1964（昭和 39）年に新たに利水に関する改正が行なわれた（新河川法）．そして，近年，自然保護に関心が向けられるようになり，損なわれた河川環境にも環境保護の意識が向けられるようになり，1997（平成 9）年に改正河川法により河川環境の保全や整備も大きな目的の一つとして加えられるようになった．そこで，護岸工法の一つとして多様な自然環境を創るとされる水制工に注目が集まっている．本研究では，水制の周辺および下流域に対する河床への影響を実験的に解明する．

2. 流況解析

実験対象である I 型，T 型，L 型（図-1）について SSIIM という数値シミュレーションソフトを用いて，水制周辺の流況解析を行なった．その結果，I 型に比べ T 型，L（上流）型においては水制上流側で生じる下降流が小さくなることが分かった．以降，この結果も踏まえ実験の考察を行なう．

3. 実験概要

本実験では，水路長 $L=20\text{m}$ ，水路幅 $B=0.5\text{m}$ ，水路勾配 $I=1/400$ の循環式水路に，上流から $10\text{m}\sim 12\text{m}$ の区間（実験区間）に深さ 15cm のサンドピットを設け移動床水路として平均粒径 0.03cm の砂を敷き詰め，実験区間上流から 30cm の地点に水制模型を設置し，所定時間通水後，レーザー変位センサーおよび光スケールセンサーにより河床データを測定した．水制模型は厚さ 2cm ，高さ 30cm の塩化ビニール製で作成し，I 型は水制長 $L_g=2, 5, 10, 15, 20\text{cm}$ の 5 種類，L 型について上流側と下流側に突き出しがあるものをそれぞれ流下方向長 $L_f=6, 10\text{cm}$ の二つ，T 型は流下方向長が 10cm のものを用意した．

実験条件は，水制に起因した河床の変化をとらえるため，無次元掃流力 $\tau_* = 0.046$ 以下として静的洗掘条件で行い，水深 10cm ，流量 10 l/s ，において，I 型は通水時間・設置角度 θ および水制長を変化させたもの，T 型・L 型など形状の異なる水制の実験を行なう．T 型・L 型に関してはより明確に違いを捉えるため流量 12 l/s の実験も行なった．

4. 実験結果と考察

図-2 には実験結果の例として，水深 10cm ，流量 10 l/s ，通水時間 60 分における，I 型・水制長 10cm ・設置角度 0° ，T 型，L（上流）型および L（下流）型・流下方向長 10cm の結果を示しており，流れ方向は左から右である．水制に起因した河床変動について（1）水制周辺の局所洗掘，（2）水制周辺の局所堆積，（3）水制下流域における河床変動の三つについて考察を行なう．

(1) 水制周辺の局所洗掘

最大洗掘深 Z_s は時間経過とともに大きくなり 60 分程度経過した時点で安定する．水制長は長いほど最大洗掘深は大きくなるが，水制長に対する最大洗掘深の比は水制長が長くなるほど小さくなる．設置角度による比較では，傾きが大きくなるほど最大洗掘深は小さくなり，上流側に傾けたものは下流側に傾けたものに比べ最大洗掘深は

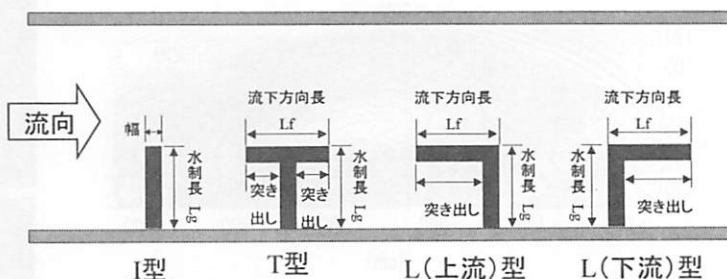


図-1 水制形状

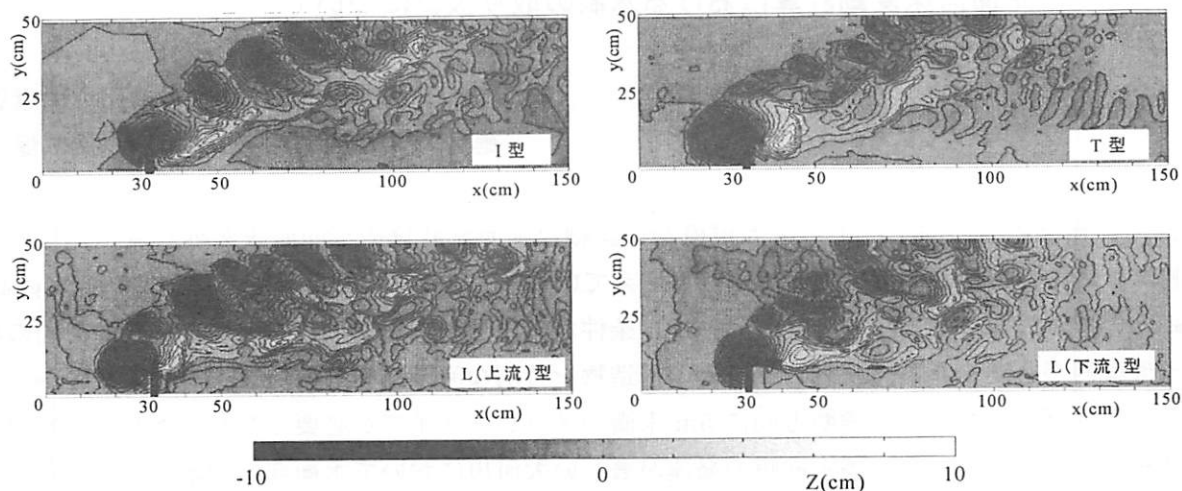


図-2 実験結果

小さい。形状による比較では、L（上流）型・流下方向長 10cm のものが I 型・水制長 10cm より最大洗掘深が小さくなっており、流況解析で見られた上流側に突き出しがあることにより水制上流側に発生する下降流の大きさが小さくなり、pick up により洗掘部から下流に移送される砂の量が減少したためと考えられる。T 型、L（上流）型・流下方向長 6cm のものは上流側の突き出しが短いため下降流を小さくする効果が低く、縮流区間が長くなる影響の方が大きく現れて I 型よりも深い最大洗掘深となったと思われる。

(2) 水制周辺の局所堆積

堆積形状は、I 型において水制背後の洗掘孔の端から堆積が始まっており、下流方向と対岸方向に向け堆積しているが、上流側に傾けたものにおいては対岸方向へ向けての堆積が大きい。T 型、L（上流）型では、対岸方向への堆積が I 型に比べ大きく、L（下流）型・流下方向長 10cm においてもやや対岸方向への発達が見られる。これにより、上流側に突き出しが存在する場合、あるいは流下方向長が長いと対岸へ向けての堆積が顕著になっており、前者の方がその効果が大きいことが窺える。また、水制背後の堆積部分から対岸へ向けて堆積する砂の一部は洗掘孔下流側を囲うように半円状に堆積しているのが認められる。

(3) 水制下流域における河床変動

下流域における河床変動は局所洗掘および堆積の発生とともに水制付近に発生し、徐々に下流対岸方向へ向けて発達している。発生した河床波は砂漣と砂堆の Lower Flow Regime であった。発達過程は、まず、局所洗掘孔の発生と背後の堆積および洗掘孔下流側に半円状に砂の一部が堆積することにより、洗掘孔下流側が安定する。つぎに、堆積の途切れた部分（洗掘孔対岸側）に流れの鉛直方向成分の乱れの影響が現れ河床の砂が移動し、初期平坦河床より凹な部分が発生し、移送された砂は下流域に堆積し凸な河床を形成している。この過程が水制の水跳ね効果により下流域・対岸方向へ連鎖的に発達し、上流側に凹な部分、下流側に凸な部分を形成していった。初期に形成される凹が大きいほど鉛直方向の乱れは大きくなり次に形成される河床波も大きくなる。発達していく角度は下流側に傾けた場合対岸へ向け直線に近い発達を見せている。一方、上流側に傾けた場合は水制近くでは下流側より対岸方向に大きく傾いているが、途中から流下方向に近い角度に変わっている。形状による比較では、L（下流）型・流下方向長 6cm のものが最も流下方向側に傾いており、T 型は他に比べ早い段階で流下方向に角度が傾いている。

5. 結論

本研究においては、水制に起因する河床変動について、時間変化、水制のサイズ・設置角・形状による違いについて考察し、形状や設置角度により、局所洗掘や局所堆積および下流域に発生する河床波の違いが出ることを明らかにした。今後は、数値シミュレーションを用いた河床変動の再現や異なる水理条件での河床変動を解明する必要がある。

謝辞：(財)河川環境管理財団・河川整備基金および瀬戸内金網商工(株)からの助成を得て行われた。記して謝意を表す。