

II-45

流路屈曲部における河床変動に関する研究

大 成 建 設 正 員 梅本正樹
 河川環境管理財団 正 員 芦田和男
 京都大学防災研究所 正 員 江頭進治

1. はじめに わが国の河川は、ほとんどの場合堤防・護岸によって固定されている。その中で徳島県那賀川のように河床低下傾向にある交互砂州河道においては、低水路はある距離河岸に沿って流れ、急に向きを変えて対岸へ移行する流路となっていることが多い。本研究では、このような低水路の流路屈曲部における局所洗掘について実験的に検討する。また、流路屈曲部での外岸・内岸の水位差の推定法についても検討する。

2. 河床形状に及ぼす流路屈曲角、側壁傾斜角及び粗度の影響 実験は流路屈曲部での河床変動を調べるため、図-1のような水路を用いて行った。実験条件は、表-1に示すように屈曲角2種類、側壁傾斜角3種類、粗度3種類である。移動床には、平均粒径0.114cmの砂を用いた。なお、表-1の各実験に対応した平坦固定床実験も行っている。図-2は、各実験の無次元掃流力と最大洗掘深との関係を示したものである。まず、河床変動におよぼす流路屈曲角の影響についてみる。この図でRun1-3（流路屈曲角30°）とRun2-3（流路屈曲角45°）とを比較すると流路屈曲角が小さいほど最大洗掘深は小さくなるのがわかる。これは、流路屈曲角が小さくなるにともない流線の曲率が小さくなるためである。すなわち、曲率が小さくなると、内岸と外岸の水位差が小さくなり2次流の強度が弱まるため洗掘が抑制される。次に河床変動におよぼす側壁傾斜角の影響についてみる。図-2から、Run3-2（側壁傾斜角45°）およびRun4-2（側壁傾斜角30°）は、Run2-3（側壁傾斜角90°）に比べ、洗掘が大きく抑制されているのが分かる。この要因として、次の2つが考えられる。一つは側壁が傾斜していると、洗掘にともない流心部は外岸水際線より離れていく、そのため流線の曲率は小さくなる。もう一つの理由は、側壁によるシェアー効果である。図-3は横断面水面勾配（水位差／川幅）を示したものである。側壁傾斜角は小さいものほど水面勾配が大きくなっているものの、水際付近で水深が小さくなるためせん断力の効果が大きくなり、河床近傍では2次流の強度がかなり抑制される。次に河床変動におよぼす粗度の影響についてみる。棧粗度の形状と設置については図-4に示した通りである。粗度は屈曲部の上流側に50cm、下流側に100cmの区間に設置した。粗度

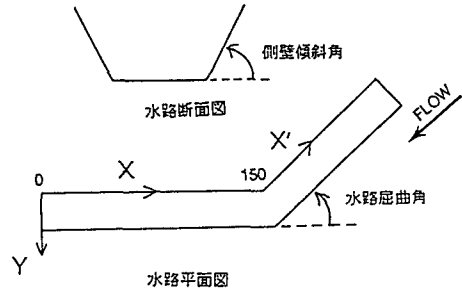


図-1

表-1

実験番号 Run No.	流量 (l/s)	上流部平均 流速(cm/s)	勾配 1/250	水路 屈曲角	側壁 傾斜角	粗度 設置角
Run 1-3	3.96	36.5	1/250	30°	90°	粗度無し
Run 2-3	3.95	35.7	1/250	45°	90°	粗度無し
Run 3-2	3.95	35.2	1/250	45°	45°	粗度無し
Run 4-2	2.80	31.9	1/250	45°	30°	粗度無し
Run 4-3	2.80	32.1	1/250	45°	30°	45°
Run 4-4	2.80	32.3	1/250	45°	30°	90°

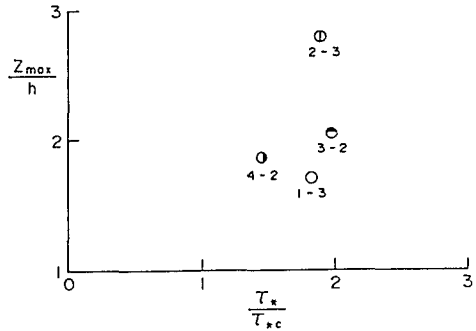


図-2

の無いRun4-2に比べ、Run4-3（粗度設置角 90° ）、Run4-4（粗度設置角 45° ）では洗掘深が大きく水路の底が露出した。この原因としては棧による局所的な擾乱や図-5からわかるようにRun4-3、Run4-4ではRun4-2に比べ粗度の影響で横断方向の水面勾配が大きくなっているためであると思われる。以上のことにより少なくとも屈曲部以外の領域で流砂があまり活発でない条件下では、棧粗度による洗掘抑制効果は見られないことがわかる。

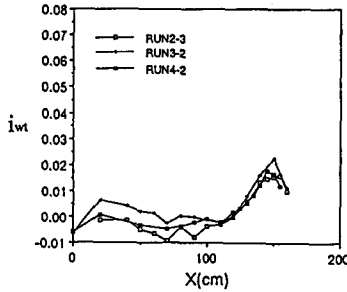


図-3

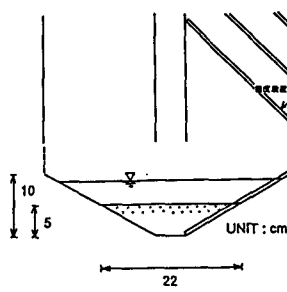


図-4

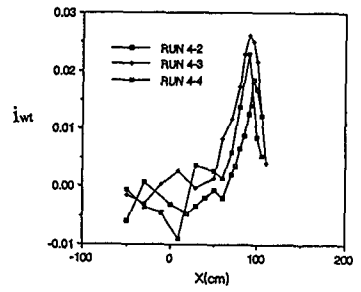


図-5

3. 流路屈曲部での外岸・内岸の水位差の推定 本研究が対象としている流れは非線型性が強く、非線型項を考慮しなくては流れを解くことはできない。ここでは、水位差の最大値に着目し、簡単な線形解析によってこれを求める方法について検討する。図-6のように流路屈曲部を一樣な曲率の曲線で近似する。一樣湾曲の場合と同様、流れ方向に変化がなく、側壁の影響を無視できる領域を考え、横断方向の力のつり合いと比エネルギー一定の条件を用いると、水位差は次式で得られる。

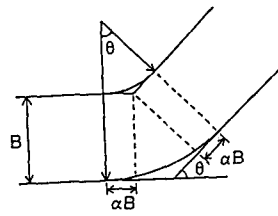


図-6

$$\Delta h = \frac{\bar{u}^2}{2g} \left(\alpha + \frac{1}{2} \tan \frac{\theta}{2} \right)^2 \left\{ \frac{1}{\alpha^2} - \frac{1}{\left(\alpha + \tan \frac{\theta}{2} \right)^2} \right\}$$

ここに、 $\bar{u}$ は屈曲部上流での平均流速、 θ は流路屈曲角である。上式に含まれる α は経験的に決める係数であるがこれが一般的に決定できるかが問題である。図-7は上式を種々の α について描くとともに、これらと実験値とを比較したものである。これらより、 α は平衡河床で0.8~1.0、平坦固定床で0.2~

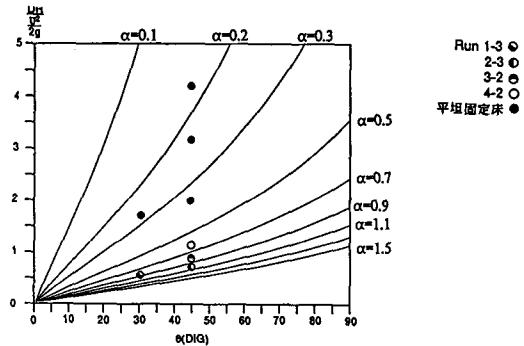


図-7

0.3程度の値であることがわかる。実験ケースは少ないものの α はほぼ一意的に決められる可能性が高いものと思われる。

5. おわりに 流路屈曲部での河床変動におよぼす流路平面形状、側壁傾斜角、粗度の影響について水路実験を行った結果、以上のようなことが明らかになった。本実験では側壁傾斜角が 45° と 30° の場合また粗度設置角が 45° と 90° の場合には顕著な違いは見られなかったが、今後このような知見をより一般的な形でまとめる必要がある。