

網状流河川の洪水時水理特性 に関する実験的研究

EXPERIMENTAL STUDY ON THE CHARACTERISTICS OF BRAIDED CHANNEL FLOW

吉岡成恭¹・宇民正²・硯考史³

Nariyasu YOSHIOKA, Tadashi UTAMI and Takafumi SUZURI

¹学生会員 和歌山大学大学院 システム工学研究科 (〒640-8510 和歌山市栄谷930)

²正会員 工博 和歌山大学教授 システム工学部 (〒640-8510 和歌山市栄谷930)

³非会員 和歌山大学 システム工学部 (〒640-8510 和歌山市栄谷930)

In the Hii river, the flood way is being constructed for the reduction of flood discharge. The river channel is braided and curved in the neighborhood of the diversion point, and we are interested in the river bed change due to the flood. In this paper, experimental study were conducted to examine the flow characteristics of the curved braided channel.

Under the experimental condition, initially 4-mode braided channel-bed configurations appeared and successively 2-mode ones are formed. Photographs were taken of the flow surface under these conditions. The obtained photographs are analyzed by correlation method to obtain velocity vectors over the whole surface and the distribution of the divergence, vorticity, and streamlines are examined. Thus, the flow characteristics under 4-mode bed-configurations were shown quite different from 2-mode ones.

Key Words : Braided river channel, Flow visualization, Turbulence structure

1. はじめに

斐伊川では現在治水対策の一環として斐伊川中流部において新たに放水路を開削する事業が実施されつつある。斐伊川は通常時は網状流河川であり、しかも分流箇所では河道は弯曲しているため、分流箇所の洪水時の流況がどのようなになるか関心が持たれる。

河道特性を理解する上で肝心をなす砂礫堆の概念を導入した木下¹⁾ 2)をはじめ多くの研究者により砂礫堆に関する研究が行われている。複列砂礫堆に関しても木下³⁾をはじめ数多くの研究者により研究が行われているが、弯曲部での複列砂礫堆上の流況を検討したものは数多くはない。また、実際河川では洪水の規模により、複列砂礫堆のモードが変化することも考えられる。

本研究では弯曲部における網状流河川の水理特性を明らかにするために、実験水路を用いて、まず直線部において4モードと2モードの砂礫堆上の流況把握を行い、次に、弯曲部において4モードと2モードの砂礫堆上の流況がどのようなであるか、また直線部での流況とどのような相違がみられるかを実験的に検討を行った。

表-1 実験条件

実験番号		1	2	3	4
		直線部	直線部	弯曲部	弯曲部
mode		4	2	4	2
流量	cm ³ /s	380.0	503.3	440.0	440.0
勾配		1/40	1/40	1/40	1/40
平均水深	cm	0.55	0.54	0.41	0.40

2. 実験方法

実験水路は全長1230cm、幅40cmの木製水路であり、上流より640cmの位置に中心角70°、水路中心線の曲率半径130cmの弯曲部を設けた。河床材料は粒径0.75mmの一樣砂で、表-1に示す様な4モードあるいは2モードの砂礫堆が形成されるような水理条件下で水面流況を把握した。すなわち、流況を把握するために上流から水面にトレーサのコーヒー豆屑を撒き、水路上方からデジタルビデオカメラで撮影を行った。本実験において、水理条件が同じでも時間が経過するにつれ、高次の複列砂礫堆から低次の複列砂礫堆に移行する現象がみられた。

このことについては今後検討する必要がある。しかし今回は弯曲部では同水理条件下で、はじめに4モードの河床条件下で撮影を行い、しばらくして河床形状が2モードに移行した段階で再び撮影を行った。

3. 解析方法

実験で得られた1/15秒間隔の連続画像を多段階相互相関法^{4,5)}を適用して流速ベクトル分布を求めた。相関計算の諸元を表-2に示す。ただし、ベクトルの計算においては解析の精度を上げるために、もとの写真データの隣り合うピクセルの中央に新たにピクセルを挿入し、写真画像の空間解像度をもとの写真画像の2倍にした。次に、得られた流速ベクトルから直線部と弯曲部、それぞれにおいて4モードと2モードの砂礫堆形成時の各種水理量を計算し、それらの分布を図化した。

表-2 相関計算の諸元

画像ピクセル数(pixel)	1280×960
相関窓(pixel)	41×21
検索窓(pixel)	41×41
ベクトル間隔(pixel)	45×11
ピクセル間隔(mm)	0.176×0.176

4. 解析結果とその考察

以下に各実験ケースの解析結果とその考察を示す。主流の流向はすべて左から右である。また、図中に示す破線は砂礫堆の前縁である。

(1) 直線部の流況

a) CASE1(4モード砂礫堆)

図-1は直線部における絶対流速分布、図-2は渦度分布である。これらより、絶対流速、渦度ともに砂礫堆の前縁に沿う斜め方向の連帯性が認められる。これは木下³⁾が指摘する複列砂礫堆の斜め方向の強い連帯性により生じたものであると考える。また、一枚のウロコに相当する砂礫堆に着目した場合、渦度分布より、一枚のウロコの上に正の渦度(左回転)と負の渦度(右回転)が対をなして存在し、ウロコの中心からその前縁に向かって広がる流れが存在していることがわかる。

図-3は二次元発散分布である。これによると一枚のウロコ上に上流部から中央部にかけて正值(湧き上がり)が存在し、前縁付近で負値(沈み込み)が存在することがわかる。その結果、流下方向に比較的長く伸びている発散の正領域と同じく負領域とが、横断方向にウロコの横断方向スケールの半分に相当する間隔で並んでいることがわかる。

b) CASE2(2モード砂礫堆)

図-4は絶対流速分布、図-5は渦度分布、図-6は二

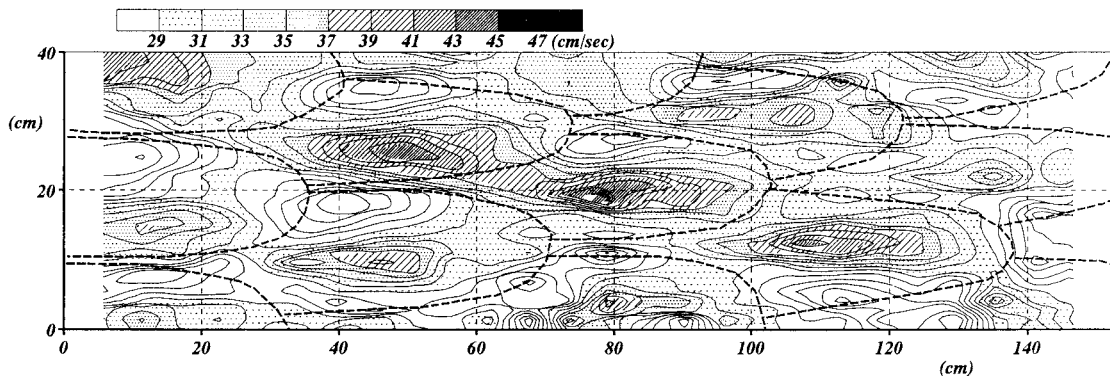


図-1 4モード砂礫堆上の絶対流速分布

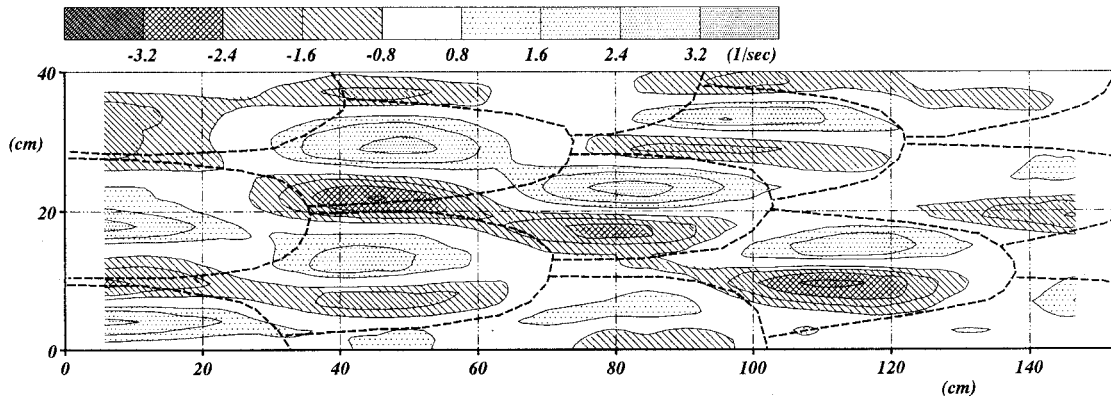


図-2 4モード砂礫堆上の渦度分布

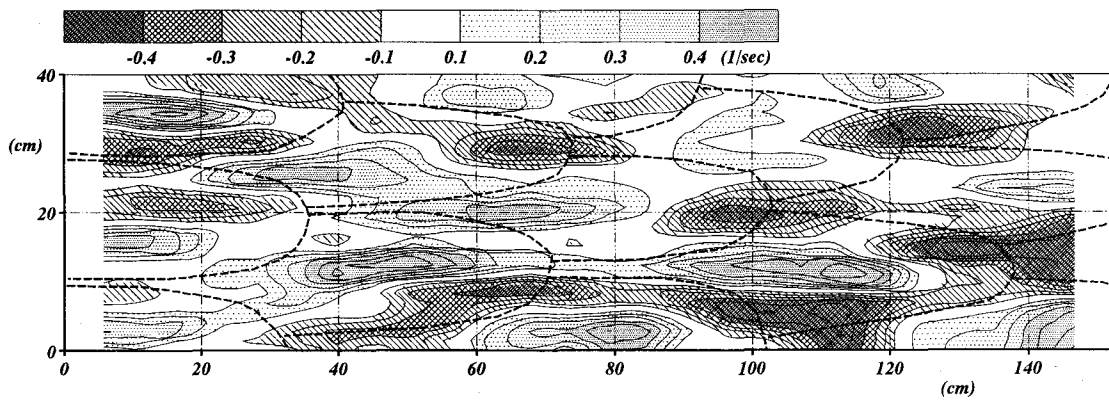


図-3 4モード砂礫堆上の二次元発散分布

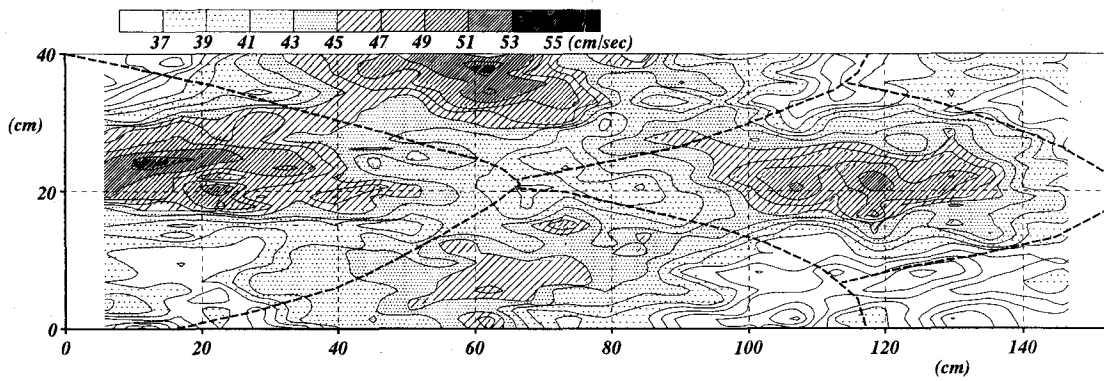


図-4 2モード砂礫堆上の絶対流速分布

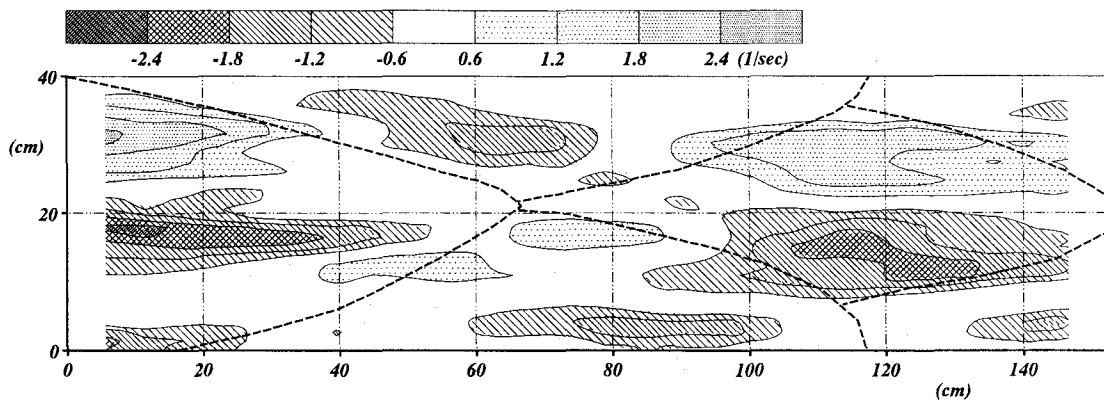


図-5 2モード砂礫堆上の渦度分布

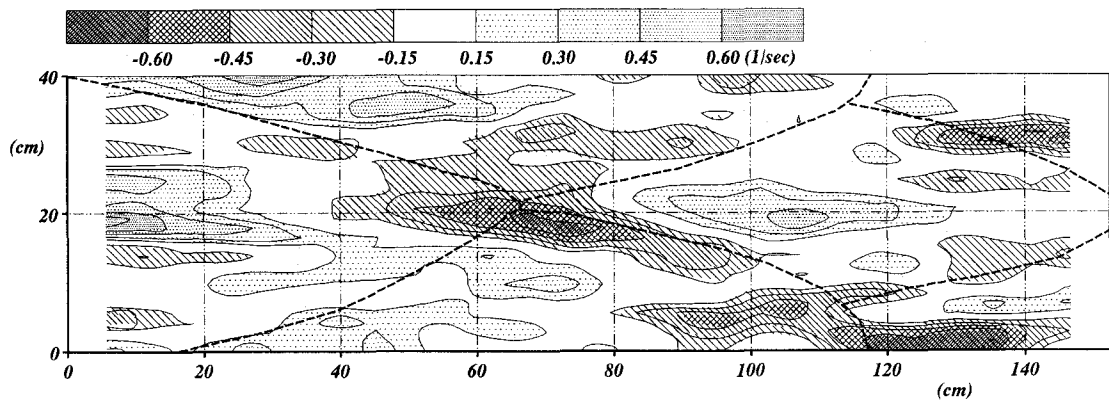


図-6 2モード砂礫堆上の二次元発散分布

次元発散分布である。これらにより、スケールは異なるが、一枚のウロコ上の流況はCASE1の場合と同様であることがわかる。ただし、二次元発散については、2モードの場合はその正領域は流下方向に伸びているが、負領域は前縁に沿って広がった分布をしている。

以上より、直線部における砂礫堆上では、4モードの場合でも2モードの場合でも、各種水理量は一つ一つのウロコに対応した規則的な分布を示すことがわかる。

(2) 弯曲部の流況

弯曲部では遠心力により流れが外岸に寄ると考えられる。そこで各種水理量の分布に直線部と同様な規則性があるかどうか、また、4モードと2モード上の流況はどちらが弯曲部2次流の影響を強く受けるかを検討した。

a) CASE3(4モード砂礫堆)

図-7は絶対流速分布である。弯曲部では4モード上の流速分布は直線部ほど明瞭ではないが、一枚のウロコ上の流速分布は直線部の流れの場合と同様の分布を示している。一方、凹岸側には大きな流速値が分布しているが、これは弯曲部2次流の効果によるものであると考えられる。また、左岸側には寄州が発達したため、そのことも右岸側に流れが寄った原因であると考えられる。

図-8は渦度分布、図-9は二次元発散分布である。これらの図には直線部のような規則性がみられず、全体に

分散した流況になっている。

図-10は流線の模様である。流線の模様が個々の砂礫堆の中心軸線とほぼ平行していることが注目される。

b) CASE4(2モード砂礫堆)

図-11は絶対流速分布である。一枚のウロコ上の流速分布は直線部と同様の分布を示しており、全体の流れにおいても直線部と同様に河床の分布に伴う流速分布がみられる。しかし、流速の大きい箇所が流れ方向に細長くまとまって伸び、4モードの場合と比べると流速の大小の区別が顕著にみられる。2モード上の流れも4モード上と同様に流れが凹岸に寄り、弯曲部2次流の効果がみられる。しかし、本実験では同一流量の下で4モードから2モードに遷移したのであるが、実際河川では洪水時の流量が増加した場合に高次から低次のモードへ移行すると考えられる。したがって、実験において4モードの場合よりも流量を増加させ2モードの流れを見た場合には、弯曲部2次流の効果はさらに顕著に現れたのではないかと考えられる。また、4モードの場合に比べ、凸岸上流部では非常に大きな流速が認められる。これは今後検討の余地があるが、凸岸側に発達した寄州による影響ではないかと考える。

図-12は渦度分布である。一枚のウロコ上で正の渦度と負の渦度が対を成して存在していることは直線部と同様であるが、渦度の分布が外岸に寄っていることがわか

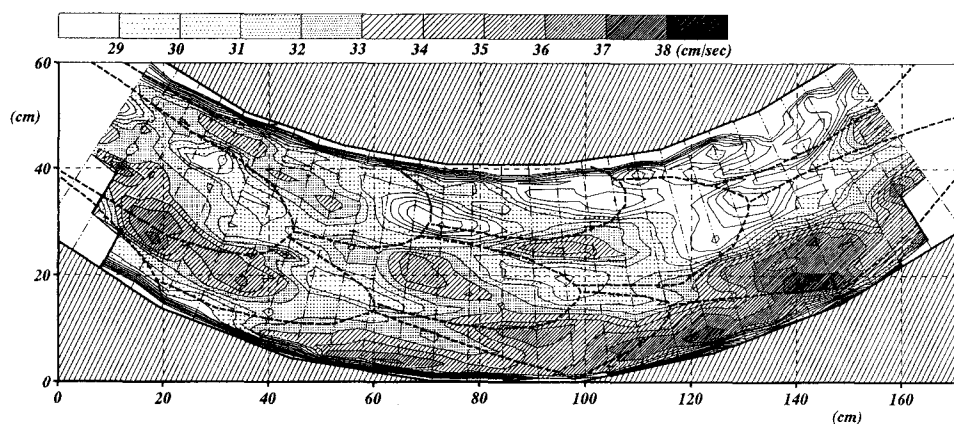


図-7 4モード砂礫堆上の絶対流速分布

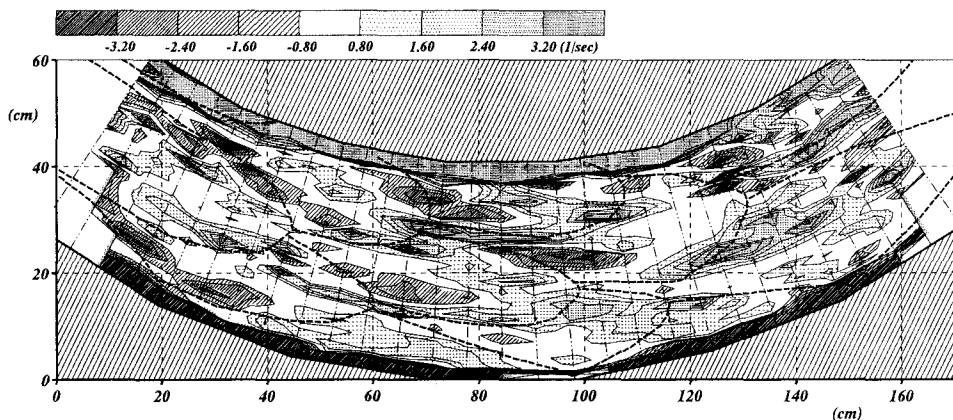


図-8 4モード砂礫堆上の渦度分布

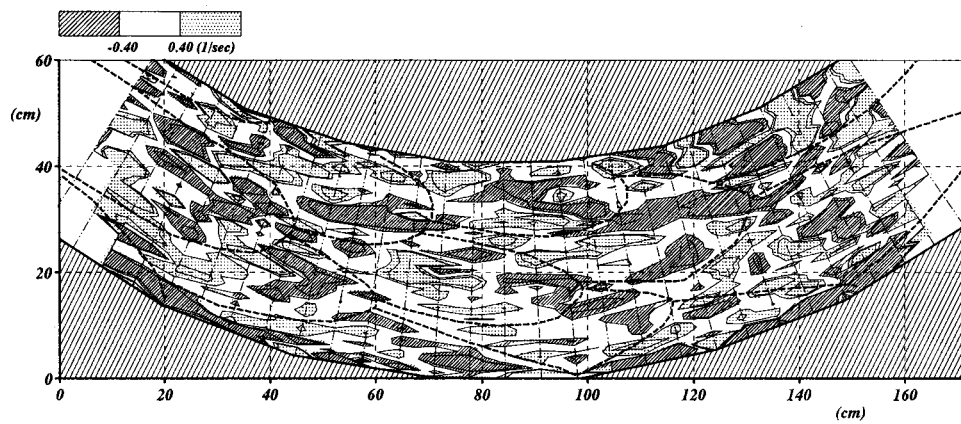


図-9 4モード砂礫堆上の二次元発散分布

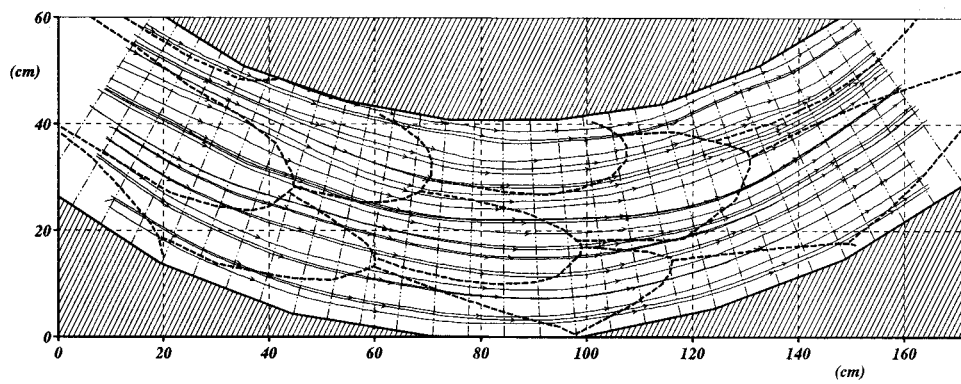


図-10 4モード砂礫堆上の流線

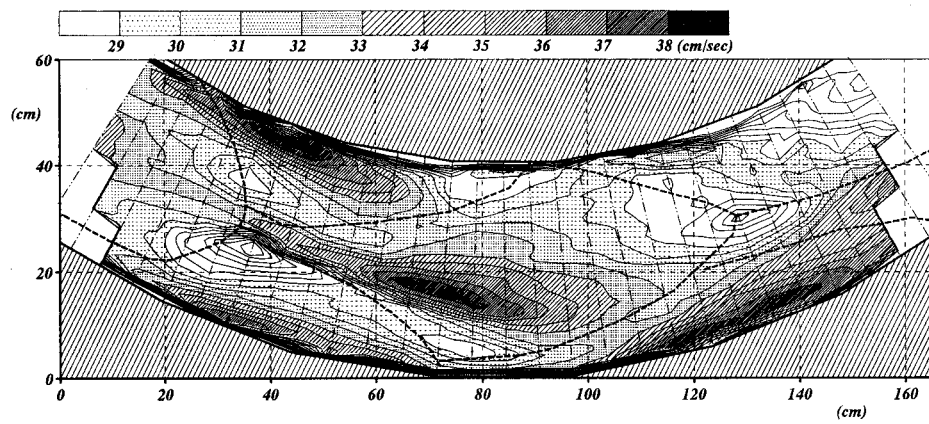


図-11 2モード砂礫堆上の絶対流速分布

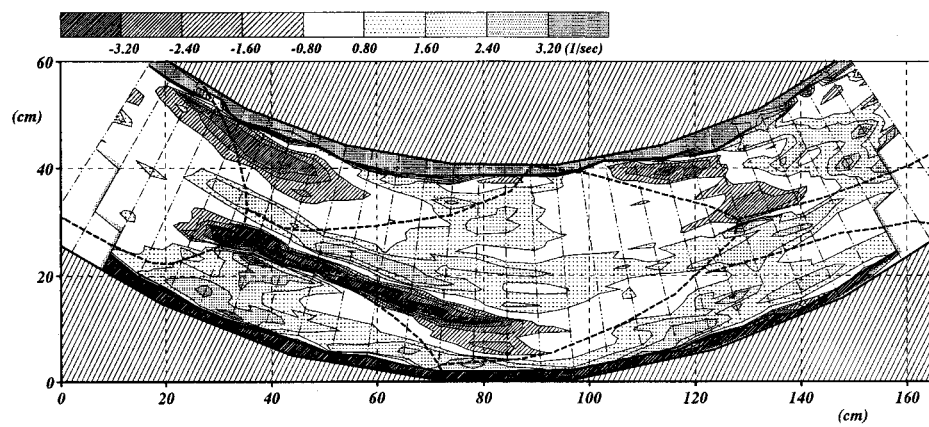


図-12 2モード砂礫堆上の渦度分布

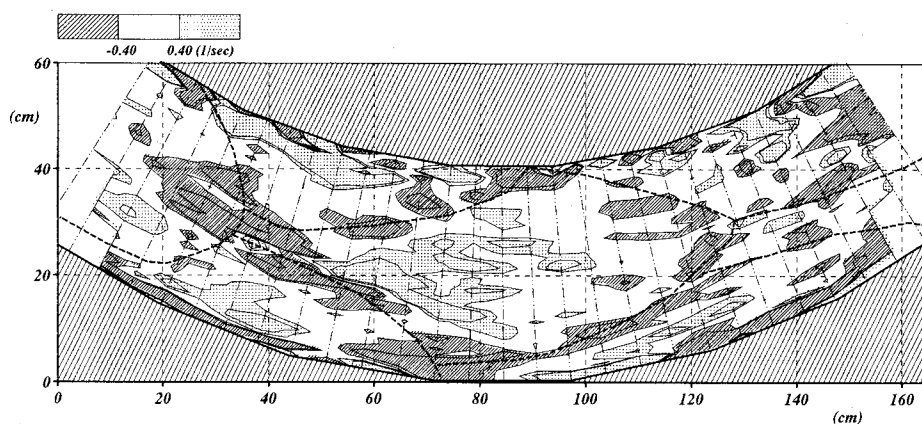


図-13 2モード砂礫堆上の二次元発散分布

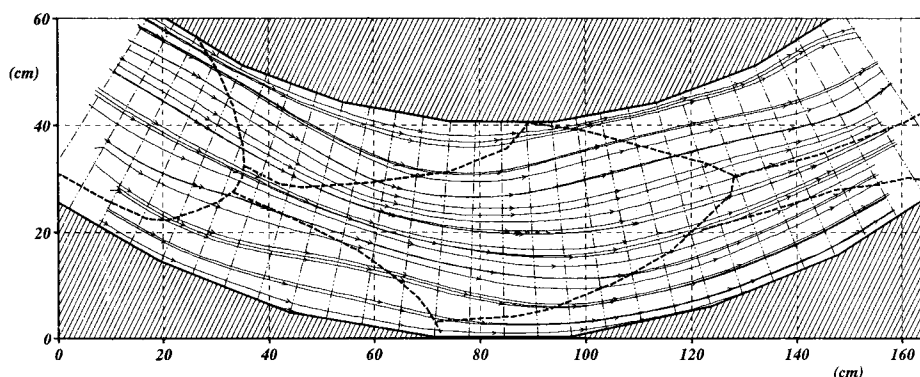


図-14 2モード砂礫堆上の流線

る。また、正負の渦度の境界部付近が図-11の流速の大きい箇所にあたることがわかる。

図-13は二次元発散分布である。二次元発散分布も他の水理量と同様に一枚のウロコ上では直線部と同様な分布を示している。

図-14は流線の模様である。この場合、流線の模様が個々の砂礫堆の中心軸線と平行せず、それらに比べて弯曲の外岸に向かっていることが注目される。

以上より、弯曲部における砂礫堆上の流れについては2モードの場合には4モードの場合に比べて弯曲に伴う遠心力の影響を強く受けることが明らかになった。

5. おわりに

実験水路において4モードと2モードの砂礫堆を形成させ、直線部と弯曲部での流況について検討した。結果として以下のことが指摘される。

各種水理量は一つ一つの砂礫堆に対応した分布を示している。このことは、ある1地点では砂礫堆の流下に伴って流速や流砂量が変化することを意味している。

弯曲部における砂礫堆上の流れについては2モードの場合には4モードの場合に比べて弯曲に伴う遠心力の影響を強く受けることが明らかになった。このことは、実河川で洪水時の流量増加に伴い河床形状のモードが低下すると、弯曲部に伴う遠心力の影響を受けやすくなることを意味しており、河道維持の上で注意すべきことであると考えられる。

参考文献

- 1) 木下 良作：河床における砂礫堆の形成について，土木学会論文集，第42号，pp. 1-21，1957
- 2) 木下 良作：石狩川河道変遷調査，科学技術庁資源局資料，第36号，1961
- 3) 木下 良作：大井川牛尾狭さく部の影響に関する「砂レキ堆相似」による模型実験，建設省静岡河川工事事務所，1980
- 4) 宇民 正・上野 鉄男：写真画像処理による洪水流解析，土木学会論文集，第503号／Ⅱ-29，pp. 1-17，1994
- 5) 木下 良作・宇民 正・上野 鉄男：洪水流航空写真の画像解析，写真測量とリモートセンシング，Vol. 29，No. 6，1990，pp. 4-17

(2002. 9. 30受付)