

II-188 水制近傍における流れの基礎的研究

埼玉大学工学部 学生員 酒井暢彦
 埼玉大学工学部 正 員 池田駿介
 いわき市役所 堀田 稔

1. 研究の目的 流れの中に置かれた構造物の背後には、一般に乱れが生じて渦が発生し流れの様子、流速分布などに大きな変化を与える。これが引いては河床の洗掘、堆積、流路の維持、護岸などに対し大きな影響を与える。従ってこれらの影響を知ることは、河川構造物を適切に設置する上で重要である。本研究ではその一例として水制を取り上げてみた。水制設置の主な目的は水流に対する抵抗を増し、河岸に近い部分の流速を減少させて岸の崩壊を防ぎ、水制背後の土砂堆積を促して堤防護岸の負担を軽減し安全を計ることである。本研究ではこれらの作用を起こす流れを実験によって確かめ、水制近傍における流れの、特にいままで余り論じられていなかった水深方向の変化を明らかにする。

2. 実験概要 水路長8m、水路幅40cm、水路高30cmの勾配可変の直線水路を用いた。その河床に粗度をもたせるために砂（中央粒径： $d_{50}=1.20\text{mm}$ ）を敷き、流速測定のためボンドで固めて実験を行った。手順としては所定の流量、水深が得られるようにバルブ、水路下流端の可変堰を調節し、水制設置前の流速測定をピトー管を用いて行い、次に水制長5cm、厚さ0.5cmの不透過非越流型の水制を設置し水制による水深、流向、流速の変化を測定した。尚、水制先端部は厚さによる影響をできるだけ軽減するため鋭利にしてある。また水深はポイントゲージで、流向は測定点に長さ2cmの糸を垂らしてその角度を分度器から、流速は底面付近はピトー管で、そのほかはプロベラ流速計を用い、それぞれ流向に合わせて測定した。尚、水制設置後の流速測定では、水制による流れの弯曲のためピトー管の静圧管では静圧が正しく測定できないので、精度を良くするため動水管の先端の鉛直線上に新たに、別の静圧管を製作し取り付けた。

3. 水制域の推定法 水制域とは流水の作用から護られた水制背後の領域をいう。水制域の大きさはいろいろな要素により変化すると考えられるが、これまでその力学的解明が十分でなかったため吉川、杉木、芦田ら¹⁾はフルード数が小さく、また水制長に比べて川幅が非常に大きい場合を想定し、問題を二次元化してポテンシャル流れに従い、等角写像から不連続線を求めている。水制域の推定にあたっては、噴出流の考え方を導入し、不連続線上の各点から乱れが拡散するものとしてその包絡線により求めている。つまり、不連続線より内部で運動量の拡散領域を除いた領域を水制域（逆流域）としている（図1参照）。このとき、水制域は後半部において激しい乱れが存在するため、運動量の拡散角度（ α ）を直線的に増加させて求めている。彼らの実験（ $Fr=0.034\sim0.155$ ）により、水制域は前半部（水制長の5.5倍）までは $\alpha=11^\circ 10'$ の曲線にのり、その後は α を増加させて、水制域の全長を水制長の14.5倍とすれば理論と整合することが明かにされている（図2参照）。

4. 実験結果と考察 図2は前述した水制域に、今回実測した鉛直平均主流速の横断分布を重ね合わせたものでもある。この図より実測した水制域は彼らが求めた理論曲線より大きく内部に入っているのがわかる。これは理論ではフルード数（ Fr ）及び $L/2B$ が小さい場合であり、水圧（水位）変化を無視して二次元的に取り扱っているが、本実験では $Fr(=0.69)$ 及び $L/2B$ は大きめであり、水制による水制背後の水位低下は無視できないからである。つまり Fr 及び $L/2B$ が大きくなるにつれ、水制域は理論曲線より内部に入ると考えられ、この値は圧力勾配のない場合の不連続線を基準にして圧力低下量の関数として表すことができ

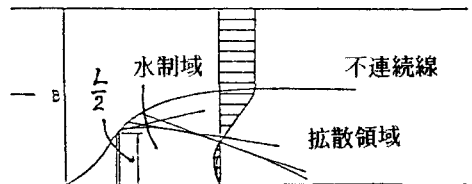


図1 水制域の定義 平面図

B: 川幅 L/2: 水制長

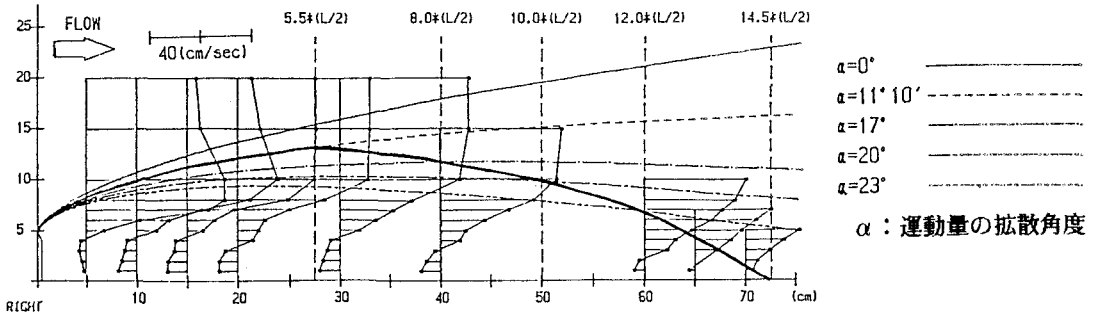


図2 吉川、杉木、芦田らによる水制域（——）と本実験の鉛直平均主流速の横断分布

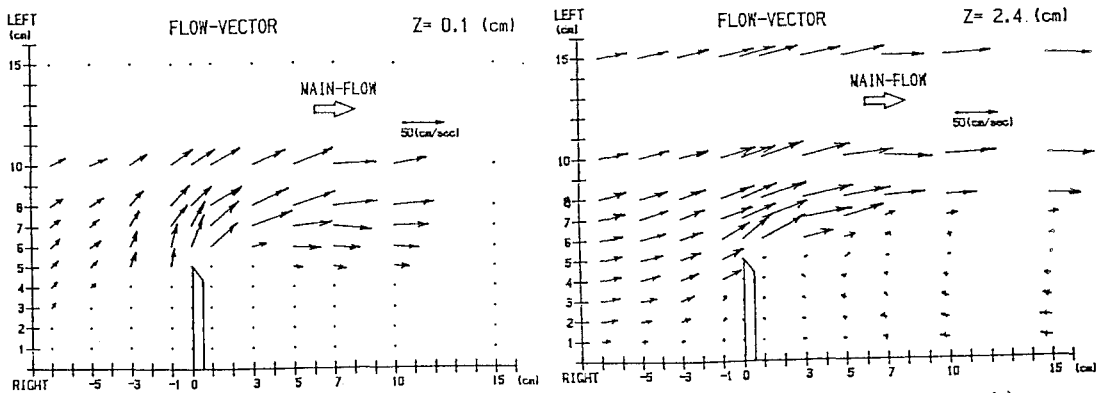


図3 (a) 流速ベクトル（水底付近）

図3 (b) 流速ベクトル（水面付近）

Z: 水底からの距離

と考えられる。

次に水制による流向、流速の水深方向の変化をみるため、水底及び水面付近でこれらをベクトルで表したのが図3である。まず、水制前面においては両者とも水制設置側の側壁付近において、流速については減少効果がみられるが、流向をみると水底付近のほうが水面付近よりも左岸側へ大きく曲げられている。これは水面付近の慣性力の大きい流れに比べて、水底付近では流速が遅く慣性力が小さいためである。水制を過ぎてからも全体的にその傾向にあるが、拡散領域においては流線は逆に水底付近では右岸側へ向か

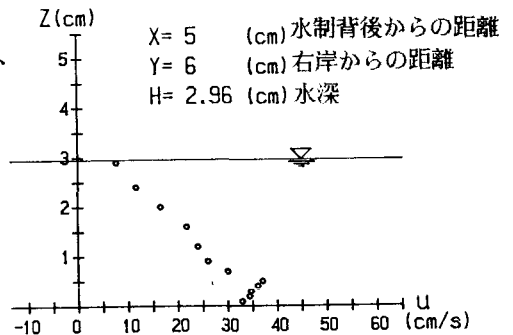


図4 鉛直主流速分布

っていて、更に流速は水面付近よりも大きい（図3、図4参照）。これは水制背後において、水制域の遅い流れが上層で主流域側へ、逆に主流域の速い流れが下層で水制域側へ向かっているためである。この現象は水制先端によって流れが湾曲するためにおこる広義の二次流にほかならず、もし移動床とした場合、水制先端部で局所洗掘された土砂が水制背後では、主流部とこの二次流の相互作用による運動量輸送の結果として水制域内へ堆積することを示唆している。これが護岸保護に重要な働きをするものと考えられる。

5. 結論 i) 水制域を決定するには二次元ポテンシャル流れでは不十分であり、水深方向の影響を考慮した理論を考える必要があることがわかった。 ii) 水制背後において広義の二次流が発生していることが明かとなった。このことから水制近傍の流れは三次元的な要素が濃く、これが河床の洗掘及び堆積に大きな影響を与えているので、更に精密な鉛直方向流速の測定が必要であることがわかった。

参考文献 1) 吉川秀夫、杉木昭典、芦田和雄 「水制に関する研究」 土木研究所報告 昭和29年 2月