

京都大学防災研究所 正員 今本 博 健
京都大学大学院 学生員 ○池 野 秀 嗣

水制の水理機能を解明するには、水制の流れに対する抵抗特性、水制周辺に形成される水制域の特性ならびに水制設置に伴う路床の洗掘・堆積特性などに関する検討が必要であるが、これらの特性は水制の間隔、角度、個数、左右両岸における水制の対称性などの水制配列ならびにこう配、構成材料などの路床状況を含めた広範囲の水理条件と複雑に関係し、その解明はきわめて困難である。本研究は、固定床上に多数個設置された不透過水制を対象として、越流時ならびに非越流時の抵抗特性について、幅40cm、路床こう配1/500の直線水路に長さ4cm、一辺1.6cmの真ちゅう角材を組み合わせた水制モデルを90組用い、種々の水理条件のもとで実験的に究明しようとしたものである。

1. 越流時の抵抗特性

流水の抵抗特性を表示する方法としては、Darcy-Weisbachの摩擦損失係数などの抵抗係数、ChézyあるいはManningなどの経験係数および砂粒粗度の概念を拡張した相当砂粒粗度によるものがあるが、水制とくに全幅粗度（棧粗度）については相当砂粒粗度による表示が慣用されている。しかしながら、相当砂粒粗度表示における路床面の選定基準の不明確さよりも明らかなように、この表示は必ずしも適当であるとはいえないため、以下においては、水制の底面を基準とした水深の大きさにより抵抗特性の検討を行なう。

図-1は、高さ h および幅 b がいずれも1.6cmの水制の越流時における純間隔 c と水深 H との関係を、流量 Q を10.2 l/secの一定に保ち、種々の水制長 l について示したものであるが、 l と水路の半幅 B (=20cm)との比が1の全幅水制についての H と c との関係は一個の極大値により特性づけられるのに対し、 l/B が1より小さな一般の水制の場合、 l/B が十分小さくないかぎり二個の極大値によって特性づけられることが知られる。一方、 $l=12$ cmにおいて Q を変化させた場合、図-2に見られるように、 Q が小さな場合の極大値は一個であるが、 Q が大きくなるにしたがって二個の極大値が認められるようになる。

以上より明かなように、 H と c との関係における二種の極大値のうち一方の極大値は l および Q の大きさにより必ずしも現われるとは限らないのに対し、他方はこれらに関係なく常に現われることが知れ、全者をsub peak, 後者をmain peakということにする。

極大値発生時の水制間隔 c_p と水制が設置されないときの水深 H_0 との関係は図-3のようになり、 H_0 あるいは l

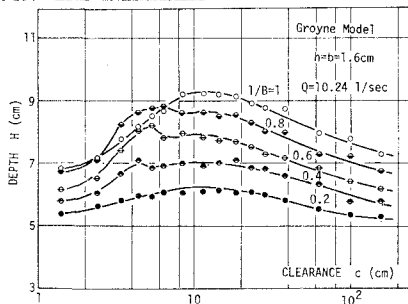


図-1 越流時の水制間隔と水深との関係（流量：一定）

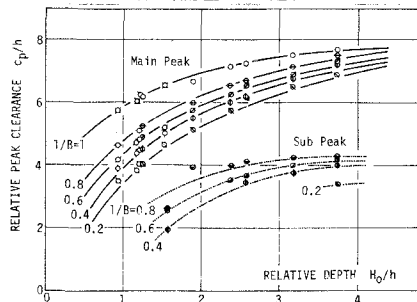


図-3 越流時の極大水深発生水制間隔と無水制時水深との関係

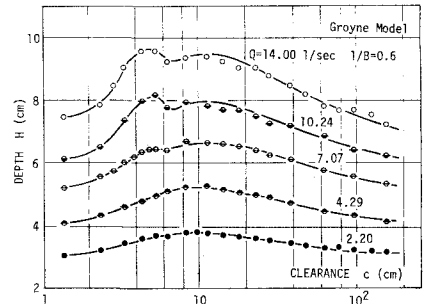


図-2 越流時の水制間隔と水深との関係（水制幅：一定）

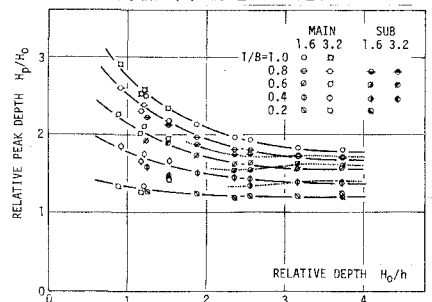


図-4 越流時の極大水深と無水制時水深との関係

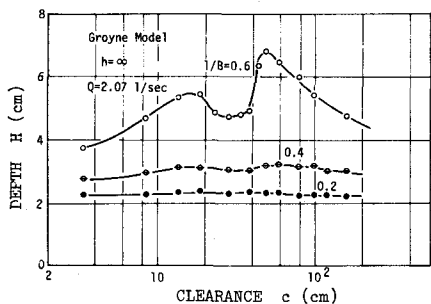


図-5 非越流時の水制間隔の効果

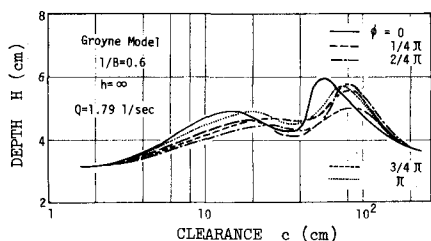


図-6 非越流時の位相差の効果

写真-非越流時の自由表面上における流況 ($Q=2.07$ l/sec)

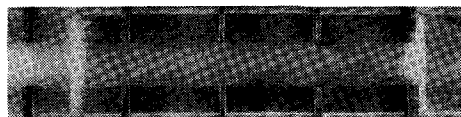
(1)
 $c = 7.4$ cm



(2)
 $c = 16.4$ cm



(3)
 $c = 34.4$ cm



(4)
 $c = 52.4$ cm



(5)
 $c = 88.4$ cm



が大きくなるにしたがって main および sub peak のいずれについても c_p は大きくなり、とくに全幅水制については H_0 が大きくなると c_p/h は 8 に近づいている。また、sub peak の c_p は main peak のその 0.6 倍程度であり、 H_0 の変化に伴う c_p の変化は main peak の場合に比し小さい。一方、極大値 H_p と水深 H_0 との関係は、図-4 に示されるように、 H_0/h が大きくなるにしたがって H_p/H_0 は小さくなり、 $1/B$ が大きいほど H_p/H_0 も大きくなっている。また、 H_0/h が大きくなると sub peak が main peak より大きくなり、越流時の不透水水制周辺に形成される水制域は水制間隔によって複雑に変化することが知れる。

2. 非越流時の抵抗特性

図-5 は、 $b=1.6$ cm の種々の長さの水制について、 $Q=2.07$ l/sec の場合の H と c との関係について示したものであるが、 $1/B$ が大きい場合には顕著な二種の極大値が認められるのに対し、 $1/B$ が小さくなると極大値の存在は不明確となる。また、左右両岸の水制配列の位相を変化させた場合、図-6 に見られるように、 H_p ならびに c_p は位相差 ϕ によって変化しており、越流時とは異なった特性を示している。

非越流時の流況を明確にするため、トレーサーとしておがくずを用いた flow visualization 手法により自由表面上の流況を示すと写真のようになり、 c が十分小さい場合の流れは水制域内と主流部に明瞭に分けられ、主流部の流れはほぼ直進しているのに対し、 c が大きくなると主流部の流れにだ行の発生が見られる。さらに c を大きくすると、一旦、だ行が消えた状態となったのち、再び水路全体に広がる顕著なだ行の存在が認められる。このような流況特性から H と c との関係を検討すると、 H が極大となる場合には主流部の流れにだ行の発生が伴われることが知れ、だ行特性の解明が重要となる。

以上のように、不透水水制の抵抗は、越流時および非越流時のいずれについても、水深と水制間隔との関係における二種の極大値によって特性づけられるが、極大値の発生機構は越流時と非越流時とで一致しているとは限らず、後者については流れのだ行現象に関係することが定性的に確かめられたが、前者については水制近傍の流況が不明のため、現段階において、適確な判断を下せない。本報告においては、水深と水制間隔との関係というきわめて巨視的な観点より不透水水制の抵抗特性の解明に努めたが、今後においては、さらに流れの内部構造に立ち入った微視的な取扱いを進める予定である。