

バンダル型水制による河床低下量予測に関する研究

京都大学大学院 学生員 ○伊藤直樹
 京都大学防災研究所 正会員 中川 一

1. 概要

バンダルとは、バングラデシュにおいて伝統的に使われてきた水制の名称である。同国では、3つの大河川とその支流の流れる沖積平野が国土の大部分を占め、それらの河道が不安定なため、恒常的に水運を行うための水深が得られない箇所が存在する。また、毎年流路が大幅に変動し、土地利用の面で深刻な問題となっている。バンダルは、これらの問題を解消するため用いられ、透過水制の上半分に板を被せた構造をしている。これは河道を安定化し、広く浅い流れから、狭く深い流れに矯正する。[1] 本研究ではこれをバンダル型水制と呼び、この水路に与える影響のうち河床低下に着目し、水制幅の異なる3ケースのバンダル型水制を用いた移動床の水理実験から得た河床低下量とそれを予測する式について考察する。

その結果、河床低下量予測式は実験結果とよく合うことが分かった。

2. 実験概要

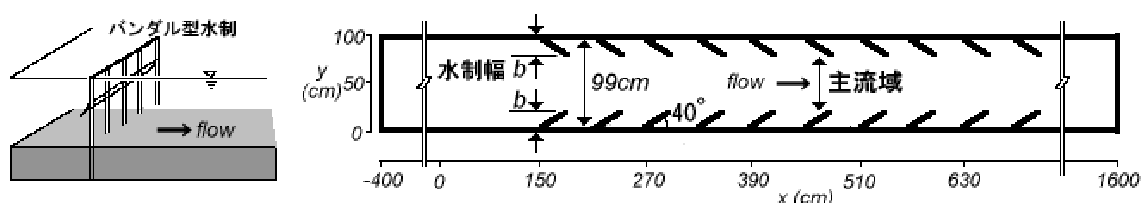


図 1: バンダル型水制の設置

各ケースともバンダル型水制を壁からの角度を40°となるよう設置し、それを60cm間隔で10組水路に配置した。水制幅 b を図1のように定義し、 b を10cmとしたものをケース1、15cmとしたものをケース2、20cmとしたものをケース3とした。今回、図のように水制に流れを阻害されない領域を主流域と定義する。なお、今回の実験においては、上流から給砂をせず、静的洗掘条件で行った。流量は10.52ℓ/s、水路勾配 I は1/3000で、等流水深 h_0 は4.56cmであった。河床を構成する土砂の50%代表粒径は0.19mmである。その結果、各ケースの流砂の平衡時における平均河床低下量はケース1は2.69cm、ケース2は3.10cm、ケース3は3.50cmとなった。

4. 河床低下量予測式

水制による主流域流量の増加分を算定する。ここで上流側3組のみが増加に寄与するとする。各水制の増加分 ΔQ を水制上部の不透過性の板によるものと、下部の杭列によるものに分けて考えると、流速分布がべき法則に従うことを仮定して

$$\Delta Q = \sum_{n=1}^3 \left[\left\{ 2^{-(p+1)} \right\}^n 2bh_0u\delta^{\frac{n-1}{2}} \left\{ 1 - \delta^{1/2} \right\} + \left\{ 1 - 2^{-(p+1)} \right\} \left\{ 2^{-(p+1)} \right\}^{n-1} 2bh_0u\delta^{\frac{n-1}{2}} \right] \quad (1)$$

と表すことができる。ここで p はべき法則の指数（ $p = 1/6$ とする）、 u は断面平均流速である。また δ は水制下部の杭列が刎ねる水量を決定するためのパラメータであり、ここでは $\delta = 0.5$ とする。水制設置区間の主流域では、 ΔQ だけ流量が増加することになる。

キーワード バンダル型水制 河床低下量予測 河床波

連絡先 〒612-8235 京都市伏見区横大路下三栖東ノ口 宇治川水理実験所 TEL 075-611-4391

実際、平衡時の水制設置区間の主流域では河床波が発生しており、これが河床低下に大きな影響を与えていると考えられる。そこで吉川・石川による砂漣砂堆上の流れの抵抗則 [2] を用いて河床低下量予測を試みる。ここで仮定として、河床は侵食堆積の作用で初期の平坦河床から変化しても、水面は初期の等流状態であったときから変化していないとする。この抵抗則によると河床波上での断面平均流速 V は、

$$V = \left(\frac{2gqI}{C'_f + C''_f} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

と表される。ここで g は重力加速度、 q は単位幅流量、 I は河床勾配である。

また、 C'_f は、抵抗のうち河床を構成する土砂が寄与する分であり、

$$C'_f = \frac{h_b}{L} \int_{4.9}^{L/h_b-1} c'_f d\left(\frac{x}{h_b}\right) \quad (3)$$

c'_f は三角波による底面摩擦係数であり、 $c'_f = 2(U_*/V)^2$ で表される。ここで U_* は摩擦速度である。底面摩擦係数 c'_f について、吉川・石川は粗面直角段落下流部での底面摩擦力についての考察を河床波に適用し、これを求めた。 C'_f は、 $L/h_b, h_b/h, k_s/h_b$ の関数であり、その関数形は与えられている。[2] ここで、 L は河床波の波長、 h_b は河床波の波高、 h は河床波上の等流水深、 k_s は河床を構成する土砂自体の等価粗度である。

また C''_f は、抵抗のうち河床波形状が寄与する分であり、

$$C''_f = C_{Dt} \frac{h_b}{L} \frac{h}{h + h_b/2} \quad (4)$$

と表される。ここで C_{Dt} は河床波の抗力係数である。式2に式1の ΔQ より算出される主流域の単位幅流量を代入すると断面平均流速 V 、さらに河床波発生領域の等流水深 h を求めることができる。図2により $h = h_0 + Z_s$ なので河床低下量 Z_s を求めることができる。ここで縮幅率 M として主流域幅を全水路幅で除した値、無次元河床低下量として河床低下量 Z_s を等流水深 h_0 で除した値と定義する。図3にこれらの実験結果と計算結果をそれぞれ表す。

図3より、やや過大な予測値を返すもののよく河床低下量を予測しているといえる。

参考文献 [1] M.M. Rahman, H.Nakagawa, T.Ishigaki and Khaleduz-zaman A.T.M.: Channel Stabilization using Bandalling, 京都大学防災研究所年報, No.46 B, pp.613-618, 2003.

[2] 吉川秀夫・石川忠晴: 砂漣・砂堆上の流れの抵抗について、土木学会論文報告集、第281号、土木学会、pp.55-63, 1979.

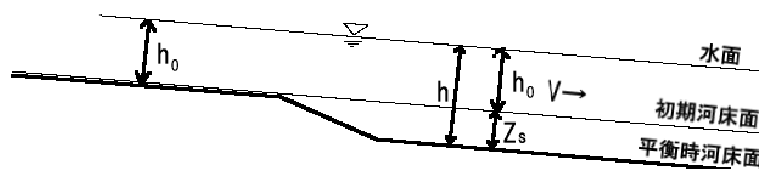


図2: 河床低下量予測モデル

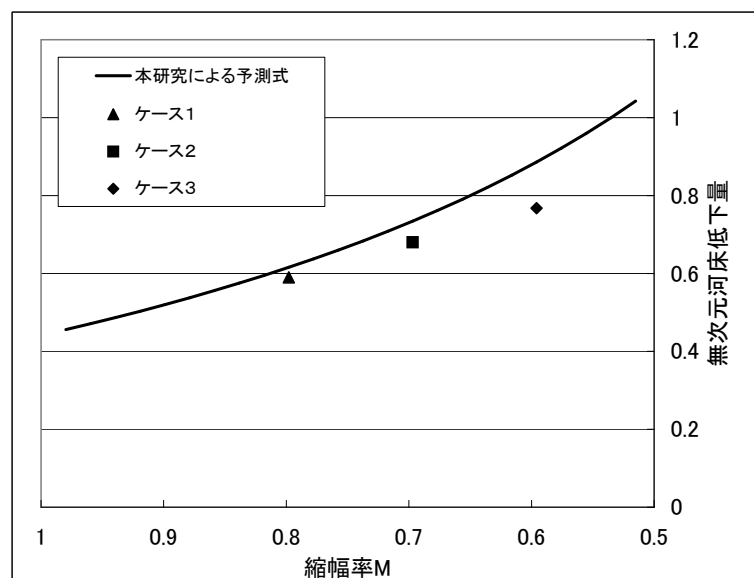


図3: 予測値と実験値の比較