

固定床および移動床水路における段波の流下特性

京都大学防災研究所 正員 村本 嘉雄 正員 大久保賢治
横河橋梁製作所 正員 大間知良晃

1. まえがき：急勾配の固定床および移動床水路における段波の初期変形過程を明らかにするため、一様水路を用いた貯水池決壊段波の流下実験と数値解析を行い、計算の安定性と実験結果への適用性について検討した。実験と計算の方法は既報¹⁾²⁾とはほぼ同様であって、路床勾配を1/50に変え、さらに定常流下の段波の実験を行っている。

2. 数値解析法と実験の概要：漸変非定常流の連続式と運動方程式にMacCormackの数値解析法を適用した。上流端の境界条件である貯水池からの流出流量の時間変化として、乾燥路床では、Ritterの解を拡張した近似解を用い、定常流下では実験で測定した定常流の等流水深と流量をその近似解に加えた。下流端は限界流条件とした。移動床の河床変動解析には芦田・道上の掃流砂量式を用い、境界条件として水路上流端で河床材料の移動限界勾配を、下流端で一定河床高を仮定した。計算の差分間隔は、安定性と分散性を検討し、CFL条件より $\Delta x=0.1\text{m}$ 、 $\Delta t=0.05\text{sec}$ を主に用いたが、路床勾配が大きいため安定しない例もあって特に移動床の場合に安定条件は厳しい。計算安定の無次元パラメータとしてCFL条件を示す $A=\sqrt{gh_0}\cdot\Delta t/\Delta x$ 、底面摩擦と数値粘性の比 $R=(gn^2/h_0^{1/3})/(A\Delta x/h_0)$ を用いて検討したのが図-1である。安定な領域は A が0.2以上、 R が $10^{-2}\sim 1$ となっており、数値粘性が大きいと安定し易いが、歪が生じるので R は1に近い方がよい。この図で

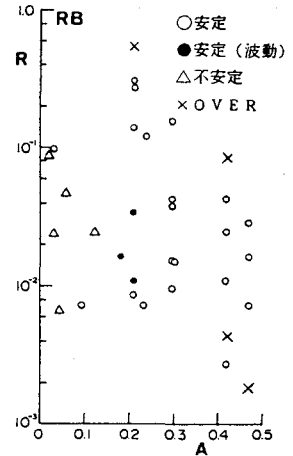
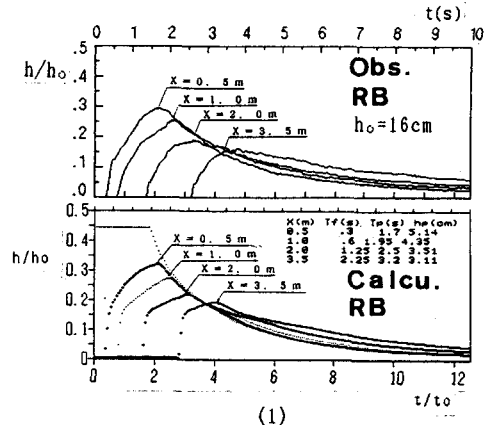


図-1 計算の安定性の検討

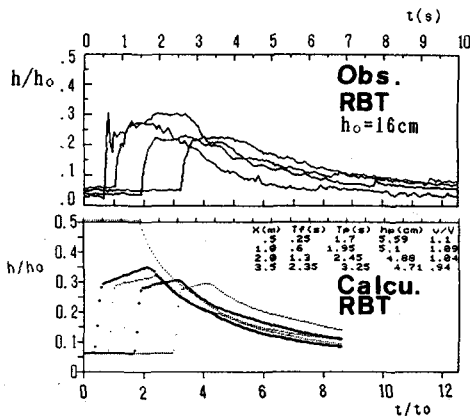
実験装置は長さ4m、幅10cmの長方形断面水路の上流部に貯水槽を設置し、貯水槽下流端のゲートを瞬間的に開いて段波を発生させた。実験条件は路床勾配 S_0 を1/50とし、路床条件、貯水槽の初期水深及び定常流下の流量を変化させた。路床条件は、固定床粗面の乾燥路床と定常流下および移動床で、固定床粗面と移動床には一様砂($\sigma=2.65$, $d=0.85\text{mm}$)を用い、定常流下ではゲート直下流に上から定常流を流した。測定項目は、ゲート下流の4地点での水位(容量式波高計)、流速(プロペラ流速計、固定床のみ)であり、移動床については河床高と流出土砂量の測定及び写真撮影を行った。

3. 固定床粗面水路における段波：図-2(1)～(3)は、それぞれ固定床粗面の乾燥路床(RB)、定常流下(RBT)、および移動床(MB)における水深の時間的変化を、実験(上図)と計算結果(下図)で比較したものである。全体的な波形について検討すると、固定床粗面の乾燥路床では、水深ピークの減速特性や各測点間の波形の変化など、実験値と計算値はよく対応している。定常流下の実験値においては、乾燥路床よりもフロント部の立ち上がりが急激でピーク付近は緩やかとなり、全体的に角張った波形となっている。これらの特徴は流量が大きい場合により顕著であって、計算値にもそうした特徴が現れている。実験値と計算値との定量的比較を、各測点のフロント立ち上がり時点 T_f とピーク発

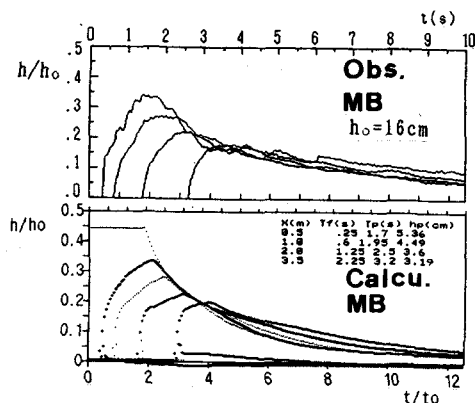


(1)

Yoshio MURAMOTO, Kenji OKUBO, Yoshiaki OMACHI



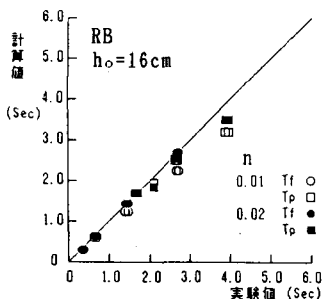
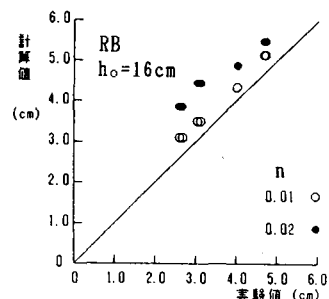
(2)



(3)

図-2(1)~(3) 水深の時間的変化の計算値と実験値の比較

生時点 T_p 、ならびにピーク水深 H_p の特性量を用いて行くと、図-3(1)、(2)のようになる。 T_f, T_p は $n=0.02$ での計算値に近いが、 H_p は $n=0.01$ での計算値の方が近い。これは定常流下、移動床でも同様で、路床粗度に対応した n を用いると伝播時間を小さく、水深を大きく評価する傾向がみられる。水深の時間的変化に関する実験値と計算値の差は、定常流下の場合の方が乾燥路床の場合より若干大きくなる。

(1) T_f, T_p (2) H_p 図-3 (1)、(2) T_f, T_p 、および H_p の計算値と実験値との比較

4. 移動床水路における段波：移動床の実験値は固定床の乾燥路床のものに類似しているが、フロント部の立ち上がりが急激でピーク水深は若干大きくなる。計算値でもピーク水深は同程度に大きくなっているが、フロント部の形状に固定床との差は現れていない。最終河床形状に関する実験値と計算値との比較を図-4に示す。河床変動の伝播過程は実験と計算で類似しており、ゲート直下流で洗掘が生じ、その下流で堆積するが、実験の堆積範囲は広く分布しており、計算では堆積が洗掘の直後に限られる傾向が異なる。これは、平衡流砂量式を用いているためと考えられ、非平衡状態の流砂量式の導入が必要であろう。

5. むすび：今後、移動床条件下での計算の安定性について検討するとともに、水路幅や路床勾配が変化する移動床条件下での段波の流下特性の研究を進めたいと考えている。

(参考文献) 1) 村本・大久保・松井：平成2年度土木学会関西支部年講、II-69、1990

2) 村本・大久保・李・松井：京大防災研年報、第33号B-2、PP. 385-402、1990

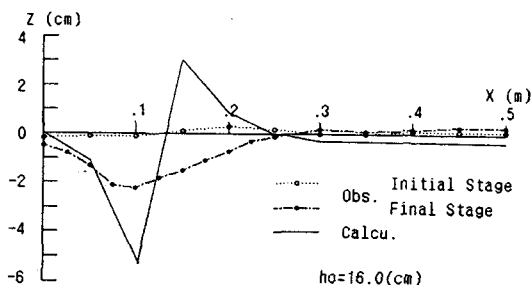


図4 河床変動の実験値と計算値との比較