

段波の伝播特性に関する数値シミュレーションについて (3)

京都大学工学部 正員 岩佐 義朗
 京都大学工学部 正員 〇多田 彰秀
 大阪市 正員 植村 典央
 山口県 市原 充之

1. はじめに： 本研究は，漸変流と比較すれば時間的な変化が急な段波の伝播特性を電子計算機による機械的計算によって数値シミュレーションする方法の開発を目的としたものである。前々報¹⁾では，同族の特性曲線の交差が数学的には不連続解であり，物理的には段波であるという解釈のもとに立ち，運動量解析法に基づいた特性曲線網法による段波の数値シミュレーション法について報告した。前報²⁾では，上述の計算法の問題点を指摘するとともに，それを解決するための計算方法の改良について述べた。さて，本報では，改良した計算方法を用いて得られた結果を示すとともに，それらについて二・三の考察を行ったものである。

2. 基礎方程式： 前報と同様に一様な長方形断面水路内に発生する段波を対象とし，運動量解析法を適用すれば，基礎方程式は，次式によって構成される。

$$\text{連続式} : \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \text{---(1)}$$

$$\text{運動量式} : \frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} + \frac{P U}{g} \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{X \cos \theta}{A} \frac{\partial}{\partial x} (h_g A) = S_0 - S_f \quad \text{---(2)}$$

上式の変数の定義については文献(3)を参照されたい。

3. 段波の伝播速度に関する条件式： いま，図-1

に示されるような理想的な段波を考える。段波波先部の伝播速度を W とし，この速度で移動する相対座標系から段波現象を眺める時，次のような段波の伝播速度 W に関する条件が導かれる。

$$U_1 - C_1 < W < U_1 + C_1 \quad \text{---(3)}, \quad U_2 - C_2 < U_2 + C_2 < W \quad \text{---(4)} \quad \left[\text{ここで } U_i \text{ は } x = a_i \text{ での流速, } C_i \text{ は } x = a_i \text{ での水深 } h_i \text{ の静水上を伝わる微小擾乱の伝播速度である。} \right]$$

両式は，物理的に段波の伝播速度 W が，波先前方($x=a_2$)の微小擾乱の伝播速度よりも大きく，波先後方($x=a_1$)の微小擾乱の伝播速度よりも小さいと解釈できる。表-1 計算ケース

4. 計算方法とその結果： 改良された計算方法の特徴は，段波の波先部でRankine-Hugoniotの条件⁴⁾を満足し不連続性を十分に考慮したものである。計算方法の詳細な説明については，ここでは割愛することにし前報を参照して頂きたい。計算を行うにあたり，簡単のために水路は水平で滑らかなものと仮定する。

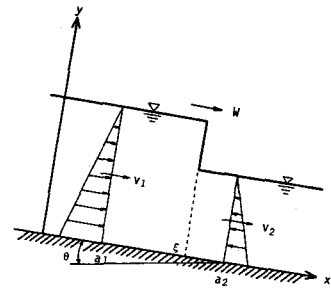


図-1 理想的な段波

Case	水位ハイドログラフ (上流端)	
1		$h(t) = \begin{cases} h_0 + a_1 t & 0 < t \leq 5 \\ 2h_0 & t > 5 \end{cases}$ $h_0 = 0.5 \text{ m}, a_1 = 0.1 \text{ m/sec}$
2		$h(t) = \begin{cases} h_0 + a_1 t & 0 < t \leq 4 \\ 2h_0 & t > 4 \end{cases}$ $h_0 = 0.5 \text{ m}, a_1 = 0.125 \text{ m/sec}$

計算は、表-1に示すような二ケースについて水位ハイドログラフを上流端で与え段波波先の追跡を行った。その結果、計算で求められた段波波先部の軌跡をプロットしたものが図-2(Case1)及び図-3(Case2)である。図中の太線は、初期特性曲線 $x = (V_0 + C_0)t$ を示すものである。両ケースともに段波の伝播速度 W は、時間の経過とともに増加し、その後一定値へと変化しているが、図からも明らかなように初期特性曲線を境とし右側の領域(“静域”とも呼ぶ)内に波先が侵入する傾向が再現できていない。また、段波の伝播速度に関する条件式[(3)式及び(4)式]が満たされているかCase-1を対象として調べてみた。その結果、(3)式は常に満たされているものの、(4)式については図-2中のS点からA点間では全く満たされていないことが確認された。特に、S点すなわちStrelkoff⁵⁾に倣って求めた段波が最初に生じる位置近傍での W は、負値をとっていることもわかった。

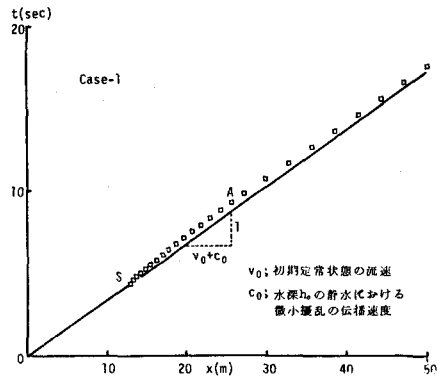


図-2 計算結果 (Case-1)

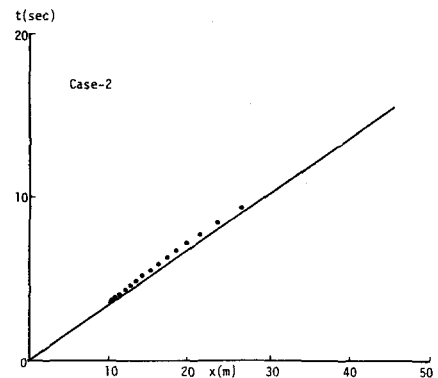


図-3 計算結果 (Case-2)

5. おわりに： 以上のように、定性的にも定

量的にも充分満足いく結果は得られなかった。この理由としては次のような事が考えられる。①波先の計算を行う際に採用している直線近似の精度の問題。②Strelkoffらに倣って求めた段波の生じる位置の信憑性。③段波の発生：発達段階において、段波が完全に形成された状態から導かれたRankine-Hugoniotの条件が成立するのだろうかという事。等々今後、上述の点を中心に検討を行なうとともに計算方法の見直し、改良 必要と、われる。《参考文献》

- (1)岩佐, 植村, 他: 段波の伝播特性に関する数値シミュレーションについて(1), 関西支部年次学術講演概要, 昭和57年。
- (2)多田, 岩佐, 植村: 段波の伝播特性に関する数値シミュレーションについて(2), 土木学会第37回年次学術講演会講演概要集, 昭和57年。
- (3)石原藤次郎編: 水工水理学, 丸善, 1972年。
- (4)岩佐, 井上, 片山: 開水路非定常流の数値計算法について, 京都大学防災研究所年報, 19-B-2, 1976年。
- (5)G.Terjdis and T.Strelkoff: Computation of Open-Channel Surges and Shocks, ASCE, vol.96, HY12, 1970年。