

1. まえがき

ダム破壊による氾濫域の予測法として数値解析法が有力であり、従来より種々の数値解析法が提案されてきている。本研究はその中で著者の一人が提案している計算手法を用いて様々な条件下で計算を行い、計算結果と実験データおよび理論解を比較しながらこの計算法の精度や問題点について検討することを目的とするものである。

2. 計算方法および計算条件

図-1に示すような一様勾配斜面上一次元流れを計算対象とする。流れの支配方程式は浅水理論、計算スキームは leap-frog 法を採用する。計算法の詳細は文献1)を参照されたい。計算ケースを表-1に示す。ここで、 h_1 : ゲートでの初期上流側水深、 i : 床勾配、 α : 空層格子間隔 DX を $0.04 \text{ m} \sim 0.08 \text{ m}$ と $0.14 \text{ m} \sim 0.30 \text{ m}$ 、抵抗係数を $0.0005 \sim 0.005$ 、そして打ち切り水深 $h_c = \alpha \cdot DX$ のみを $0.00001 \sim 0.1$ の間で変化させた。時間格子間隔 Δt は C.F.L. 条件を考慮して 0.015 と 0.045 の二種類のみとした。初期条件として時間 $t = 3\Delta t$ における流量 Q と $t = 2.5\Delta t$ における水深 h を著者の一人が導いた次式によって与えた。

$$Q = \frac{128C_1 h_1}{(12C_1 - \lambda g t)^3} \left[C_1 + \frac{x}{t} - \frac{1}{2C_1} \lambda g x - \frac{1}{4} \lambda g t - \frac{1}{8C_1} \lambda^2 g^2 t^2 \right] \cdot$$

$$\left[2C_1 - \frac{x}{t} - \frac{1}{2C_1} \lambda g x + \frac{1}{2} \lambda g t - \frac{1}{4C_1} \lambda^2 g^2 t^2 \right]^2 \quad \text{--- (1)}$$

$$h = \frac{16h_1}{(12C_1 - \lambda g t)^3} \left[2C_1 - \frac{x}{t} - \frac{1}{2C_1} \lambda g x + \frac{1}{2} \lambda g t - \frac{1}{4C_1} \lambda^2 g^2 t^2 \right]^2 \quad \text{--- (2)}$$

ここで、 $C_1 = \sqrt{8h_1}$ 、 g : 重力加速度。

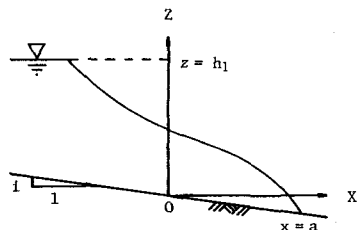


図-1 計算対象流れ

3. 計算結果と考察

表-1は計算値が著者の一人の導出した理論値に対しどの程度の精度を有するかを示したものである。ただし、理論値は次式で与えられるものである。

$$a_{th} = 2\sqrt{8h_1} t + \frac{1}{2} \lambda g t^2 - \frac{h_1}{t} [0.01823P^4 + 0.0173P^5$$

$$+ 0.01247P^6 + (0.00807 - 0.00116 \frac{1}{t}) P^7] \quad \text{--- (3)}$$

$$t = \frac{1}{\sqrt{g}} [0.02431P^3 + 0.02163P^4 + 0.01496P^5$$

$$+ (0.00941 - 0.00135 \frac{1}{t}) P^6] \quad \text{--- (4)}$$

理論値と比較する計算値は実験値に最も適合するものを選んだ。その時の抵抗係数は 0.001 となった。実際の実験水路においてはこの値は小さすぎるが、表-1はこの値と比較している。この時の計算値と実験値の比較も示してある。表中の a_{cal} は計算での先端位置、 a_{exp} は実験での先端位置、 a_{th} は理論での先端位置を示す。また、 X は比較地点を示す。実験データは 3.8 m までは示さ

h_1 (m)	i	X (m)	DX (m)	a_{cal}/a_{exp} (%)	a_{cal}/a_{th} (%)
0.2	0.02	3.8	0.06 0.22	105.5 104.2	86.8 81.1
	0.025	3.4	0.06 0.22	100.6 103.5	79.4 84.1
	0.0333	2.4	0.06 0.22	97.5 100.8	85.0 87.1
0.3	0.02	3.8	0.065 0.24	100.3 101.1	83.8 88.4
	0.025	3.8	0.065 0.24	97.5 94.7	82.1 82.1
	0.0333	3.6	0.065 0.24	96.1 93.3	80.8 80.0

表-1 計算ケースと精度

表-1 計算ケースと精度
表中の a_{cal} は計算での先端位置、 a_{exp} は実験での先端位置、 a_{th} は理論での先端位置を示す。また、 X は比較地点を示す。実験データは 3.8 m までは示さ

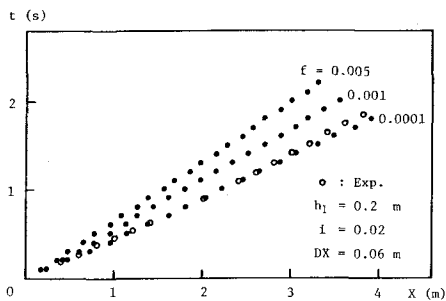


図-2 抵抗係数による先端軌跡の変化

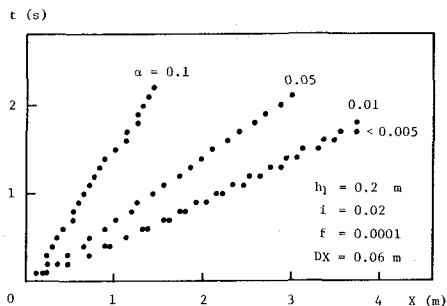


図-3 α による先端軌跡の変化

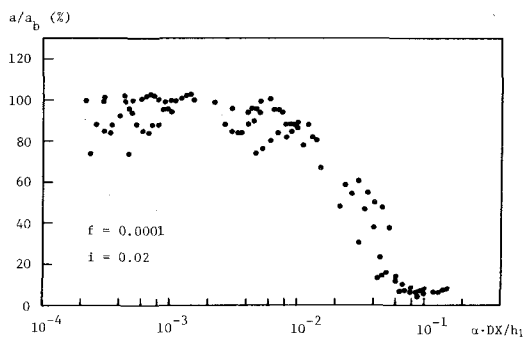


図-4 相対打ち切り水深の影響

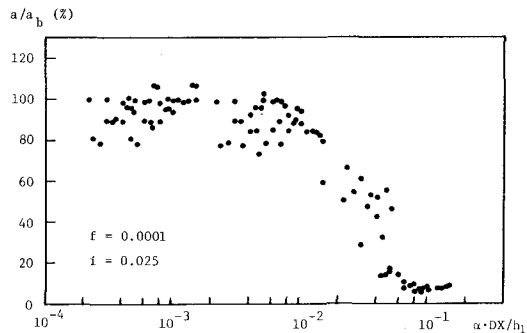


図-5 相対打ち切り水深の影響

しかも理論の適用限界のため比較した位置はそれぞれのケースで異なる。この表によると計算値は理論値の80~90%の精度を有すると考えられる。

図-2は抵抗係数を変化させた場合の先端軌跡の一例を示す。抵抗係数の値によって大きく変化する。

図-3は α を変化させた場合の先端軌跡の一例を示す。 α が0.005以下の場合は全く同じで、それより大きくなると先端は大きく遅れてくる。

図-4、5、6は計算結果に影響すると思われる3つの因子 α 、DX、 R_L よりなる無次元パラメータ $\alpha \cdot DX / R_L$

の値により、計算結果がどのように変化するかを3種類の勾配について示したものである。ただし、これは表-1に示すX点が比較したものである。また、添字bは基準とした計算値であることを示す。この図によると $\alpha \cdot DX$ 、すなわち打ち切り水深が小さく、 R_L が大きくなるほど精度は良くなり、 $\alpha \cdot DX / R_L < 10^{-3}$ となるようにすることが判る。勾配による差はほとんど見られない。以上のことから、実スケールの計算を行う時は貯留水深程度のメッシュ間隔を採用することになるのだから α は0.001以下にすべきだろう。

4. おさげ

以下、本研究の主要な結論を箇条書きする。i) 本研究で用いた数値解析法は理論解の80%以上の精度を有する。ii) α は0.001以下とする必要がある。iii) 実験値を説明するには実際よりも小さな抵抗係数を必要とする。

参考文献 1) Matsutomi, H.: 20th IAHR Congress, (Moscow, USSR), Vol. 2, 1983.

2) Matsutomi, H.: Coastal Eng. in Japan, Vol. 27, 1984 (印刷中)。