

II-187 導流堤のある合流点の水深と流量分布の特性

大阪府立工業高等専門学校 正員 多田博登

1. はじめに

合流点は異なる河状の二つ以上の河川が一つに会合する特異点であり、種々の河川工学的問題が生じる場である。このうち局所的な問題は水位の堰上げ、および移動床においては局所洗掘・堆積、水衝部の発生である。これに対する施策の一つとして導流堤があり、水流に直接働きかけ流向の矯正を期待されている。しかし定量的な機能についてはまだ明らかにはされておらず、線形、規模は模型実験によらねばならない。

本研究は導流堤の流れに与える影響を把握することを目的とし、ここでは固定床水路における導流堤先端より下流の流れに着目して、水深と流量分布の特性を実験的に調べるものである。

2. 模型実験

考える対象は、(1)矩形断面水路、(2)水平床、および(3)流れは常流である。

水路模型は、直線の本川水路に角度 60° で支川が右から合流するもので、幅はそれぞれ30cm、15cmである。導流堤模型は、5mm厚のエンビ板で半径Rの円弧部と長さLの直線部を接続して構成するものとした。円弧部の始点は支川左岸側壁が接線となるよう支川河口部に取り付け、終端は本川水路軸と平行な直線部と接している。実験に用いた導流堤模型は図-1に示している。

実験条件は、(1)導流堤の大きさ(RとL)、(2)設定流量、(3)境界条件(下流端堰高)の組み合わせで決定されるが、実験ケースは特に支川流量が大きいものを採用した。これを表-1に示す。

二次元水面形は容量式波高計によって、主にy方向は5cm、x方向は10cm間隔の測点で計測した。x方向流速は超小形プロベラ式流速計を用いた。測点は大体水深のものと一致させているが、速度勾配が大きい場合はy方向は密にとり、またz方向は水深により適当な3点とした。流向はほぼx方向であることは確かめている。¹⁾

3. 水深の特性と導流堤の幅について

水面形について次のような結果を得た。導流堤より下流の水面形は、下流端条件、すなわち水路下流堰の高さに支配される。導流堤の近くでは水面はほぼ水平で平坦である。しかし下流のフルード数が大きく、また導流堤によって分割される水路の幅が流量比に比べ小さい場合は、その水路内および直下流部に波状跳水状の水面が現われる。これを模式的に図-2に示す。本実験では支川が幅に比べ流量の大きいケースであるから、支川の水面が不安定になっており、一方本川側は平坦である。

運動量方程式を適用して導流堤下流端断面の水深を求めると、下流の基準断面(図-4参照)の水深より小さくなるが実際はほぼ等しい。また水路幅kと流量比iの関係から下流基準断面のフルード数が大きければ解は存在しないが、実験ではこの限界フルード数に近づくとき支川側水面が不安定となることがわかった。限界フルード数 F_* は次式で示される。

$$F_* = \eta \left[\frac{1}{2} - \cos \left\{ \frac{(2\pi - \cos(2/\eta^2 - 1))}{3} \right\} \right]^{2/3}$$

ここに $\eta = i^2/k + (1-i)^2/(1-k)$ ----- (1), (2)
記号i, kは図-4の通りである。

ゆえに、下流のフルード数と流量比が与えられれば、水面が安定となる(跳水が生じない)導流堤の幅kの範囲が求め

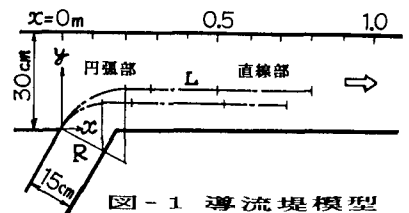


図-1 導流堤模型

表-1 固定床実験ケース

γ-ス No.	水深(cm) R-L	水深 W(cm)	流量 (L/sec) 刻Q ₁ 刻Q ₂	γ-ス No.	水深(cm) R-L	水深 W(cm)	流量 (L/sec) 刻Q ₁ 刻Q ₂
1-1	15-60	0	1.366 1.646	3-2	15-10	0	1.366 1.646
1-2	15-60	2	1.366 1.646	3-3	15-10	2	1.366 1.646
1-3	15-60	0	2.445 1.646	4-1	24-60	0	1.366 1.646
1-4	15-60	2	2.445 1.646	4-2	24-60	2	1.366 1.646
1-5	15-60	2	1.366 1.227	4-3	24-60	0	2.445 1.646
2-1	15-40	0	1.366 1.646	4-4	24-60	2	2.445 1.646
2-2	15-40	2	1.366 1.646	5-1	24-30	0	1.366 1.646
2-3	15-40	0	2.445 1.646	5-2	24-30	0	2.445 1.646
2-4	15-40	2	2.445 1.646	5-3	24-30	2	2.445 1.646
3-1	15-10	2	1.366 1.227	5-4	24-30	2	1.366 1.646

られる。これを図-3に示す。図からわかるように、フルード数が大きくなる程流量比と水路幅比は一致させるのが望ましいが、小さければ許容範囲は広がっている。

4. 流量分布の特性

導流堤先端より下流の流れは本来3次元現象であるが、これを簡明な2次元現象として取り扱うことができる巨視的な量として単位流量分布を考える。これは水深と流速の実験結果から求められ、ケース1-1の例を図-5に示す。図において、 $x = .75m$ は導流堤先端直下流断面であり堤に位置は図中に直線によって示されている。流量は支川側に偏っているが、 x の増加とともに広がって行き十分下流では左右対象分布に近づくような挙動がみられる。これは2次元同軸壁面噴流の流速分布の拡散に類似しており、拡がり幅を表わす長さの尺度の概念の応用として、対象は狭い水路で流量が保存されることから、設定した支川と本川の流量比に配分される y 軸上の位置を考える。すなわち長さの尺度として次式を定義する。

$$Q_1 = \int b \cdot q \cdot dy \quad (3), \text{ここに } q: \text{単位幅流量である。}$$

実験値を流下距離によってプロットしたものが図-6である。 x' は導流堤先端断面を原点とする x 方向距離で、 b_0 は支川幅である。図からわかるように、 b は x' の増加とともに均一分布における b の値 b_* ($b_*/b_0 = i/k$) に漸近し、導流堤先端近くの拡がり方が下流よりも大きい。 b_*/b_0 が等しければ同一曲線上に乗っており、導流堤先端断面の位置および水深の大きさの効果はほとんどみられない。 b_*/b_0 の値が大きい程勾配が大きい。この長さの尺度を用いた支川側の流量分布は図-7に示しているが、相似性が見られる。これによって導流堤下流部の巨視的流れを表わすことができる。

5. おわりに

本研究は自然災害特別研究（代表者：北大、岸力教授）の補助を受けた。また阪大、室田明教授の御指導を得ている。記して謝意を表します。また実験、解析において長岡技大、加納仙一、豊橋技大、山口重行両君の援助を受けたことを記するものである。

参考文献

1) 関西年講、S60

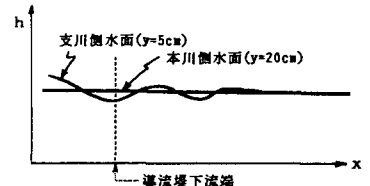


図-2 水面形模式図

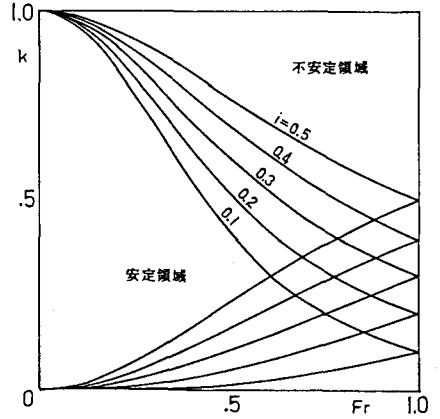


図-3 導流堤の幅

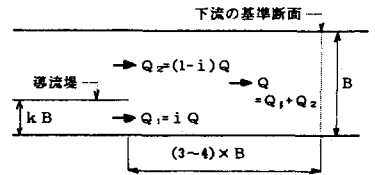


図-4 記号の説明

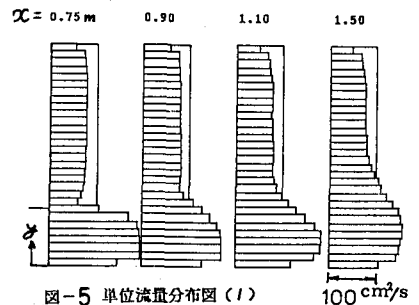


図-5 単位流量分布図 (1)

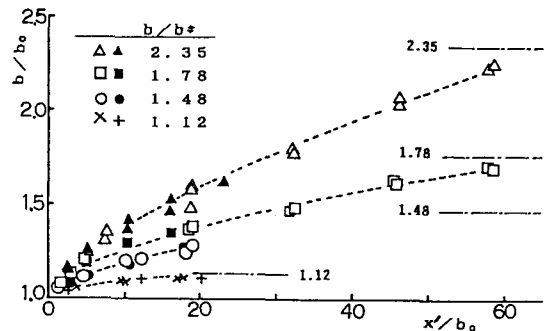


図-6 流量比による長さの尺度

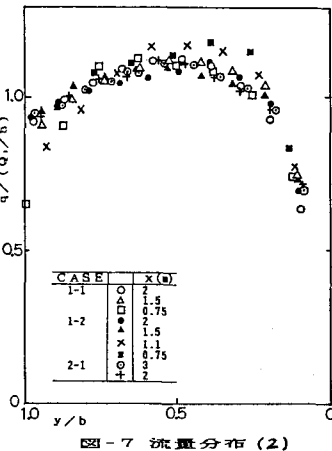


図-7 流量分布 (2)