

乱流状態の転波列の空間的発達過程に関する研究 Spatial Development Processes of Roll Waves in Turbulent Open Channel Flows

○細田 尚・白井秀和・金澤直矢

○Takashi HOSODA, Hidekazu SHIRAI, Naoya KANAZAWA

Although roll waves have been well studied as a basic unsteady open flow in a steep channel, there are still unresolved problems. In this paper, we dealt with the formation mechanism of a dominant wave length in roll wave trains by means of numerical simulation. To clarify the formation processes of the wave composition, the numerical simulation was conducted under the two upstream boundary conditions with and without periodic disturbances of discharge. It was pointed out that when the period of disturbances increases, the waves in the upstream region are broken up into a few waves with short wave lengths and the wave lengths of simulated results without disturbances exist in the range of the short wave lengths after breakup.

1. はじめに

乱流中の平衡状態にある転波列の波長，波高について，岩垣・岩佐は Dressler の理論を浅水流方程式に適用してエネルギー補正係数 α が 1.05 としたときの理論解析結果が実験結果と適合することを示した。Dressler の原論文では $\alpha=1$ としており，この場合波形は一意的に定まらない。一方， $\alpha=1$ でも Vedernikov 数が 1 を超えると基礎式系は不安定になることはよく知られている。本研究ではこの点に留意して， $\alpha=1$ とした基礎式系を用いて数値計算を行うことで転波列の空間発達過程について検討するとともに，一意的な平衡波形が存在するかについても検証する。

2. 計算条件

数値解析法には有限体積法を適用し，運動量式中の移流項の離散化には，一次精度風上差分と QUICK スキームを流速制限関数 minmod limiter によりブレンドしたスキームを用いた。転波列は擾乱が流下しながら発達することによって発生する。本研究では，表-1 に示したように，上流端の流量に周期的擾乱を与えた場合と与えない場合で計算を行い，空間発達過程を比較した。

表-1 計算条件

	擾乱周期	格子数	格子幅	水路長
Case1	0.6 sec	20000	0.01 m	200 m
Case2	1.2 sec			
Case3	6.0 sec			
Case4	無し	50000	0.02 m	1000 m

3. 計算結果の考察

Case1~Case4 における水深の空間分布を図-1 に示す。Case1~Case3 の結果から，与える擾乱周期が大きくなるにつれて，波高が増加する傾向にあることが確認できる。一方で，Case4 の波高は，Case3 の波高とほとんど変化が見られないことがわかる。つまり，擾乱周期が大きくなるにつれて波高は増加するが，ある程度大きくなると波高は平衡に達し増加しなくなる。この平衡波高は擾乱を与えない場合の波高とほぼ等しい。また，波長の流下方向の変化過程をみると，Case1, Case2 では転波列発生直後から波長は一定となっており，擾乱周期の増加とともに波長も増加する。これに対して，Case3 では波は分裂し複数の波長をもつ転波列が発生する。擾乱を与えない場合の波長分布はランダムになるが，Case3 の波長の範囲に入っていることがわかる。

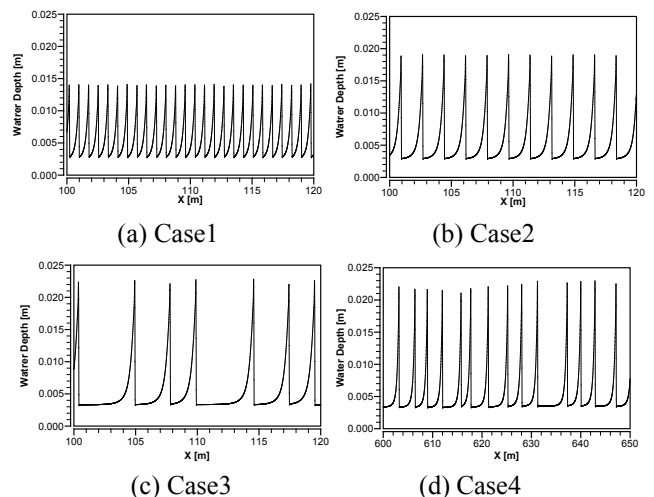


図-1 水深の空間分布