

転波列流れの発生挙動について

大阪産業大学工学部 正員 宮島昌弘

1. はじめに

本研究は、転波列の発生挙動について、主として擾乱発生と発生箇所について実験的に検討したものである。水深の浅い急勾配水路において、Fr数がほぼ2を越えると自発的に発生する転波列を伴うことはよく知られている。しかしながら、この出現する転波列流れの具体的な発生状況についてはあまり知られていない。ここでは転波列の発生箇所と発生数について、水理条件を固定し、主として水路幅を変化させた結果について報告する。発生数と発生箇所および水路幅に関する比較的明瞭な観察結果が示されている。

2. 実験条件と方法

実験は、水路幅40cm、長さ3.3mの亚克力製可変勾配水路を用い、水路勾配を1/5.4、1/5.8の2ケース、流量1.2 (l/s)と0.83 (l/s)の2ケースで、水路幅を10cm、20cm、40cmの3種類変化させて行った。水深の測定は超音波式水位計、周期の測定は目視観測と記録計で行った。転波列発生状況はビデオカメラを用いて観測した。観測時間は15secを基準とした。実験条件としてはフルード数は約5； $Fr=U/\sqrt{gh_m}$ 、レイノルズは約1800および1200程度； $Re=Uh_m/\nu$ 、である。ここに、 $U=Q/(Bh_m)$ 、 B :水路幅、 ν :動粘性係数。

3. 転波列の発生状況について

転波列流れの状況を観察すると、まず上流部の様々な所で擾乱が発生している様子が観察される。そしてこの発生した擾乱（転波列の種のようなもの）が、ある程度の距離を経て、転波列流れを形成することが観察される。ここでは転波列の発生箇所と発生数に着目して、整理・検討する。

(1) 転波列の発生箇所と発生数

図-1は、水路幅40cm、流量1.2 (l/s)の場合の擾乱発生数と発生箇所の整理をしたものである。観測場所は上流から1m程度までの地点を設定した。水路底、水路側壁、衝撃波の交点の3種類について擾乱発生を観察した。水路の底からの発生としては、水路のデコボコ・微小な突起・ゴミの存在を起因として発生したものが考えられる。また水路側壁からの発生も同様であるが、側壁からの発生の場合は、衝撃波の壁面への衝突も加えられる。そして開水路衝撃波の交点からの擾乱発生である。図-1には15秒間に発生した擾乱の数をこれら3つに分けて示してある。ここでは49個の擾乱発生が観測された。内訳は図の如くであり、水路底、水路側面、衝撃波の交点の順となっている。図-2には流量1.2 (l/s)の場合について、水路幅を変化させて得られたすべての結果を合わせて示している。擾乱発生数のばらつきはあるが、3種類の発生箇所と発生数は同じような傾向を示している。それぞれの水路幅についても同様であるが、全体としても、水路底が一番多く、次に水路側面、衝撃波の交点の順である。

(2) 水路幅から見た転波列擾乱の発生比率

図-3は、図-2に示した発生箇所別を水路幅別にして示したものである。水路幅が大きくなると、水路底の発生比率の増大が明瞭である。50%程度から70%程度に増えている。また水路側面については水路幅の増大に伴い30%程度から20%程度に減少している。これは水路幅が広い

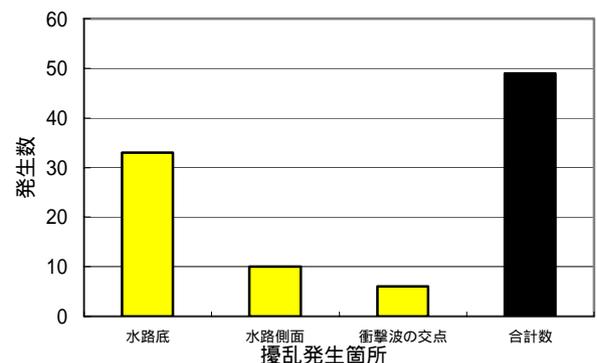


図 - 1 擾乱発生箇所と発生数(1ケース)

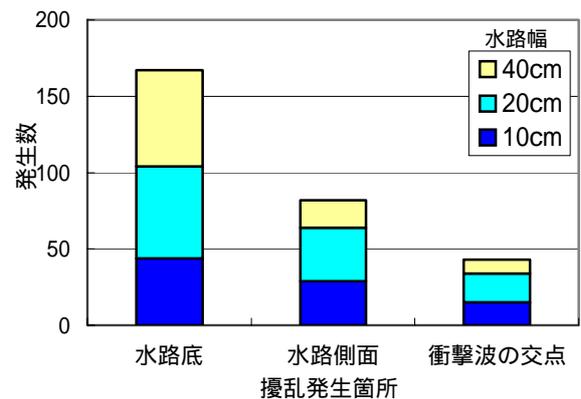


図 - 2 擾乱発生箇所と発生数

と、水路の様々な底の状況が反映されて擾乱発生が多くなる可能性が高いこと、つまり水路底の面積に対応しているものと考えられる。また衝撃波の交点起因の擾乱は、水路幅の増大に伴い発生比率は小さくなっている。これらは、水路幅の増大に伴う側面効果の減少と考えられる。対応する側面長さを固定していることから、衝撃波の側面反射による衝突数の減少や衝撃波の交点数の減少が、これらの結果を示していると考えられる。

4. 擾乱発生周期と転波列周期

これら発生した擾乱について、その観測時間（15秒）を発生した擾乱数で割った値と水路下流部（上流から3mの位置で観測された周期について、その挙動を確認する意味で、図-4に水路幅別にそれぞれの周期を示した。まず、10cm幅では擾乱周期が0.25秒から0.3秒程度に対して、形成された転波列周期が0.34秒から0.4秒程度の周期となって流下しているのが観察される。同様にそれぞれの水路幅でも擾乱発生周期より大きな周期で転波列が流下していくのが観察される。擾乱発生から形成期を経て転波列流れが流下していくパターンの結果を示しているものと推察される。これは初期の転波列流れの典型的なパターンであると考えられる。平均的にはそれぞれの水路幅で擾乱周期に対して1.5倍から1.1倍の転波列周期となって流下している。さらに不明瞭であるが、擾乱周期は水路幅の増大とともにその周期が大きくなっているようである。ここに水路幅と擾乱周期との関係が示されている。つまり水路幅の増大に伴う水路側壁の影響の低下傾向が示されていると考えられる。さらに検討の必要がある。

5. 流量条件を変えた場合の擾乱発生比率

ここまで流量条件を約1.2(1/s)で整理してきたがここでは、流量0.83(1/s)での水路幅別擾乱発生比率を図-5に示しておく。水路底については、図-3とほぼ同様のパターンが示されているようであるが、水路側壁や衝撃波の交点についての発生比率がかなり異なっている。これにはレイノルズ数に関わる因子が影響を及ぼしているものと考えられる。

6. 結論

自然擾乱発生数と発生率の挙動について検討した。その結果、

擾乱発生数と発生箇所についてかなり明瞭な傾向が観測された。(図-1, 2)

水路幅と擾乱発生比率についても同様に明瞭な結果が示された。(図-3, 5)

擾乱周期と転波列周期との関係について、擾乱発生、転波列形成、転波列流れへの周期に関する1つの傾向が示された。(図-4)

今後、観測数、観測時間を検討して定量的な議論をしていきたい。

尚、これらの観測は、大阪産業大学工学部 都市創造工学科の平成16年度水工学研究室卒研究生、寺島宏和君・寺地一晃君によるものである。ここに記して謝意を表す。

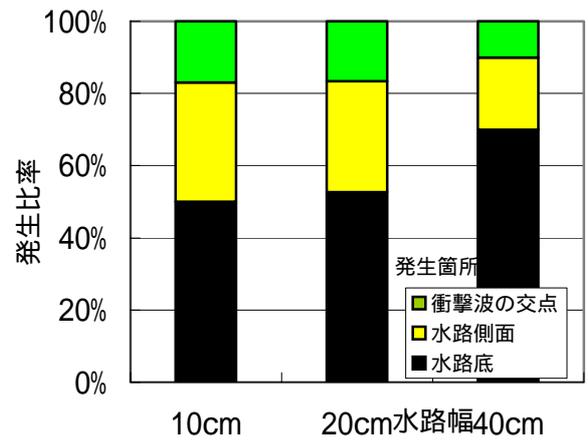


図-3 水路幅と擾乱発生比率

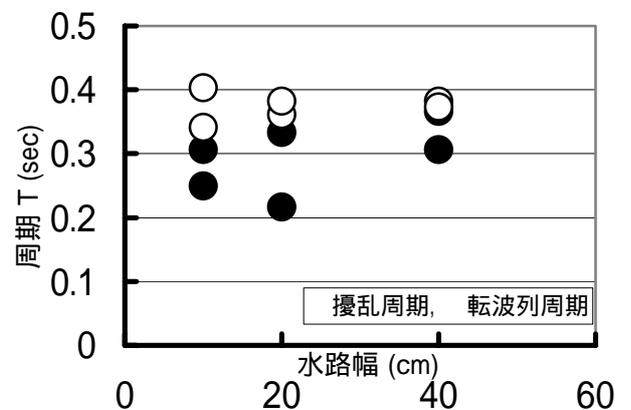


図-4 水路幅と擾乱発生・転波列周期

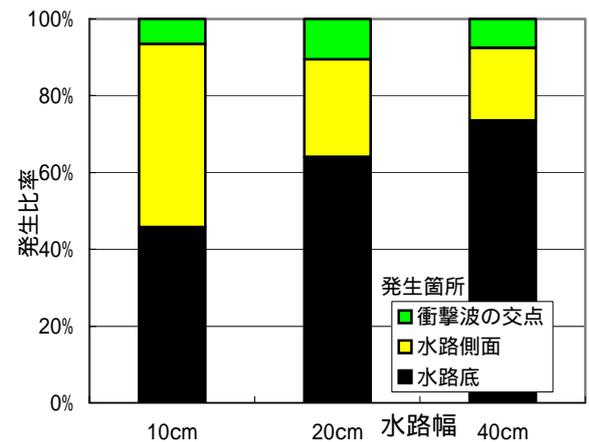


図-5 水路幅と擾乱発生比率
流量 0.83(1/s)