

第Ⅱ部門 浅水状態の粗配置栈粗度流れにおける三角波の三次元計測

神戸大学工学部

○学生会員 東川 真也

神戸大学大学院工学研究科

正会員 藤田 一郎

神戸大学大学院工学研究科

学生会員 谷 昂二郎

神戸大学大学院工学研究科

学生会員 衣笠 恭介

1. はじめに

河川の洪水時、水表面は河床状態などの影響を受け様々な形状に変化する。中でも、図1に示す「三角波」と呼ばれる波はその大規模な水面変動ゆえに、計画高水位高より高い波が発生し橋桁などへの衝突が懸念されるほか、氾濫への影響が心配される。しかし実河川での計測は困難であるため、人工粗度である栈粗度を粗配置し、浅水状態で水面変動の変化を調べたところ、水理条件によっては非常に波高の大きな三角波的な流れが発生することを見出した。このような三角波の発生に着目した実験は一般には移動床条件下で行われるが、数、条件ともに限られており、発生条件や特徴については不明な点が多い。そこで本研究では三角波のより詳細な特徴・発生のメカニズムや発生条件の解明を目的とし、三次元計測を実施することで水表面を可視化し、これまでの研究とは異なる観点から検討を行った。

図-1 北海道豊平川における三角波¹⁾

(a) 上からの様子



(b) 横からの様子

図-2 三角波の様子

2. 実験概要

本研究では水路全長約 25.0m、水路幅 0.9m の循環型可変勾配式直線水路を用い、水路底面には一辺が $k=0.9\text{cm}$ の正方形断面の栈粗度を等間隔 L で設置した。予備実験として、粗度の設置間隔は無次元粗度間隔 $L/k=20, 25, 30$ の3通り、勾配は $I=1/50, 1/100, 1/200$ の3通り、流量は $Q=0.007\sim 0.045(\text{m}^3/\text{s})$ の範囲で変化させ、水面変動の様子を調べた。図-2に確認した三角波の(a)上からの様子と、(b)横からの様子を示す。三次元計測の手法としては、CASIO社製のカメラを二台使用し、Android端末により同期し、撮影を行った。また、流れの可視化を行いやすいようにトレーサーとしておがくずを一様に散布した。図-3に三次元計測の模式図を示す。解析手法としては、図-4(a), (b)に示す撮影された二枚の画像を基に Agisoft社の Stereoscan を用いて図-4(c)に示す三次元再構成

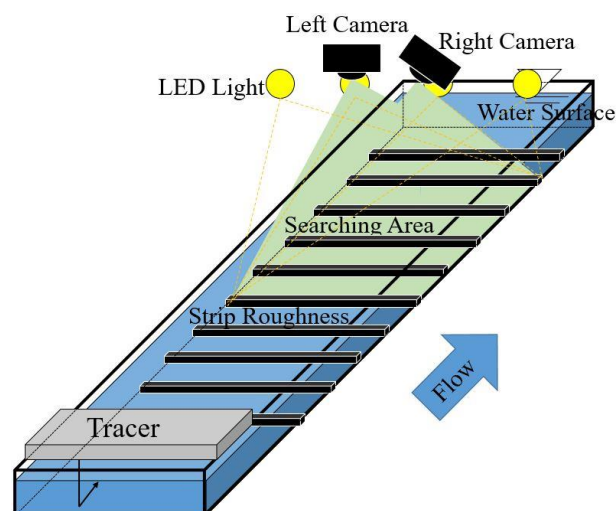


図-3 三次元計測の様子

を行った。さらにこのデータに後処理を加えることで図-4(d)に示す水面高さコンター図を作成した。図中の黒い横線は水路底面に栈粗度があることを示し、赤色の実線、破線については次節で説明する。このコンター図により三角波の特徴を視覚的に捉えることが可能となった。本研究ではこの水面高さコンター図を中心に考察を行った。

3. 結果と考察

長谷川ら²⁾は河床不安定性の一種である反砂碓と、射流時に発生する水面固有の定在波を斜め交錯波と定義し、二つの波が共鳴することにより、水面が急激に三角状に発達することを示した。しかし本研究では、図-4(d)のコンター図中に赤の実線で示すように斜めに進行する波が見てとれるが、本研究においてもこの波を交錯波と定義し、交錯波どうしが共鳴することにより三角波が生成されたと考えた。また、図-5に示すのは図-4(d)のコンター図中のA-A'断面の水面高さをプロットしたグラフになるが、水面高さが非常に大きく変化していることがわかる。

4. おわりに

本研究では、浅水状態の粗配置栈粗度流れにおいて発生する三角波に焦点を当て、その特徴や発生のメカニズムについて検討を行った。その結果、栈粗度を用いた固定床において三角波は交錯波どうしが共鳴することにより生成されることがわかった。また、栈粗度上では安定的に水面波が発生するため、移動床条件下では困難である内部流の計測を行うことが可能である。今後の検討でその特性を明らかにし、三角波発生メカニズムについて議論を発展させていく予定である。

5. 参考文献

- 1) 岩崎理樹, 井上卓也, 矢部浩規: 高速流条件下で発生する水面波と河床波に関する研究, 第60回北海道開発技術研究発表会, 2016.
- 2) 長谷川和義, 山口甲, 伊賀久晃, 辻珠希: 急勾配河川における三角状水面波列の発生条件について, 平成21年度土木学会北海道支部論文報告集, 第66号, B-1, 2007.

