

河川遡上津波のソリトン分裂の発達に関する実験的検討

東北工業大学 学生会員 ○齊藤 慎太郎

東北工業大学 正会員 菅原景一・高橋敏彦

1. はじめに

従来から河川遡上津波の危険性については認識されていたが、2011年に発生した東北地方太平洋沖地震による津波において河川遡上津波が波状段波として分裂しながら遡上していく様子が映像として記録されたことで、河川遡上津波の危険性が再認識され、現地調査結果や数値解析を用いた研究が行われている¹⁾。しかし、河川遡上津波はその性質から実験水路での再現が難しく実験的な研究例は少ない。また、岩瀬らの検討²⁾ではソリトン分裂は、Fr数の影響によらず $HL_\beta/h^2=1$ の関係を保って増幅する傾向があると述べられている。しかし、これまでの本研究室での検討結果によると波形勾配-水深比が同程度でもFr数の違いによってソリトン分裂の発達の程度が異なっていることが確認されている。

そこで、本研究ではソリトン分裂の発達に及ぼすFr数の影響として、水深と流速に着目し、発達の要因を解明することを目的とした。

2. 実験方法及び実験条件

図-1に流れ場の模式図を示した。実験で用いた水路は長さ10m、幅0.6mの勾配可変型水路で、水路床勾配は1/1000とし、真空ポンプ式造波装置は水路下流端に設置した。津波は水路内の水を造波装置の所定の高さまで引き上げ装置上部の蓋を急開することで発生させた。波高及び流速の計測地点は、造波装置側から順にNo.1, 2, 3, 4として波高はNo.1～No.4の地点で容量式波高計を用いて、流速はNo.3, 4の地点で電磁流速計を用いて計測した。実験条件は表1に示したように貯留水深 H_u 、初期水深 h 、流速 V それぞれ3種の計27ケースに対して波を造波した。また各条件に対して3回ずつ造波、計測を行って再現性を確認した。

3. 結果と考察

(1) 初期波高と分裂度の関係

初期波高と分裂度の関係を図2に示した。初期波高 η_1 は波高計1での最大波高で、分裂度 χ は η_{max} を分裂第1波の波峰高さ、 η_t をそれに続く谷の高さとして $\chi = (\eta_{max} - \eta_t)/\eta_{max}$ から求めた³⁾。

初めに比較的規模の小さい貯留水深 $H_u=0.1\text{m}$ の場合について、 $h=0.04\text{m}$ では流速が速くなるにつれて分裂度が大きくなり、分裂の進行の度合いも大きくなる傾向にある。 $h=0.08\text{m}$ は、 $V=0.30\text{m/s}$ の時に地点No.2～No.3の間で分裂が進行し、地点No.3～No.4で進行していない。 $V=0.075\text{m/s}$ の場合には、No.3で分裂度は最大になりNo.4

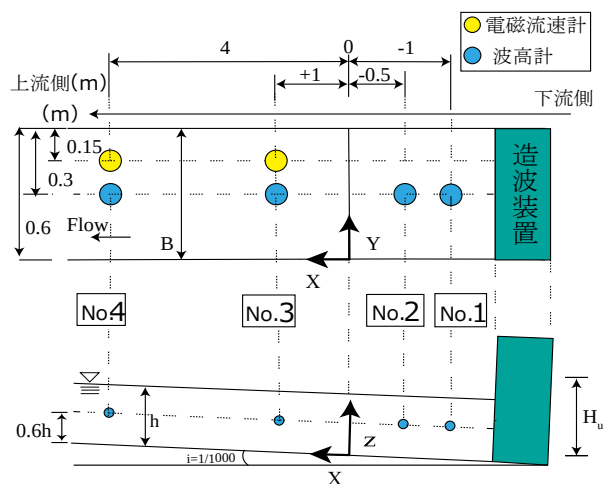
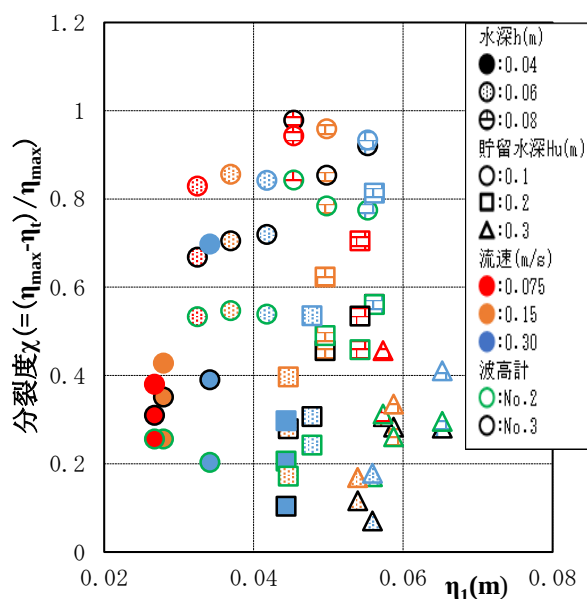


図1 流れ場の模式図

表1 実験条件

貯留水深 $H_u(\text{m})$	0.1, 0.2, 0.3
初期水深 $h(\text{m})$	0.04, 0.06, 0.08
流速 $V(\text{m/s})$	0.075, 0.15, 0.30

図2 初期波高 η_1 と分裂度の関係

キーワード: 河川遡上津波、ソリトン分裂、水理実験

連絡先 〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1 東北工業大学都市マネジメント学科 TEL022-305-3550

では減少する。これは、No.3 で完全分裂したことで No.4 では減少したといえる。一方、貯留水深 $Hu=0.2, 0.3m$ のときには、どの水深でも流速が速く、水深が大きい方が分裂の進行度合いも大きいことが分かる。これらから、水深が深くなるほど手前でソリトン分裂が起きやすい傾向にあることがわかる。

(2) 波高比と分裂度の関係

分裂度と波高比の関係を図 3 に示した。全体的に分裂度の進行度合いが大きいほど波高比も大きくなる。貯留水深 $Hu=0.1m$ の場合は、 $h=0.04, 0.06m$ ではどの流速の場合でも分裂度が高くなるにしたがって波高比も高くなる傾向にある。 $h=0.08m$ の $V=0.15, 0.30m/s$ では No.4 よりも No.3 の波高比の値が大きく、 $V=0.075m/s$ では No.3 と No.4 で波高比は変わらず分裂度は No.3 の方が大きい。貯留水深 $Hu=0.2, 0.3m$ の時は水深が高くなるにしたがって波高比の値も大きくなり、特に $Hu=0.2m$ の時には、どの流速の場合でも分裂度が高くなるにしたがって No.3 と No.4 の波高比の差は小さくなる傾向にある。

(3) 相対波高と分裂度の関係

相対波高と分裂度の関係を図 4 に示した。相対波高は、初期波高 η_1 と初期水深 h の比で示した。同図から、水深が低くなるにつれて相対波高は大きくなる傾向にある。また、流速が速いほど相対波高の値は大きい。しかし、貯留水深 $Hu=0.2, 0.3m$ では、水深が高いほど分裂度は大きくなるが相対波高の値は小さくなる傾向にある。これらから、水深が浅いほど波が進行するにしたがって分裂度の変化量が大きくなる傾向にあることがわかる。

(4) 仮想伝播距離と分裂度の関係

仮想伝播距離と分裂度の変化量の関係を図 5 に示した。同図に示した値は従来の伝播距離で考えると、すべて同じ伝播距離になってしまうため逆流による足踏み分を距離として考慮した”仮想伝播距離”を用いた。仮想伝播距離は波が波高計に到達するまでの時間と流速の積を実際の伝播距離に加えることで求めた。同図から、仮想伝播距離の増加に伴って分裂度は増加する傾向が確認できる。これは、逆流場における津波のソリトン分裂を考える際には逆流による足踏みを考慮した”仮想伝播距離”を用いる必要があることを示している。

4. まとめ

本研究では、河川を遡上する津波のソリトン分裂の発達に伴う流速、水深、波高の変化について水理実験によって検討を行った。その結果、ソリトン分裂の発達には水深と流速が関係しており、水深や流速が大きくなると分裂度の進行度合いは高くなることが確認できた。また、逆流場における津波のソリトン分裂を考える際には逆流による足踏みを考慮した”仮想伝播距離”を用いる必要があることを示した。

参考文献

- 木村一郎 (2011) : 東日本大震災から学ぶ-地震、津波の発生から復興計画まで- 津波と河川遡上、北海道大学工学部環境社会工学科 HP, 地震津波関連情報 <https://www.eng.hokudai.ac.jp/edu/course/civileng/document/seminar20110729-4.pdf>
- 岩瀬ら (2000) : ソリトン分裂波の増幅機構と数値計算の誤差特性に関する一考察、海岸工学論文集第 47 巻, pp. 21-25.
- 青田ら (2014) : ソリトン分裂津波の分裂変形過程と消波工の波力低減効果、沿岸技術研究センター論文集, No. 14, pp. 1-4.

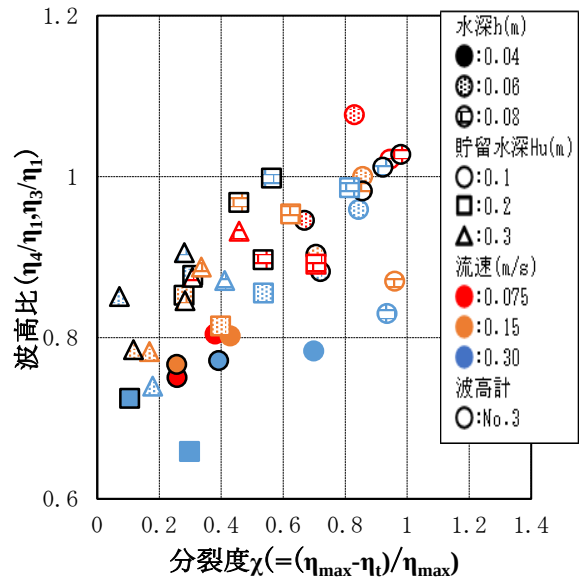


図 3 波高比と分裂度の関係

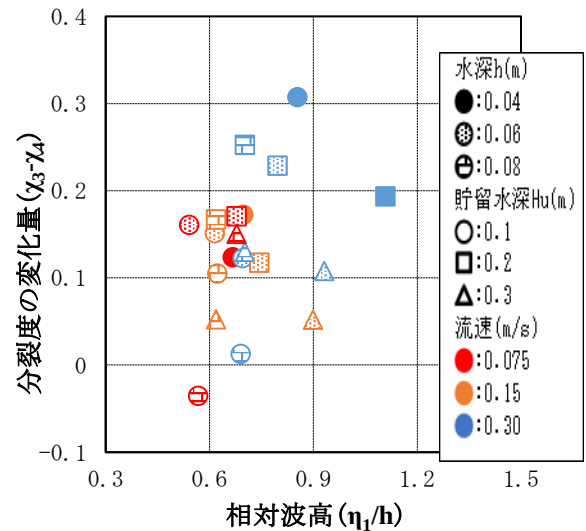


図 4 相対波高と分裂度の関係

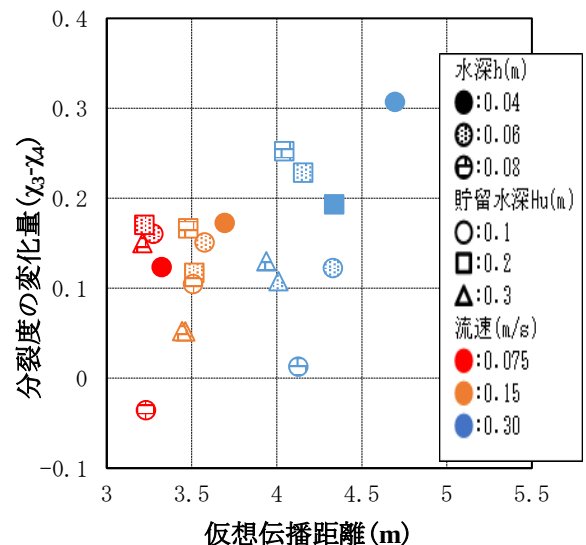


図 5 仮想伝播距離と分裂度の関係