

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 ○裴岩 歩夢

東北工業大学 正会員 菅原景一・高橋敏彦

1. はじめに

河川を遡上する津波はソリトン分裂を起こして波状段波を形成し、河川構造物に大きな被害を与えることがある。2011年東北地方太平洋沖地震でもこの現象が確認され、危険性が強く認識されている。しかし、ソリトン分裂を伴う河川遡上津波は、実験水路での再現が難しく、水理模型実験による詳細な検討例が少ないのが実情である。

そこで、本研究ではソリトン分裂の発達に対する影響について、分裂度やえり分け距離、伝播距離を指標として検討を行った。

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。実験では勾配可変型水路を用い、全長10m、幅0.6m、水路床勾配1/1000とし、造波装置は水路の下流側に設置した。使用した造波装置は2種類（L04、L08）で、周期の異なる2種類の波を発生させた。津波は真空ポンプで造波装置内に水を所定の高さ（貯留水深 H_u ）まで引き上げてから気圧を戻すことにより発生させた。波高計の位置、流速計の位置は図1の通りで、波高計は下流側からNO.1,2,3,4の順番に設置している。実験条件を表1に示した。4ケースの初期水深に対して流速と貯留水深をそれぞれ3ケースずつ、計36ケースを、上記の2種類の造波装置を用いて実施した。なお、再現性を確認するために1ケースにつき3回ずつデータを取った。

3. 結果と考察

(1) 分裂度と波高比の関係

図2に分裂度と波高比の関係を示した。分裂度は第一波峰高さを η_{max} 、そのあとの谷の高さを η_t とし $\chi = (\eta_{max} - \eta_t) / \eta_{max}$ から求めた。波高比は波高計NO.3,4における最大波高 η_x を初期波高 η_0 で除した値で表した。¹⁾

同図から、分裂度が大きくなると、波高比も大きくなる傾向がみられるため、ソリトン分裂が発達することにより波高が増加していることがわかる。次に、初期水深に注目すると、水深が深くなるほど波高比、分裂度がともに大きくなる傾向がみられた。また、分裂度が最大値である1に近づくほど、分裂度の発達度合いに対する波高比の増化量が大きくなる傾向がある。

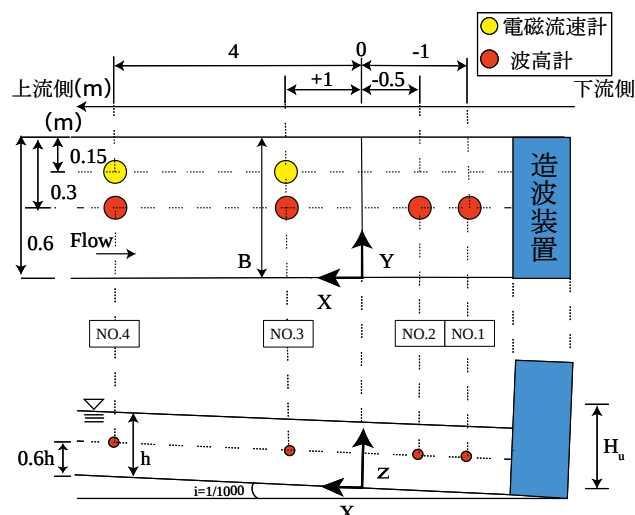


図1 流れ場の模式図

表1 実験条件

貯留水深 H_u (m)	0.1, 0.2, 0.3
初期水深 h (m)	0.04, 0.08, 0.06, 0.12, 0.16
流速 v (m/s)	0.075, 0.15, 0.3
造波装置	L04…短い周期の波 L08…長い周期の波

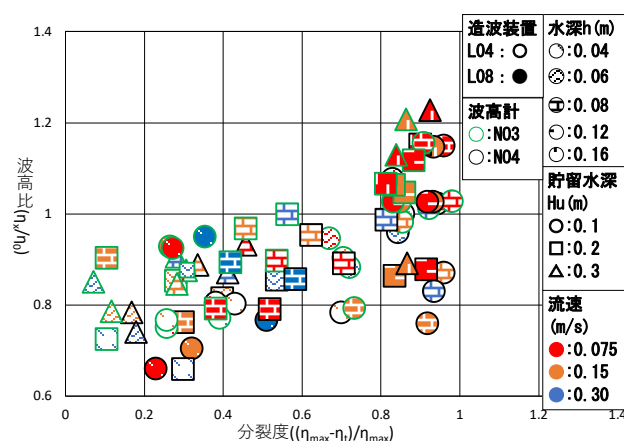


図2 分裂度と波高比の関係

キーワード: 河川遡上津波、ソリトン分裂、分裂度、相対水深、相対波高

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

(2) 分裂度と相対水深の関係

図3に分裂度と相対水深の関係を示した。同図より、相対水深が0.03より小さい範囲においてはその増加に伴って、分裂度も大きくなる傾向がみられる。初期水深0.08mまでは水深の増加に伴って、分裂度も大きくなる。また、相対水深0.03、初期水深が0.12mを越えると、分裂度は貯留水深に関係なく大きい値をとる。

(3) 相対波高と分裂度の関係

図4に相対波高と分裂度の関係を示した。相対波高は、初期波高 η_0 と初期水深 h_0 の比で表している。同図より相対波高が大きくなると、分裂度が小さくなる傾向がある。また、 $\eta_0/h_0=0.8$ 付近を境に分裂度が発達しにくくなっている。このことより、相対波高が0.8以下のときソリトン分裂は発達しやすく、それ以上大きくなると分裂は発達しにくくなることが確認できる。

(4) 相対仮想伝播距離と分裂度の関係

青田ら¹⁾の検討によって、静水域を遡上する津波のソリトン分裂は、波形は水深と波高のみによって一義的に決まり、分裂度は相対伝播距離でよくまとまること、相対伝播距離0.6で分裂度0.8程度まで分裂が進行することが示されている。ここでは、上記結果を考慮して逆流場を遡上するソリトン分裂波について比較検討を行う。

図5に示した相対仮想伝播距離（仮想伝播距離²⁾/えり分け距離）と分裂度の関係をみると、逆流場による波の足止めを考慮した相対仮想伝播距離を用いても静水域を遡上する津波に対する相対伝播距離のようなデータのまとまりは得られなかった。また、比較的初期流速が小さく、初期水深が大きい条件においては相対仮想伝播距離0.3程度で分裂度が0.8を超えている。一方で、初期流速が大きく、初期水深が小さい条件では相対仮想伝播距離が2を超えても分裂度が0.3程度のものもある。このことから、逆流場を遡上する津波のえり分け距離には逆流場の影響を適切に取り込む必要があると考えられる。

4. まとめ

本研究では、複数の入射条件で、ソリトン分裂の発達に対する影響について、分裂度やえり分け距離、伝播距離を指標として検討を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 相対水深(h_0/l_0)0.03までは、その増加に伴って分裂度も大きい値を取り、0.03を超えると波は完全分裂に近づく。
- 2) 相対波高(η_0/h_0)が0.8を超えるとソリトン分裂は発達しにくくなる。
- 3) 逆流場を遡上する津波のえり分け距離には逆流場の影響を適切に取り込む必要がある。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 齋藤ら(2021): 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, 令和2年度土木学会東北支部技術研究発表会, II-83
- 3) J.L.Hammack and H.Segur (1974): The Korteweg-de Vries equation and water waves. Part 2. J. Fluid Mech. (1974), vol. 65, part 2, pp. 289-314

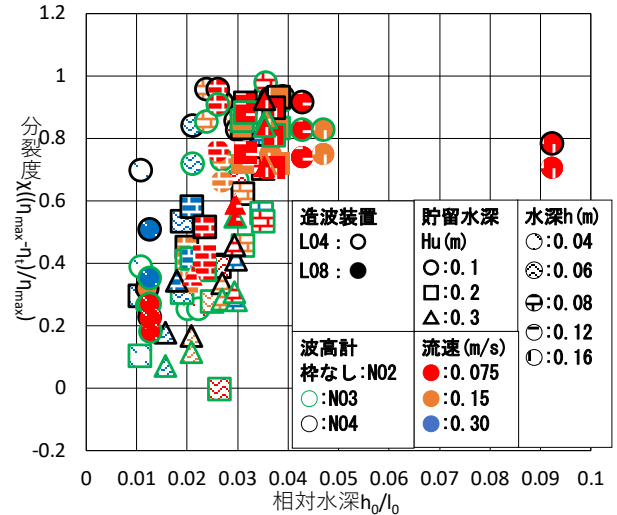


図3 相対水深と分裂度の関係

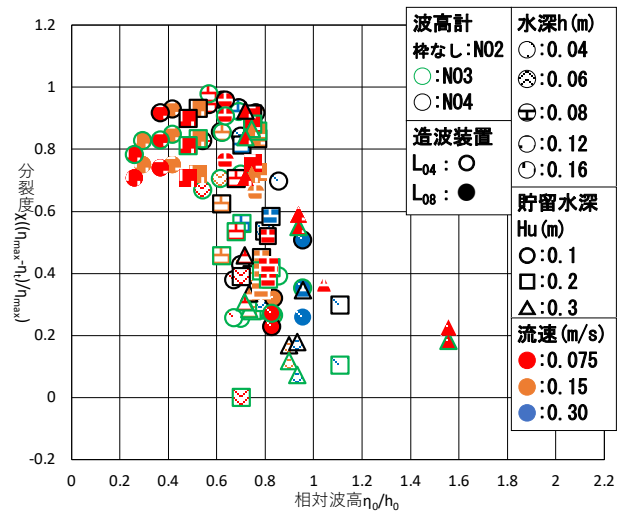


図4 相対波高と分裂度の関係

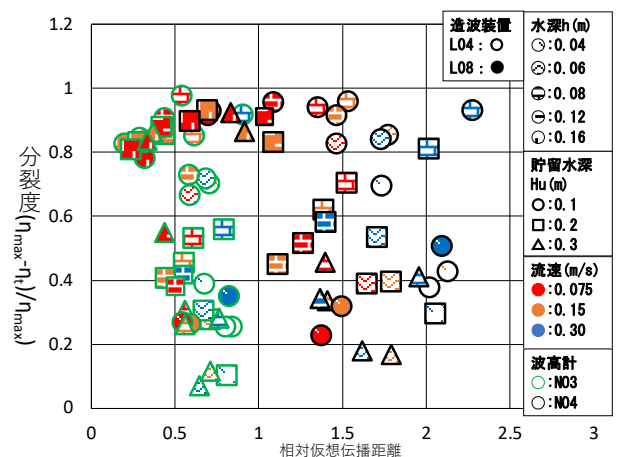


図5 相対仮想伝播距離と分裂度の関係