

CIP 法による大きさのあまり変わらないソリトンの追突実験とシミュレーション

株式会社 防災技術コンサルタント 正会員 ○千田健一

株式会社 防災技術コンサルタント 非会員 国枝雄一

株式会社 防災技術コンサルタント 非会員 菊池茂

1. 目的

筆者らは別報¹⁾にてソリトンの追突実験結果を報告したが、実験結果では理論の特性を示しながらも、予想される追突後の波高増幅が見られなかった。本研究は上記課題を解決するため、ソリトン追突の理論にエネルギー損失項を加えた数値モデルを開発し、実験をシミュレーションした結果を報告するものである。

2. 津波ソリトン追突実験¹⁾

実験装置は、を図1に示す。水位時系列は、下記★印位置に3台の高速ビデオカメラを設置し、取得した。カメラ位置はソリトン追突前、ソリトン追突時、ソリトン追突後の波形が取得できる箇所とし、 $x=1.0\text{m}$, 9.0m , 16.0m に設置した。

3. 実験結果の理論的予測²⁾

波高のオーダーが等しく、大きさの異なるソリトンの追突状況を理論的に説明したのが、図2である²⁾。時刻 t_2 で小さなソリトンに大きなソリトンが追いつく。すると、ふたつの波は、重なることはないまま、後行の大きなソリトンの波高は減少し(t_3)、先行の小さなソリトンの波高は増幅する(t_4)。そしてふたつのソリトンの大小__速度が入れ替わり、離れていく(t_5)。

4. 実験結果及び考察¹⁾

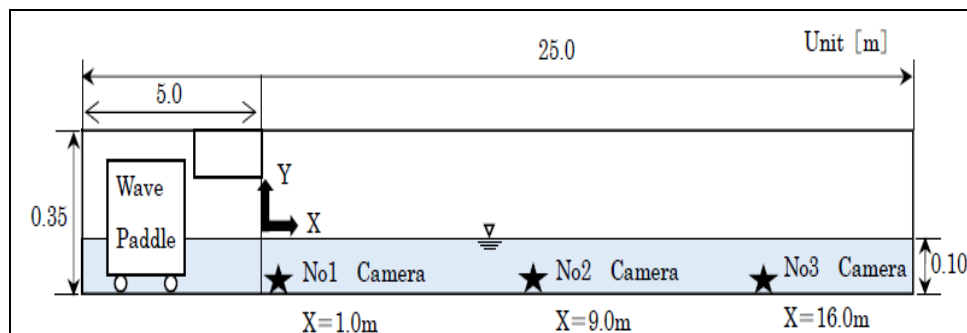
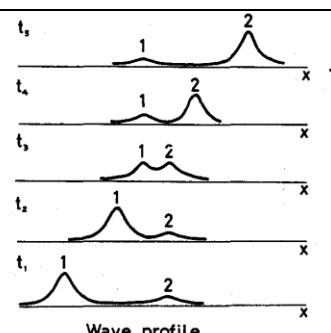
3台のカメラ位置での水位時系列グラフを図3に示す。グラフの時刻は、各々のカメラ独立に最大水位発生の瞬間を時刻ゼロとしている。No2カメラでは、先

行の小さい波に後行の大きな波が追い付き、完全に重なることはないまま波高が減じている。この現象は、図2に示す理論と一致している。理論ではその後、前後の波高が入れ替わり波は離れていくはずである。一方実験では、前後の波高の入れ替わりは生じるものの、第1波の波高増幅は生じなかった。複数回の実験の結果、No3のカメラ(16m地点)で第1波の波高が理論から予想される高さより低い結果は共通していた。原因は、摩擦損失エネルギーが生じるためと推定し、以降のシミュレーションを実施した。

5. CIP 法によるソリトン衝突シミュレーション

筆者は、CIP法による津波ソリトンシミュレーションモデル³⁾を開発中である(以下CIP法と呼ぶ)。既発表モデルでは、粗度によるエネルギー損失を無視していたが、今回マンニングの摩擦理論による摩擦損失項を導入し、実験再現シミュレーションを実施した。空間格子間隔は 0.125m 、時間格子間隔は 0.01 秒とした。摩擦損失を無視した場合は、実験における 17m での第1波の波高を過大に算定された(図5)。このため、マンニングの粗度係数を 0.02 とした場合の計算を実施したところ、実験を再現することに成功した(図6)。

【謝辞】本研究は、弊社 年間研究計画「新しい津波ソリトン計算手法の開発」の成果の一部である。

図1 津波ソリトン追突実験装置¹⁾図2 大きさのあまり変わらないソリトンの追突²⁾

キーワード 津波 ソリトン CIP 法

連絡先 〒020-0757 岩手県滝沢市大釜風林3-41 TEL 019-691-9600 FAX 019-691-9777

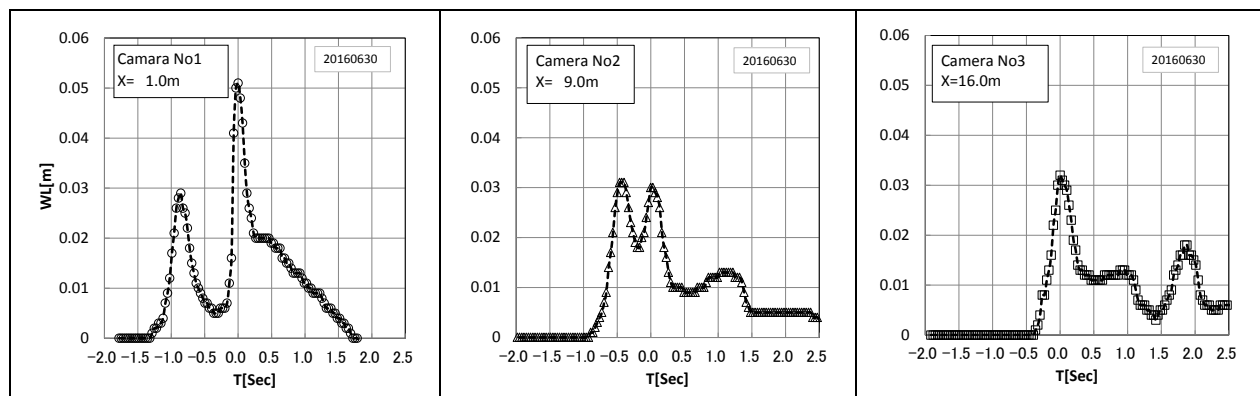
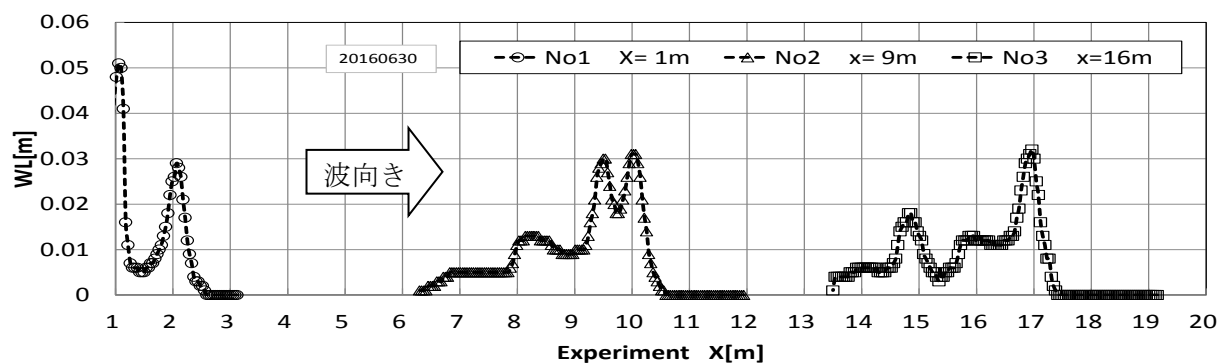
図3 ソリトン追突実験結果¹⁾

図4 実験結果（水位時系列をソリトン（孤立波）波速により空間方向に展開した図）

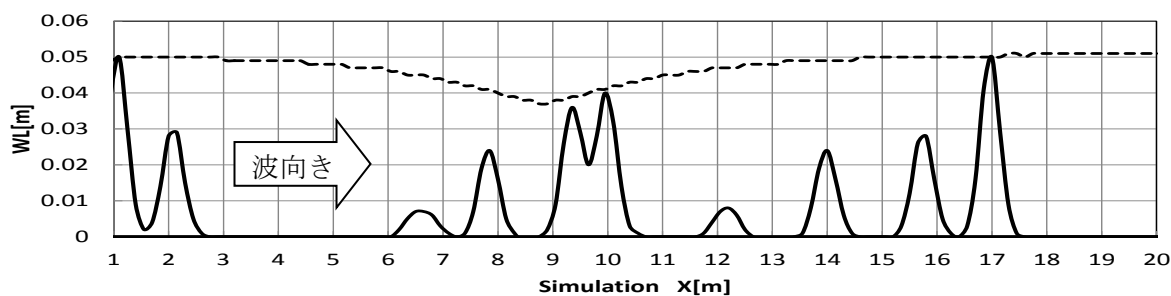
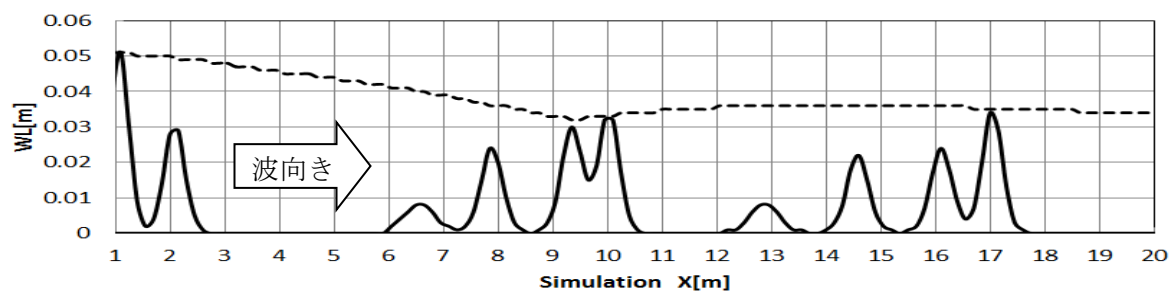


図5 CIP法によるシミュレーション結果（摩擦エネルギー損失無視）

図6 CIP法によるシミュレーション結果（摩擦エネルギー損失考慮 マニングの粗度 $n=0.02$ ）

【参考文献】

- 1) 千田健一, 國枝雄一(2016)津波ソリトン追突実験装置の製作および大きさのあまり変わらないソリトンの追突実験 平成27年度土木学会東北支部研究発表会/第II部門(印刷中)
- 2) 首藤伸夫(1974)「非線形波動論」1974年度 水工学に関する夏期研修会講義集 BコースB.1.1-B.1.35
- 3) 千田健一(2009)「一次元非線形分散波の方程式を用いたCIP法による河川を遡上する津波の数値計算」平成20年度土木学会東北支部研究発表会/II-48 p.189-190(CDR)