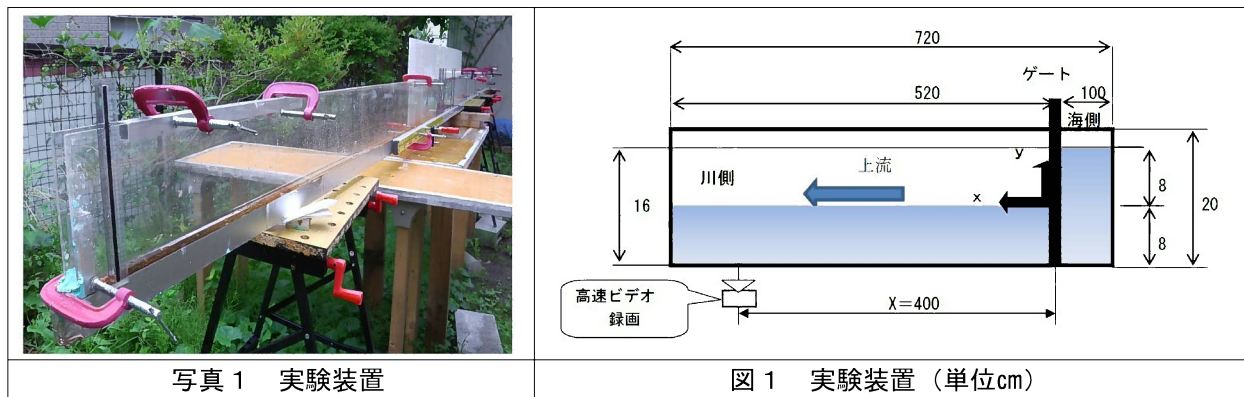


河川を遡上する津波のソリトン分裂実験およびシミュレーション

(株)防災技術コンサルタント 正会員 千田健一 岩間俊二(岩手大学 社会人博士課程在学)
館澤寛 三上勉 鈴木介 菊池茂

1. 研究の概要 筆者は、非線形分散長波方程式を基礎方程式とし、CIP法を用いた津波河川遡上解析モデルを開発中^{1)~4)}である。モデルの精度を検証するためダムブレイク方式で河川のソリトン分裂の実験を行った。また、実験により得られた津波ソリトン分裂波形とシミュレーション結果を比較して当モデルの誤差について検討・評価した。

2. 実験方法：(1) 実験装置 実験装置を写真1 図1に示す。



(2) 実験結果 海側水位 16cm, 川側水位 8cm としてゲート急開により段波を発生させたところ、段波先端でソリトン分裂発生が確認された。ゲートから河川側 $x=400$ cm におけるソリトン波列の第1波～第3波までのスナップショットを写真3

に示す。また、図4左に高速ビデオの画像解析により取得した水位時系列を黒丸で示す。画像のサンプリング周波数は30Hzである。水位時系列を孤立波の波速で空間方向に展開した結果を図4右に黒丸で示す。

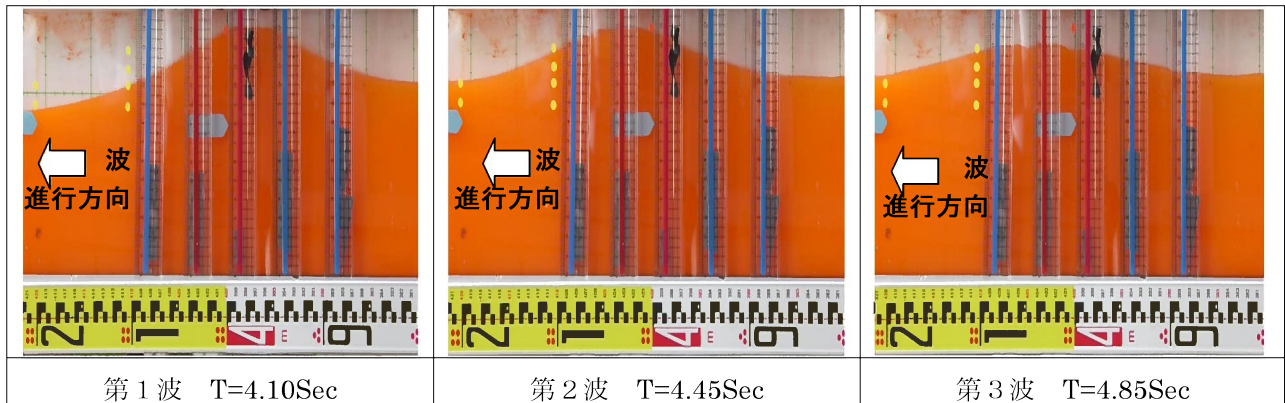


写真3 実験結果 (ソリトン波列_第1波から第3波までのスナップショット)

3. 実験によるソリトン分裂シミュレーション精度の照査

(1) シミュレーションモデル 当シミュレーションモデルの詳細は、既報^{1)~4)}に譲る。

(2) 空間格子間隔の検討

当モデルを用い、 $h=5.0$ m 一定の水路に、 $H=1.0$ mの孤立波を30秒間伝播させた。孤立波は、保存波であり、理論上は波形を変えず伝播する。しかし、シミュレーションでは、数値誤差の影響で波形は時間とともにひずむ。

誤差は、空間格子間隔の影響を受けると予想される。誤差に対する空間格子間隔の影響は、通常、波長との比で議論される。

キーワード 津波 CIP法 ソリトン波列 非線形分散長波 ソリトン分裂シミュレーション
連絡先 株式会社 防災技術コンサルタント

孤立波の波長は無限大であるが、ここでは、水位変化の大きい部分に着目し、水位が波高の10%となる同位相の間隔を波長と定義する。すると、本検討の孤立波の波長は、約 50m である(図2)。波長に対する空間格子間隔をケース1 1/20 (2.5m)、ケース2 同 1/10 (5.0m)、ケース3 同 1/5 (10m)と変化させてシミュレーションを行った。解析解と比較し、当モデルで最も精度が高いのは、ケース2 空間格子間隔を波長の1/10とした場合であった(図2)。

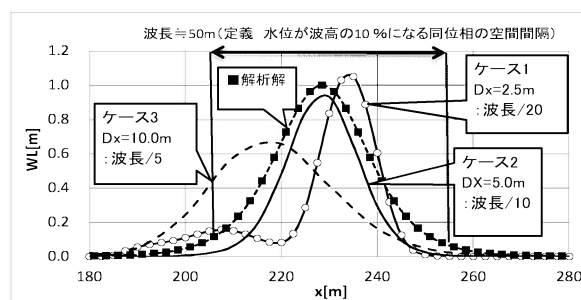


図2 計算開始後 30 秒後 (5 波長伝播後) の孤立波の波形の比較

(4) ソリトン分裂シミュレーション (3) の検討を基に、空間格子間隔をソリトン第1波の波長の1/10程度の8cmとし前記実験と同一条件で、ダムブレイク・ソリトン分裂発生シミュレーション

ンを実施した。波長は、図4右図の実験結果より、ソリトン第1波を孤立波と見なして 80 cm と判読した。シミュレーション結果を図3に示す。

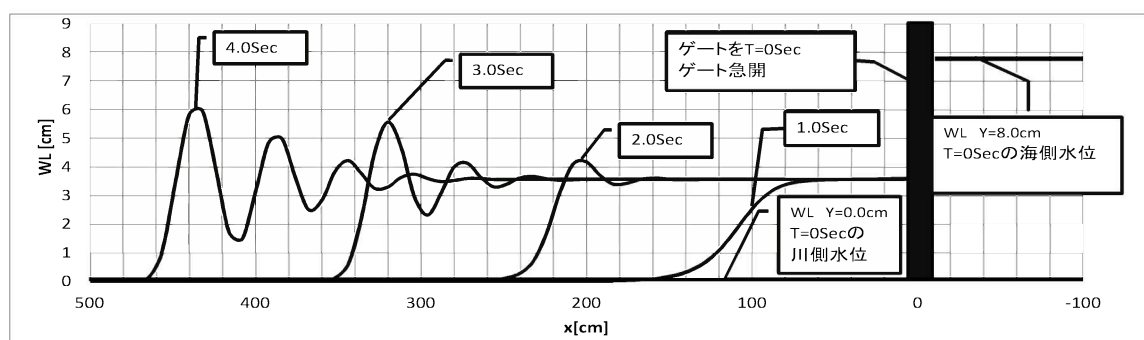


図3 ソリトン分裂発生シミュレーション (水位 空間分布シミュレーション結果 1秒毎)

(5) 実験によるシミュレーション結果の照査 ゲート(x=0cm)からの距離 X=400cm での実験による水位時系列と、シミュレーションの比較を

図4左に示す。また、孤立波の波速を用いて実験の時系列を空間方向に展開した結果とシミュレーションの比較を同図 右に示す。

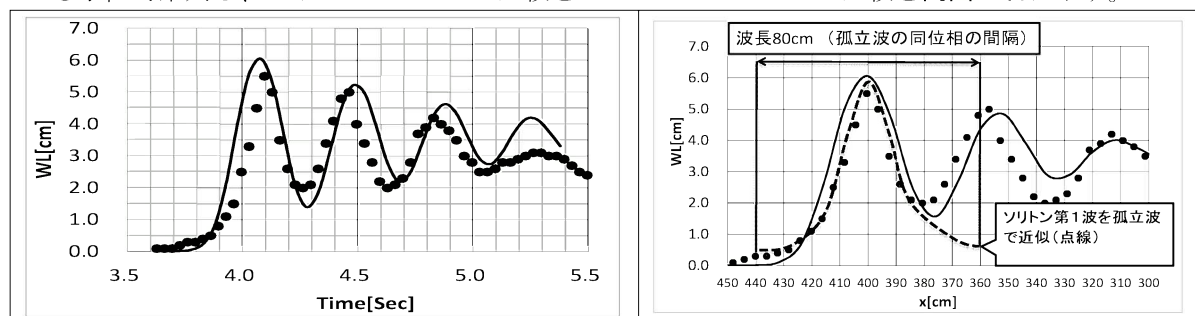


図4 実験(黒丸)とシミュレーション結果(実線)の照合 左図 時系列 右図 空間波形

4. 結論

(1) 最適空間格子 当モデルの精度は空間格子間隔の影響を受ける。孤立波のシミュレーションの結果、当モデルでは、空間格子間隔を波長の1/10程度とした場合、誤差が最小となった(図2)。

(2) 実験によるモデル精度検証 実験と照合した結果、当モデルの精度は良好であった(図4)。

【参考文献】

- 1) 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
千田 岩間 三上 平成 20 年度 (2009) 土木学会 東北支部研究発表会 II48 P189-19 (CD_R)
- 2) 二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
千田 岩間 三上 平成 20 年度 (2009) 土木学会 東北支部研究発表会 II49 P191-19 (CD_R)
- 3) 津波ソリトン波列の陸上遡上シミュレーションの新モデルの提案
千田 平成 24 年度 (2013) 土木学会 東北支部研究発表会 II-42 (CD_R)
- 4) 非線形分散長波理論を用いた津波ソリトン分裂・河川遡上・マッハ反射シミュレーション
千田 岩間 三上 館澤 鈴木 津波工学研究報告 第 30 号(2013)P105~P110