

ソリトンの碎波・追いつきに関する実験的研究

東北大学大学院 卒業員 〇前 将人
東北大学工学部 氏 員 真野 明

1. はじめに

ソリトン波列が斜面に入射する場合、孤立波1波が入射する場合と比べて翹上高さが高くなる¹⁾ことがある。これは、後続波が追いつくことにより生じる現象である。本研究では、又図のソリトンが入射する場合について、碎波してから追いつくまでの過程を実験し、後波モデルを適用して、波速・波高・平均流速について実験値との比較を行なった。

2. 実験装置・方法

実験に使用した水路の概要を図1に示す。低水路は造波板を水平方向に一回限り移動させて作られた波は、2波のソリトン波列に分裂したのち斜面に入射するようになっている。初期波高水深比は、第1波で0.557、第2波で0.25であり、斜面よりの碎波型式はSpilling型であった。

水理量の測定には、容量式抵抗線式波高計および超小型3mmグリバ流速度計を用い、データレコーダに記録した。測定は、45°斜面高水路側と1/75斜面先端に波高計を常置し、斜面部において第2波の碎波位置以後グリバ式波高計を移動させて行なった。水平方向は50cm、鉛直方向は1cmピッチで測定した。測定結果は、周波数200HzでA/D変換し、諸量の計算に用いた。

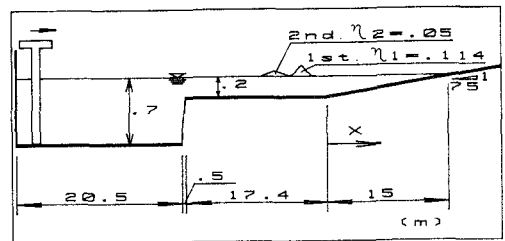


図1. 実験装置・実験条件

3. 実験結果と考察

斜面上に横断面をとり、図2のように仮定して運動方程式から次式を求めた。②=H.S.P ①

$$C = \frac{\frac{3}{2}(H_1^2 - H_2^2) - Fr_c - Sg + \int_{h_1}^{h_2} u_1(y) dy - \int_{h_1}^{h_2} u_2(y) dy}{\int_{h_1}^{h_2} u_1(y) dy - \int_{h_2}^{h_1} u_2(y) dy}$$

ただし、外力項として静水度を仮定し、反力・摩擦の3つを考慮、波高は平均移動するとし、図3には、実験から求めた各項の寄与率を示す。寄与率は①から④の各項の絶対値を総和したものそれぞれ水の項を割った百分率を表わした。第1波・第2波とも似ており、1)反力項は小さい、2)摩擦線に近づくに従って摩擦項の寄与率は大きくなる、が分かる。また、式①で $\epsilon = 0.01$ として、実験で得られた流速・波高を用いて波速を計算すると、実験値との相対誤差は最大10%であった。

次に、第1波について考察する。測定例(図4)に示すよ

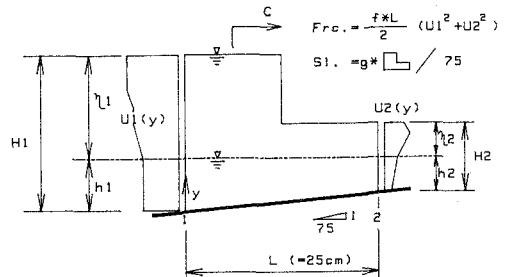


図2. 段波モデル

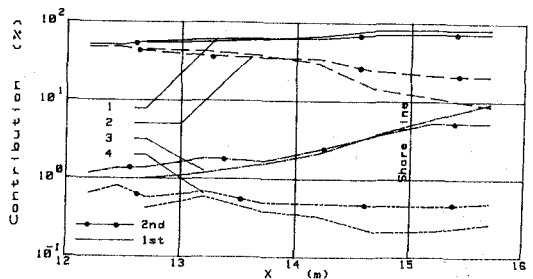


図3. 寄与率

うに、時間変動は段波状である。運動量補正係数 β は、1.0以下で流速分布は、底面から波頂まで一様分布に近い。WHITHAM⁵⁾は、理想段波を初期条件として、長波方程式を特性曲線法で解き、斜面上の段波の波速等を求めた。本研究では、段波条件と運動方程式に摩擦を加えた。摩擦項は、 $\tau = \rho g h^2$ とした。初期値は、 $X=12.7$ mでの実測値を用いた。この時には、段波条件と反射項を無視した。摩擦係数を変えて計算した結果を図5～7に示す。

図5は波速の計算結果である。汀線付近では、摩擦の影響を無視した $f=0$ の解は実測値と一致は得られていない。図6は波高、図7は平均流速の結果である。 f の値によらず、汀線に近づくに従って、波高は低く平均流速は大きくなる。しかし、 $f=0.02$ 以上では水深が浅くなるにつれて実測値との差は大きくなった。これは、摩擦項を大きく評価したためと考えられる。計算の結果摩擦係数は0.01程度が適当と考えられる。

図8には、各位置での最大流速と実験より求めた波速を示す。汀線以後、第1波は大きく減速しながら進行するのに対し、第2波はほとんど減速せず進行し、実験では $X=17.6$ mで追いついた。汀線以後、第1波が減速するのは、i) 趙上によって伝達エネルギーが増大し、運動エネルギーが減少し、ii) 斜面上の摩擦により、全エネルギーが減少するからである。

それに対し、第2波では次の理由から減速しにくくなっている。i) 斜面勾配に比べて第1波の水面勾配は緩く、それを趙上する第2波の伝達エネルギーの増分は、斜面を直接趙上する第1波に比べて多い。そのため運動エネルギーの減少が少ない。ii) 第1波に比べて水深が大きく、摩擦の影響が少ない。

4. おわりに

本研究により、分かったことを示す。

- i). WHITHAM⁵⁾の方法に摩擦を含めた解析では、 f は0.01程度が適当である。
- ii). 汀線以後、第1波は大きく減速するのに対し、第2波はほとんど減速しない。

<参考文献>

- i). 水崎、後藤、奥野
- ii). H.B.KELLER, D.A.LEVINE and G.B.WHITHAM : 1959 N.Y.U

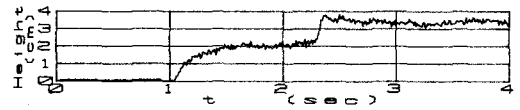


図4. 波形例 ($X=15.2$ m)

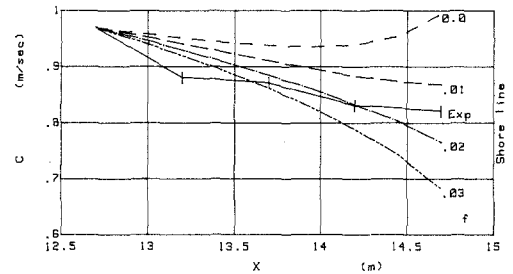


図5. 波速の変化

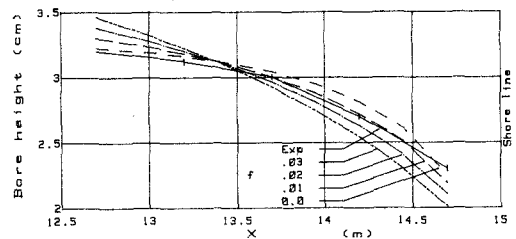


図6. 波高の変化

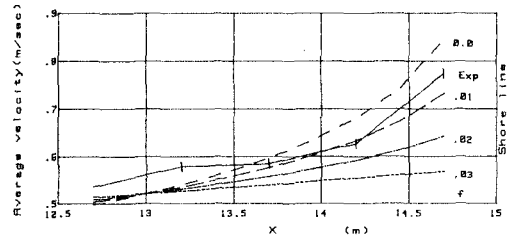


図7. 平均流速の変化

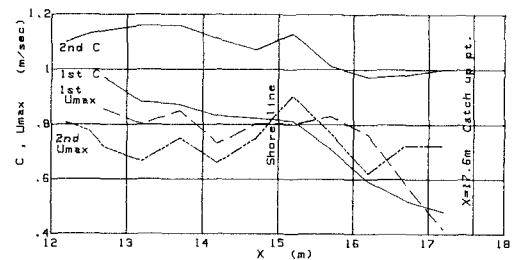


図8. 最大流速と波速