

東北大学工学部 正員 岩崎敏夫
東北大学大学院 学生員 ○佐藤道郎

1. まえがき

河口付近で河川流が海に流入しているようなところでは侵入してきた波は流れのためにその性質が変化することが知られている。流れによる表面波の性質の変化についてはこれまでにいろいろな研究が発表されており、また、理論的にかなり細かく扱われている。なかでも、不等流上を表面波が伝播するときの流速変化に伴う波高変化に関する扱いはいくつかの議論がなされている。

この報告は流れを遡上する波の性質を実験的に調べる目的で始めに研究のうち上述の問題と関連して、幅も勾配も一様な長方形水路の不等流上を遡上する表面波の波高変化に関しふれたものである。

2. 波高変化について

不等流上の表面波の波高変化は波のエネルギー E が波高 H の二乗に比例することからエネルギー連続条件により扱うことができる。いま流速 U なる流れがあり流速変化が水深変化のみによるとき、その流水上を流れに対する位相速度 C で波が進行する場合について考える。(Fig.1). 流水上の波のエネルギー伝達速度は波の群速度 C_g と流速 U との和と考えると、やや古典的には、波のエネルギー保存則

$$\frac{d}{dx} E \cdot (C_g + U) = 0 \quad (1)$$

により波高変化が扱われていたが、Longuet-Higgins & Stewart¹⁾は流速の変化があると波のRadiation Stress, S_x を介して波と流れとの間にエネルギー受授があるとして

$$\frac{d}{dx} E \cdot (C_g + U) + S_x \frac{dU}{dx} = 0 \quad (2)$$

を導いて波高変化を計算した。その後、Skougaard²⁾は、いま考えているような場合にはM.W.L.が一般に水平ではなく波と流れとのエネルギー流出に関する基準面としてM.W.L.にとることができないと考え、Lundgren³⁾によって導かれたwave energy levelに基準面をとり、流れと波とのエネルギー流出の連続条件を

$$\frac{d}{dx} E \left(C_g + \frac{C_g}{C} U + U \right) = 0 \quad (3)$$

として扱った。これらのエネルギーの関係と周期不変の条件 $L_0 / (C_0 + U_0) = L / (C + U)$ から得られる

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{2(1+\eta)} \frac{X}{X_0} \left\{ 1 + \sqrt{1 + 4 \frac{X_0}{X} \frac{(1+\eta)U}{C_0}} \right\} \quad Y = \frac{U_0}{C_0} \quad X_0 = \tanh \frac{2\pi h_0}{L_0} \quad X = \tanh \frac{2\pi h}{L} \quad (4)$$

より波高変化が計算される。いずれにしても向かい流れの場合の方が追い流れよりも波高変化に与える影響は大きく、向い流れを遡上するとき流速が大きくなれば波高が増大する。(1),(2),(3)より得られる波高変化の関係を向い流れを深水波が遡上する場合について比較するとFig. 2.のようになる。この図では流れの無いところでの値を基準にとってある。

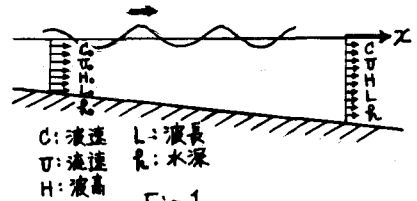


Fig. 1

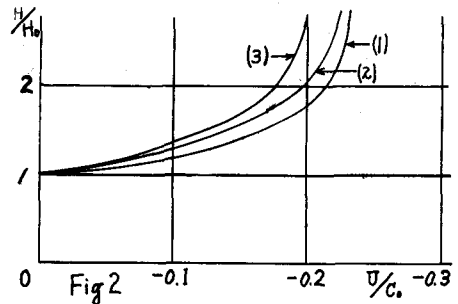
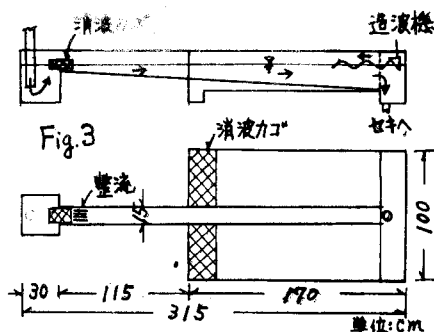


Fig. 2

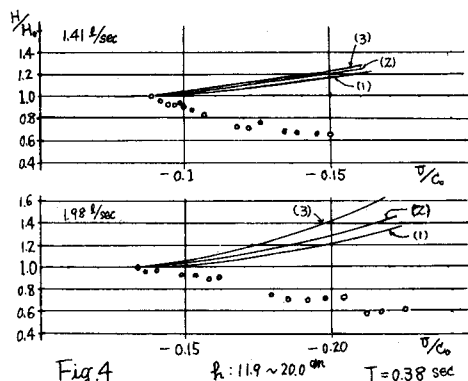
3. 実験装置および方法

総アクリル樹脂製の小型の水路付造波水槽を用いた。概略はFig. 3に示す。底勾配は $1/20$ で、一端にはプランジャータイプの造波機が設置され、他端には反射波の影響を無くす為金網のカゴにセロファン層を入れたものを設置した。測尺の水深を測って、流量を60三角セキで測定することにより平均流速を求めた。また、波高測定には電気抵抗式水位計を用いた。実験に用いた波は流れ無しで反射、減衰に関する予備的な実験から適当と思われた周期 $0.38 \sim 0.50$ のものである。実験時における水温は平均 5°C であった。



4. 実験結果と考察

実験結果の例をFig. 4に示す。図中の曲線は§2の(1), (2), (3)に基く理論によるものである。測尺のうち下流端での波高を H_0 、流速を C_0 としてある。流量を変えてやった他の実験結果も似た傾向で波高が減少しており、この実験条件および範囲では諸理論から得られるような波高増大は見られず、流れの無いときに比べてかなり激しく減衰することがわかった。このような開水路では流速分布、境界摩擦によるエネルギー損失等の影響が考えられ、一様分布でエネルギー損失を無視した理論によるものとは異なると思われるが、流速分布のみを考慮した場合には三角形分布と仮定した計算では一様流速分布としたときよりもむしろ大きな波高増大を示すようである。⁴⁾ Yu. の実験に見られるように波が静水域から幾分急激に流れにぶつかる場合と違い、この実験のように流速が徐々に変化する流れを遡上している波の波高変化を扱う場合、流れの存在下での波のエネルギー損失の問題が重要な要素になると思われその説明が必要と考えられる。そこで、その面からこの実験結果を説明すべく解析を試みている。



参考文献

1. M.S. Longuet-Higgins & Stewart; The change in amplitude of short gravity waves on steady non-uniform currents, Jour. of Fluid Mechanics, Vol. 10 1961.
2. C. Skougaard; Energy level and energy transport for waves superposed upon a current, Basic Research-Progress Report No.6 June 1964. Coastal Engineering Laboratory, Techn. Un. of Denmark.
3. H. Lundgren; Wave thrust and wave energy level, I.A.H.R. 10th Congress, Paper No. 1-20, London, September 1963.
4. 富永政英; 流れと波について, 海岸災害ニュース, 海岸災害総合研究班, 第6号, 昭42. 3.
5. Yu, Yi-Yuan; Breaking of waves by an opposing current, Trans. A. G. U. Vol. 33, 1952. pp. 39 ~ 41.