

孤立性段波の遷移過程における海底勾配の影響に関する研究

東北大学工学部 正会員 岩崎 敏夫
東北大学工学部 正会員 首藤 伸夫
東北大学大学院 学生会員 栗田 悟

1. はじめに 海底勾配のある場合の孤立性段波の波高変化を実験的に解明する。水平床の場合の波高変化は、波高増加率 d により初期地点からの距離に比例して直線状に、増加して行くことを前報に述べた。

海底勾配のある場合には、線形理論での波高変化はグリーンの $-1/4$ 則で表わされる。また、浅水領域で非線形項と分散項が同じオーダーの影響を与えている波に、クノイド波と孤立波があり、それらの波高変化は理論的に求められている。しかし、本論文で扱うように、弱い分散性の波が強い分散性の影響を受けている波へ移行する過程での波高変化は、求められていない。

2. 水理実験方法 本研究で利用した水路は前報で使用した100 m 水路を水路端より43 mの地点に鉛直壁を設けて仕切り水路高0.5 mの部分の始点から、延長14.4 mに図1のような水路を取り付けて海底勾配の影響を考慮した。取り付けた水路の幅は0.9 mで従来の水路との間には波がそのまま進行できるようにしている。実験方法は前報に同じで初期水深は15, 20, 25 cm 初期波高水架比は0.140から、0.389までの波である。

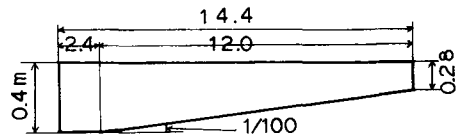


図 1

3. 実験結果と考察 実験波の波高変化は、線形理論で得られる波高より大きい増加を示す。そのため以下のよう波高変化を仮定する。

$$H/H_0 = (d/d_0)^{-1/4} \cdot f(x) \quad 3-1$$

ここで、添字0は初期地点での諸量を意味する。 $f(x)$ は任意関数で、 x は任意パラメータでそれぞれ実験により定められるものである。次に、

$$H^* = H \cdot (d/d_0)^{1/4} \quad 3-2$$

なる量を導入する。 H は水理実験による波高である。この量の物理的意味は、局所的波高 H と水深 d を初期水深とみなした時の、 d_0 の地点での線形理論による波高である。この量を水深で割ったものと無次元水深との関係を示したのが図2であり、この図は似たような変化を示すケースごとの平均値である。図により、 $H^*/d \sim d/d_0$ は対数軸上においてほぼ直線関係があることがわかる。そして、それらを最小自乗法により直線に近似してこれらの直線の勾配 K^* を初期波高水架比 H_0/d_0 についてまとめると、図3のような直線関係がある。図中の実験は最小自乗法により得られたものであり、次式で表わされる。

$$K^* = -2.684 H_0/d_0 - 1.155 \quad 3-3$$

よって、 H^* なる量は若干の変形の後、次式で表わされる。

$$H^*/H_0 = (d/d_0)^{H^*K^*} = (d/d_0)^{-2.684 H_0/d_0 - 1.155} \quad 3-4$$

この式を変形して式3-3の左辺に代入すれば、波高変化を示す実験式として次式が得られる。

$$H/H_0 = (d/d_0)^{-1/4} \cdot (d/d_0)^{-2.684 H_0/d_0 - 1.155} \quad 3-5$$

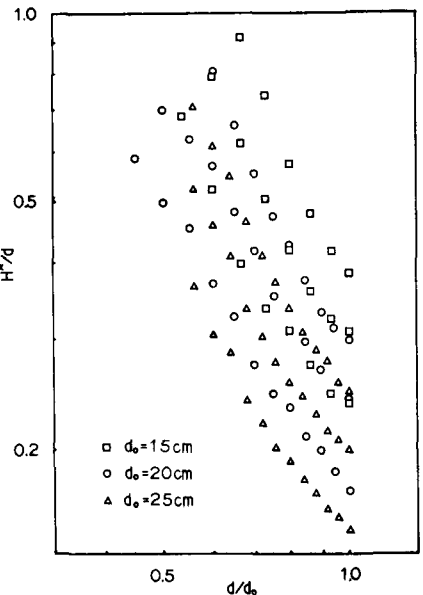


図 2

結局, $f(x)$ は d/d_0 と H_0/d_0 の関数と見て表わされる。

$$f(x) = f(d/d_0, H_0/d_0) = (d/d_0)^{-2.684 H_0/d_0 - 0.155} \quad 3-6$$

次に, 海底勾配の部分に階段状に任意の区間水平床とみなして, 波高変化を推定した。波高はグリーンの $1/4$ 則と波形が変形することによる波高増加と摩擦による波高減衰の二者の和で表わすことにする。波形の変形による波高増加は, 前報で求めた水平床での波高増加率により式で決定する。

$$\Delta H = \alpha \cdot x \quad 3-7$$

摩擦による波高減衰は, 孤立波について首藤が求めた式で与える。

$$\Delta H = H_0 / [1 + (8 \cdot C_1 \cdot H_0 \cdot x) / 15 d^2] - H_0 \quad 3-8$$

ここで C_1 は, マニングの粗度係数を 0.013 として 0.00324 とする。水平床とみなす距離 x は, 波前面の特性長 $\ell = H/\eta$ と関係づけ式で表わす。

$$H/d \leq (H/d)_* \text{ のとき } 0.5 L/d = \ell/d = (H/d)^{-1.4} B \quad 3-9$$

$$H/d > (H/d)_* \text{ のとき } 0.5 L/d = \ell/d = (H/d)^{-0.5} 1.843 \quad 3-10$$

ここで, B は $H/d = 1.0$ での ℓ/d の値である。 ℓ は孤立波の有効波長の半分の長さであり式 3-10 は孤立波の有効波長を表わす。

式 3-9, 10 は次のように決定される。

まず, 任意の波高水深比 H/d と ℓ/d の関係を図 4 に示す。黒塗りの記号は平均値の変化である。実線は孤立波の有効波長の半分の長さである。図によれば H/d が大きくなるにつれて ℓ/d は直線的に減少し, 孤立波の有効波長にはば一致したところ勾配を変え, 有効波長に従って減少していく。結局, ℓ/d の大きいところでの代表的変化を示す式が式 3-9 であり, 小さいところでは式 3-10 である。また, $(H/d)_*$ は, 式 3-9 と 10 の交点での H/d である。

図 4 に水平床とみなしたモデルの模式図を示す。式 3-7 から 10 までの式において, H_0, d_0, H, d , はすべて, A, B, C, ... の地点での量を与えて波高変化を計算している。また, 式 3-9, 10 での係数 0.5 は, 試行計算の結果を実験値と比較して決定したものである。

図 6 に, 以上に述べた二つの方法による波高変化と水理実験値を示す。以上に述べた方法はかなり良く実験値を表わしていると言える。

さらに, 海底勾配のある場合の孤立性波の波高変化を実験的に求めた。その支配的パラメータは H_0/d_0 であることが明らかになった。また勾配部分を階段状に水平床とみなすことによってよくその変化を表現できることがわかった。最後に, 本論文をまとめるに当り, 東北大学 学生曾根俊君に協力して頂いた。ここに謝意を表す。〈参考文献〉

- 1) 岩崎など: 水平床における孤立性波の変形過程に関する研究, 昭 52 年度東北支部
- 2) 首藤: 海底摩擦による非線形長波の減衰, 第 22 回海講 pp. 65~68, 1975.

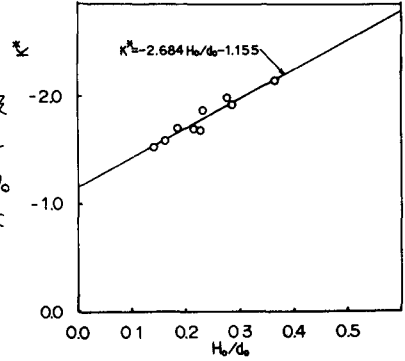


図 3

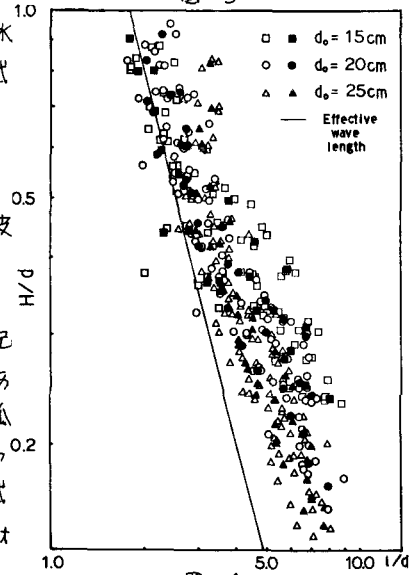


図 4

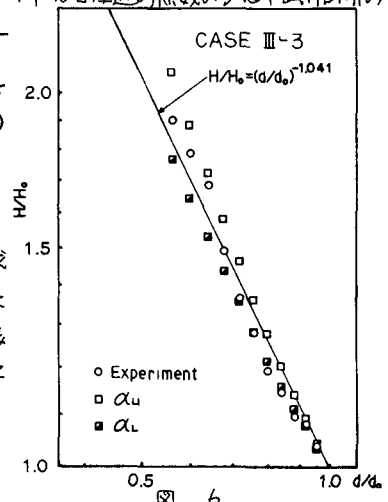


図 6