

非周期性内部波の特性について

大阪大学工学部 正員 室田 明
 同 上 正員 〇平田 健正
 日本道路公団 正員 鈴木 卓

1. はじめに：成層密度界面に生長する長周期有限振幅内部波を代表するものとして、内部孤立波を挙げる事ができる。孤立波は非線型波動ではあるが、自己保存性が強く、また表面波では任意波形を有する波動が孤立波に分裂する現象も知られており、非線型内部波動の挙動を把握する上で内部孤立波は極めて好適な事例と言えよう。そこで、本研究では塩濃二成層密度場に内部サージを生起させ、その波形・波速等の基本的特性を調べる。特に、上下層水深比の波動特性に及ぼす影響について、Benjamin¹⁾の求めた内部孤立波の理論解と比較検討し、若干の知見を得たので報告する。

2. 実験装置と方法：実験水路は有効長 840cm、幅 10cm、高さ 20cm で、側壁透明の塩化ビニル製である。本実験は塩濃二成層で、上下層とも静止とする。さらに、全水深を 16cm と一定にし、下層塩水深を種々変化させて実験を行った。水路端に設置された造波部は図-1 に示すように二枚の遮木壁 A・B からなり、遮木壁間を下層塩水と同じ密度の塩水で満たした後遮木壁 A を瞬間的に引上げて水路内に内部サージを生起させる。この内部サージの時間波形は二枚のサーボ式水位計を用いて検出し、レリチグラフ上に記録する。なお、上下層間の相対密度差 σ はいずれの場合も 0.026 であり、密度分布は電導度計で実験前と実験後に計測している。

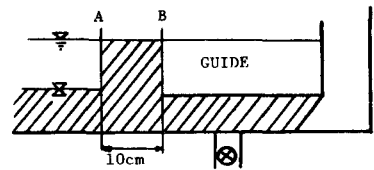


図-1 造波部

3. 実験結果

3.1. 波形：実験水路内に生起した内部サージは水路両端で反射を繰り返して、水路を二往復程度伝播する。この間に、各地点で検出された内部サージの時間波形を初期界面を基準にして図-2 に示す。ここに、 α は全水深 h_t に対する塩水深 h_2 の比 h_2/h_t であり、以下相対水深と称する。最初に計測した地点からの距離 X は全水深で、界面変位 η は初期界面からの最大変位 Δ (波高) で、また時間 t は重力加速度 g と全水深 h_t でそれぞれ無次元化している。さらに、図中の実線は実験で得られた波高を与えて計算した Benjamin の内部孤立波の理論波形であるが、上下層の水深が等しい時 (図-2 (c), $\alpha=0.5$) には理論解が存在しないため、実験値との比較は行っていない。同図から、相対水深の相違により波形が著しく異なることがわかる。すなわち、上層水深が下層水深より非常に大きい場合 (図-2 (a)), 内部サージは急速に孤立波波形に移行し、特に長距離伝播した後には内部孤立波の理論波形とほぼ合致するようである。一方、上下層水深が等しくなると (図-2 (c)), 一方向の波峰背面に初期界面より低下する部分が終生し、後続して多数の波動が見られる。前者については、内

Akira Murota, Tatemasa Hirata & Takashi Suzuki

部サージの波高が下層水深に比して大きく、水粒子の運動が鉛直方向より水平方向に卓越するのに対し、後者の場合には、水粒子そのものが鉛直方向にも運動するため初期界面から低下する部分が発生するものと考えられる。したがって、後続する波動はこの様な擾乱に起因する界面の振動であろう。つぎに、後続波の波峰と波谷の初期界面からの変位はほぼ等しい値となっている。これは、上下層等水深の時、境界としての自由表面と水底の水粒子運動に及ぼす影響が相殺され、界面形状についてもほぼ対称なものが出現しやすくなるためと推察される。事実、下層水深が上層水深より小さくなるにしたがい(図-2(b)), 後続波における波峰部の初期界面からの変位が波谷部のそれよりも大きくなっていることから裏づけられよう。

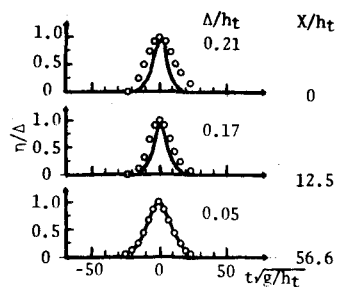
3.2. 波速: 図-3は波速と波高の関係を相対水深別に示したものである。本研究では、波高を二地点で計測しているが、その相乗平均値を二点間の平均波高としている。なお、波速 C は微小振幅長波波速 c_0 で、波高は全水深で除して無次元表示している。図中の実線は Benjamin の理論値であり、実験値は多少小さくなっているものの、その傾向は理論値と良く一致していることがわかる。さらに、相対水深が小さい程、波高の波速に及ぼす影響が大きくなり、逆に、上下層の水深が等しくなると波高の効果は波速には反映されない。換言すれば、上下層等水深の場合には、波速に有限振幅性の効果が現れないことを示唆している。また、前述した後続波の波速は、その波形からも十分予想されるように内部孤立波波速とは合致しない。

以上のように、上層水深が下層水深より十分大きい場合に内部サージより発生する波動は、内部孤立波と見なして良さそうである。しかしながら、上下層の水深が等しく、密度差が小さい場合には内部孤立波は発生し難いと言える。

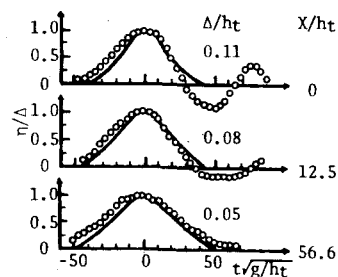
最後に、本研究を遂行するに際し実験・解析等に協力を得た東洋建設・江田周次郎君に記して謝意を表する。

参考文献

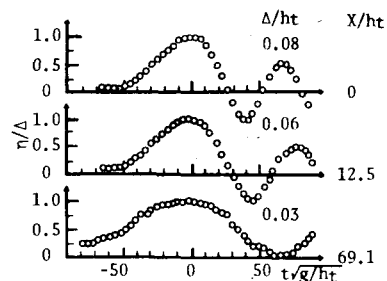
- 1) Benjamin, T, B(1966): J. Fluid Mech. vol.25, part 2.



(a) $\alpha = 0.125$



(b) $\alpha = 0.250$



(c) $\alpha = 0.500$

図-2 時間波形

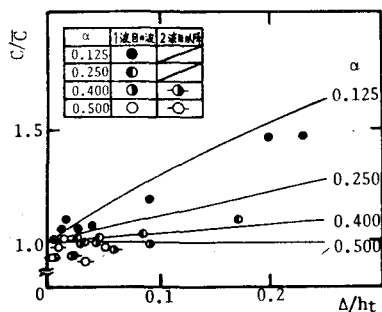


図-3 孤立波波速