

東北大学大学院 学生員 松本 康男
 東北大学工学部 正員 岩崎 敏夫
 東北大学工学部 正員 真野 明

1. はじめに

孤立性短波の遷移過程における研波現象について、岩崎・鈴木は研波は1回に止まらず、研波した波が波高を減衰しEのち、再び整形して増幅、研波、減衰を繰返すことを報告した⁽¹⁾。しかし、研波はらびに整形、増幅の機構については未だ明らかにされていない。本研究では、研波直前の波形、限界波高及び整形、増幅の距離について実験を行い、若干の結果を得たのでここに報告する。

2. 実験装置及び方法

実験に使用した水路の概要を図-1に示す。造波装置は造波板を水平方向に1回限り移動させるもので、その移動速度 Sp 及び移動距離 St は自由に変えられる。(詳細は(1)参照)

波形及び波高の測定は抵抗線式波高計4台、容量式波高計2台を使用し、図-1中の $X=23m$ と $X=13m$ の点には波高計を常置し、他の4台を高水路部で移動させて測定し、ペン書きオンログラフとテープレコーダに記録した。特に研波点付近では研波直前の波形を測定できるように波高計を直接して設置、測定した。

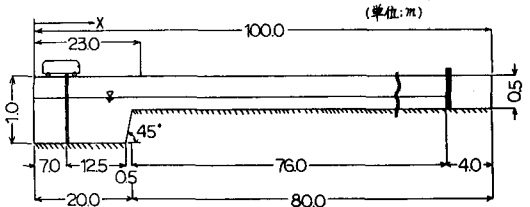


図-1

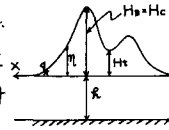


図-2

今回の実験における実験ケースを表-1に示す。造波板の移動速度と移動距離を変えることにより高水路部で研波が起るものと選んだ。初期波高水深比 $Hb/h > 0.390$ であり研波形式は全てSpilling型であった。なお表中には、研波点直前の波高計で測定した波高水深比(Hb/h)、及び研波点から再生点までの距離 BD も示してある。ここで、研波点は波峰が崩れ始めた点、再生点は波前面の水面の気泡が全て消失した点とある。又、 Hb , h 等を図-2のように定義する。

3. 実験結果及び考察

図-3(a),(b)は、波高変化の状況を示す。図中、B.P., R.P.は研波点、再生点を示す。第1波の波高は、研波点の2-3m前まで急激に増加し、その後緩かに増加して研波を生じ、研波後は急減し、極小値をとった後再び増加傾向となり再生点に至る。再生後、波高は緩かに増加し、安定した孤立波となる。第2波、第3波は、第1波の研波点では増加傾向を保ち、その後は第1波と同じような変化をしていく。第1波の研波区間中、第2波、第3波の波高が増減することについては、詳細な検討が必要であるが、この際、第2波以降が研波していないことは確認されているから、こうした変化が、第1波の研波によって引き起こされたと考えられる。

Case	h(cm)	St.(m)	Sp.(s)	Hb/h	BD(m)
1	25.6	1.0	70	0.787	13.0
2	23.5	0.5	70	0.524	13.8
3	22.5	0.5	70	0.684	12.3
4	22.3	1.0	70	0.609	12.0
5	18.3	0.5	60	0.737	8.9
6	18.3	1.0	60	0.776	9.4
7	15.7	1.5	60	0.617	13.2
8	15.6	1.0	50	0.814	6.0
9	15.5	1.5	50	0.657	9.0
10	14.9	1.0	40	0.498	12.5
11	15.0	1.0	50	0.559	8.7
12	14.3	0.5	50	0.736	8.9
13	14.3	1.0	40	0.778	6.5
14	11.0	0.5	30	0.527	5.6
15	11.0	0.8	30	0.755	7.0
16	10.9	1.0	30	0.548	5.2
17	10.9	1.5	40	0.493	13.7
18	9.6	1.0	30	0.635	4.8

表-1

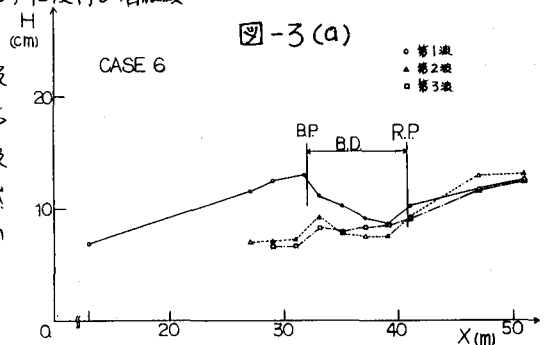


図-3(a)

次に研波点直前での時間波形を示したものが図-4である。(a)はCase3で $H_b/h=0.684$, (b)はCase11で $H_b/h=0.559$ である。図中、点線は波頂を実験波形の波高にあわせて孤立波の波形である。これによれば、両者とも波後面の波頂付近では孤立波によく一致しているのに対し、波前面の波頂付近では、それよりややせ細った形になっている。図-4(b)のケースについて、波形がややせ細っていることによる波速への影響を考える。本実験ではデータレコーダに記録したデータをサンプリング時間0.01secでデジタル化しており、波形が必ずしも滑らかにならないため、 $f'_2 = (f_1 + 2f_2 + f_3)/4$ なる平滑化を行った。又、波速は波頂曲率の効果を含めた次の式で求めた。

$$C = \sqrt{gR} \cdot (1 + 3\eta/4h + h^2/6\eta \cdot \partial^2\eta/\partial x^2) \quad (R: \text{水深}, \eta: \text{水位})$$

平滑化した波形と波速及び孤立波の波速と表面流速を示したものが図-5である。実験波の波速は孤立波の波速に比べ波頂付近で小さく、中腹では大きくなっている。孤立波の波頂での表面流速と波速の比は0.69で研波条件に達していない。一方、実験波の波速は求めていないが、図からわかるように実験波の波速と孤立波の表面流速は波頂でかなり近い値をとっており、波頂付近で研波がおこりやすくなっていると考えられる。又、孤立波を対象としたSpilling型の研波波高水深比の理論値は $H_b/h=0.83$ であるが⁽²⁾、本実験では表-1に示したように、理論値を越えているものはないが、かなり変化している。これは前述のように波形がややせ細っていることによる波速への影響のためではないかと思われる。

最後に研波距離BDと研波波高 H_b の関係を示したものが図-6である。図中()内の数字は研波点直前での H_b と H_c の比(H_b/H_c)を示している。2~3の例外はあるが、研波距離は研波波高が大きくなるに従って長くなる。Spilling型の研波では、波前面の研波による乱れが波頂から波前面全体へと広がっており、乱れが表面の気泡層から水中へ逸散されてこれが完了するのが再生点であるとするれば研波距離が長いことは、研波による乱れが大きいと考えられる。

最後に研波距離BDと研波波高 H_b の関係を示したものが図-6である。

図中()内の数字は研波点直前での H_b と H_c の比(H_b/H_c)を示している。2~3の例外はあるが、研波距離は研波波高が大きくなるに従って長くなる。Spilling型の研波では、波前面の研波による乱れが波頂から波前面全体へと広がっており、乱れが表面の気泡層から水中へ逸散されてこれが完了するのが再生点であるとするれば研波距離が長いことは、研波による乱れが大きいと考えられる。

4. 終わりに

研波点直前での波形は、その前面側が孤立波波形に比べてややせ細った形になっており、これにより波速は波長付近で小さくなり研波に至ると考えられる。研波波高水深比は各ケースでかなり変化しているが、理論値を越えたものはない。又、研波距離は研波波高が大きくなるに従って長くなった。

最後に本研究を行うにあたり多大な協力を得た東北大学大学院 松本朝君に感謝いたします。

<参考文献> (1) 岩崎 鈴木: 孤立性波よりソリトンの変形と研波に関する研究

(2) Longuet-Higgins: On the mass, momentum, energy and circulation of solitary wave Proc. Roy. Soc. A337

(3) Longuet-Higgins & Turner; An 'entraining plume' model of spilling breaker J. Fluid Mech. vol. 63

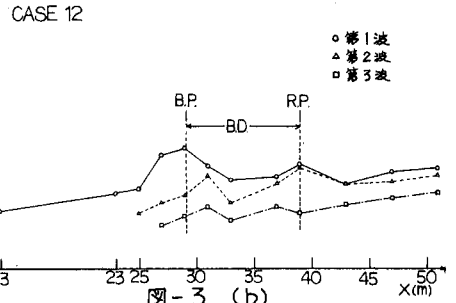


図-3 (b)

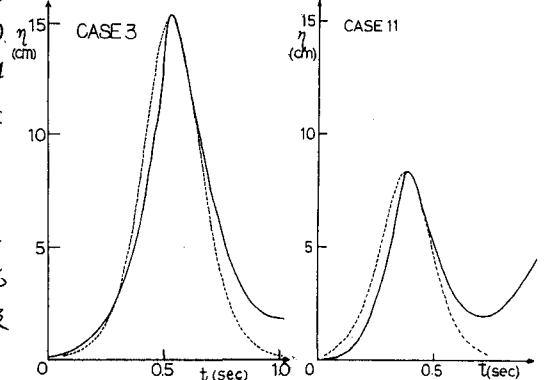


図-4 (a) (b)

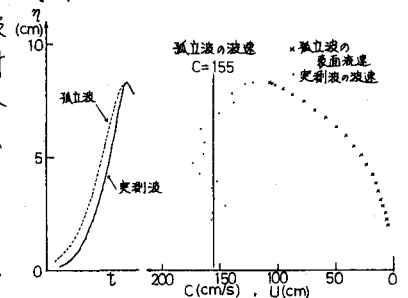


図-5

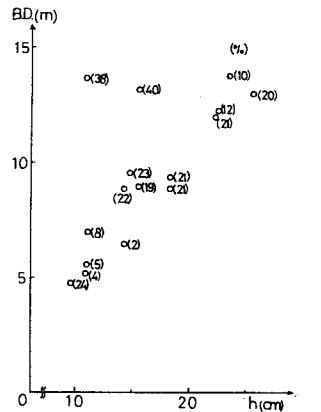


図-6