

東北大学工学部 正 員 岩崎敏夫
 (株) 間 組 正 員 小杉達郎
 東北大学大学院 学生員 鈴木義和

1. まえがき

安定状態に至るまでの遷移過程における孤立性段波が分裂して、ソリトンと呼ばれるいくつかの孤立波とさざ波となるが、発生ソリトン数・波高増加率及び減衰率等について興味深い性質が明らかにされてきている⁽¹⁾。しかし、孤立性段波の遷移過程においては、変形分散のほかに分散波が成長して碎波し、さらに変形や碎波を行なうという複雑な現象があり、これらは海岸のごく近傍の波の挙動として重要であると考えられるので、実験的にこれらの現象を明らかにしようとした。

2. 実験概要

本実験に用いた水路は(長さ)100m×(幅)0.5m、水路高は延長79.5mの高水路部分が0.5m、延長20.5mの低水路部分が1.0mであり、その間を45度の斜面で接続した二次元水路である。造波は低水路部分で水路長に直角にとりつけた造波板を電動式の駆動装置で1回限りの水平方向の移動により行なう。その水平移動距離をStroke、駆動装置の移動速度を示すメーター指示をSpeedで表わす。実験はStroke、Speed及び水深 h を変化させて行なった。実験ケースの一部を碎波波高水深比 H_b/h (H_b は碎波波高)と合わせて示す。波形は電気抵抗線式波高計と16mmシネカメラにより観測した。

3. 実験結果及び考察

図1に16mmシネカメラにより測定したCase1~4の先導ソリトンの波高変化を示す。Case1~3はSpeedが大きく、発生段波波高が大きい場合であるが斜面を通過した後

波高を急激に増大し碎波波高水深比 H_b/h が0.9程度で碎波する。碎波型はSpilling型であった。碎波すると波前面は強い乱れを伴いながら波高を急激に減少するがその後、数波長程度伝播する間に乱れは消えて波形は、孤立波状に整形しながら波高を増大させCase1では再び碎波する。2回目の碎波が起こらない他のケースでも波高が最大となる点がある。その位置はCase1で $X/h=275$ 、Case2で $X/h=240$ 、Case3では $X/h=210$ とStroke即ち発生段波長が長い程造波地点から離れ、その波高も大きくなっている。一方Case4の場合はSpeedが小さい為発生段波波高が H/h で0.28と小さく斜面を通過した後も碎波せずに $X/h=260$ 程度まで徐々に波高を増大させ、その位置は同じStrokeを持つCase1の2回目の波高が最大となる位置とほぼ一致している。碎波のない場合に先導ソリトンの波高が最大となる位置は、2番目のソリトンを分離する位置と関係あることは、昨年指摘したが碎波する場合についてこの関係を明らかにする為にCase3について各ソリトンの波峰と波谷の振幅の変化を図2に示した。この図から先導ソリトンの波谷振幅が零に落ちる位置は、碎波終了間際の

表1 実験ケースと碎波波高水深比(H_b/h)

CASE	水深cm	Speed	Stroke	H_b/h
1	20.0	7	1.5	0.95
2	"	7	1.0	0.96
3	"	7	0.5	0.88
4	"	5	1.5	NO BREAK
5	"	6	1.5	0.79
6	"	6	1.0	0.84
7	14.5	6	1.5	0.80
8	"	6	1.0	0.81
9	"	6	2.0	0.81
10	"	5	2.0	0.81
11	12.0	6	1.5	0.82
12	"	6	0.5	0.72
13	"	5	2.0	0.71
14	"	5	1.5	0.80
15	"	5	0.5	0.71

注：—は碎波した波高を示す。

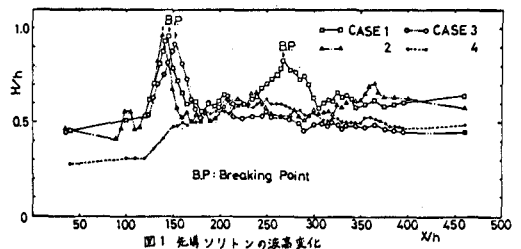


図1 先導ソリトンの波高変化

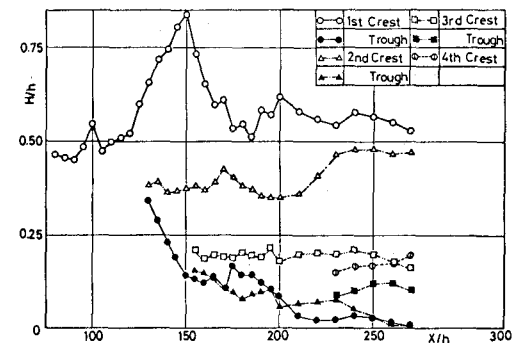


図2 波峰・波谷振幅の変化 (CASE 3)

波峰振幅が最大となる位置とほぼ一致している。2ndソリトンは碎波せず波峰が最大となる位置で波谷が零となり分裂が終っている。分裂開始は各ソリトンの場合とも波高を増大して行く過程である。以上のことからソリトンの波高が最大に達する位置と次のソリトンを分離する位置との関係は、碎波現象によってあまり影響を受けないことがわかった。又、発生ソリトン数も碎波を考慮せずに予測した数と実験において観測された数とはよく一致している⁽¹⁾。

図3は縦軸に碎波波高水深比 H_b/h 、横軸に斜面上端から碎波点までの距離を水深で無次元化し、表1の各ケースについてプロットしたものである。この図から $X/h > 90$ では、ほぼ一定値となるが波高減衰の為 X/h が大きくなる程若干小さい値となっている。 $X/h < 90$ では斜面に近づくにつれて H_b/h が大きくなっている。これは斜面により強制的にせき上げられて碎波に至る為と考えられる。 $X/h > 90$ での碎波波高水深比の平均値は0.78⁽²⁾であり、この値はMcCowanが理論的に導いた孤立波の限界波高水深比と等しくなっている。図1に示したCase 1の場合にも1回目の碎波点は $X/h = 45 < 90$ で、 $H_b/h = 0.95$ と非常に大きな値となっているが、2回目の碎波は $H_b/h = 0.81$ でほぼ孤立波の碎波限界に等しい値になっている。

DATAレコーダーに記録した波高データを $\Delta t = 0.02 \text{ sec}$ でデジタル化し、ガルトツェルの方法によりフーリエ変換し全パワーに対する各成分パワーの百分率を求めたものが図4である。各成分波のエネルギーの分布が変化してい

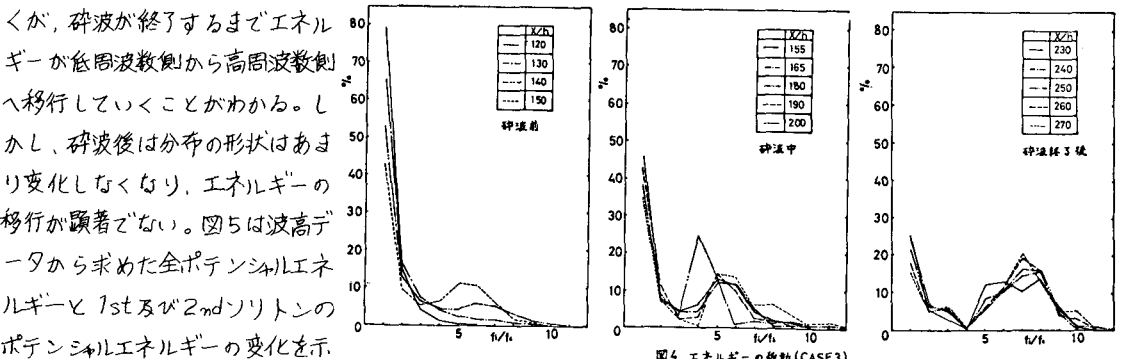


図4 エネルギーの移動 (CASE3)

くが、碎波が終了するまでエネルギーが低周波数側から高周波数側へ移行していくことがわかる。しかし、碎波後は分布の形状はあまり変化しなくなり、エネルギーの移行が顕著でない。図5は波高データから求めた全ポテンシャルエネルギーと1st及び2ndソリトンのポテンシャルエネルギーの変化を示したものである。1stソリトンは碎波によって急激にエネルギーを減少し、碎波終了後はほぼ一定になっている。2ndソリトンは分裂当初は分離が進んでいない為、図2からもわかるように波谷が高くエネルギーも大である。分離が進むとほぼ一定となっている。2ndソリトンは伝播する間に3rd及び4thソリトンを分裂していくのだが、その影響はみられない。全ポテンシャルエネルギーは斜面上で最大であり、この増加は波の一部が斜面により反射され進行波と重なって重複波となるからである。その後、1stソリトンの碎波終了まで減少し、終了後はほぼ一定になっている。

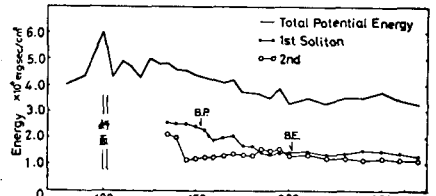


図5 エネルギーの変化 (CASE3)

4. あとがき

孤立性段波の碎波と分散を調べたことが明らかになった。ソリトン分裂は波高が増大している時におき、最大の位置で分離が終る。その最大となる位置は碎波にはあまり影響を受けない。碎波波高水深比 H_b/h は強制碎波により大きくなり、それ以外では理論的に求められている孤立波の限界波高水深比にほぼ等しい。各段階での時間波形を調和成分波に分解すると、安定状態になるまで低周波数側から高周波数側へエネルギーが移行する。

最後に、厳寒の中、本実験と一緒に遂行して頂いた、田中元章君(現 東北大学大学院)に謝意を表します。

参考文献 (1) 岩崎敏夫・真野明・小杉達郎「孤立性段波のソリトン分裂に関する研究」第22回海講演文集 P.47~P.51

(2) 吉沢正「数値解析Ⅱ」 岩波講座基礎工学4