

II - 75

波状段波の碎波と再形成の実験

東北大学工学部 学生員 ○永川賢治
 東北大学大学院 学生員 倉吉一盛
 東北大学工学部 正員 今村文彦
 東北大学工学部 正員 首藤伸夫

1.はじめに

海底勾配が緩やかな場所で波状段波が発達し、一度碎波した後、また波形を整え発達し、再び碎波するという現象が見られる。碎波に関する多くの実験や理論的研究はあるが、その後の再形成に関しては検討が少ない。そこで、本研究は、長さ100mを有する大規模水路において、波の諸量の変化を測定することにより、碎波から再形成に至る過程を調べることを目的とする。

2.実験装置、方法

図-1に実験装置の概略を示す。造波された波は1/5勾配部を通過後に波高を増し、 $x=6.5\sim 7.0\text{m}$ 付近で碎波する。その後、波は気泡を巻き込みながら波状段波として伝播し、 $x=35\text{m}$ 付近で、気泡の混入がなくなり再び波列として進行する。ここでは、気泡混入がなくなった時点で波が再形成したものと定義する。測定点間隔は、水平方向に1m、碎波および再形成点付近では0.5mである。流速は、4地点では鉛直分布の得られる測定をしたが、その他の地点では電磁流速計による水深10cm、プロベラ式流速計による水面上5cmでのみ測定を行った。その他、VTRカメラや目視により波を観察している。

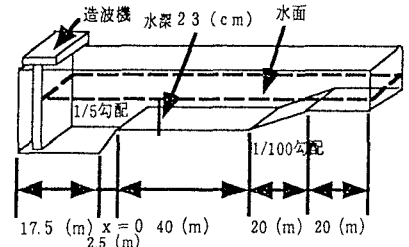


図-1：実験装置

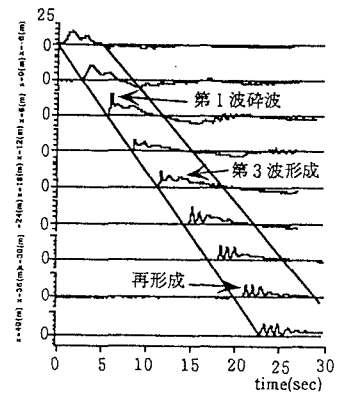


図-2：水位の経時変化

3.実験結果

(1) 波峰高変化

図-2に各地点での水位の経時変化を示す。 $x=6\text{m}$ は、造波された直後の波形を示す。すでに、主峰の後ろに第2波が形成している。

一定水深部に入って、 $x=6\text{m}$ 付近で第一波は最高水位を示し、その直後に碎波する。その後、先端部に気泡を含んだ波状段波として第一波の波高を高めつつ、また第二波を分裂しながら進行する。 $x=18\text{m}$ 付近から後方に第3波が形成され始め、その形も進行と共に次第に整って行く。その後、 $x=35\text{m}$ 付近で、碎波で巻き込まれた気泡が消滅し、3つの波が完全に分裂し、ソリトン群として進行するようになる。図-3には、各波の波峰高さの場所的変化を示す。第1波、第2波は、第一波碎波後、 $x=20\text{m}$ 付近で極小となり、つい

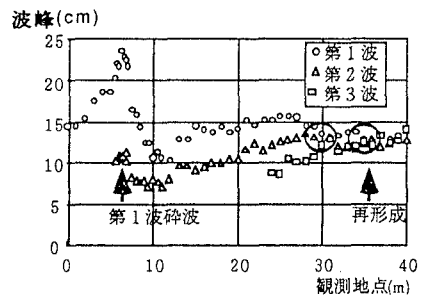


図-3：第1波、第2波、第3波最大波峰

で徐々に増大し、第1波は $x=25\text{m}$ 付近で、第2波は $x=28\text{m}$ で、再び極大値をとる。第3波は、 $x=31\text{m}$ で極大値をとっている。 $x=31\text{m}$ 付近では、第1波、第2波、第3波が、ほぼ同じ値を取り、さらに再形成点（ $x=35\text{m}$ 付近）でも、ほぼ同じ波高になっている。

(2) 先端と後端の走時曲線

図-4には、先端（ゼロアップクロス）とゼロダウクロス点の走時曲線、及び両者の各地点における出現時間差($T_f - T_s$)を示す。また図中には静水深にたいする線形長波波速による走時曲線をも示す。後端のゼロダウクロス点は、この波速で進行している。砕波していない先端部では、正の波形曲率のため波速が早い。砕波後には更に波速が早くなっていくが、其原因を確定することが今後の課題である。再形成されたのち、また非砕波先端部となり、時間差の増加率は減る。

(3) 先端部波形勾配

次に、波先端部の波形勾配の測定を行った。今回、砕波後には気泡を多く含むために、波高計で得られた波形が先端部のどの位置を出力しているのが不明確となるので注意が必要である。そこで、デジタルビデオと同時に測定した記録を比較し、対応関係を調べた。その結果、波高計の値は気泡を含む水面形の外側に対応していることが分かった。また、小さな水塊のスプラッシュには応答していなかった。

この確認の後、各地点で時系列データを用いて、第一波の先端での波形勾配を求めた。なお、横軸の時間は、波高のみを考慮して修正した波速を乗じて、距離に換算した（図-5参照）。以上の結果を図-6に示す。砕波後に急低下した波形勾配は次第に回復するが、背後に第3波の形成が始まると $x=15\text{m}$ 付近からのように一定に近くなり、その後 $x=31\text{m}$ 付近に再び若干低下して、再形成後に一定値に戻る。

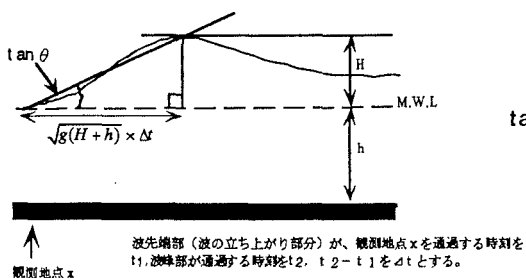


図-5：波先端部波形

4.まとめ及び今後の課題

以上の結果より、波が再形成するには、波高の条件とともに、第2、3波からのエネルギー供給なども問題になってくると思われ、今後得られたデータにより、運動量やエネルギーの変化を調べる。また、実際の波の変形モデルを考えるためには、あるエネルギーの入射波に対する波高、波形勾配の変化を何ケースかに分けて実験を行い、それらを結びつけるパラメータを考えなければならない。

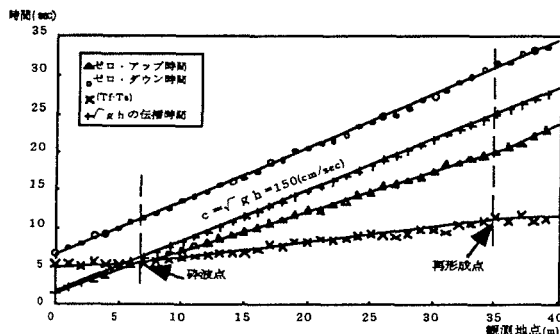


図-4：ゼロアップ、ダウクロス時刻

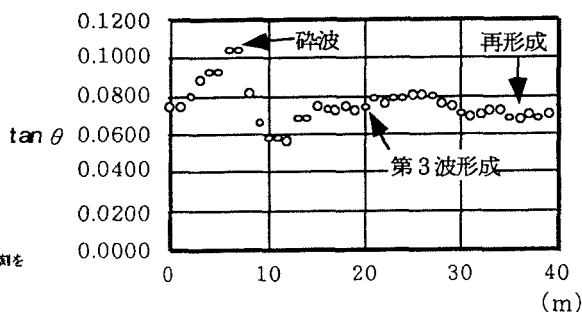


図-6：波形勾配