

矩形潜堤により発生するトリプル型碎波の発生原因と
碎波の気泡混入機構に関する実験的研究

名古屋大学大学院 正会員 鷲見浩一
名古屋大学大学院 学生員 ○渋谷貴志
名古屋大学大学院 学生員 細井寛昭
名古屋大学大学院 フェロー 岩田好一郎

1. はじめに

潜堤や人工リーフ等により水深が急変するとき、様々な形式の碎波が生じる。著者らは、PIV による可視化実験を行いトリプル型碎波の内部特性について研究（鷲見ら，2000）を進めてきたが、その発生原因については、未解明のままであった。また碎波は、急激な過渡運動であるため現象が非常に複雑で計測にも多大な困難を生じるなど、そのメカニズムを十分に解明するに至っていない。特に、流体内部に気泡を取り込む過程についてはこれまでほとんど議論されておらず、研究の余地が残されているのが現状である。

そこで、本研究ではトリプル碎波の発生原因に着目するとともに、デジタルハイスピードビデオカメラを用いて撮影した可視化画像により、碎波に伴う気泡混入機構について考究する。

2. 実験条件と実験方法

実験は名古屋大学工学部の2次元造波水槽（長さ30m、幅0.7m、高さ0.9m）を用いて、一定水深域（静水深； $h=40\text{cm}$ ）に設置された不透過矩形潜堤（堤幅 $B=80\text{cm}$ 、堤高 $D=32\text{cm}$ 、天端水深 $R=8\text{cm}$ ）を設置して行った。本研究では巻き波碎波と比較し、トリプル型碎波の発生原因の議論を目的とする実験Ⅰとデジタルハイスピードビデオカメラを用い、碎波に伴う気泡混入機構について考究する実験Ⅱの2種類の水理実験を行った。実験装置、撮影領域及び実験条件は次に示す通りである。

実験Ⅰにおける潜堤周辺の流速場の測定には、水中にトレーサ粒子（ナイロン12、中央粒径 $d_m=50\mu\text{m}$ ）を注入し、ビデオカメラ（シャッター間隔1/15s）により撮影した画像をPIV法により解析した。撮影領域は、図2に示す潜堤周辺を5つのブロックに分割した。また実験Ⅱでは、図2に示した撮影位置（縦10.5cm、横10.0cm）でデジタルハイスピードビデオカメラ（シャッター間隔1/4500s）により撮影した。

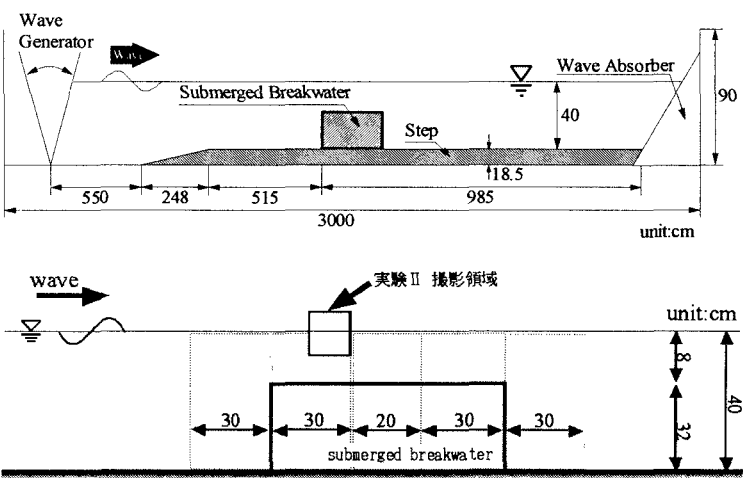


図1 実験装置及び撮影領域

表1 実験条件

	実験Ⅰ		実験Ⅱ
碎波形式	トリプル型碎波	Plunging 碎波	S-P 型碎波
入射波周期 T (sec)	2.15	1.68	0.80
入射波高 H_i (cm)	6.0	4.5	6.0
波形勾配 H_i/L_i	0.015		0.06
水深波長比 h/L_i	0.10	0.13	0.40

3. 実験結果とその考察

3.1 トリプル型碎波の発生原因（実験Ⅰ）

トリプル型碎波は、潜堤天端上で非常に大きな戻り流れが発生し、他の碎波形式に比べ顕著な循環流が形成されることが大きな特徴であることが確認されている。潜堤天端上へ進入してきた入射波とこの大きな戻り流れが干渉し、天端上での波速が急激に小さくなることがトリプル型碎波の発生要因の一つになっていることが考えられる。可視化画像解析より得られた天端上における波速は、トリプル型碎波 74.0cm/s、Plunging 碎波 74.5cm/s であり、入射波波速 C_i と比較するとそれぞれ 0.398, 0.417 とトリプル型碎波が潜堤による水深急変に伴い、急激に波速が遅くなることが確認できる。つまりトリプル型碎波の場合、天端上へ乗り上げた水粒子は、スムーズに水平方向に流れることができず波峰の背面が盛り上がり、ついには岸向きに波が崩れるのではない

かと推察される。このことは図2より入射波が天端上に乗り上げた後、Plunging 碎波はスムーズに水平方向に流れることに対し、トリプル型碎波は潜堤法肩付近から波向きがやや鉛直方向に向くことから確認できる。

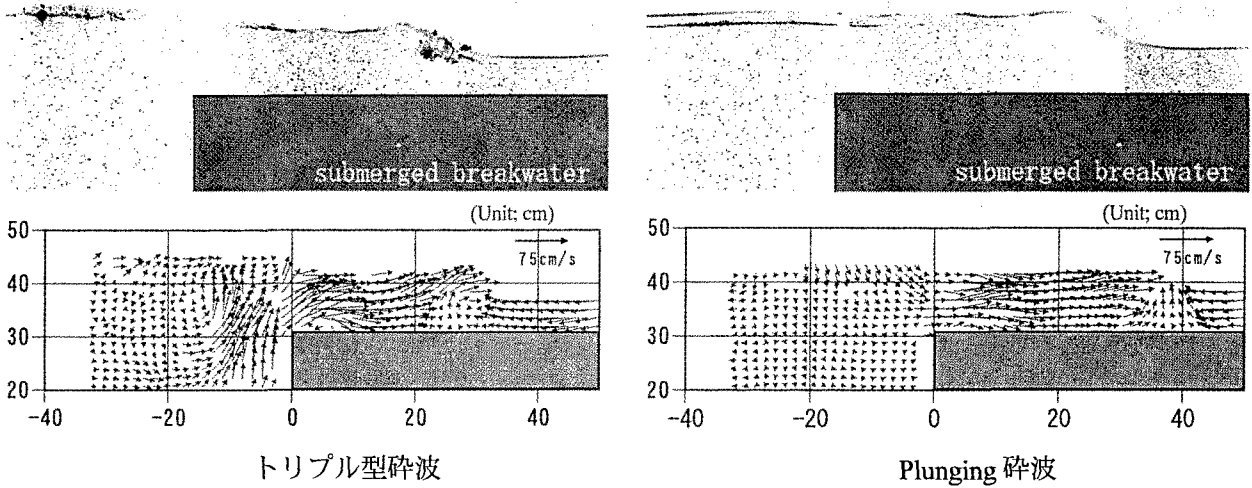


図2 可視化画像と流速ベクトル

3.2 碎波に伴う気泡混入機構（実験Ⅱ）

気泡混入の画像をいくつか撮影したが、その混入の機構には数パターンあることが確認された。本論文ではその一つについて考究する。図3は、S-P型碎波（Spilling 碎波と Plunging 碎波の中間的な性質）の潜堤天端上における気泡混入の一連の画像である。t=0/300の画像は、すでに碎波点後のものであり入射波は非線形性を帯び左右非対称になっている。そして入射波は崩れながら天端上に進入し、t=5/300で波面にくぼみが発生しはじめる。その後、表面張力の復元力により流体がそのくぼみを閉じようとする際に、気泡として流体内部に取り残されt=11/300でほぼ完全に流体中に取り込まれる。

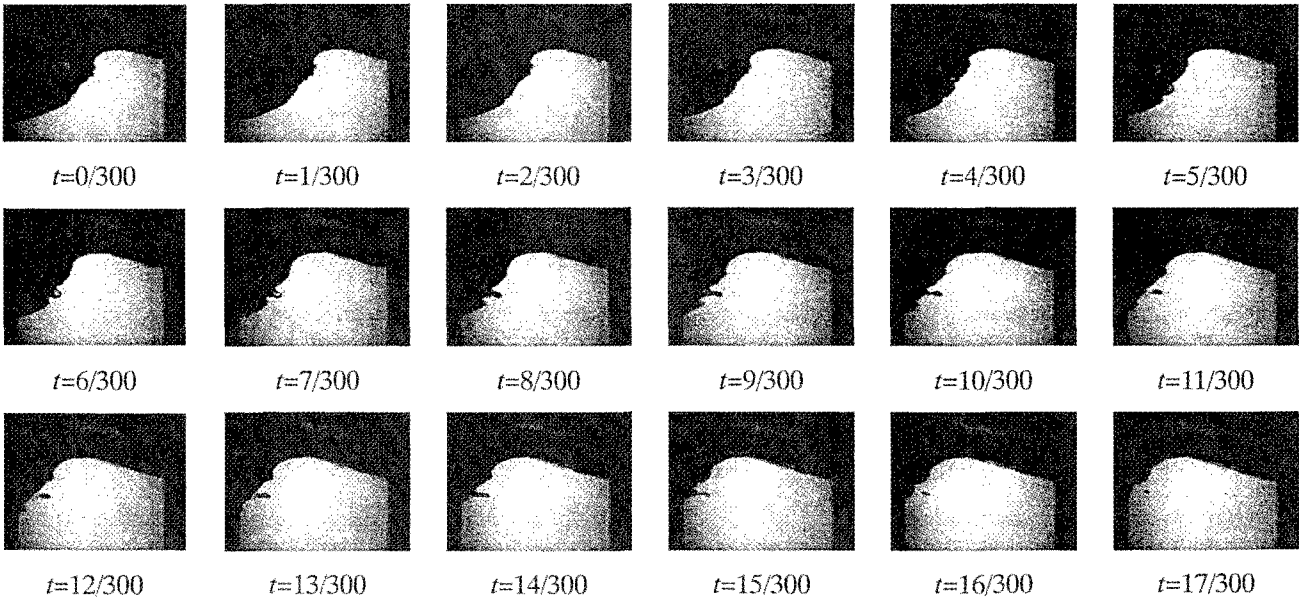


図3 碎波に伴う気泡混入機構

4. おわりに

碎波に伴い気泡が混入するメカニズムについて様々なパターンがあるが、いずれも表面張力の効果や粘性の影響など物理的に未解明な点が多く残されており、今後さらに研究を続けていく予定である。

参考文献

鷺見浩一，渋谷貴志，細井寛昭，岩田好一郎（2000）：潜堤によるトリプル型碎波の発生限界と内部構造に関する実験的研究，海岸工学論文集，第47巻，pp.736-740