

一様斜面上の砕波に伴う波内部の流速場・渦構造に関する実験的研究

金沢工業大学大学院 学生員 兼藤 剛
 金沢工業大学大学院 学生員 橋本彰雄
 金沢工業大学 正会員 鷲見浩一

1.はじめに

砕波に伴う気泡混入現象は波動エネルギーの逸散機構や乱れ構造の解明において極めて重要である。これまでに、砕波に関しては種々の研究が行なわれ、砕波帯内の乱れエネルギーは、波動エネルギーが組織的で大規模な渦によって変換されたものであると考えられている。また、近年では砕波に伴う波内部への気泡混入現象について幾つかの研究が行われ、気泡混入瞬時の波峰前面に微小な凹凸のある乱れた領域(微小凹凸乱れ)が形成され、この微小凹凸乱れ領域から波内部への気泡混入過程が確認されている。しかし、気泡混入に大きく寄与する微小凹凸乱れ近傍での流速場、および波動エネルギーから乱れエネルギーへの変換の媒体になると考えられている渦の構造に関しては十分に議論がなされておらず、不明な点が多いのが現状である。

そこで本研究では、PIV システムを用いた可視化水理実験を実施して、砕波瞬時に波峰前面に形成される微小凹凸乱れ領域の発達過程を波内部の流速場・渦構造と関連づけて考究する。

2.実験概要

実験は、図-1 に示す金沢工業大学水理実験室の片面ガラス張り 2次元造波水槽(長さ 10m,幅 0.7m,高さ 1.0m)を用いて、水深 $h = 40\text{cm}$ の水平固定床上に勾配 $i=1/10$ (長さ 4.8m,高さ 0.48m)の亚克力製の海底勾配を設置して行った。波内部の流速場の測定には、水中に粒子(ナイロン 12,中央粒径 $d_m = 50\mu\text{m}$)を注入するトレーサー法を用い、水路側方の高速カメラ(撮影時間間隔 $t=1/30\text{s}$)によって可視化画像を撮影した。この画像から流速場を算定するアルゴリズムとして、微小時刻差の2枚の瞬間画像から相関関係を用いて粒子同士を対応づける PIV 法を採用した。撮影領域(縦 16.6cm×横 22.1cm)は図-1 に示すように海底勾配上の砕波点に設けた。実験波は、入射波高 $H_1 = 6.0\text{cm}$,周期 $T = 0.8\text{s}$ の規則波であり、砕波形式は Spilling 砕波である。

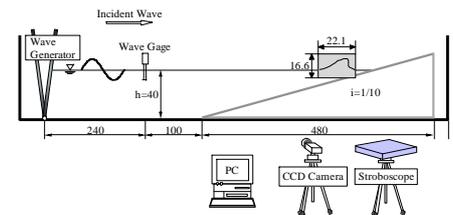


図-1 実験水槽と撮影領域(単位:cm)

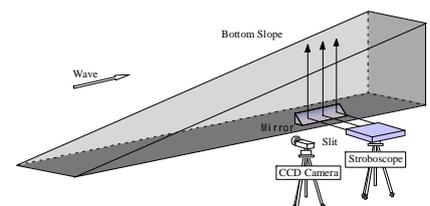


図-2 機材配置

3.実験結果

波の進行に伴い波峰前面に形成される微小な凹凸のある乱れた領域(微小凹凸乱れ)の発達過程を図-3 に示す。入射波の伝播に伴い、 $t=66/4500$ から $t=238/4500$ までの 0.038秒間に気泡が波内部に取り込まれているのが確認できる。微小凹凸乱れ領域は、時間経過に伴って波頂部から波脚部へ拡大していることがわかる。

流速ベクトル分布を図-4 に示す。なお、図中の曲線は進行波の波形を図示しており、実線は微小凹凸乱れ領域を破線は乱れてない水表面を示している。波内部の流速場は、

(a) $t=66/4500$ (b) $t=238/4500$

図-3 微小凹凸乱れ領域の発達過程

キーワード 砕波 微小凹凸乱れ PIV 流速ベクトル 渦度

連絡先 〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘 7-1 金沢工業大学環境・建築学部環境土木工学科 Tel.076-248-1100

波頂部後方から微小凹凸乱れ領域に向かう反時計回りの半円形となっており、波頂部後方では入射波の進行方向下向きに比較的大きい流速が発生している。また、 $0.05 < X/L < 0.15$ の範囲では、流速の比較的小さいほぼ水平方向の流れが生じ、波峰前面では大きな流速をもつ上昇流が発生している。この微小凹凸乱れ領域近傍の上昇する流れは、波内部の流速場において最大値を示した。また、戻り流れと入射波が衝突する同図(a)～(c)の $0.185 < X/L < 0.205$ の範囲では鉛直上方向の流れが発生している。

渦度分布を図-5に示す。砕波時の渦度分布は、微小凹凸乱れ領域下端付近に反時計回りの渦が発生し、微小凹凸乱れ領域下端部から波頂部にかけて時計回りの渦が発生した。これらの組織的な渦は微小凹凸乱れ領域近傍で生成していることから、微小凹凸乱れの形成には組織的な渦の発生が影響していると考えられる。また、微小凹凸乱れ領域近傍の組織的な渦は、波の伝播に伴い波頂部後方に移流することが確認された。

4. 結論

入射波の伝播に伴う微小凹凸乱れ領域の発達過程を波内部の流速場・渦構造と関連づけて討議した結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 波峰前面に形成される微小凹凸乱れ領域は、入射波の伝播に伴い波頂部から波脚部へ拡大することが判明した。
- 2) 微小凹凸乱れ領域近傍の流速値は波内部の流速場において最大値を示した。
- 3) 微小凹凸乱れ領域下端付近では、反時計回りの渦が発生し、微小凹凸乱れ領域下端部から波頂部にかけて時計回りの組織的な渦が発生した。これらの組織的な渦は、微小凹凸乱れ領域近傍で生成されていることから、微小凹凸乱れの形成には組織的な渦が影響していると考えられる。
- 4) 微小凹凸乱れ領域近傍の組織的な渦は、波の伝播に伴い波頂部後方に移流することが確認された。

【参考文献】

鷲見浩一・岩田好一郎：潜堤上の砕波に伴う気泡混入過程と気泡径に関する実験的研究，海岸工学論文集，第49巻，2002，pp.101-105

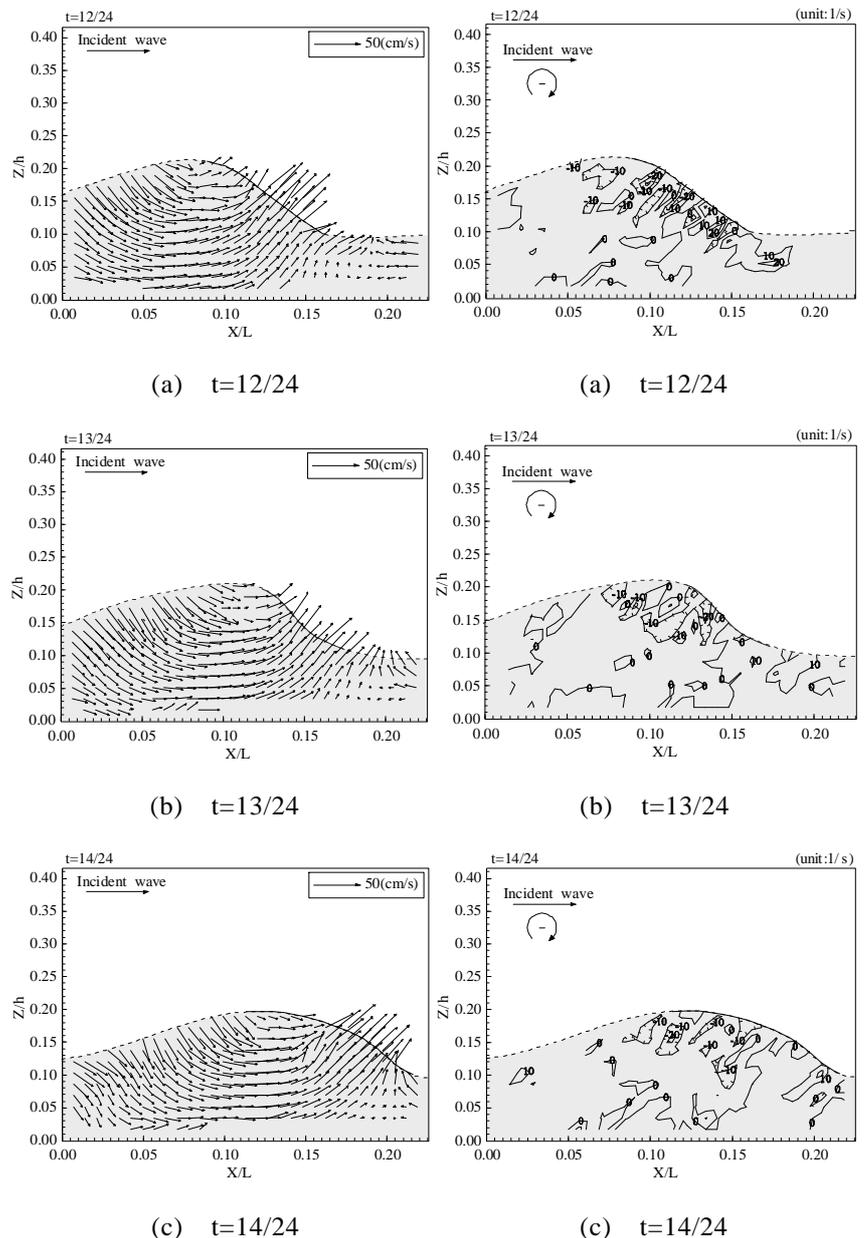


図-4 流速ベクトル分布

図-5 渦度分布