一様勾配斜面上で発生する砕波の形状パラメータと気泡混入に関する実験的研究

金沢工業大学	正会員	鷲見	浩一
--------	-----	----	----

金沢工業大学大学院 学生員 橋本 彰雄

1.はじめに

砕波は波浪の静穏化を支配し,最大波力を規定する重要因子である.特に砕波によって気泡が波内部に混入 する過程は,砕波機構の解明や波浪制御および海中への多量の溶存酸素供給等の面において極めて重要である. これまでに,砕波に伴う波内部への気泡混入現象については幾つかの研究が行われ,重力波前面に微少な凹凸 部(微少凹凸乱れ)が形成され,この微少凹凸乱れ領域に表面張力波と推察されるくびれが発生し,くびれから の気泡連行過程が報告されている.しかし,気泡混入瞬時のくびれ・微少凹凸乱れ等の重力波に形成される形 状パラメータと混入気泡との幾何的特性に関しては議論が充分ではなく,研究の余地が多く残されているのが 現状である.

本研究は,一様勾配傾斜面上で発生する砕波現象を対象に,超高速ディジタルビデオカメラを用いた可視化 水理実験を実施して,気泡混入瞬時の形状パラメータと入射波条件を幾何的に解析し,気泡の波内部への混入 特性を考究しようとするものである.

2.実験概要

図-1 に示す金沢工業大学の片面ガラス張り 2 次元造波水槽(長さ 10m,幅 0.7m,高さ 1m)を用いて,水深 h=40cmの水平固定床上に勾配 i=1/10(長さ 4.8m,高さ 0.48m)のアクリル製の海底勾配を設置し,砕波瞬時の 気泡混入現象を検討する鉛直 2 次元の水理実験を行った.実験波は,波高 H_i=6.0,8.0,10.0cm,周期 T=0.8, 1.0,1.2s を組み合わせた 9 種類の規則波とした.砕波瞬時の気泡混入過程の可視化画像の撮影には,撮影速 度 1/4500 コマ/s の超高速ディジタルビデオカメラ(フォトロン製:FASTCAM)を使用した.撮影領域(縦 12.5cm ×横 14.0cm)は図-2 に示すように傾斜面上の砕波点に設け,画像を鮮明に撮影するためにメタルハライドラン プを照射した.

3.実験結果と考察

砕波瞬時の気泡混入現象は極めて不安定な状態であり,造波開始時の静水状態,微小な水深変化により微妙 に変化する.したがって,本実験では前述の9種類の実験波を繰り返し造波し,各入射波について 50 ケース(合

計 450 ケース)の気泡混入瞬時の画像を得た.この撮影画像の解 析により,図-3 に示すように気泡混入瞬時の波面は,微少な凹 凸のある領域(微少凹凸乱れ領域 Lr)と滑らかな水表面から構 成され,気泡は微少凹凸乱れに形成されるくびれから波内部へ 混入することが判明した.くびれは重力波の進行方向と逆方向 に波内部に向かって生じ,くびれの内面が接することによって 空気を流体内部に閉じこめる.

ー様傾斜面上の砕波において気泡が波内部に混入する形式 は大別すると4パターンであり,図-4にくびれから混入形式の 模式図を示し,図-5に波峰前面の微少凹凸乱れからの気泡の混 入瞬時の画像を例示する.Pattern1~3 は,重力波の進行方向 に対して気泡がそれぞれ水平方向,斜め上方向,斜め下方向に 混入する場合であり,Pattern4 は微小凹凸乱れ下端と乱れてい



図-2 撮影領域(単位:cm)

キーワード 砕波,気泡,一様勾配斜面,形状パラメータ,超高速ディジタルビデオカメラ 連絡先 〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘7-1 金沢工業大学工学部土木工学科 TEL076-294-6713 ない水面の境界から気泡が混入する場合である.

図 -6(a),(b) はそれぞれ Spilling 型砕波と Plunging 型砕波の気泡混入位置と気泡径の関係 を示している.なお,図中の曲線は進行波の波 形を時間間隔?t=0.005s で図示しており,実線 は微小凹凸乱れ領域を点線は乱れのない水表面 を示している.混入気泡の位置は,波形勾配と 砕波形式に強く支配され,Spilling 型砕波では 0.02?X/L?0.12 の広範囲で気泡が混入するの に対して、Plunging型砕波では 0.01?X/L?0.05 の範囲でのみ気泡が混入し,波形勾配が小さい ほど静水面近傍で気泡は水塊内に連行されてい る.また,気泡径は波形勾配が大きいほど小さ くなることが明らかとなった.

空気は波峰前面の微少凹凸乱れ領域に形成されるくびれから波内部に取り込まれる.したがって,微少凹凸乱れとくびれは,気泡混入現象を支配するの重要な要素であると考えられので,入射波の相違による形状パラメータの変化と気泡混入特性を検討する.図-7は,くびれの内面が接し気泡が波内部に混入する瞬間の水平距離 aを微少凹凸乱れの水平方向距離Lrcos?で無次元化した a/Lrcos?と微少凹凸乱れの鉛直方向距離Lrsin?を入射波高で無次元化したLrsin?/H₁の関係を波形勾配H₁/Lについて示し

たものである.同図より,くびれの水平方向距離 a は,波形勾配と Lr sin ? /H_I に大きく支配され,波形勾配が比較的小さく plunging 型砕 波となる 0.028 ? H_I /L ? 0.055 ではLr sin ? が H_I の約 4 割以下で気泡が 波内部に連行される.一方,波形勾配が大きく spilling 型砕波となる 0.080 ? H_I /L ? 0.110 では, Lr sin ? が H_I の約 2 割以上で気泡が波内部 に混入することが判明した.なお,Lr sin ? が H_I の 2 割から 4 割のと きは,すべての波形勾配で気泡の混入が確認でき a が最大値となるこ とが見出された.

4.おわりに





図-7 気泡混入特性

本研究では,超高速デジィタルビデオカメラを使用した水理実験を実施して,一様傾斜面上の砕波に伴う気 泡混入現象を波面上に形成される形状パラメータと関連づけて考究した.その結果,気泡は波前面の微少凹凸 乱れ領域に形成されるくびれが,重力波の進行方向と逆方向に波内部に向かって生じ,くびれの内面が接する ことによって空気を波内部に閉じこめることが明らかとなった.また,波内部への気泡混入現象は,くびれや 微少凹凸乱れ等の形状パラメータによって強く支配され,微少凹凸乱れの大きさと波形勾配により気泡混入状 態が異なることが確認された.

参考文献

1) 鷲見・岩田(2002): 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, pp.101-105.

-522-