

潜堤による強制砕波に伴う気泡連行位置と気泡径に関する実験的研究

金沢工業大学 正会員 ○ 鷲見 浩一
名古屋大学大学院 フェロー 岩田 好一郎

1.はじめに: 海の波が海岸構造物により強制的に碎かれる現象は,入射波のエネルギーを逸散させ減衰した透過波を構造物背後域へ伝播させるため,波浪の静穏化へ寄与する最も重要な因子である.特に砕波によって気泡が波内部に混入する過程は,砕波機構の解明や海域への多量の溶存酸素の供給などの面において極めて重要である.現在までに,流体内部への気泡混入過程に関しては幾つかの研究が行われ(水谷・安田(2000)),波峰前面に微少な凹凸部(擾乱部)が形成され,この擾乱部から波内部への気泡混入形式が報告されている.しかし,気泡混入位置や混入量に関する研究は充分とはいえず,依然として不明な点が多い.そこで本研究では,潜堤上で発生する砕波現象を対象に,超高速デ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,砕波に伴い波内部に混入する気泡の位置と気泡径について考究した.

2.実験装置と実験条件: 実験は図-1に示す金沢工業大学の両面ガラス張り2次元造波水槽(長さ10m,幅0.7m,高さ1m)を用いて,水深 $h=40\text{cm}$ の水平固定床上にアクリル製の不透過矩形型潜堤(堤幅 $B=80\text{cm}$,堤高 $D=32\text{cm}$)を設置して行った.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 $1/4500\text{コマ/s}$ の超高速デ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 $5\text{cm}\times$ 横 5cm)は図-2に示すように潜堤天端上の砕波点に設けた.また,撮影画像をより鮮明にするために撮影領域にはメタルハライドランプを照射した.実験波は周期を $T=0.8\text{s}$ と一定とし,入射波高が $H_I=8.5, 10.5\text{cm}$ で波形勾配がそれぞれ $H_I/L=0.086, 0.106$ となる2種類の規則波とした.この場合の砕波形式はそれぞれS-P型砕波(Spilling-Plunging型砕波)とPlunging型砕波となる.

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・微少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,波形勾配の相違が波内部に混入する気泡位置と気泡径に及ぼす影響について検討するために,前述の2種類の規則波を繰り返し造波させ60ケースの気泡混入画像を得た.

まず,気泡が流体内部に混入する形式について検討する.図-3に波内部への気泡混入瞬時の画像を例示し,図-4に波峰前面の凹凸部(擾乱部)からの気泡混入形式の模式図を示す.図-3(a),(b)は波形勾配が $H_I/L=0.086$ の場合,図-3(c)は $H_I/L=0.106$ における,気泡混入瞬時の撮影画像である.図-3(a)~(c)から砕波直前の波峰前面には,微少な凹凸がある“乱れた領域(擾乱部)”と微少な凹凸のない“乱れていない領域”が存在し,気泡は擾乱部から波内部へ混入することが明らかとなった.また,気泡の混入パターンは大別すると4パターンとなり,Pattern1と2は波の進行方向に対して気泡がそれぞれ水平方向と斜め上方向に混入する場合,Pattern3は擾乱部の下端境界から気泡が混入する場合,Pattern4は擾乱部から同時に多数の気泡が方向を問わず混入する場合である.Pattern1,2,3においても水表面の破れにより単一の気泡が水塊内に混入し,その後,Pattern4のように擾乱部の拡大に伴って波内部に多量の気泡が連行される場合も確認された.なお,著者ら(2001)は波の進行方向に対して鉛直下向きに混入する気泡を確認している.このような水表面を破り,最初に流体内に取り込まれる気泡混入パ

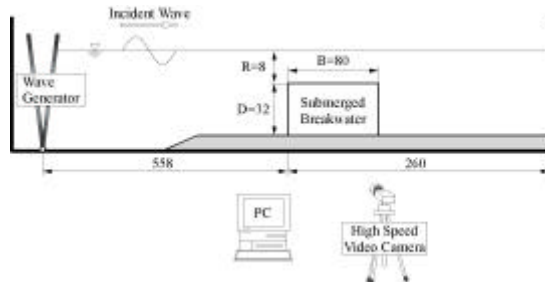


図-1 実験水槽(単位: cm)

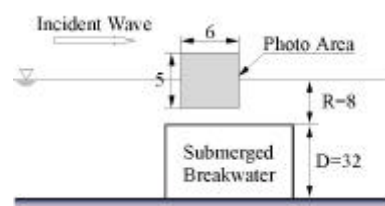


図-2 撮影領域(単位: cm)

キーワード 砕波, 気泡, 混入形式, 不透過潜堤

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 TEL 076-248-9756

ーンの相違は、擾乱部近傍での流速場の差違によるところが大きいと考えられる。

つぎに、波進行に伴う擾乱部の移動と拡大を気泡混入パターンと関連付けて考究する。図-5(a)と(b)はそれぞれ $H_I/L=0.086$, 0.106 のとき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 (a) は $\Delta t=0.015s$, (b) は $\Delta t=0.0074s$ の時間間隔で図示しており、実線は擾乱する水面、点線は擾乱のない水面である。図-5(a)は、気泡混入形式は擾乱部の進行距離に大きく影響されており、 $0 < X/L \leq 0.04$ では *Pattern1* が発生しやすく、 $0.018 < X/L \leq 0.052$ では *Pattern2* が発生しやすい傾向となることを示している。一方、図-5(b)は、 $0 < X/L \leq 0.05$ の広い範囲で *Pattern3*, *4* が共に発生しており、擾乱部の移動に伴う混入形式の相違は顕著でない。また、*Pattern3* は他の混入形式と比較して鉛直方向に $z/h < 0.05$ の比較的静水面に近い領域で発生している。このように、砕波に伴う気泡混入形式は波形勾配により異なっている。

気泡径は気泡混入パターンに支配され、*Pattern1,2,4* では気泡径が約 $0.4 \sim 1cm$ と比較的大きいが、*Pattern3* では $0.4cm$ 以下と比較的小さくなる。図-6 は、擾乱部下端が波頂部近傍にある場合 ($0 < X/L \leq 0.018$)、擾乱部下端が波峰中央まで拡大する場合 ($0.018 < X/L \leq 0.04$) と擾乱部下端が波前脚部まで到達する場合 ($0.04 < X/L$) の気泡混入数を波形勾配について示したものである。なお、縦軸の No は全領域 ($0 < X/L \leq 0.06$) での混入気泡の総数であり、 n は前述の3つの領域における、それぞれの気泡混入数である。気泡は、波形勾配が大きく、 $0.018 < X/L \leq 0.04$ の領域で多くなることが見いだされた。この領域は図-5(a)で *Pattern1*, *2* が共に発生する領域であり、気泡混入数は波の伝播に伴う擾乱部の移動に依存して変化することが判明した。

4. おわりに： 本研究は可視化水理実験により、波内部への気泡混入形式と気泡径について考究した。その結果、波前面は微少な凹凸のある“乱れた領域”と凹凸のない“乱れていない”領域から形成されており、気泡は“乱れた領域”から混入することが明らかとなった。また、“乱れた領域”の発達に伴い、混入形式は変化し、さらに、気泡径は混入形式によって変ることが認められた。

参考文献 1)水谷・安田(2000):リーフ上の孤立波と微少砕波と崩れ波型砕波への遷移過程, 海岸工学論文集, 第 47 巻, 2000, pp.131-135. 2)鷲見・渋谷・細井・岩田(2001):矩形型潜堤上の砕波に伴う気泡混入過程に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第 48 巻, 2001, pp.106-110.

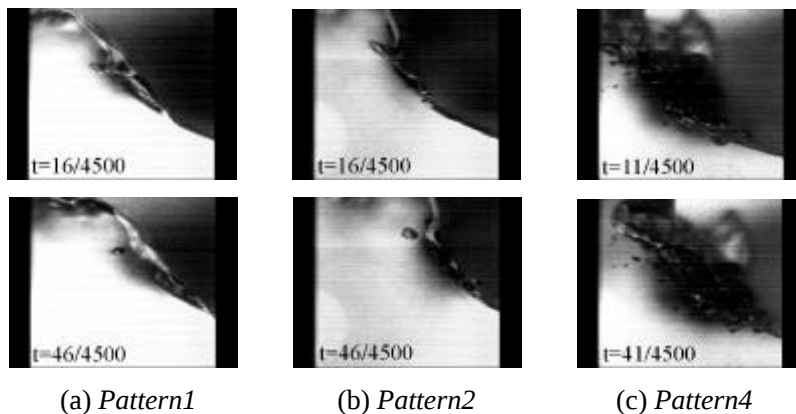


図-3 気泡混入瞬時の撮影画像

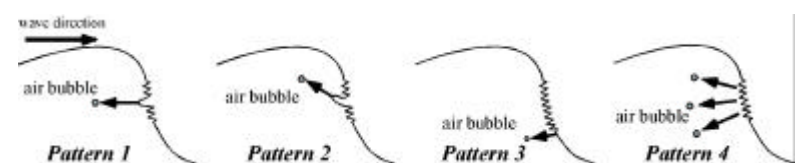


図-4 波内部への気泡混入パターン

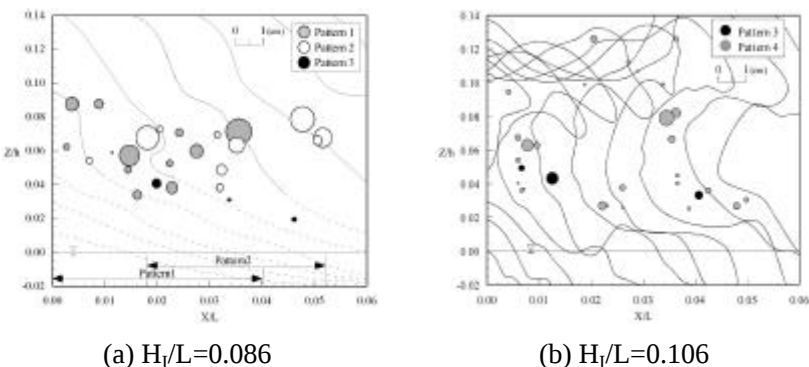


図-5 気泡混入位置と気泡径

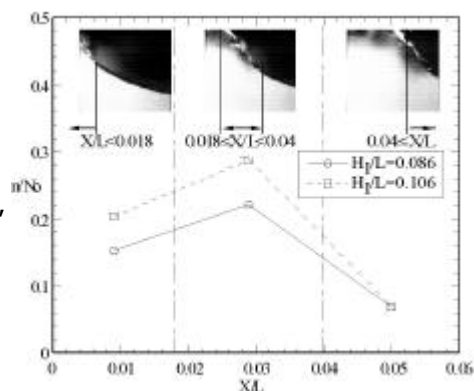


図-6 気泡混入数