固液二相流における砕波時の水粒子速度の時空間分布

金沢工業大学大学院	学生会員	高江	俊之
金沢工業大学	正会員	鷲見	浩一

1. 目的

砕波現象は、最大波力を規定するとともに強大な砕波衝撃波力を発生させる.また、砕波は海底砂を浮遊 させ、浮遊した砂は流れによって移動する.したがって、砕波は海岸構造物の設計や海岸侵食の防止に寄与 する重要な因子である.これまでに砕波現象については、多くの研究が行なわれてきた.しかし、砕波に伴 い浮遊した砂と水が混在する固液二相流での水粒子速度の特性については研究¹⁾が少数であり、未解明な点 が多い.

本研究は、海浜の平衡断面が異なる場合に、砕波により浮遊した砂と水が混存する固液二相流において、 水粒子速度の時空間分布を考究するものである.

2.実験概要

本研究では、固液二相流において、水粒子速度の時空間分布を検 討するために、可視化水理実験を実施した.実験は、図-1に示すよ うに金沢工業大学環境土木工学科の片面ガラス張りの2次元造波水 槽(長さ18m,幅0.7m,高さ1m)を用いて、水深h=40cmの水路底 面上に勾配i=1/10(長さ4.8m,高さ0.48m)のアクリル製の海底勾配 模型を設置して行った.アクリル製の海底勾配模型の内部にケイ砂 (中央粒径 d₅₀=0.3mm)を敷き詰めた.実験波は、波高 H_I=3.0cm,周期 T=1.0s と H_I=5.0cm,T=1.0s,および H_I=8.0cm,T=1.0s の3種類の規則 波とした.海浜の断面形状を分類する無次元係数Cは、H_I=3.0cm で C=3.4 の堆積型、H_I=5.0 で C=5.7 の中間型、H_I=8.0cm で C=9.1 の侵 食型である.砕波形式は H_I=3.0cm と H_I=8.0cm では Plunging 砕波、 H_I=5.0cm は Spilling 砕波と Plunging 砕波の中間の性質を持つ Spilling-Plunging(S-P)砕波である.海底地形は実験開始前に24時間、 波を造波させ平衡断面とした.

水粒子を可視化するトレーサは、水と比重が同じナイロン12 (dso=12um)とした.このトレーサに水路上方からレーザースリット Incident Wave Uncident Wave Uncide

図-1 実験装置と撮影領域(単位 cm)



図-2 高速度カメラによる可視化画

光(カトウ光研製:Green Laser Sheet)を照射して、水路側方に設置した高速度カメラ(デジモ製:VCC-H8000B)に より、水粒子の可視化画像を撮影した.この撮影画像に PIV(ディテクト:Dipp-Flow)を適用して、波内部の水 粒子速度を求めた.ケイ砂を用いた移動床の区間は、汀線から沖方向 4.2m とした.また、この実験では固 液二相流における水粒子速度を計測するため、可視化画像に砂が撮影されないように、ケイ砂を黒く塗装し、 ナイロン 12 のみが撮影されるように工夫した.その可視化画像を図-2 に示す.撮影領域は、高さ 17.5 cm、 幅 36.8 cmとして砕波点付近に設けた.高速度カメラの撮影速度は、時間間隔 Δt = 1/500 とし、PIV による水 粒子速度の解析は Δt = 1/250 とした.なお、水粒子速度は 10 波の位相平均により算定した.

3.実験結果

固液二相流における波内部の水粒子速度の空間的な分布特性について検討する. PIV によって得た堆積型の

キーワード 砕波,固液二相流, PIV 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 TEL 076-248-1100

水粒子速度を図-3に、中 間型を図-4に、侵食型を 図-5にそれぞれ図化する. 図-3~5の(a),(b),(c)は, そ れぞれ砕波前,砕波時, 砕波後の時刻における水 粒子速度を示している. 堆積型の砕波前である図 -3(a)では, 撮影領域全体 で水粒子速度は,ほぼ一 定になっている. 中間型 の砕波前である図-4(a)で は,バー上部で水粒子速 度が速くなっている. 侵 食型の砕波前である図 -5(a)では、バー上部およ びバー上部の沖側の水粒 子速度が約 40cm/s と速 い速度になっている. 堆 積型の砕波時の図-3(b)で は、波内部の水粒子の速 度分布は,波頂部の後方



から波峰の前方へ向かう反時計回りの流速分布になっている.また,X/L=0.20の海底面近傍の水粒子は,海 底地形の影響を受けて流向が岸側斜め上方向となっている.中間型の砕波時である図-4(b)では,波頂部の水 粒子速度が堆積型の砕波時より明らかに大きいことがわかる.侵食型の砕波時である図-5(b)の0.06≤X/L≤0.13 と-0.08≤Z/h≤0.10の領域では,堆積型や中間型の砕波時である図-3,4(b)では発生しなかった岸側斜め上方向の 流れが発生している.侵食型の砕波時の波頂部の水粒子速度は,堆積型や中間型の砕波時の水粒子速度より も速いことがわかる.堆積型の砕波後である図-3(c)では,撮影領域内での水粒子速度はほぼ一定で沈降して いる.中間型の砕波後である図-4(c)では,バー沖側の水粒子は沖方向に,岸方向の水粒子は岸方向に,沖側 と岸側の間の水粒子は下方向に移動しているのがわかる.侵食型の砕波後の図-5(c)では,バー上部から岸側 にかけての領域ではバー沖側より水粒子速度が大きい.また,侵食型は堆積型や中間型よりも撮影領域全体 で,水粒子速度が速くなっている.

4.結論

本研究では、砕波に伴って浮遊した砂と水が混存する固液二相流において、水粒子速度の時空間分布を検 討した.堆積型と中間型、および侵食型のような海浜の平衡断面形状が異なる場合は、入射波の進行状況に よって水粒子速度の分布傾向が異なることが明らかとなった.また、水粒子速度は、バー型海底地形の影響 を強く受け、バー上部では他の領域よりも水粒子速度は大きい傾向を示した.

【参考文献】

1)鷲見浩一, 兼藤剛, 植松達也: 固液2相流での砕波に伴う浮遊砂の移動速度に関する研究, 土木学会, 海 岸工学論文集, 第53巻, pp081-085, 2006