砕波形式の相違による底質の移動速度に関する研究

金沢工業大学大学院 学生員 野崎 猛盛
金沢工業大学 正会員 鷲見 浩一

1.目的

砕波帯内での底質の浮遊現象に関しては，これまでに多くの研究が行われ，海底砂の浮遊には斜降渦の海底面への到着が支配的であることが実験的に確認されている．しかし，砕波に伴い浮遊する海底砂の移動速度と移動過程は，砕波という力学的に極限状態の現象を対象としているので，その定量的評価が困難であり，依然として不明な点が多い．

本研究は，PIV を用いた可視化水理実験より，砕波形式が異なる場合の浮遊砂の移動過程と移動速度について考究するものである．

2.実験概要

本研究では，砕波形式の相違による底質の移動速度を検討するために，PIV を用いた移動床実験を実施した．ケイ砂(中央粒径 d_m=0.3mm，密度 ρ=2.65g/cm^3)を PIV のトレーサとし，水路上方からレーザーシート光(カトウ光研製:Green Laser Sheet)を水槽内に照射してトレーサを可視化させ，水路側方に設置したハイスピードカメラ(デジモ製:VCC-H8000B)により可視化画像を撮影(撮影間隔 1/500s)した．この可視化画像に相互相関法による PIV(ディテクト:Dipp-Flow)を適用して砂粒子の移動速度を求めた．

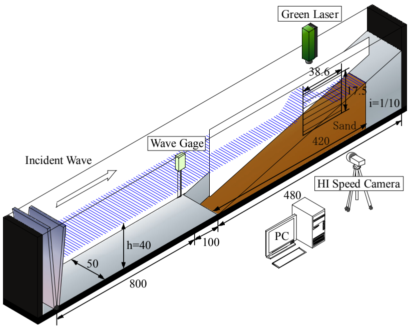


図- 1 実験水槽と撮影領域

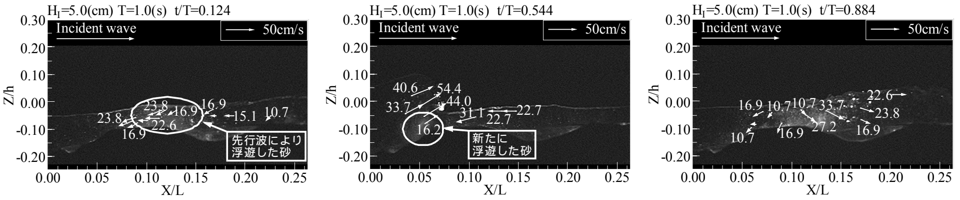
実験は，図-1 に示すように金沢工業大学環境土木工学科の片面ガラス張りの 2 次元造波水槽(長さ 18m，幅 0.5m，高さ 1.0m)を用いて行った．水深 h=40 ㎝の水平固定床上に勾配 i=1/10(長さ 4.8m 高さ 0.48m)のアクリル製の海底勾配模型を設置した．ケイ砂を用いた移動床の区間は，汀線から沖方向に 4.2m とした．撮影領域(高さ 17.5cm，幅 38.6cm)は海底勾配上の砕波点付近に設けた．実験波は，入射波高 H_I=5.0cm，周期 T=1.0s と H_I=8.0cm，T=1.0s の 2 種類の規則波とした．砕波形式はそれぞれ Spilling 砕波と Plunging 砕波の中間の性質を持つ Spilling-Plunging(S-P)砕波と Plunging 砕波である．海浜の断面形状を分類する無次元係数 C は S-P 砕波で中間型の 5.7，Plunging 砕波で侵食型の 9.1 である．また，海底地形は，実験開始前に波を 24 時間造波させ，平衡断面とした．PIV による砂の移動速度は時間間隔Δt=1/250s 毎に，5 波の位相平均により算定した．なお，PIV より計測した砂の移動速度の妥当性の検証は，時間間隔Δt=1/125s の 2 枚の画像から目視により砂の移動距離を計測し，その距離を時間間隔で除して求めた速度(目視による砂の移動速度)との比較により行った．

3.実験結果

図-2,4 の目視による砂の移動速度ベクトルと図-3,5 の PIV による砂の移動方向と速度は波 1 週期間においてほぼ一致した．先行波によって浮遊した砂は，戻り流れと同方向の沖側斜め下向きに，図-2,3(a)の S-P 砕波で 15～23cm/s, 図-4,5(a)の Plunging 砕波で 20～30cm/s で移動している．入射波が伝播し岸向きの流れが強まると，沖側斜め下方向に移動していた砂の浮遊領域が縮小され，岸向きへと砂は移動方向を変化させる．計測対象波がバー上部に接近する図-2,3,4,5(b)では，バー沖側斜面に沿うように斜め上方向の流れが強まり，バー沖側上端部では新たに砂が図-2,3(b)の S-P 砕波では 16.2cm/s，図-4,5(b)の Plunging 砕波では 27.2cm/s の速度で浮遊する.さらに，波が進行すると新たに浮遊した砂は，両砕波形式において先行波により浮遊した砂と合一し，波峰中央部から波峰前面へ向けて浮遊領域を拡大し浮遊砂雲を形成する．図-2,3(b)の S-P 砕波では X/L≅0.05 の

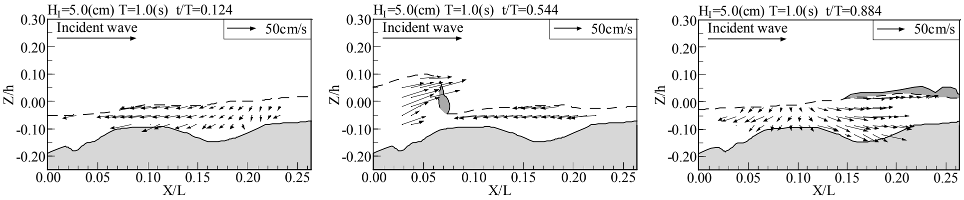
キーワード 砕波，浮遊砂の移動速度，PIV
連絡先 〒921-8501 石川県石川群野々市町扇が丘 7-1 金沢工業大学 環境土木工学専攻 (076)248-1100

波峰前面で 30～55cm/s，図-4,5(b)の Plunging 砕波では X/L≅0.10 の波峰前面で 50～70cm/s の速さで岸側斜め上方向に砂が移動している．図-2(c)に示すバー岸側上部の 0.12≤X/L≤0.17 では，砕波による気泡連行を伴う波面崩壊が生じる．この波面崩壊による水塊の乱れと気泡がバー岸側上部に接触することにより，同領域の砂は約 40cm/s で浮遊する．砕波後の浮遊砂は，図-2,3(c)の S-P 砕波では X/L＞0.09 で岸側斜め下向きに 10～17cm/s，X/L＜0.09 では沖側斜め下向きに 10～30cm/s，図-4,5(c)の Plunging 砕波では X/L＞0.10 で岸側斜め下向きに 10～15cm/s，X/L＜0.13 で岸側斜め下向きに 30～47cm/s で海底へ沈降する．図-6,7 は，それぞれ S-P 砕波と Plunging 砕波における 1 周期平均した砂の移動速度を示している．なお，図中の曲線は，時間間隔Δt=0.06s 毎に水面波形を図化したものである．両図から，1 周期平均した砂の移動速度は S-P 砕波と Plunging 砕波で差異が明確であり，Plunging 砕波は S-P 砕波よりもほぼ全域で砂の移動速度が大きく，波頂部ではその傾向が顕著となることが明らかになった．また，砂の移動方向は，両平均断面において波頂部周辺では岸方向，波谷レベル以深では沖方向となることが判明した．



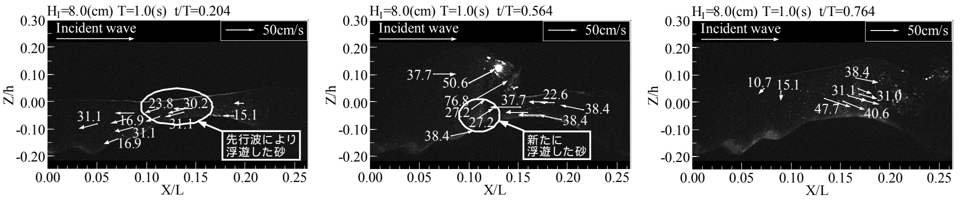
(a)t/T=0.124　(b)t/T=0.544　(c)t/T=0.884

図-2　目視による砂の移動速度(S-P 砕波)



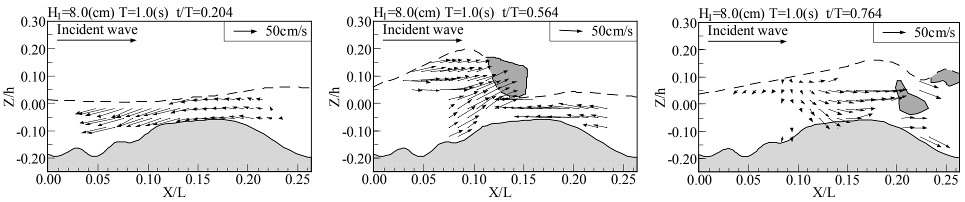
(a)t/T=0.124　(b)t/T=0.544　(c)t/T=0.884

図-3　PIV による砂の移動速度(S-P 砕波)



(a)t/T=0.204　(b)t/T=0.564　(c)t/T=0.764

図-4　目視による砂の移動速度(Plunging 砕波)



(a)t/T=0.204　(b)t/T=0.564　(c)t/T=0.764

図-5　PIV による砂の移動速度(Plunging 砕波)

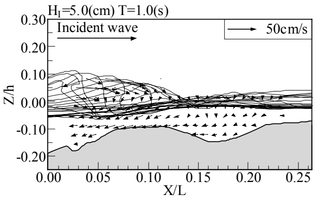


図-6 平均した砂の速度(S-P 砕波)

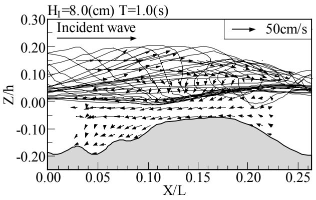


図-7 平均した砂の速度(Plunging 砕波)

4.結論

本研究では，砕波形式が異なる場合の浮遊砂の移動過程と移動速度について検討した．その結果，砂の移動過程は，先行波によって浮遊した砂が戻り流れと同方向の沖側斜め下向きに移動する．バー沖側上端部では砕波時に新たに砂が浮遊し，この新たに浮遊した砂は先行波により浮遊した砂と合一する．また S-P 砕波と Plunging 砕波では 1 周期平均した砂の移動速度に明確に差異があり，Plunging 砕波は S-P 砕波よりもほぼ全域で砂の移動速度が大きかった．