砕波帯周辺域での底面せん断力と浮遊砂濃度の関係に関する研究

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. はじめに

砕波により巻き上げられる底質の量は多量である．したがって，砕波帯周辺での底質の浮遊現象は海浜の地形変化を支配する重要な因子である．砕波帯内において底質の浮遊現象に強く影響する底面せん断力については，これまでに多くの研究が行われており，加速度を考慮した算定法や漂砂量式への適用などの提案[1)]がなされ，重要な知見が得られている．しかし，底質の移動に重要な役割を果たす底面せん断力と浮遊砂濃度の分布形態との関係について，実験的に検討した研究は少数である．したがって，砕波帯周辺での底面せん断力と浮遊砂濃度の関係については，不明な点が多いのが現状である．

本研究は，砕波に伴う浮遊砂濃度と底面せん断力の広範囲な時空間分布を検討する．さらに，浮遊砂濃度の分布形態とk-εモデルによる波内部の速度場を関連付けて考究する．

2. 実験概要と数値計算

本研究では，底面せん断力と浮遊砂濃度の関係を検討する移動床実験，およびk-εモデルによる砕波の数値計算を実施した．実験は，図-1に示すように片面ガラス張りの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tanβ=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はケイ砂(中央粒径d_{50}=0.3mm)を敷き詰めた．実験波は,波高H_I=5.0cm，周期T=1.8s(以降ケース1)とH_I=6.0cm,T=1.3s(ケース2)の2種類の規則波とした．底面せん断力と濃度の計測は，一様勾配斜面に実験波を24時間造波させ，海浜地形が平衡断面に漸近した後に，水用せん断力計と光学式濁度計を用いて行った．平衡断面形状を分類する無次元係数Cは，ケース1で堆積型の3.8，ケース2で中間型の5.9である．砕波形式は両ケースともにPlunging砕波である．濃度の計測範囲は図-2に示すようにh=16cmの静水面を原点として，水平方向は原点から岸側に95cm，鉛直方向は静水面下3cmから砂面の1cm上方とした．せん断力は，砂面からせん断力計の計測面までの間隔を約2mmとし，岸沖方向に濃度と同じ計測点で測定した．底面せん断力と同時に水位計で水面変動も計測した．底面せん断力と濃度，および水位の値は造波開始後の7～11波目までの5波による位相平均値を採用した．砕波の数値計算は，MARS法を自由界面の解法とするk-εモデルにより行った．MARS法は，VOF法の厳密な界面の体積保存に加えて，格子内の界面勾配を1次関数として近似するline-segment関数の導入により，界面形状の正確な捕獲が可能となった多相流の直接解析手法である．実際の数値計算では入力波条件と計算領域を実験と同じ諸元で設定し，水深データには実験から得た地形情報を与え，海浜の縦断形状を考慮した速度場を算定した．

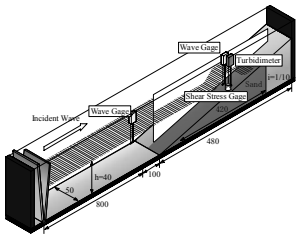
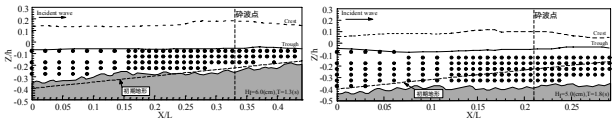


図-1　実験水槽(単位：cm)



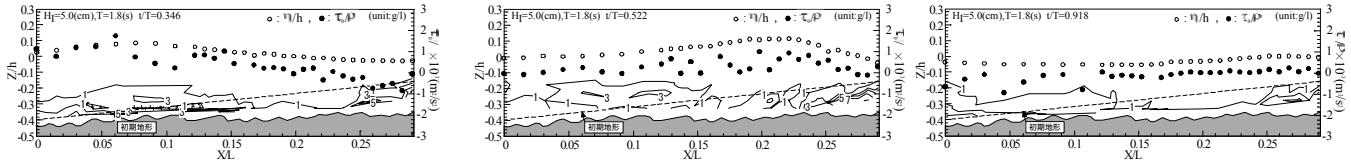
(a) ケース 1　　(b) ケース 2

図-2　浮遊砂濃度の計測点

3. 実験結果

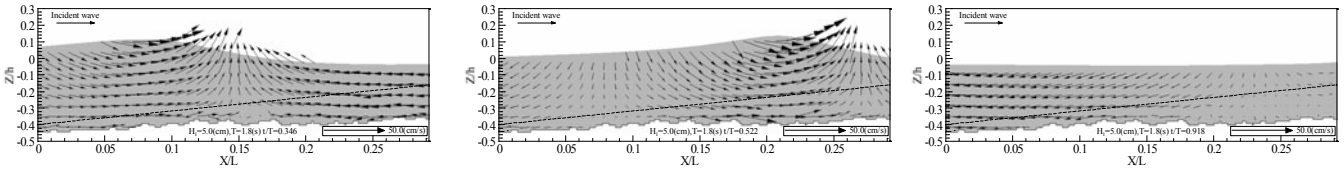
底面せん断力と浮遊砂濃度の空間的な分布特性について検討する．図-3はケース1，図-5はケース2の底面せん断力と浮遊砂濃度の実験結果を示し，図-4はケース1，図-6はケース2の数値計算による波内部の流速分布を示している．図-3,5の左軸は鉛直距離Zを水深hで無次元化したZ/hであり，水位を水深で無次元化したη/hは，静水面であるZ/h=0を基準として○で

キーワード　砕波，浮遊砂濃度，底面せん断力，k-ε モデル
連絡先　　〒921-8501　石川県石川郡野々市町扇が丘 7-1　金沢工業大学大学院　TEL 076-248-1100



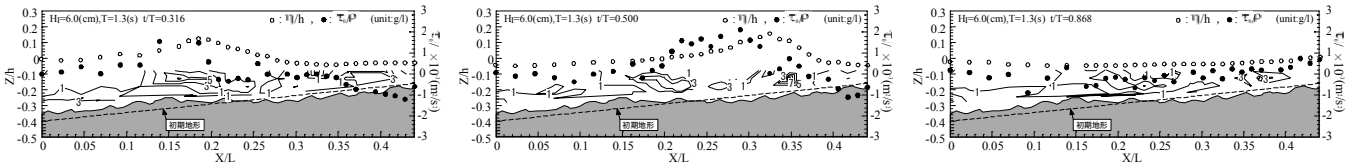
(a)砕波前　(b)砕波時　(c)砕波後

図-3　ケース 1 の底面せん断力と濃度の関係



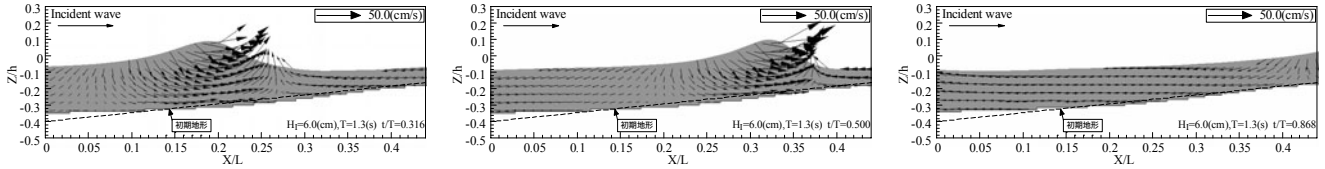
(a)砕波前　(b)砕波時　(c)砕波後

図-4　ケース 1 の波内部の流速分布



(a)砕波前　(b)砕波時　(c)砕波後

図-5　ケース 2 の底面せん断力と濃度の関係



(a)砕波前　(b)砕波時　(c)砕波後

図-6　ケース 2 の波内部の流速分布

表している．一方，右軸はせん断力τを水の密度ρで無次元化したτ/ρであり，図中では●で示している．ケース1の砕波前の時刻の図-3,4(a)では，波峰中心部の0.05<X/L<0.1の流速の速い領域では底面せん断力は他の領域よりも大きく，高濃度の浮遊砂域が確認できる．砕波時の時刻の図-3,4(b)ではX/L=0.25で発生した上昇流により，7g/lの高濃度の浮遊砂が確認できる．砕波後の時刻の図-3,4(c)では，流速が低下すると底面せん断力も小さくなることがわかる．また，0.15<X/L<0.22の下方向の流れにより砂の沈降が促進されるため，浮遊砂濃度は砕波時と比較して小さくなっている．ケース2の砕波前の時刻の図-5,6(a)では，X/L≅0.19に波頂部が到達しており，波峰中心部の0.15<X/L<0.22では流速が速く，底面せん断力も大きくなっている．同領域では，浮遊砂も高濃度となっている．砕波時の時刻の図-5,6(b)では，流速の増加に伴い底面せん断力がX/L≅0.3で最大となり，ケース1の砕波時よりも浮遊砂濃度は高くなっている．また，上昇流が発生したX/L≤0.35で浮遊砂濃度が最大となっている．この波前脚部での上昇流による高濃度域の発生は，ケース1,2ともに共通している．砕波後の時刻の図-5,6(c)では，波の通過に伴い流速が減少し，底面せん断力も低下している．

4. 結論

本研究では，砕波に伴う浮遊砂濃度と底面せん断力の時空間分布を検討した．入射波が砕波するときの流速が増大する時刻では，底面せん断力と浮遊砂濃度も増加した．一方，砕波後の流速が減少した時刻では，底面せん断力と浮遊砂濃度も低下した．このように，底面せん断力と浮遊砂濃度の時空間分布は，波内部の流れに依存して変化することが確認できた．

参考文献

1)田中仁(1987):任意波形を有する波動下での水粒子速度と底面せん断応力の算定手法に関する研究，土木学会論文集，第381号，pp.181－187.