

II-69

海浜流の三次元構造に関する研究

北海道大学工学部 正員 山下 俊彦
(株) 兼 松 中野 達也

1. はじめに

砕波帯内の浮遊砂濃度は鉛直方向に大きく変化するため、海浜変形を予測する際には海浜流の三次元構造まで知る必要がある。そのため、海浜流の三次元数値シミュレーションが最近行われるようになってきた(Vriendら, 1987, 1988)^{1,2)}。しかし、平面水槽で砕波帯内の流速測定をすること自体が困難なため、海浜流の三次元分布に関する系統的实验は行われていないのが現状である。本研究では、光ファイバを利用したプローブ型レーザ流速計を用い、砕波帯内外の流速を詳細に測定することにより、海浜流の三次元構造を明らかにすることを目的とする。

2. 実験装置及び方法

実験は、図-1に示す1/20の一樣勾配斜面を設置した平面水槽を用いて行った。実験は2ケース行い、Case1は造波板の前面の一部分に消波工を置き、強制的に中央部の波高を小さくし、中央部に強い離岸流が発生する条件である。Case2は離岸堤を設置しその岸側に循環流が形成される場合である。沖波はCase1が波高 $H=6.0$ cm、周期 $T=1.0$ s、Case2が波高4.0 cm、周期1.34 sである。測定項目は瞬間流速と水面波形であり、流速測定には平面水槽でも測定が可能な直径1.2 cmの挿入型プローブ光ファイバレーザ流速計を使用した。この流速計は光路長が短いのが特徴で、気泡混入領域やトラフレベルより上の測定点がある時間空中にでる場合の測定にも有利である。実験に先だって、浮遊粒子を浮かべて海浜流のパターンを調べたところ、ほぼ対称であったので片側のみの測定を行った。測定点は平面的には60 cm間隔、水深方向には5 mm間隔で、各水深で汀線に直角と平行の2方向の水平面内の流速を測定した。サンプリング間隔は0.01 secで100波分のデータを取った。以下、Case1の実験結果を中心に述べる(図-8のみ Case2)。

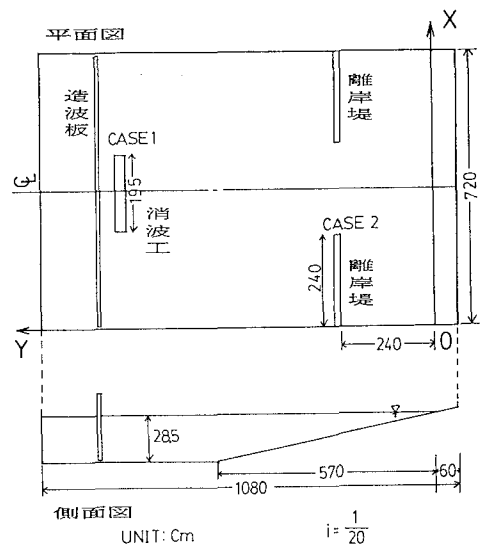


図-1 実験装置

3. 実験結果及び考察

3.1 波高、平均水位分布

図-2に、Case1の場合の波高分布を示す。図中、実線は等波高線、破線は砕波突っ込み点を表す。沖(

Yが大)では消波工の影響により両端で波高が高いが、砕波突っ込み点では両端と離岸流がある中央部で高くなっている。中央部で波高が高いのは、波と流れの相互干渉のためである。砕波突っ込み点位置も波高が高い両端と中央部で沖側となっている。

図-3は、平均水位分布を示したものである。平均水位は、沖から砕波点に近付くにつれ徐々に低下し、砕波点で最も低い。その低下量も波高が大きい位置ほど大きいことがわかる。砕波点より岸側では、岸の方が水位が高く、沿岸方向にみると両端と中央で高くなっている。

3. 2 海浜流の鉛直分布

図-4は、岸沖方向平均流速 $\bar{V}$ の水深方向変化の一例を示したものである。(a)が中央断面であり、(c)

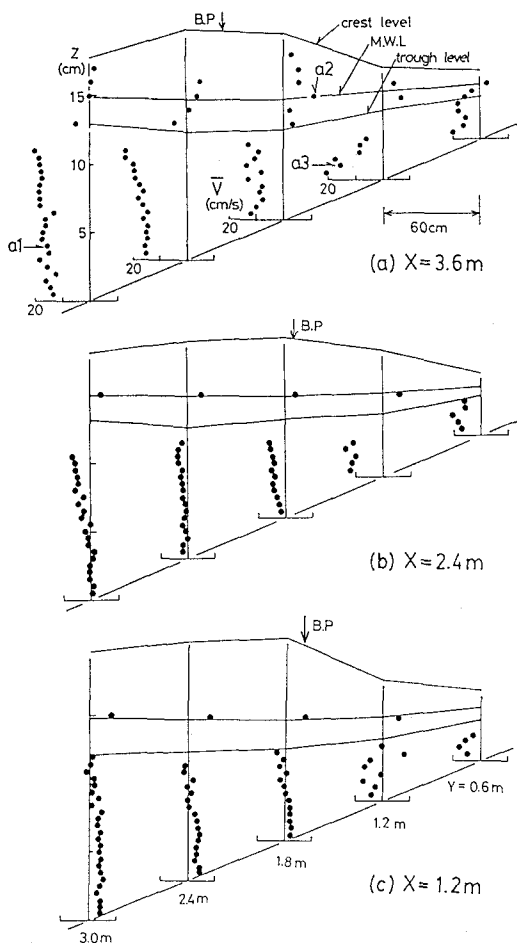


図-4 岸沖方向平均流速の水深方向変化

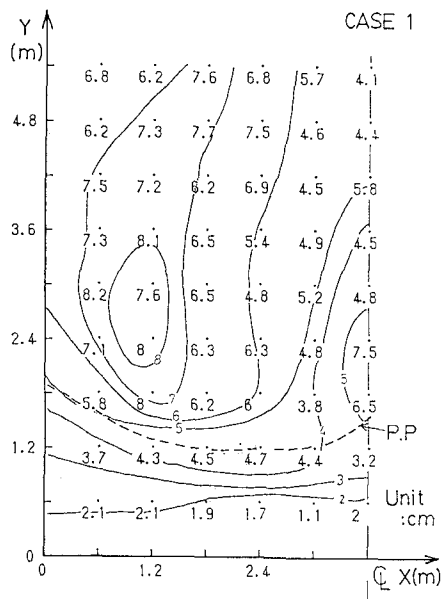


図-2 波高分布

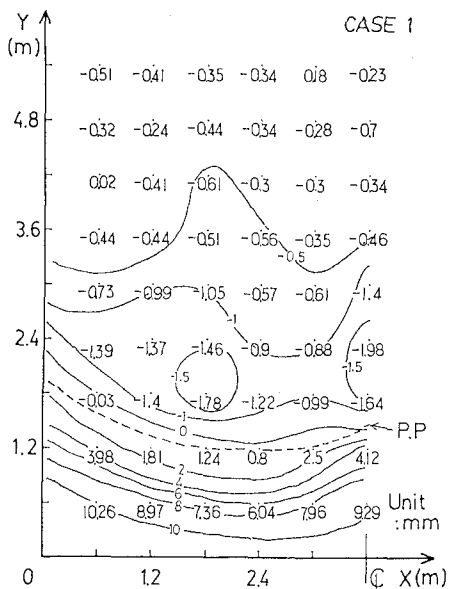


図-3 平均水位分布

が端に近い断面である。図中には、平均水位、峰と谷の位置、砕波点も示している。砕波点より沖側のトラフレベル以下の点では、どの位置においても底面から上方に行くに従って沖向きの流速が漸増している。これは、Longuet-Higgins の理論で説明できる流れと考えられる。一方、砕波点より岸側のトラフレベル以下の点では、上方ほど岸向きの流れが強くなっている。これは、砕波により運動量の鉛直混合が行われ、その結果、上層部に岸向きのせん断応力が作用するためと考えられる。流速分布は、トラフレベル付近で急激に変化し、トラフレベル以上では、岸向きに流速が急増し、平均水位面付近で最大の岸向きの流速を示し、クレストレベルでゼロになる様な分布形である。以上の様な岸沖方向平均流速の水深方向の分布形状は、従来行われている二次元波動水槽内での実験結果と相似な形であり、離岸流が存在している地点での分布形は一定の沖方向の流速を加えたものになっている。強い離岸流がある位置では、トラフレベルより上でも沖向きの平均流速を持っている地点が存在する。

図-5 に、沿岸方向平均流速 $\bar{U}$ の水深方向変化の一例 ($Y=2.4\text{m}$ の断面) を示す。この図より、沿岸方向の平均流速は、水深方向にはほぼ一定であり、端と中央でゼロ、 $X=1.2\sim 3.0\text{m}$ の範囲で中央向きであることがわかる。

図-6 に、岸沖方向の瞬間流速の測定結果の例を示す。a1, a2, a3は、図-3 の $X=3.6\text{m}$ の図に示した位置に対応する。a1とa3では、強い離岸流のため、ほとんど負すなわち沖向きの流速である。a1は砕波点より沖側のため乱れは小さく、a3は岸側のため激しく乱れている。a2は、トラフレベルより上の位置であり、レーザービームが空中に出て測定できない位相(下の方の流速計のホールドによりほぼ一定の値が続いているところ)がある場合である。このような場合の平均流速は、瞬間流速をプロットで図化し、流速データが取れているかどうかを判断し、流速データが取れている部分を10波分デジタイザーで値を読み取り平均して求めた。

3. 3 海浜流の平面分布

図-7 に、平均流速の平面分布の一例を示す。(a)は静水面、(b)は1/2の水深の断面である。静水面位置では、平均流はすべて岸向きで端の方で大きく、岸に近付くと中央に回り込んでいる。1/2の水深では、あまり大きな岸向きの流れはなく、強い離岸流と中央に向かう沿岸流が各々中央部と岸近くに存在している。他の断面のものも含めて考えると、トラフレベルより上で岸方向に運ばれた水が、下層で中央付近に集中し強い離岸流となって沖へ流れていることがわかる。中央の断面では、静水面と1/2水深での平均流の方向が

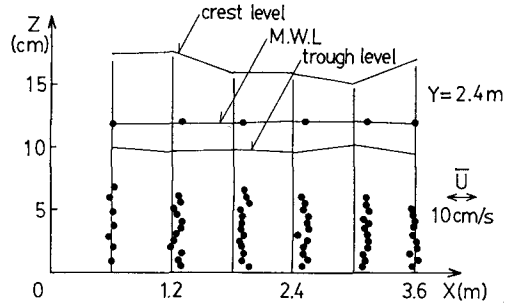


図-5 沿岸方向平均流速の水深方向変化

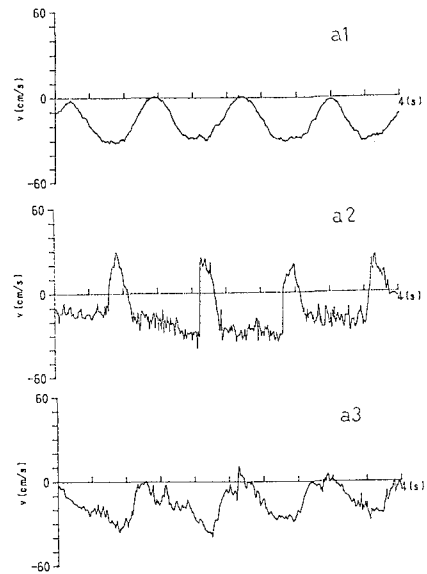


図-6 岸沖方向瞬間流速

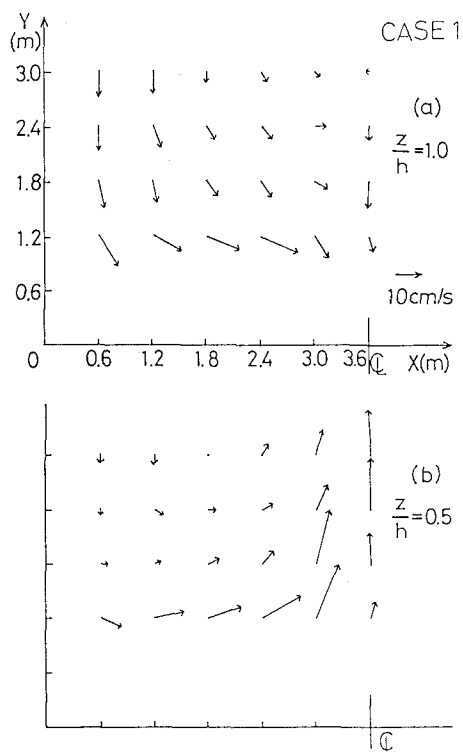


図-7 平均流速の平面分布 (Case 1)

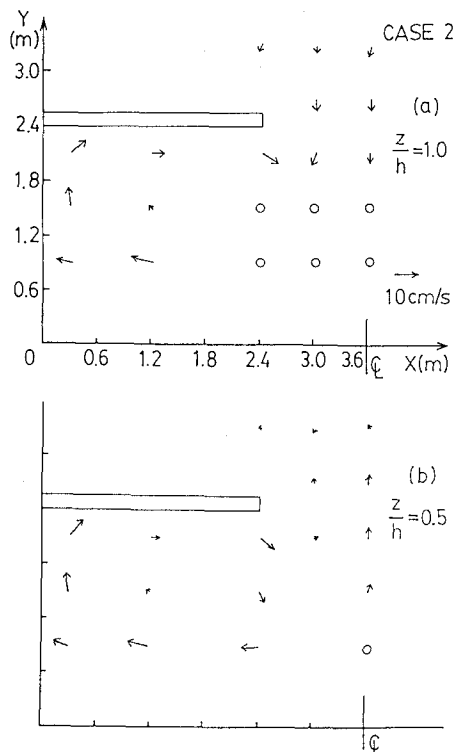


図-8 平均流速の平面分布 (Case 2)

全く逆になっている。

図-8は、Case2の場合の平均流速の平面分布の一例を示したものである。白抜き丸は、プローブの影響のため測定できなかった点である。この図より、離岸堤より岸側の部分の循環流は上層と下層ではほぼ同じで、離岸堤の開口部では上層で弱い向岸流、下層で弱い離岸流が存在するが、Case1に比べて平均流の水深方向変化は小さくなっていることがわかる。

4. おわりに

詳細な実験により、海浜流の三次元構造を定量的に明らかにした。特に、トラフレベル付近で流速分布は急激に変化し、従来ほとんど測定が行われていないトラフレベルより上の流速測定も重要であることがわかった。今後、三次元海浜流についての数値シミュレーションを行い、実験値と比較検討していきたい。

(参考文献)

- 1) De Vriend, H. J. and Stive, M. J. F., Quasi-3D Modelling of Nearshore Currents, Coastal Engineering, 1987
- 2) De Vriend, H. J. and Ribberink, J. S., A Quasi-3D Mathematical Model of Coastal Morphology, Coastal Engineering, 1988