

海浜流の三次元構造に関する実験的研究

Three Dimensional Structure of Nearshore Currents

山下 俊彦*・高木 雄一郎**・中野 達也***
 Toshihiko YAMASHITA, Yuichiro TAKAGI, Tatsuya NAKANO

Three dimensional structure of nearshore currents is obtained by detailed measurements of velocity by Fiber-LDV using a plane wave tank. Vertical distribution of cross-shore velocity is similar to sum of uniform flow and velocity distribution of two dimensional wave flume. Vertical distribution of longshore velocity is nearly uniform flow. Velocity measurements of the upper reaches of trough level of wave are important, because vertical distribution of velocity changes rapidly at the nearly trough level.

keywords : Nearshore Current, Three Dimensional Structure, Fiber-LDV

1. はじめに

碎波帯内での浮遊砂濃度分布は鉛直方向に大きく変化するために、海浜変形を予測する際にはこれまでの断面平均流速を用いた平面二次元モデルでは不十分であるので、海浜流の三次元構造まで知る必要がある。そのために、最近では海浜流の三次元数値シミュレーションが行なわれるようになってきた(De Vriendら(1987¹⁾, 1988²⁾), Svendsenら(1990³⁾)。しかし、平面水槽で碎波帯内における流速を測定をすること自体が多量の気泡の混入等の理由により困難であるため、海浜流の三次元分布に関する系統的实验は山下ら(1992)、岡安ら(1992)以外はあまり行なわれていないのが現状である。本研究では平面水槽を用いて、(1) 中央部に強い離岸流が発生する条件、(2) 離岸堤の設置によりその岸側に循環流が発生する条件、という2つの場合について、碎波帯内外の岸沖および沿岸方向流速を光ファイバーを利用したプローブ型レーザ流速計を用いて、鉛直方向においてトラフレベルより上の地点もできる限り網羅できるように詳細な測定を行い、海浜流の三次元構造を明らかにすることを目的とした。

2. 実験装置及び方法

実験は、図-1に示す1/20の一様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 $H=6.0\text{cm}$ 、周期 $T=1.0\text{sec}$ 、Case2が波高 $H=4.0\text{cm}$ 、周期 $T=1.34\text{sec}$ 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1.2cmの挿入型プローブ光ファイバレーザ流速計(一成分)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60cm間隔、水深方向には5mm間隔で、各水

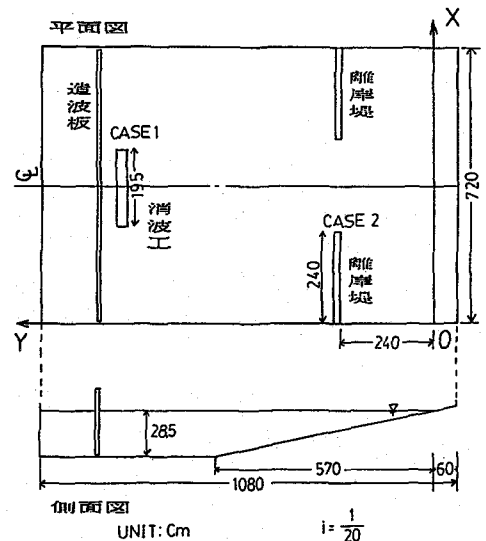


図-1 実験装置

* 正会員 北海道大学工学部土木工学科 (060 札幌市北区北13条西8丁目)
 ** 学生会員 北海道大学大学院
 *** (株)兼松

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0.01secで100波分のデータを取った。以下、Case 1の実験結果を中心に述べる(図-8のみ Case 2)。

3. 実験結果及び考察

3. 1 波高、平均水位分布

図-2に、Case 1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。

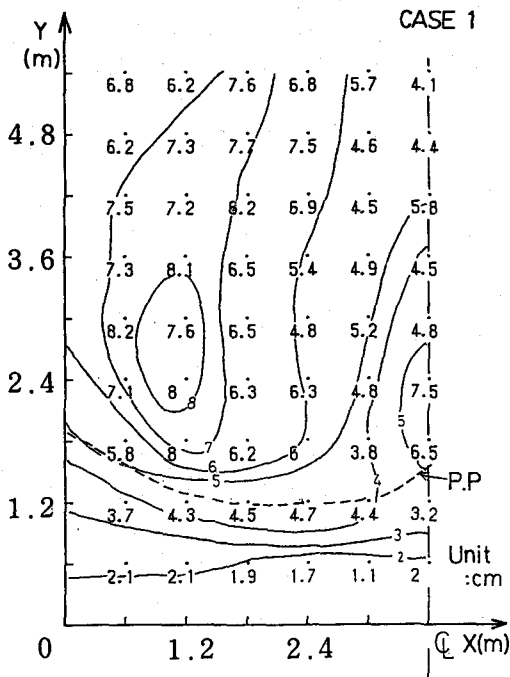


図-2 波高分布

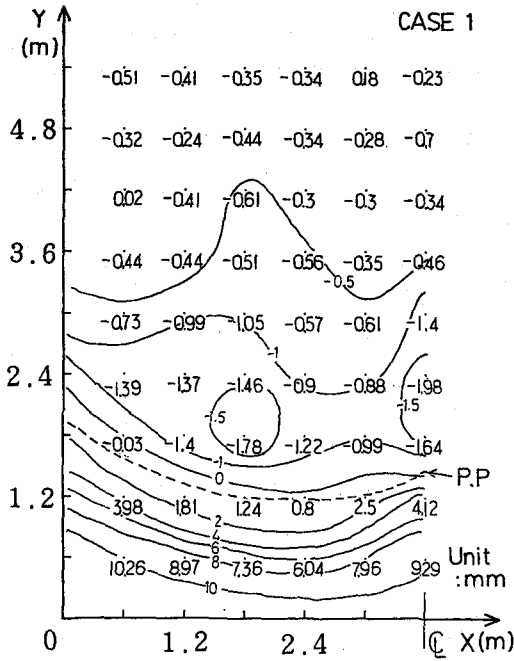


図-3 平均水位分布

3. 2 海浜流の鉛直分布

図-4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-5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)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

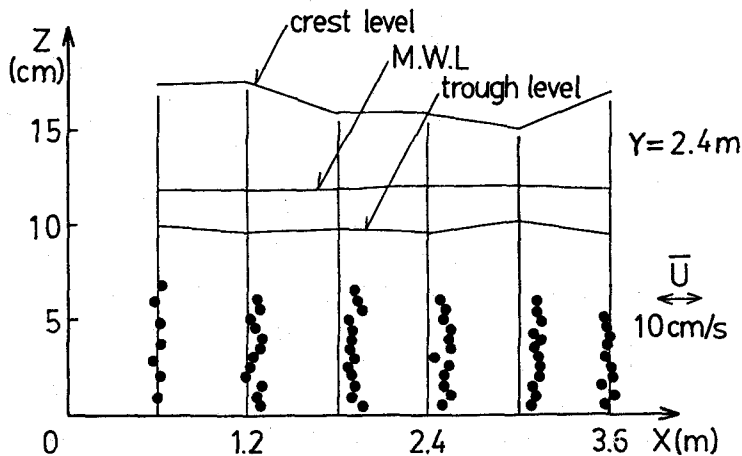


図-4 沿岸方向平均流速の水深方向変化

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。以上の様な岸冲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冲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冲向きの平均流速を持っている地点が存在する。

図-6に、岸冲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冲向きの流速である。a1は砕波点より冲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。

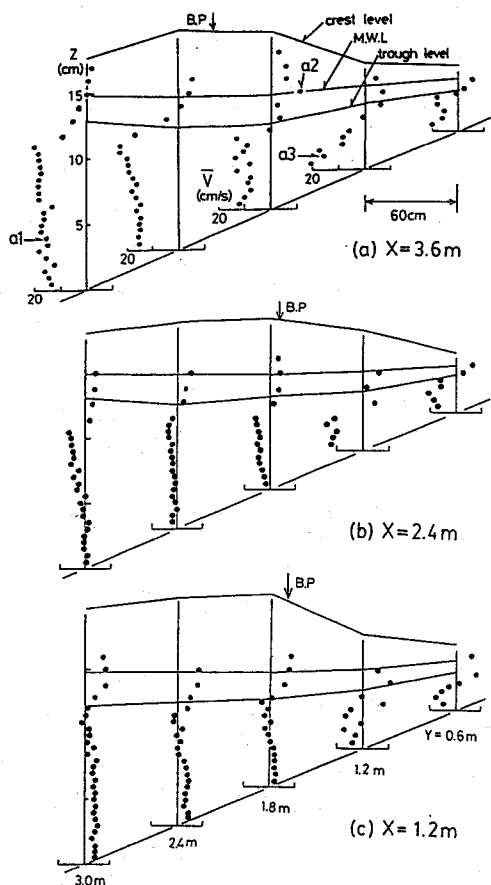


図-5 岸冲方向平均流速の水深方向変化

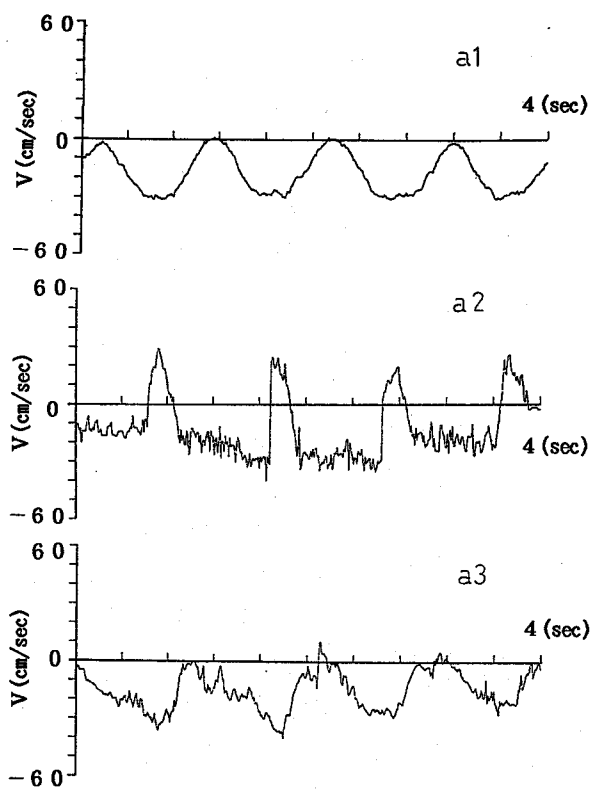


図-6 岸冲方向瞬間流速

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。図-5より、沿岸方向平均流速は鉛直方向にほぼ一様分布になることがわかった。プローブの影響で測定できなかった静水面位置での沿岸方向流速は、トラフレベル以下の測定値を平均して求めた。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、Case 1 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。

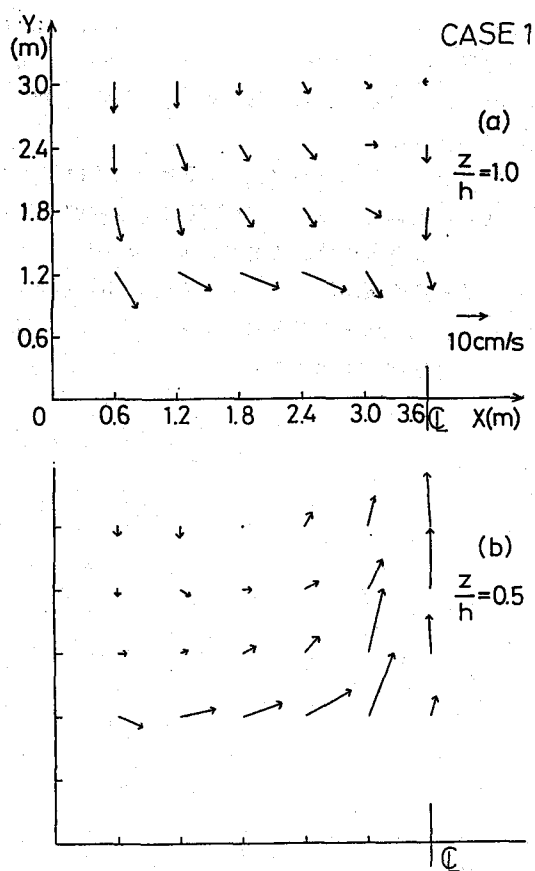


図-7 平均流速の平面分布 (Case 1)

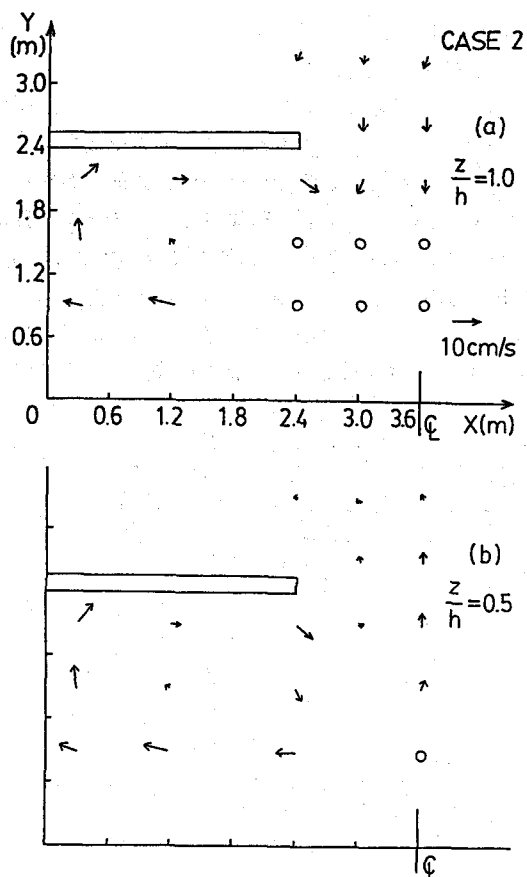


図-8 平均流速の平面分布 (Case 2)

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。その結果、岸沖方向平均流速の鉛直分布は二次元波動水槽で得られる鉛直分布に一定の流速を加えた形ではほぼ表されることがわかった。一方、沿岸方向平均流速は水深方向にほぼ一定であることがわかった。また、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. (1987) : Quasi-3D Modelling of Nearshore Currents, Coastal Engineering, Vol.13, pp.55-79
- 2) De Vriend, H.J. and Ribberink, J.S. (1988) : A Quasi-3D Mathematical Model of Coastal Morphology, Coastal Engineering
- 3) Svendsen, I.A. and U.Putrevu (1990) : Nearshore Circulation with 3-D profiles, Proc. of 22nd Coastal Engineering, ASCE, pp.241-254
- 4) 山下 俊彦・中野 達也 (1992) : 海浜流の三次元構造に関する研究, 土木学会北海道支部論文集, pp. 661-664
- 5) 岡安 章夫・原 幸司・柴山 知也 (1992) : 斜め入射波による砕波帯内定常流の3次元分布, 海岸工学論文集, 第39巻, pp. 66-70