

砕波帯における砂層内の流れの観測研究

愛媛大学大学院 学生員 森田 健
愛媛大学工学部 正 員 伊藤 誠
愛媛大学工学部 正 員 柿沼忠男

1. はじめに 砂浜海岸においては潮近の上と流れ進行すると、それに伴って砂層内における流れや圧力変動が生ずる。本研究は、愛媛県松崎海岸の砕波帯における潮・流れの観測資料に基づいて、砕波帯における砂層内の流れについて調べようとしたものである。

2. 観測結果 1983年12月21日に2成分が測定可能な電磁誘導型流速計3台(内1台圧力計内蔵)を架台に取り付け海岸堤防から沖合100m, 平均水深1.7mの地点に設置した(図-1)。流速計設置付近の平均潮高印配は0.03程度である。上部における流速計は岸沖方向の流速成分, 中部は岸沖, 沿岸方向, 下部は岸沖, 鉛直方向の流速成分を測定するようにした。観測は1984年2月6日17時~21時に実施した。観測後の干潮時の視察によると下部流速計が埋没しており, 底面から下部流速計セシサまでの深さは10cm, 中部, 上部の流速計および圧力計セシサの高さは底面上それぞれ37.5, 66.5, 41cmであった。観測期間中の有義波高は0.21~0.42mといった比較的小さな波であり, 有義波周期は4.7sec程度である。平均水深は0.8mでまた風向はほぼ北向きであり, 平均風速は10m/sec程度である。なお, 目視観測によると砕波型式はSpilling型砕波であった。

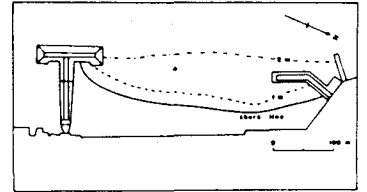


図-1. 観測地点位置図

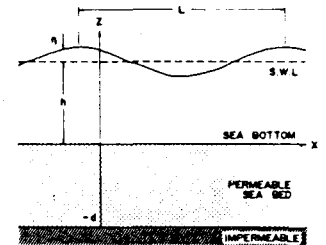


図-2. 理論モデルに対する座標軸

3. 砂層内の流れの解析 波による砂層内の流れあるいは圧力変動に関する従来の理論的研究は図-2に示すように波については水平固定床上进行する微小振幅波を仮定し, 砂層内はダルシー則が成立するものとしてモデル化を行っている。ここにx軸は波の進行方向, z軸は潮近を原点として鉛直上向きを正にとり, λ は波長, d は砂層厚である。表-1はPutnam, Reid and Kajiwara, Sleath, Liu, MadsenおよびYamamotoのモデルについてそれぞれの特徴を示す。前半の4つのモデルは土質格は変形しないものとし, 流体の運動だけを取り扱ったものであるのに対し, 後の2つのモデルは土質格の運動についても考慮している。ここでは, 研究の予始めとして砂層内の流れの問題に重点を置き, 砂粒子の運動を考慮していないPutnamとReid and Kajiwaraの理論を用いて解析を行った。以下にPutnamとReid and Kajiwaraの理論について述べる。

Putnamの理論: 水面形り, 海中での圧力 P , 流速の水平成分 u および鉛直成分 w はすべて微小振幅波理論によるものと同一である。この波による圧力変動が砂層内の流れを引き起こすと考えて, 砂層内での P , u および w を算出している。それによると水面形との位相差は海中では P , u については同位相であり w については 90° であるのに対し, 砂層内では P は同位相, u は 90° , w は 180° である。 Reid and Kajiwaraの理論: 浸透効果による波の減衰を考慮し, また海面面上における圧力と鉛直流速の連続性を仮定して海中および砂層内における P , u ,

表-1. 波による浸透流の理論モデル

	PUTNAM	REID AND KAJIWARA	SLEATH	LIU	MADSEN	YAMAMOTO
モデル	鉛直二次元					
流体	微小振幅波理論	微小振幅波理論	微小振幅波理論	微小振幅波理論	微小振幅波理論	微小振幅波理論
海底	水平固定床					
流体・土質格	非圧縮性					
砂層厚	有限	無限	有限			
海水粘度	等粘性	等粘性	等粘性	等粘性	等粘性	等粘性
砂層内・流体	ダルシー則	ダルシー則	ダルシー則	ダルシー則	ダルシー則	ダルシー則
流体・土質格	連続					
砂層内・流体	不連続	連続	連続	不連続	不連続	不連続
砂層内・流体	不連続	連続	不連続	連続	不連続	不連続

を算出している。水面形との位相差は海中および砂層内とも Putnam の場合と同一である。海中における圧力変動と流速成分は流速表に関連づけて得たものであり、Putnam の場合と異なり微小振幅波理論が修正されたものとなっている。理論値と実測値の比較：以上2つの理論について観測値との比較を行った。さて、理論値との比較を行う場合に実測値の代表値を何とするかが問題となるが、ここでは有義波法を用いて求めた有義流速波高を代表値とした。有義流速周期とパワースパクトルによるピーク周期とを比較すると両者はほぼ±25%の精度で一致することから、有義波法による代表値は妥当であると思われる。図-3、図-4は岸沖方向流速、鉛直方向流速についての理論値の振幅と実測値の振幅の鉛直分布を示したものである。図中の(a)の実測値は碎波の発生深度が29cmで(b)が81cmのときのものである。砂層内の透水係数は、観測点付近の砂の資料の定水位置水試験から得た0.0133 cm/secとした。図-3をみると、海中においては碎波の発生深度が低い(a)では理論値と実測値との比はPutnamの場合に1.1, Reid and Kajiwaraでは1.4となり前者の理論とよく一致しているが、発生深度が高い(b)では、前者については0.9、後者では1.05となりReid and Kajiwaraの理論と一致するようになる。また両理論は水面において一致するものの次第にその差が広がり、海底ではReid and KajiwaraはPutnamのほぼ0.73倍となる。砂層内においては理論値に比べて実測値はほぼ 10^6 倍をきわめて大きく、オーダー的にはむしろ海中における底面での理論値に近くなっている。図-4をみると、海中での両理論は海底のごく近くを除いてほとんど一致しており、Reid and Kajiwaraの理論では鉛直方向流速成分が砂層内へ連続している様子がよくわかる。砂層内においては理論値に比べて実測値は岸沖方向と同様 10^6 倍で非常に大きいことがわかる。位相差についての理論モデルとの比較は、圧力変動と岸沖および鉛直方向流速成分のパワースパクトルとクロススペクトルを用いて行った。海中においては、岸沖方向流速成分の位相差は 0° であるのに対し、実測値はピーク周波数付近で 20° 程度である。鉛直方向流速成分については、観測地点における1984年3月17日の観測記録から 90° 程度であることを得ているがこれは理論モデルとほぼ一致している。砂層内においては岸沖方向流速成分の位相差は理論では 90° であるのに対し、実測値はピーク周波数付近で 20° 程度であり理論値より小さい。鉛直方向流速成分については、実測値は図-5に見られるように 180° 程度であり理論とほぼ一致していることがわかる。

以上、実測値と理論値との比較検討によると海中での実測値は微小振幅波理論でかなりうまく再現ができるが、砂層内での実測値は理論値に比べてきわめて大きくむしろオーダー的には海中における底面での値に近い。しかしながら圧力変動との位相差に着目すれば、実測値は砂層内での流れの特徴を示しているようである。

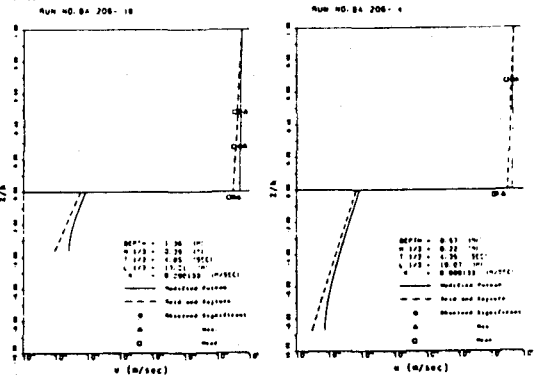


図-3. 理論値と実測値の比較(岸沖方向流速)

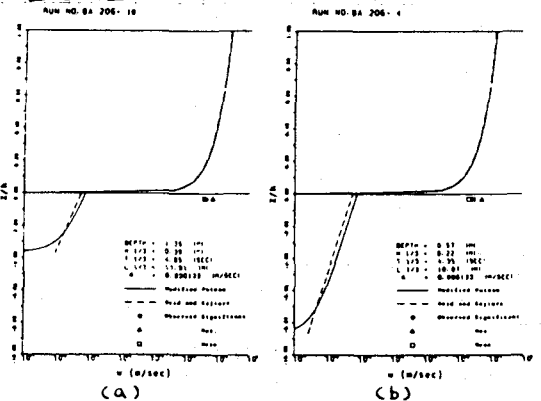


図-4. 理論値と実測値の比較(鉛直方向流速)

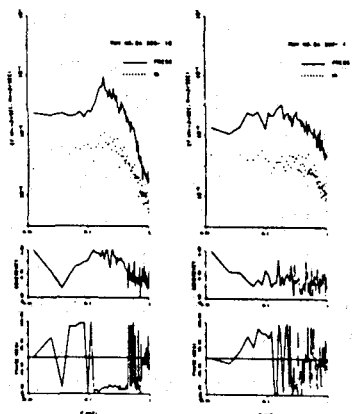


図-5. 圧力変動と下部鉛直方向流速のパワースパクトル、コヒーレンシ、位相差