

II-381 2次元実験水槽の砕波帯内の平均流速場の測定

京都大学工学部 正会員 酒井哲郎

1. まえがき 最近、砕波帯での漂砂機構を明らかにするために、砕波帯内の流れの解明に興味をもたれている。昨年の海岸工学講演会においても、とくに2次元実験水槽における砕波帯内の定常流速場に関して、3つの発表(岩垣ら、渡辺ら、土屋ら、1980)がなされている。そのうち2つは砕波点より沖側から砕波帯内にわたる底面近傍の平均流速、他の1つは砕波点での質量輸送速度を扱っている。また9年前のこの講演会では、砕波帯内の鉛直分布をも測定した研究が発表されているが(堀川ら、1972)、測定は2点に限られており、その詳細は不明である。ただし、そこで示された“底面近傍で砕波点に向い、砕波点近くで上昇して上層で砕波点から遠ざかる定常的な2つの逆向きの循環流”(図-1)の存在は、渡辺らが支持している。

一方、砕波帯内の流れとして、他に砕波後の波の永粒子速度と砕波による乱れがある。著者らは昨年に引き続き、再度砕波による乱れを測定するために、2次元実験水槽内の斜面上で砕ける規則波による砕波帯内の波の進行方向の流速をホットフィルム流速計で測定した。砕波による乱れの解析結果については、別に発表する予定である。ここでは同じ記録から平均流速を計算し、砕波帯内での水平方向平均流速の空間分布を求めた例を示す。

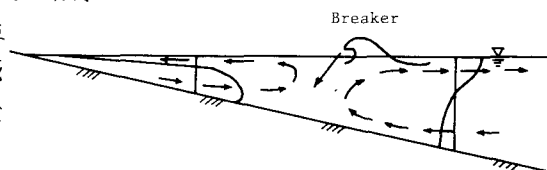


図-1 砕波帯内の2つの循環流(堀川ら, 1972)

2. 実験装置・方法 昨年度のこの講演会において、斜面上の砕波による乱れの測定例を発表したが、今回の実験装置も昨年と基本的には同じである。ただし、斜面勾配は $1/31$ 、波は2ケースで、解析したのはそのうちの1ケース(周期 $T=1.3$ sec, 換算沖波波高 $H_b=8.7$ cm, 沖波波形勾配 $=0.032$, 崩れ波型と巻き波型の間中型砕波)のみである。また流速計のプローブを支持するポイントゲージのロッドの片持ばりとしての固有振動数を高めるために、ポイントゲージの設置台を出来るだけ低くしてその振動数を 50 Hz 以上とし、実質上測定対象の乱れの周波数と分離した。プローブは、プローブ自体からの後流の影響のない1成分用プローブ(センサーは鉛直円柱)を用いた。流速計の較正曲線の決定には、静水中に鉛直に振動運動をする板(京都大学工学部研究生長義光氏製作)にプローブをとり付けて行なった。ポイントゲージのロッドからの後流は、岸向きの流れの位相では測定値に影響しないが、冲向きの位相では逆流して測定結果に影響を与える。ただし平均流速には影響はないと考えられる。測定は波の谷の高さ以下に限ったので、砕波によって連行された気泡の存在はまれで、測定値への影響はほとんどないと言える。測定は砕波点を含んで岸・沖方向に6箇所、各個所で鉛直方向に5~6点とった(図-4参照、ここで x :静水時の汀線を原点とする水平冲向き座標、 z :静水面を原点とする鉛直上向き座標)。

3. 解析方法 同時に同じ場所で測定された容量式波高計とホットフィルム流速計の出力を 0.01 sec毎にA-D変換し、較正曲線を用いて水位 η と流速 u に直し、

そのうちの24 sec間を図化した。図-2はその一例である。ホットフィルム流速計は、流れの向きを判別できないので、常に正の値をとっている。この図の場合は、 η の波形と u の波形の対応はよいが、一般には乱れの存在によって明瞭ではない。ここでは図に示すように η の波形と対応させて、 u の値が大きく落ち込む位相を永粒子速度の向きが逆転する位相として抽出し、次の同様の位相と

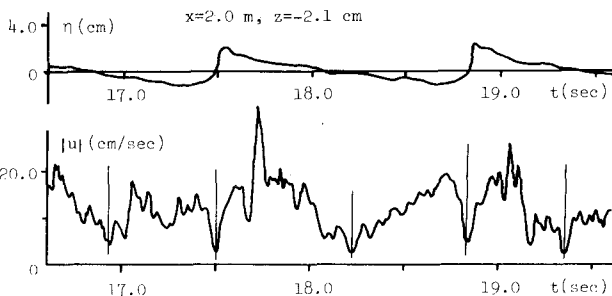


図-2 砕波帯内の水粒子速度変動の例

の間の u の値の符号を変えた。こうして得られた一波毎の流速変動を一周期平均し、この値を一波毎の平均流速 $\bar{u}$ とした。

4. 結果と考察 図-3は、一
毎の $\bar{u}$ の変化の例 ($x=4.0\text{ m}$,
 $z=-9.4\text{ cm}$) である ($\bar{u}$ は沖向き
を正)。砕波点 ($x=4.5\text{ m}$) を除

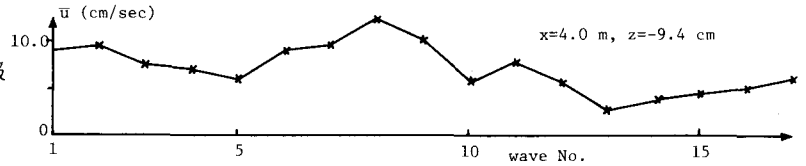


図-3 一波毎の平均流速の変動例 ($x=4.0\text{ m}$, $z=-9.4\text{ cm}$)

いて、他の測定点ではいずれ
も一波毎の $\bar{u}$ の変動が激しい。
ここでは、単純に各測定点毎
に全波の平均 $\bar{u} \equiv U$ をとっ
てみた。図-4はその結果である。

まず、ホットフィルム流速
計による平均流速の測定精度
について考える。流速計の較
正曲線は、キャリブレーション
装置の鉛直板の速度とそれ
に対応する流速計の出力の関

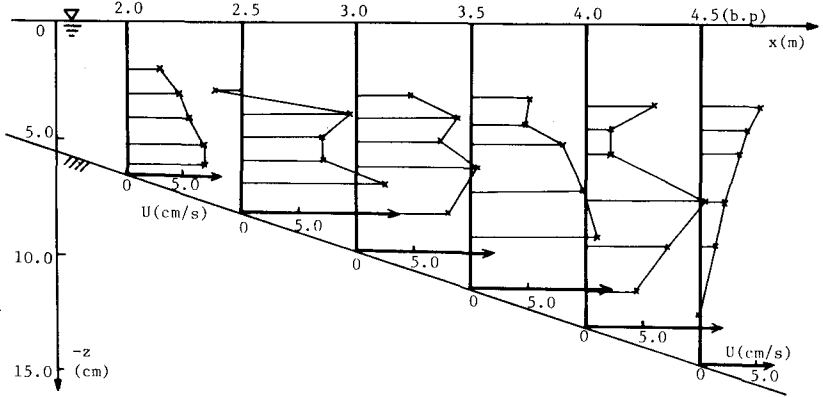


図-4 2次元砕波帯内の平均流速場の測定例

係を曲線で近似したものであるが、実際のデータはその曲線の回りにばらついており、その程度は $\pm 3\text{ cm/sec}$ である。したがって $\bar{u}$ および U にも同程度の誤差が含まれており、 $\pm 3\text{ cm/sec}$ 以上の値の場合のみ有意であると言

える。
 $\bar{u}$ を計算するさい、場合によっては流速が大きく落ち込む位相を決めにくい場合がある。その理由としては、ここで用いたフループが鉛直円柱であっても、鉛直方向の速度成分を感知していることが挙げられる。ここではその位相を境に u の符号を変えるので、 $\bar{u}$ の影響は無視しようと考えられる。

図-3を見てわかるように、 $\bar{u}$ は一波毎に変動している。平均して4~5波を一周期として変動している。一方水槽の固有振動周期を計算すると、約2.5secとなる。 $T=1.3\text{ sec}$ であるので前述の4.5波周期の変動は水槽の固有周期よりも小さい。ただし24secという解析時間はほぼ水槽の固有周期に一致するので、全波平均の U は、変動をとり除いた平均流速と考えられる。

さて図-4を見ると、図-1に模式的に示された流れと定性的に一致していることがわかる。図-1の砕波点付近では平均流速の鉛直分布が描かれていないが、砕波点前後の2つの循環流の上昇流部分が出合う位置であるので、水平成分はほぼ0で、むしろかなりの鉛直成分を有することが想像される。図-4の今回の測定例では、必ずしも $U=0$ ではないが、砕波帯内より値は小さい。砕波点以外の5点での鉛直分布は、測定の都合上波の谷の高さ以下に限られているが、図-1の下層部で沖向き、上層部で岸向きの流れを十分予想できる。渡辺ら(1980)が示唆している汀線近くのもう1つの循環流については、汀線近傍での測定がなされていないので、確かめられない。

値そのものについては、 i , T , H_0' の値が異なるため直接比較は出来ないが、もっとも近いものとして堀川ら(1972)のケース3 ($i=1/24$, $T=1.4\text{ sec}$, $H_0'=8.7\text{ cm}$) では 5 cm/sec 以上の値が、又渡辺ら(1980)のケースA-9 ($i=1/20$, $T=1.24\text{ sec}$, $H_0'=7.0\text{ cm}$) では底面近くで 9 cm/sec 以上の値が得られている。今回の測定では、最大 12 cm/sec の値が得られた。

最後に、実験および解析に協力していただいた京大工学部土木工学教室の間瀬助手および大学院学生の三反畑
勇君に感謝するとともに、この研究は文部省科学研究費によったことを付記する。