

1. まえがき 最近、砕波帯の水理に関する関心が高まり、砕波による乱れに関してもやっと本格的な取り組みがはじまった。この2, 3年ホットフィルム流速計(HFVと略)、つづいてレーザードップラー流速計(LDVと略)による測定例が発表されている。HFVは2方向の測定がある程度可能なプローブが開発されたが、完全に2方向を分離することが不可能なこと、またHFVが本来不安定であり、流速と出力の関係が非線型であるなど、いくつかの基本的問題を有している。一方LDVは、高価で扱いにくいという欠点があるものの、流れを乱さない、2成分が問題なく測定しうる、流速と出力の関係が線型でかつ決まっているなど多くの利点を有しており、実験水槽内の砕波の乱れの本格的な計測の可能性を期待しうる。すでに昨年の海岸工学講演会で、LDVを用いた実験水槽の砕波帯内の流速場の測定が発表されているが(灘岡ら, 海講, 1981), 平均流速や乱れ強度の鉛直分布の岸・沖方向変化の議論にとどまっており、乱れの一周期内的変化やレイノルズ応力に関しては発表された例がない(HFVでは、底面付近にかぎって例がある(服部ら, 乱流シンポ, 1981))。ここでは2成分LDVによる実験水槽内の砕波帯における流速測定の例を示し、とくに乱れ強度やレイノルズ応力の位相変化に関して議論する。

2. 2成分LDVによる砕波帯の流速測定 ここで用いたLDVは前方散乱型で、波の進行方向と鉛直方向の2成分を差動方式で測定した。前方散乱型で測定する場合、水槽側面が両側とも透明である必要がある。また水槽両側面とも、LDVの発光部および受光部を設置しうる空間が必要である。そのため実験条件がかなり制約される。ここでは長さ27m, 幅50cmの水槽の中に勾配1/29の斜面を設置した。一様水深部水深を35cm, 入射波周期を1.34sec, 砕波点静水深を14.0cm, 砕波高10.0cm, 砕波帯幅4.0mとした

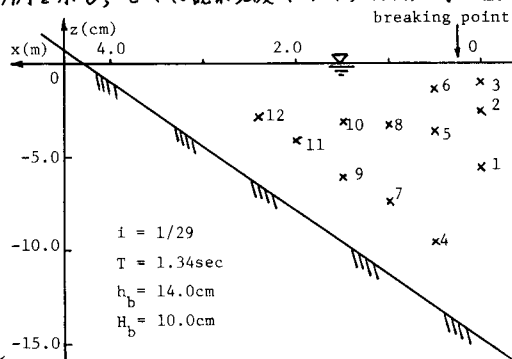
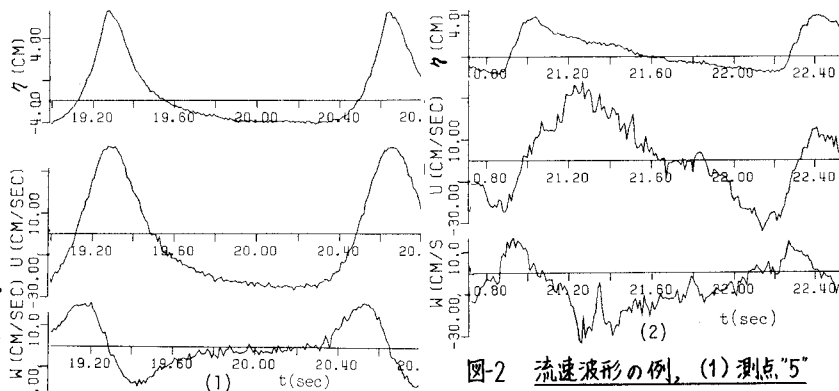


図-1 測定点

(図-1)。砕波型式は巻き波と崩れ波の中間型である。測定点は、図-1に示すように12点とした。当初測点"1"~"3"の位置を砕波点と考えたため、砕波点から約25cm沖側から測定をしている。鉛直成分測定用の2本のビームは鉛直面を構成し、そのため底面付近では下側のビームが斜面板で遮断されると、斜面と水槽側面内側に貼ったビニールテープをビームが通過すると強度が減衰するため、底面付近は測定出来なかった。また解析を簡単にするため、砕波帯内では水面付近も測定していない。

3. 流速波形 図-2は測点

"5"と"11"での水位 η , 岸・沖方向流速 u , および鉛直方向流速 w の時間変化の例を示している。測点"5"は砕波点のやや岸側で、 η は典型的な砕波点付近の波形をしており、 u も同様の波形

図-2 流速波形の例, (1) 測点"5"
(2) 測点"11"

をしている。また w も u の変化に対応した変化をしている。 u , w いずれにも細かな変動が見られる。一方、測点“11”の方には、これより大きな変動が見られる。測点“5”で見られる変動は測点“11”などでも見られるので、砕波による乱れとは考えにくい。測点“11”では u はほぼ w と対応しているが、 w の方は測点“5”の場合と比べて u との対応が不鮮明になっている。なおこの図では示されていないが、一波毎の波の水粒子速度としての波形の変動が大きく、従来の単純な位相平均による乱れの抽出法ではこの変動をも乱れとしてしまうことになる。また LDV の調整が不十分であったため、ビームが完全に水中にあるにもかかわらず、流速が 0 になる位相付近で出力がほぼ一定のままになることがあった。以下の解析はその部分は除いてある。

4. 乱れ強度 $\langle u' \rangle$, $\langle w' \rangle$ とレイノルズ応力 $\langle -u'w' \rangle$ の位相変化

上述したように、単純な位相平均では水粒子速度波形そのものの変動も乱れとして抽出してしまうので、ここでは移動平均からの偏差の位相平均によって乱れ強度とレイノルズ応力の位相変化を抽出することにした。一般に移動平均は一種のローパスフィルターと考えられ、カットオフ周波数をいくらにすべきかという問題がある。ここでは 0.1 sec の移動平均をすることにし、この問題は議論しない。また、本来レイノルズ応力が瞬間的な Navier - Stokes の方程式のあるタイムスケールでの平均操作によって生じたものであるのに対して、位相平均によるものがはたして本来のレイノルズ応力に相当するかという問題もある。ここでは、単に乱れ強度と同様瞬間レイノルズ応力が波の一周期内で平均的にどのような変化をするかを示すものとする。図-3 は図-2 に示したのと同じ測点“5”と“11”での乱れ強度とレイノルズ応力の位相変化を示している。(1) の測点“5”の場合、 $\langle u' \rangle$ は、水位が静水面を切る位相で 2.0 cm/s 程度の値をとる他は 1.0 cm/s 程度、また $\langle w' \rangle$ は波の峯の位相直後の水位が静水面を切る位相より後と、最低水位の位相付近で 2~3 cm/s の値をとる他は 1.0 cm/s 程度になっている。レイノルズ応力は図の(2)の測点“11”に比べてはるかに小さく、このことから測点“5”では砕波による乱れはなく、 $\langle u' \rangle$, $\langle w' \rangle$ として抽出したものは測定機器の雑音と見るのが妥当である。上述の特定の位相で乱れ強度が大きくなっているのも、用いている LDV の特性と考えられる。一方図の(2)を見ると測点“5”より大きな乱れ強度およびレイノルズ応力が見られる。とくにレイノルズ応力は、波の谷の位相で非常に大きい正負の値を示している。ここでは測定点が少ないのでこれ以上の議論はしない。今後測定結果を増やして砕波帯内の砕波による乱れの機構を明らかにしたい。最後にこの研究は、文部省科学研究費一般研究 A (京都大学岩垣雄一教授代表) によることを付記する。

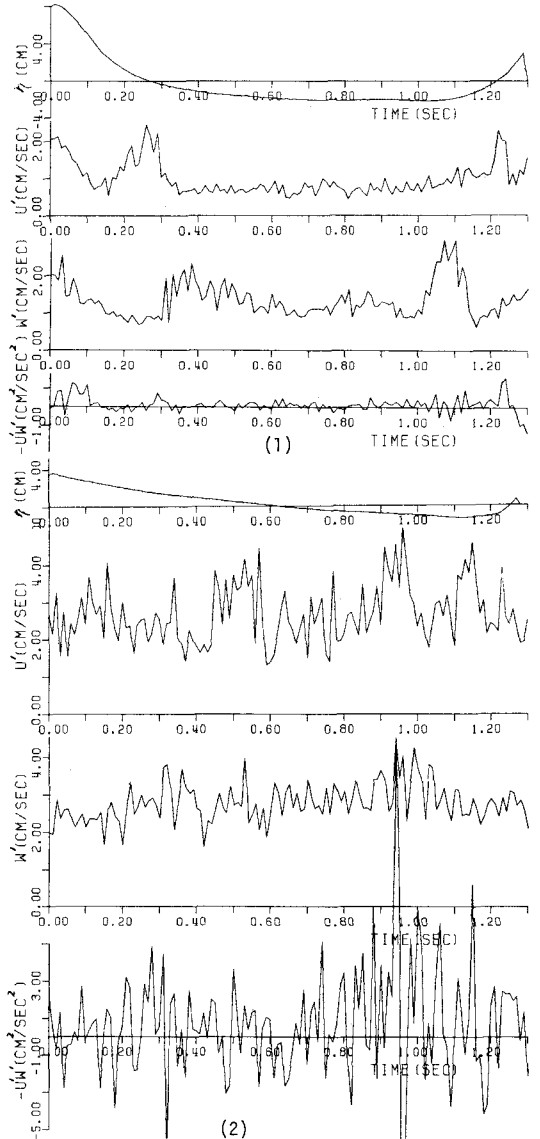


図-3 乱れ強度とレイノルズ応力の位相変化の例

(1) 測点“5”, (2) 測点“11”