

砕波帯の乱れの構造のモデル(一周期内のレイノルズ応力)

京都大学工学部 正 酒井哲郎, 間組 正 ○三反畑勇

1. まえがき 往復流測定が可能な2成分レーザードップラー流速計(L.D.V.)を用いて、2次元波浪水槽中の一様勾配斜面上で砕ける崩れ液型砕波による砕波帯内の岸沖方向および鉛直方向流速を同時測定し、そこから砕波による乱れを抽出して種々の検討を行なった。ここでは特に、砕波による乱れのレイノルズ応力について述べる。

2. 実験装置および方法 斜面勾配(i)は $1/31$ 、一様水深部水深(h_1)は35cm、波の周期(T)は1.17 secとした。沖波波形勾配(H_0/L_0)は0.063で、典型的な崩れ液型砕波である。砕波水深(h_b)は18cm、砕波高は12.8cm、砕波帯幅は530cmである。流速測定には、前方散乱型往復流2成分測定可能なL.D.V.(日本科学工業製、光学システム8143S、信号処理システム8015)を用いた。測定は、砕波点の0.5m岸側より、0.5mおきに6測線、測定点は各測線で水深方向に7~8点とった。

3. 解析方法 岸沖方向および鉛直方向流速の乱れ u' および w' は、これまでと同様、L.D.

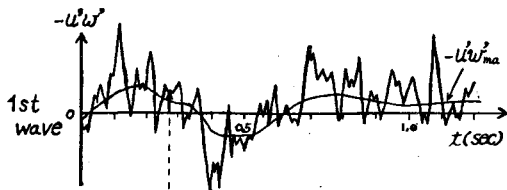


図-1 レイノルズ応力の定義

V で測定された流速の0.1秒の移動平均からの偏差と定義した。レイノルズ応力は、同じ測定点の同時点での0.01秒ごとの u' と w' の積に負号をつけたものを、全波にわたって位相平均するという、従来往復流や波動場の乱れに対して採用されてきた定義(図-1参照)が、本来レイノルズ応力を定義する際の時間平均と異なることを考慮し、本研究では0.01秒ごとの瞬間レイノルズ応力 $-u'w'$ の0.1秒の移動平均を行ない、これをレイノルズ応力 $(-u'w')_{ma}$ と定義した(図-1参照)。このレイノルズ応力を0.1秒ごとに位相平均し、その位相変化および鉛直分布について調べた。

4. 結果 図-2は、砕波点より岸側1.5m($h=13.5$ cm)の3測定点での、上述の定義によるレイノルズ応力 $-u'w'_{ma}$ の0.1秒ごとの位相変化 $(-u'w'_{ma})_{0.1}$ を示している。図の最上段のものは、解析された全波にわたる水位変化の位相平均である。図の最下段のものは水面付近の点での解析結果であるが、波の谷の位相ではレーザ光が水面上に出て流速を感知できない(ドロップアウト)ため、その間のレイノルズ応力の値は0とし

てきた。図-2 レイノルズ応力の位相変化例

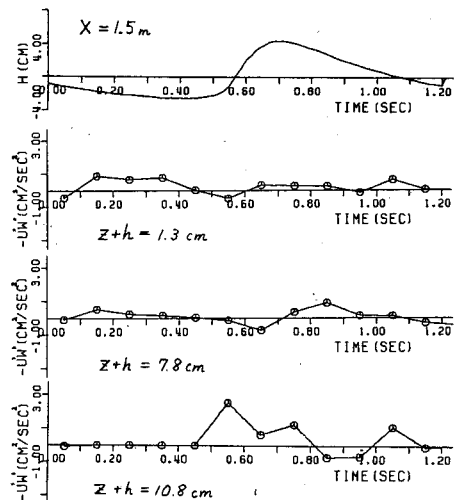


図-2 レイノルズ応力の位相変化例

Tetsuo SAKAI, Isamu SANDANBATA

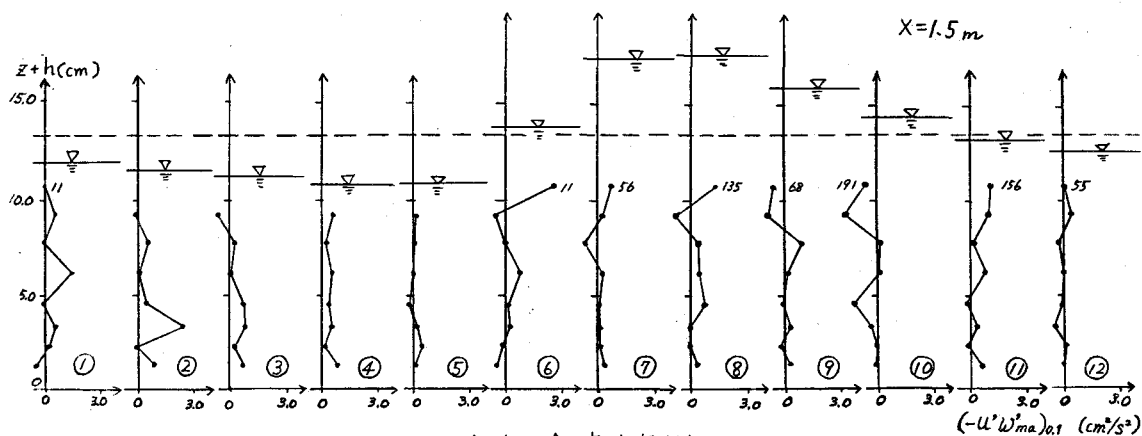


図-3 レイノルズ応力の鉛直分布例

ている。また、波の峯の位相でも気泡通過があるためドロップアウトが生じ、データ数が減少している。その値の信頼性には問題があると思われる。この図より、レイノルズ応力の位相変化には、従来の唯一の砕波帯でのレイノルズ応力の測定例（青野ら，1981）において見られた、波の峯の前面で負から正に変化する傾向が若干見られる。しかし、その位相変化は、従来交番振動流の実験事実としての減速期にレイノルズ応力が発生する（日野ら，1980）といった単純なものではないことがわかった。図-3は、砕波点より岸側1.5mにおける、レイノルズ応力の鉛直分布の0.1秒ごとの位相変化を示している。この図は、図-2を別の表現を用いて表わしたものといえる。図では同時に、その位相での水位を示し、静水位を破線で示してある。また、図中の水面付近の点の値の横の数字は、その点でのデータ個数を示している。先に述べたようなドロップアウトがない測定点では、データ数は約400個（約40波）であり、データ数の少ない点では、レイノルズ応力の値の精度に問題があると思われる。この図よりわかるように、レイノルズ応力の鉛直分布は、正・負の値をとる複雑な形をしており、turbulent wakeのそれや、従来の交番振動流のそれほど単純ではないことがわかる。乱れの位相変化に関してその理論を拡張して説明しえたturbulent wake theoryは、レイノルズ応力に関しては、説明が不可能である。

5. 砕波帯での一周期内の波動運動におけるレイノルズ応力の貢献度 波の周期より短い時間スケールでの波動場をレイノルズ応力を用いて表現すると、波の進行方向には次式が得られる。
$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \frac{\partial u}{\partial x} + w \cdot \frac{\partial u}{\partial z} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial (-\rho \overline{u'u'})}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial (-\rho \overline{u'w'})}{\partial z}$$
この式の移流項（左辺第2項）とレイノルズ応力項（右辺第2項）を $X=1.5m$ ，静水面下4.2cmのところで、比べてみた。前者は、実験値と微小振幅波理論を用いて、後者は本実験の測定値を用いてその値を推定した。その結果、前者は約 14 cm/s^2 、後者は約 4 cm/s^2 となった。したがって、砕波帯での波動場のレイノルズ応力は、turbulent wakeや交番振動流のそれと比べて、その役割がやや小さく、波の水粒子速度の非線型項よりも小さいのではないかと推察された。ただレこのことは、運動量輸送に関してはレイノルズ応力が支配的でないとしても、砕波帯内における物質の輸送に関してその効果が小さいことを意味しない。

なお本研究は昭和57年度文部省科学研究費補助金により、たことを付記して謝意を表する。