

II-237 碎波帯内応力場の特性に関する実験的研究

中央大学理工学部 正 青野利夫

1. まえがき

碎波波面の崩壊によって発生する乱れは、波の高調波域から広い周波数域にわたって存在する。とくに波の基本周波数付近で生成する低周波の乱れは、エネルギー逸散などに支配的な役割を果たすが、この周波域の乱れを分離する手法は未だ確立されていない。このため、分離した波動成分には低周波の乱れの影響が含まれ、低周波域の水平・鉛直乱れ流速間に微弱な相関がある場合には、分離波動流速間の相関 $\overline{UW}$ はゼロにならない。

本研究では、分離した波動流速間の相関 $\overline{UW}$ の空間特性と、 $\overline{UW}$ による影響が強いと考えられる定常流速との関係を検討した結果について報告する。

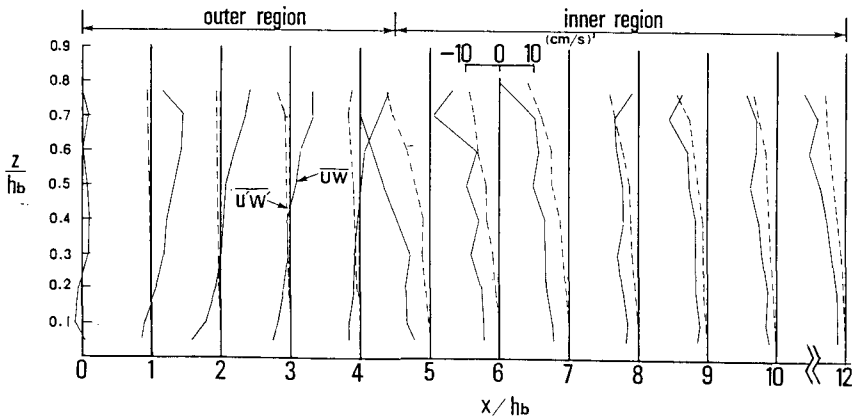
2. 実験装置及び方法

実験は、 $0.3 \times 0.55 \times 20\text{m}$ の両面ガラス張りの二次元波動水槽内に $1/20$ 勾配斜面とそれに接続する水平床からなる模型海浜地形を設置して行った。水面と水粒子速度変動は、分圧式波高計、二成分 LDA を使用した。測定データは、サンプリング周波数 200 Hz で 90 秒間分を AD 変換して処理を行った。波動成分の分離には、数値フィルター法、位相平均法を用いた。

実験に用いた波は、周期 $T=1.25$ 秒、碎波水深 $h_b=7\text{ cm}$ 、換算沖波波形勾配 $H'_0/L_0=0.0157$ で碎波形式は巻き碎波に近い崩れ碎波である。

3. $\overline{UW}$ の空間特性

図-1は碎波帯内の $\overline{UW}$ とスペクトル解析より算定したレイノルズ応力 $\overline{u'w'}$ の空間分布を、同時に示したもので、横軸は x/h_b (碎波点からの無次元距離)、縦軸は z/h_b (底面からの無次元高さ) である。また図中には inner region と outer region の境界が示されている。図-1より、 $\overline{UW}$ の空間分布は inner, outer で異なった分布を示し、outer region では底面から水面に向かって負から正に $\overline{UW}$ の符号が変化し、inner region では $\overline{UW}$ の鉛直分布は符号の変化は見られず $\overline{u'w'}$ の変化と対応し水面近傍で大きくなり、inner と outer region の境界である $x/h_b=5$ で最大値をとる。outer region での分布は、日野

図-1 $\overline{UW}$ と $\overline{u'w'}$ の空間分布

ら¹⁾と若干異なっている。また碎波下での $\overline{UW}$ は $\overline{u'w'}$ に比較して全体的に大きく、この強い応力場の特性は、分離手法に関係なく見られ、波動成分中に含まれる低周波の乱れの強さを顕著に示している。

4. $\overline{UW}$ と定常流の空間分布との関係

二次元定常流速場の運動方程式は式(1)で示される。

$$\rho \frac{d\overline{u}_\alpha}{dt} = -1/\rho \frac{\partial \overline{p}}{\partial x_\alpha} - \frac{\partial (\overline{u}_\alpha \overline{u}_\beta + \overline{u'_\alpha u'_\beta})}{\partial x_\beta} \quad \alpha, \beta=1,2 \quad (1)$$

ここで、 $u_\alpha = \overline{u}_\alpha + u'_\alpha$ [定常+波動+乱れ]、 $\overline{p}$: 圧力の定常成分である。 $\overline{UW}$ の定常流の空間分布特性に与える影響を検討するため、式(1)の水平方向の方程式について、式中の各項を測定データより算定し示したのが図-2である。ここでは $\overline{UW}$ の影響をより明確にするため、乱れの項は残差項として圧力項に含めた。同図より、各項の鉛直分布は x/h_b ごとに若干の変動はあるが、 $z/h_b < 0.2$ (底層), $0.2 < z/h_b < 0.6$ (中層), $z/h_b > 0.6$ (上層) に分けられ変動の強い領域は、底、上層に集中している。outer region では、底層で $D\overline{u}/Dt$ と $\partial \overline{UW}/\partial z$ が対応し、中、上層で $D\overline{u}/Dt \sim 0$ となっている。inner region では底、中層で $D\overline{u}/Dt$ と圧力項が対応し、上層では $\partial \overline{UW}/\partial z$ と圧力項が卓越している。また、 $\partial \overline{U^2}/\partial x$ の鉛直変化はほとんどない。図-3の定常流速 $\overline{u}$ の空間分布を見ると、 $\overline{u}$ の鉛直変化の大きい領域 (outer: 底層、inner: 上層) で $D\overline{u}/Dt$ と $\partial \overline{UW}/\partial z$ とが対応し、 $\overline{u}$ の水平変化の大きい領域 (底、中層) で、圧力項 (この領域で $\overline{u'w'}$ は無視できる) が $\overline{u}$ と対応している。これより $\overline{UW}$ は定常流の鉛直分布、圧力勾配は水平分布に強い影響を与えている。

5. あとがき

碎波下で発生する低周波の乱れを含んだ波動成分の応力場の特性を明らかにしその定常流への影響について検討した。乱れを含んだ波動流速成分間の相関 $\overline{UW}$ は、レイノルズ応力よりも大きく、その鉛直勾配は定常流速の鉛直分布に強い影響を及ぼしている。

[引用文献]1) 日野ら(1984)
第31回海講論文集, pp.1-5.

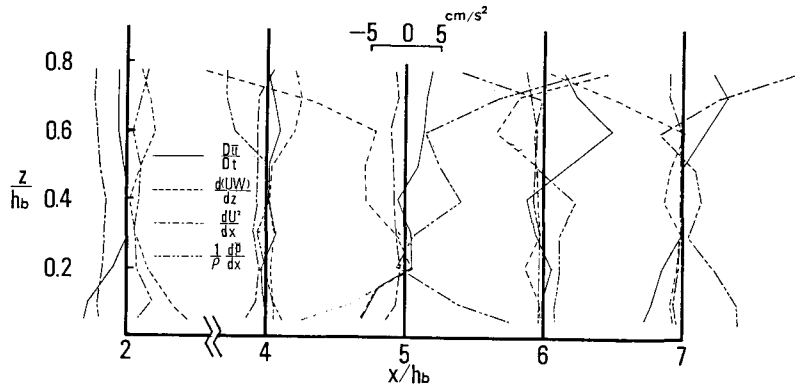


図-2 式(1)中の各項の空間変化

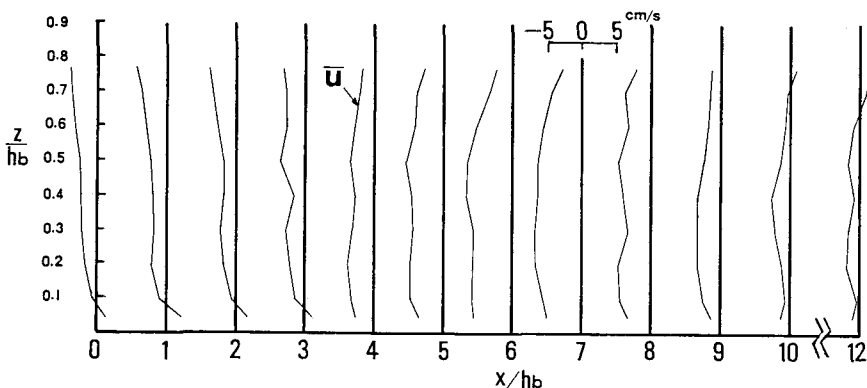


図-3 定常流速 $\overline{u}$ の空間分布