

碎波帯における乱れ特性に関する研究

鳥取大学工学部 正員 野田英明
大阪府 正員 ○赤松巧一
鳥取大学大学院 学生員 関根職一

1. はじめに

現地レベルで碎波による乱れを視覚的に見ることは非常に困難である。そこで本研究は室内実験によって、初歩的な解析も含め、基礎的な碎波の乱れ特性を明確にしようとするものである。

2. 乱れの定義および基礎式

実測水粒子速度 u からアンサンブル平均値

$\tilde{u}$ が算定されれば、乱れ u' は次式で定義される。すなわち、

$$u' = u - \tilde{u} \quad (1)$$

ここに上付きの“ $\sim$ ”および“ $'$ ”はそれぞれ、波動成分および乱れ成分を表している。さらに、碎波帯の乱れ特性として碎波後の波のエネルギー変化を調べるために、エネルギー逸散量を

$$-\Phi_s = \frac{\partial}{\partial x} \int_{-h}^{\zeta} u \left\{ \frac{\rho}{2} (u^2 - w^2) + \rho g \zeta \right\} dz \quad (2)$$

のように定義する。ここに ζ は水面変動である。この式は波の1周期平均かつ断面平均のエネルギー流束に対する x 方向 (波の進行方向) の変化率を表している。

3. 結果およびその考察

図-1, 図-2は水平方向水粒子速度の乱れ強度の時間平均値 $\sqrt{u'^2}$ の空間分布を示すものであって、それぞれ Case 1, 4 に対応し Battjes の surf similarity parameter ではそれぞれ崩れ波領域および巻き波領域の碎波となる。

図-1 では Plunging Point (以下 P.P. と略する) 付近の乱れ強度とほぼ同程度の乱れが、Breaking Point (以下 B.P. と略する) より沖側にも見られる (TYPE 1)。それに対して図-2 では P.P. 付近で乱れ強度は大きい、沖側ではあまり大きくない (TYPE 2)。おおよそ碎波形式の違いによってタイプが分かれるようであるが、Case 3の碎波形式は崩れ波であるにもかかわらず、TYPE 2に近い分布となっており、単純に碎波形式で分類できない。

Galvin¹⁾ の Breaker type index B とレイノルズ数 R をパラメータとし、各ケースの渦の発生条件

表-1 実験条件

	case 1	case 2	case 3	case 4	case 5	case 6
$\tan \alpha$	1/15					
$h(\text{cm})$	40					
$T(\text{sec})$	1.1	1.1	1.21	1.85	1.3	1.2
$H(\text{cm})$	7.5	8.3	7.43	5.5	6.42	6.0
$L(\text{cm})$	170	170	195.8	337	217	193.5
$h_0(\text{cm})$	8.14	9.01	8.13	5.17	7.03	6.51
$L_0(\text{cm})$	188.8	188.8	228.4	533.9	283.6	224.6
H_0/L_0	0.043	0.048	0.044	0.015	0.027	0.029
$h_b(\text{cm})$	11.2	12.13	10.6	14.7	8.95	8.0
$h_s(\text{cm})$	9.55	10.10	8.47	7.65	8.44	7.96
$\lambda_b(\text{cm})$	168	182	159	220	134.3	120
碎波形式	Spilling Breaker	Spilling Breaker	Spilling Breaker	Plunging Breaker	Sp-Plung Breaker	Sp-Plung Breaker

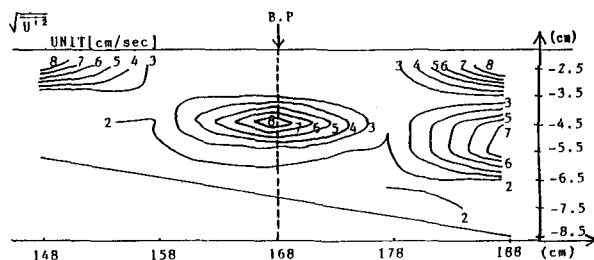


図-1 水平方向乱れ強度の空間分布 (Case 1)

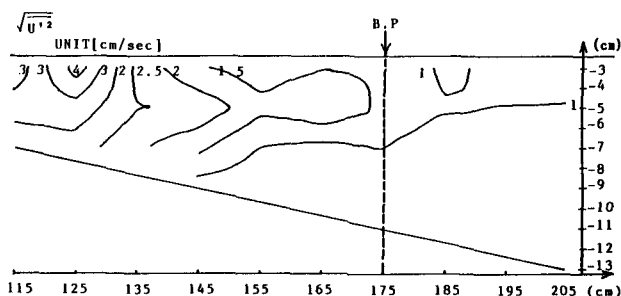


図-2 水平方向乱れ強度の空間分布 (Case 4)

を整理したのが図-3である。この図より碎波帯に存在する渦の種類・相違、すなわち斜降渦の有無によりそれぞれのタイプに分かれるものと考えられる。したがってP.P.付近の乱れは水塊突入によるものであり、沖側の強い乱れは斜降渦による乱れと考えられる。鉛直方向水粒子速度の乱れ強度の時間平均値 $\sqrt{w'^2}$ の場合も $\sqrt{u'^2}$ と同様な傾向がみられた。図-4および図-5はそれぞれ、Case 1およびCase 4のレイノルズ応力の時間平均値 $-\overline{u'w'}$ を示すものであつて、これらも同様な分布となつており、乱れ強度の大きいところでレイノルズ応力も大きくなつてゐる。

碎波によって生じた大規模渦は慣性の作用により小さな渦塊に絶えずエネルギーを奪われる。したがって、渦が長く生き延びるためには平均流からエネルギーを得る必要がある。つまり、レイノルズ応力の分布は平均流からのエネルギー伝達に適した分布であるべきと考えられるが現在のところまだ明確でない。

図-6および図-7はそれぞれ、Case 1およびCase 4のエネルギー流束 F/F_{sp} と $x_s = x/\sqrt{gh}$ との関係を示すものである(F_{sp} : 碎波点のエネルギー流束)。図-6は、碎波後 $x_s = 0.1$ までのエネルギーの低減が著しい。一方図-7は $x_s = 0.1$ までのエネルギーの低減は図-6と比べてゆるやかである。 $x_s > 0.1$ の領域では、いずれのケースもエネルギーの低減はゆるやかとなる。以上のことは乱れの分布の分類と一致する。すなわち碎波帯に存在する渦の相違によるレイノルズ応力の構造がエネルギー逸散を支配しているものと考えられる。

4. おわりに

碎波帯に存在する渦の相違により、乱れの構造はおおよそ2種類に分けられ、エネルギー逸散も同様に渦に支配されていることが明かとなった。

【参考文献】

1) Galvin, C.J.: Breaker type classification on three laboratory beaches, J. Geophys. Res., Vol. 73, pp. 3651~3659.

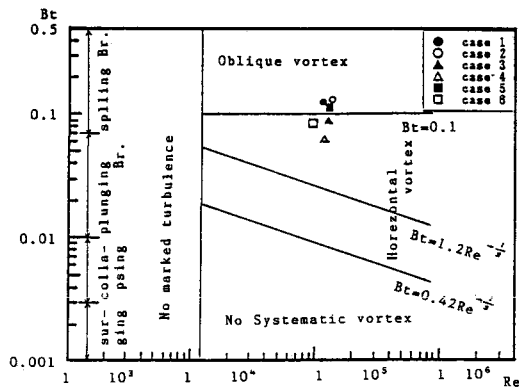


図-3 渦の発生条件

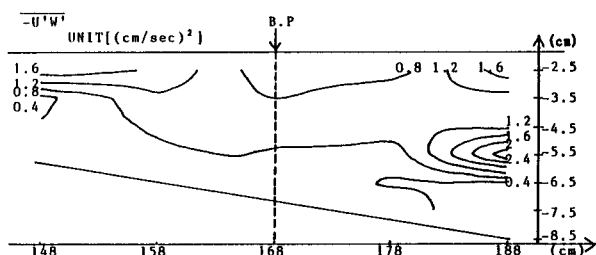


図-4 レイノルズ応力の空間分布 (Case 1)

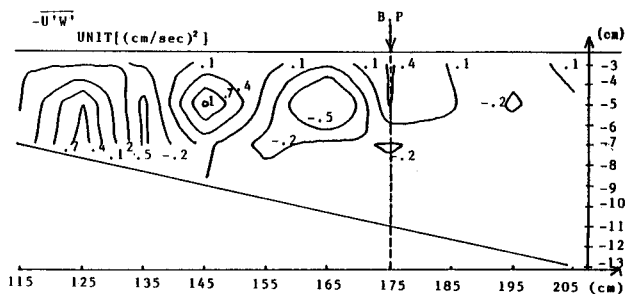


図-5 レイノルズ応力の空間分布 (Case 4)

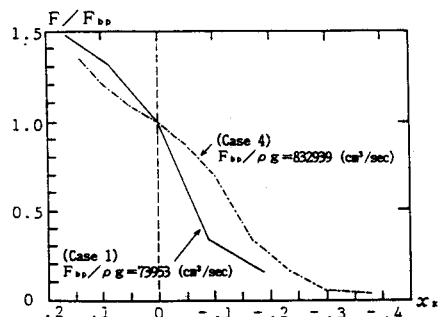


図-6 エネルギー流束