

(II-73) Surface Roller の変動特性を考慮した砕波モデルに関する研究

中央大学大学院 学生員 倉田 貴文
中央大学理工学部 正会員 服部昌太郎

1.研究の目的 砕波の波面崩壊により形成される Surface Roller(以下、roller と略記)は、砕波帯波動場に強い影響を及ぼすことから、その質量・運動量・エネルギーの輸送に関して研究がなされている (Svendsen,1984; Basco and Yamasita,1986;Okayasu et al.,1988)。しかし、気泡連行を伴う複雑な砕波帯波動場の計測、特に roller と波動部(organized wave motion)との判定が難しいため、roller の変動挙動に対する基礎的な情報量は非常に少ない。本研究では、高速ビデオカメラの連続画像より roller の変動特性を解明、undertow 流速の算定結果との比較により計測結果の妥当性を検証する。さらに測定結果を Svendsen の砕波モデルに組み込み、砕波帯内の波高変化と平均水深変化を計算、実験結果と比較する。

2.従来の研究

Duncan(1981)による実験から、roller の断面積は $A=\alpha H^2$ の関係式で示され、 $\alpha=0.9$ (Svendsen,1984), 5.6 (佐藤,1987), 2.0 (岡安,1987)と様々である。また岡安は α を定数とせず、目視から roller の発達領域をきめ、その領域内で α に線形的な山型の分布を与えている。岡安以外は、undertow の実測値に一致するように α の補正を行ったもので、進行砕波の roller を砕波帯全域で測定した研究は、本研究と蛭田・服部(1999)以外では見あたらない。

3.実験方法および実験条件 実験は、両面ガラス張り二次元水槽(20^m×0.3^m×0.5^m)内に、1/20 の一様勾配斜面を設置し、規則波を入射させて行った。水面変動は分圧式波高計(100Hz)を、内部流速と roller の変動測定には高速ビデオカメラ(400コマ/sec)とデジタルビデオカメラ(シャッター速度 1/6000sec, 30コマ/sec)で水槽側面から撮影した画像を用い、流速測定のためのトレーサーには比重調整したポリスチレン

表 - 1 実験条件

実験	T(s)	H ₀ (cm)	h ₀ (cm)	H ₀ /L	ξ^*	砕波形式
1	1.23	5.5	27	0.023	0.33	中間性
2	1.23	3.0	29	0.013	0.44	巻き
3	0.80	5.5	27	0.055	0.21	崩れ
4	1.00	5.5	31	0.035	0.27	崩れ

* surf similarity parameter $\xi = \tan \beta / (H_0/L)^{1/2}$

粒子(平均粒径 0.3mm)を使用した。undertow 流速の測定には電磁流速計(100Hz)を使用した。

4.結果と考察 砕波点は最大波高位置とし、突っ込み点は砕波により波峰前面に飛び出す水塊が水面に突っ込む位置とした。ボア形成点(Transition-zone と Inner-zone の境界、以下略記)の位置は、目視測定と岡安(1988)による実験式とがほぼ同じであった。

4.1 surface roller 領域の決定: 図-1 に空間相関法(PIV)により測定した T-zone を進行する波の内部流速ベクトル、及び水平流速分布の一例を示す。砕波前面に波速以上の速度で進行する、明らかに波動とは異なる挙動を示す水塊が存在する。本研究ではこの水塊を roller とし、断面積を計測した。

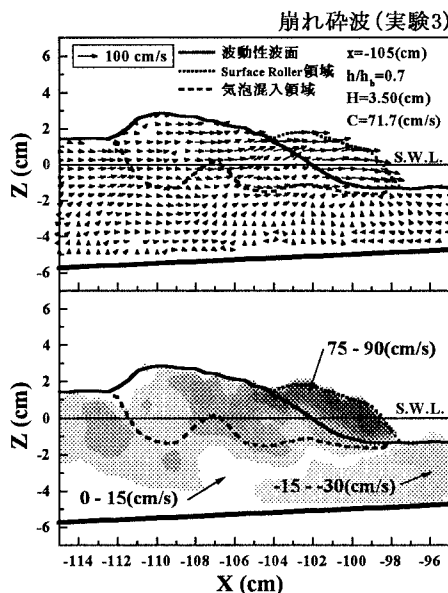


図 - 1 内部流速ベクトル及び水平流速分布 (実験 3)

4.2 surface roller の断面積変化: 図-2 は roller の断面積の空間変化と波高分布、及び wave shape factor $B_0=[(\bar{\eta})/H]^2$ を示す($\bar{\eta}$:波の一周期平均)。比例定数 α は一定ではなくボア形成点で最大値をとり、ほぼ線形的に変化する。また roller の成長率($d\alpha/d(h/h_0)$)は砕波形式によって変化することが認められ、surf similarity parameter $\xi = \tan \beta / (H_0/L)^{1/2}$ ($\tan \beta$:底面勾配)によって整理できる(図-3)。

キーワード: 砕波 Surface Roller PIV

連絡先: 〒112-8851 東京都文京区春日 1-13-27

TEL 03-3817-1812 Fax 03-3817-1803

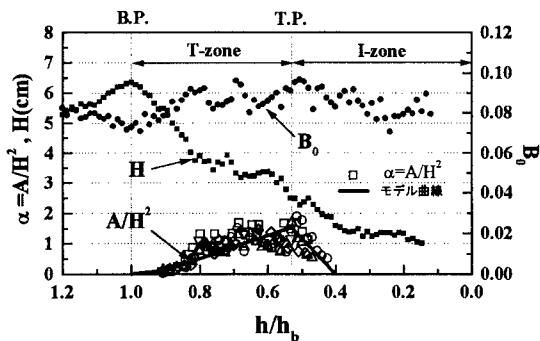


図-2 $\alpha = A/H^2$, B_0 , H の空間変化 (実験3・崩れ砕波)

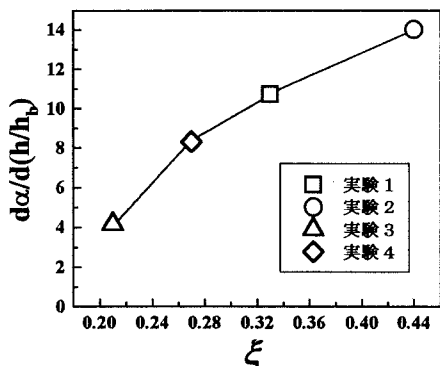


図-3 $d \alpha / d (h/h_b)$ と ξ の関係

4.3 surface roller の速度: 図-4 は、roller 断面図心の進行速度 C_r (図中白抜き) と roller 背後の波頂速度 C (●) の変化を示す。既存の多くの研究では、roller は長波の波速 $(gd)^{1/2}$ で移動すると考え、また、Okayasu ら(1988)は、 C_r を孤立波波速 $[g(h+H)]^{1/2}$ で算定している。しかし測定結果から、roller の進行速度 C_r は平均的に非線形長波波速 $[g(h+\eta_{crest})]^{1/2}$ (η_{crest} : 波峰位置) に相当することが認められた。また C_r は roller 成長時 ($h/h_b = 1.0 \sim 0.6$) には波頂速度より大きく、減衰時 ($h/h_b = 0.6 \sim$) には波頂速度とほぼ等しくなる。このような C_r と C の結果は、いずれの砕波形式にも認められた。

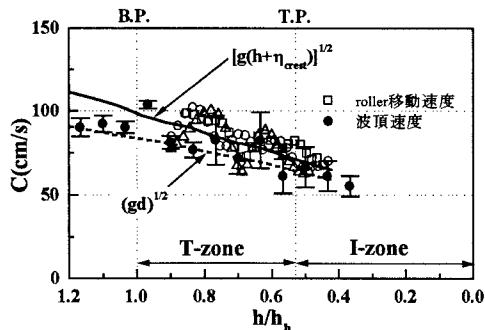


図-4 roller 移動速度の空間変化 (実験3・崩れ砕波)

4.4 undertow 流速の空間分布

図-5 は、測定結果 ($C_r = [g(h+\eta_{crest})]^{1/2}$, $\alpha = A/H^2$) を用いて Svendsen(1984)の undertow モデルで算定した U_s, U_r, U と測定結果 U_m の変化を示す。 U と U_m との一致度は砕波帯全域にわたり非常に良好である。このことから、本実験の計測結果は roller の挙動特性を適切に捉えていると考えられる。

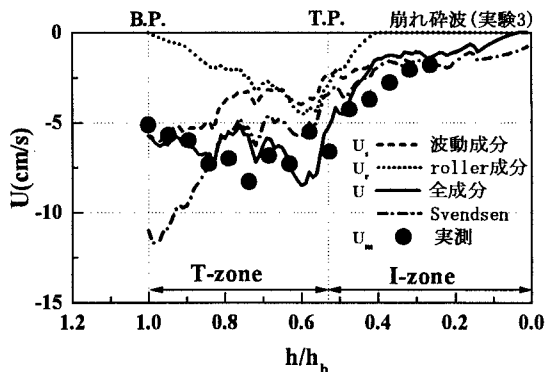


図-5 undertow 流速の空間変化 (実験3・崩れ砕波)

4.5 Svendsen model への適用

以上の測定結果 ($\alpha = A/H^2$ はモデル曲線 B_0 , $C_r = [g(h+\eta_{crest})]^{1/2}$) を Svendsen の砕波モデルに組み込み、砕波点で浅の波高 H 及び平均水位 $\bar{\eta}$ を、崩れ砕波のケース(実験3)について計算した。図-6 にその結果を示す。一致度は良好で、砕波点直後の T-zone での急激な波高減衰及び平均水位上昇量の低下を、従来のモデルより適切に表現している。しかし中間性砕波、巻き砕波への適用には、砕波点から突っ込み点までの運動機構のモデル化が課題となる。

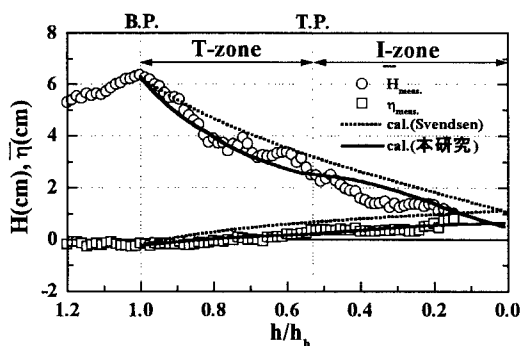


図-6 計算結果と実験結果の比較 (実験3・崩れ砕波)

5.今後の課題 中間性砕波、巻き砕波など、諸条件下での運動機構解明と当モデルの適用が、今後の課題として残されている。

6.参考文献

Svendsen, I.A. (1984): Wave heights and set-up in a surf zone, Coastal Eng, Vol.8, p.303-329. etc.