

II-272

ボア状碎波の形成点に関する実験的研究

横浜国立大学工学部 正会員 岡安章夫
 東京大学工学部 正会員 磯部雅彦
 東京大学工学部 正会員 渡辺 晃

1. はじめに

碎波帯は、その動力学機構を論じる上で、急激な波形の変化が起こる outer region と比較的安定したボア状の波が進行する inner region とに分けて考えられている。これらの領域間では、乱れ構造、波高減衰、平均水位変化あるいは流速の分布形状などに大きな相違が見られることが指摘され、また、碎波帯内のエネルギー減衰を論じる際には、碎波のメカニズムが本質的に異なると考えられるので両者を明確に区別する必要がある。Svendsen¹⁾は両者が本来目視によって区分されるものであるとしたが、その後、平均水位上昇の小さい領域を新たに「transition region」と定義している。一方 Basco and Yamashita²⁾は、outer region に相当する領域をさらに二つに区分している。

このように、outer region と inner region の境界については、これまで統一的な議論はなされておらず、その定義自体も明確でない。また、巻き碎波における突っ込み点も「乱れエネルギーの急激な増加が起こる点」として碎波帯の動力学機構を論じる上で重要であるが、未だ系統的な整理はなされていない。本研究では、まず outer region と inner region の境界を「ボア状碎波の形成点（ボア形成点）」と定義し、「疑似定常的なエネルギー減衰領域の沖側端」と解釈する。その上で、勾配の異なる一様勾配斜面上の碎波について実験を行い、碎波点、突っ込み点およびボア形成点を測定し、これらの間の距離と斜面勾配、波形勾配等との関係について検討する。

2. 実験方法および実験条件

実験には、長さ 12m、幅 20cm、深さ 30cm の片面ガラス張り波動水槽を用い、1/10、1/20、1/30 および 1/50 の一様勾配斜面を設置した。ただし、1/30 と 1/50 については斜面の法先 1m は 1/20 勾配である。各勾配に対し、11～13 の条件の異なる規則波を起こし、碎波点、突っ込み点（巻き碎波の場合）及びボア形成点を測定した。碎波点は波高最大点と定義し、目視によって十分に安定したボアが形成される地点を（outer region と inner region の境として）「ボア形成点」とした。目視による決定では多少の主観が入ることは避けられないので、明解な議論をする上では適当でないかも知れないが、波高減衰、平均水位上昇、乱れ強度などは波のエネルギー変換過程の相違による二次的な現象であると考えられるので、簡便さも考慮した上でこれによった。これは、山下ら³⁾の述べる「大規模渦領域」と「擬定常渦の領域」の境界にあたると考えられる。また、波の反射あるいは水槽内の長周期変動のために、碎波点その他が若干変動するので、10 波程度の平均をとった。入射波の条件は各斜面勾配とも、周期 0.6～1.8s、入射波高 5～8cm、沖側一様水深部の水深は 18～21cm である。

3. 実験結果

図-1 は碎波点からボア形成点までの距離 l_r を碎波点での静水深 h_{0s} で無次元化したものを縦軸に、沖波換算波形勾配 H_0/L_0 を横軸にとったものである。突っ込み点については、碎波点からの距離 l_p を h_{0s} で無次元化したものとなっている。各々の斜面勾配についてみると、多少の変動はあるものの波形勾配によらずほぼ一定の値となっている。入射波高はそれほど変化していないので、これはボア形成点までの距離が波長に依存しないことを示している。また、各々の斜面勾配で比較した場合 l_r の値に極大点が存在するが、この点と碎波形式との間には直接関係がない。突っ込み点に関しては、勾配が緩い場合に実験で巻き碎波となったケースが少ないので斜面勾配の影響については明確ではないが、1/10 勾配についてみる限りでは、ボア形成点と同様に波形勾配の影響は小さいと考えられる。

図-2 は Basco and Yamashita²⁾ の示した outer region と inner region の境界の指標と比較するために、砕波点における静水深 h_{0b} とボア形成点における静水深 h_{0t} との差を h_{0b} で無次元化したもの $(h_{0b} - h_{0t})/h_{0b}$ と、surf similarity parameter $\xi (\equiv \tan \beta / \sqrt{H_0/L_0}, \tan \beta$: 斜面勾配) との関係を表したものである。図から明らかなように、これらのパラメータを用いて整理することは難しい。

図-3 は各々の斜面勾配別に l_t/h_{0b} の平均値をとり、斜面勾配との関係を示したものである。図中の点はそれぞれの勾配における平均値を上下の線は変動を表している。また、実線は、

$$l_t = \left(\frac{1}{5 \tan \beta} + 4 \right) h_{0b} \quad (1)$$

であり、この式を用いてボア形成点のおおよその評価を与えることが可能であると考えられる。

突っ込み点についてみると、前述のように比較的緩勾配の場合には砕波形式が崩れ波型となるのでデータの数が少ないものの、斜面勾配によらずほぼ一定の値を示している。砕波による突っ込みが自由落下によると仮定し、砕波点波頂部での水粒子速度を $\sqrt{gh_{0b}}$ 、落下距離を砕波波高 $H_b \approx h_{0b}$ で与えると、砕波点から突っ込み点までの距離 l_p は $\sqrt{2}h_{0b}$ となり、水深にのみ依存することになる。図-3 ではほぼ

$$l_p = 2.5h_{0b} \quad (2)$$

となっているが、係数が大きい理由としては、突っ込み点を突入水塊の最も岸側で決定していること、実際には波頂部の水粒子速度が $\sqrt{gh_{0b}}$ よりも大きいと考えられること、などが考えられる。

これに対し、式(1)は、水深により規定される最小限の距離と斜面勾配（あるいは砕波帯幅）に依存する距離との和であると解釈できる。

4. おわりに

砕波帯における outer region と inner region の境界をボア状の砕波が十分に発達した点（ボア形成点）として定義した。この点は式(1)で評価することができ、水深と斜面勾配に影響されるが波長にはよらない。また、突っ込み点は式(2)で表されるように水深にのみ依存すると考えられる。

【参考文献】

- 1) Svendsen (1984): 19th ICCE, pp.54-69
- 2) Basco and Yamashita (1986): 20th ICCE, pp.955-970
- 3) 山下・Tallent・土屋 (1988): 第35回海溝, pp.54-58

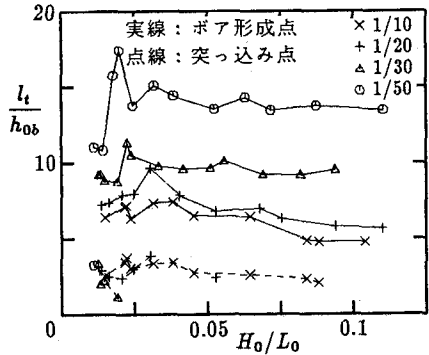


図-1 ボア形成点、突っ込み点と波形勾配の関係

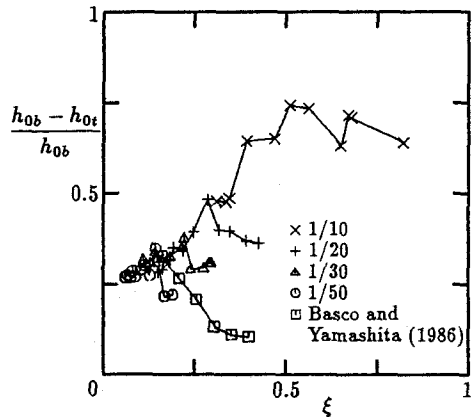


図-2 無次元水深と surf similarity parameter の関係

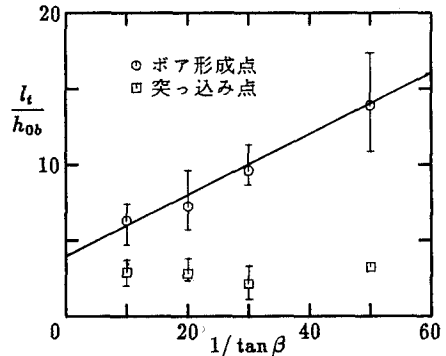


図-3 ボア形成点、突っ込み点と斜面勾配の関係