

デルタ型リーフ周辺の波浪特性

四電技術コンサルタント 正会員○小笠原 誠
 大林組 正会員 中野 孝二
 徳島大学工学部 正会員 中野 晋
 徳島大学工学部 正会員 三島 豊秋
 徳島大学工学部 正会員 三井 宏

1. はじめに デルタ型人工リーフは、マリンスポーツ（主としてサーフィン）に適し、また没水型海岸構造物の利点である景観、親水性に優れていると考えられる。本研究は、この人工リーフがサーフィンに適した波浪変形を起こすか、および防災機能を持つかを明らかにすることを目的とし、模型実験により空間波形、peel velocity、リーフ周辺の流況、波の打ち上げ高分布を測定し、一様勾配海浜の測定結果と比較検討した。

2. 実験装置および実験方法 実験には、長さ30m、幅15m、深さ0.6mの平面水槽を使用した。実験模型として、天端上水深0cmおよび5cmのもの、それと比較対照のための一様勾配海浜の計3種類である。図-1にその形状と寸法を示す。全ての模型の現地縮尺は1/30を想定している。実験計画波には砂村・堀川¹⁾の安定海浜条件をもとに波形勾配0.015, 0.025, 0.04の3種類を選定した。砕波点付近の波高変化の測定には容量式波高計を用い、peel velocityおよびリーフ周辺の流況の測定は校舎の屋上からビデオ撮影することにより行い、打ち上げ高の測定には静水位の汀線との水平距離をスチールテープで測り、これを鉛直距離に換算した。

3. 実験結果と考察
 (1) 砕波水深 天端上水深0cmにおける測線ごとに得た砕波水深の場所的な分布を、リーフ位置と対比させ図-2に示す。この図の上側は砕波水深を沖波波高で無次元化したもので、下側は各波形勾配ごとの一様勾配海浜における砕波水深の平均値で無次元化したものである。リーフ中央部およびリーフ間で砕波水深は小さくなっており、リーフ脇において大きくなっている。リーフ中央部ではリーフ斜面勾配の影響、リーフ脇では「波のつまずき」による影響と思われる。

3. 実験結果と考察

(1) 砕波水深 天端上水深0cmにおける測線ごとに得た砕波水深の場所的な分布を、リーフ位置と対比させ図-2に示す。この図の上側は砕波水深を沖波波高で無次元化したもので、下側は各波形勾配ごとの一様勾配海浜における砕波水深の平均値で無次元化したものである。リーフ中央部およびリーフ間で砕波水深は小さくなっており、リーフ脇において大きくなっている。リーフ中央部ではリーフ斜面勾配の影響、リーフ脇では「波のつまずき」による影響と思われる。

(2) peel velocity peel velocity V_s は砕波速度 C_b および peel angle α_b により次式で表す。

$$V_s = C_b / \sin \alpha_b \quad (1)$$

C_b は孤立波理論により次式で与えられる。

$$C_b = \sqrt{g h_b} \left\{ 1 + \frac{1}{2} \frac{H_b}{h_b} - \frac{3}{20} \left(\frac{H_b}{h_b} \right)^2 \right\} \quad (2)$$

この式に山田²⁾による孤立波の砕波限界 $H_b/h_b = 0.83$ を代入すれば式(3)のように表される。

$$V_s = 1.44 \sqrt{g H_b} / \sin \alpha_b \quad (3)$$

斜め上方からのビデオ撮影では、 α_b 、 C_b が正確に求められない。そこで α_b 、 C_b は次のような方法で求めた。Le Mehaute³⁾ の経験式と合田⁴⁾ による砕波式より H_b 、 h_b を求め、これを式(2)に代入して C_b を求める。

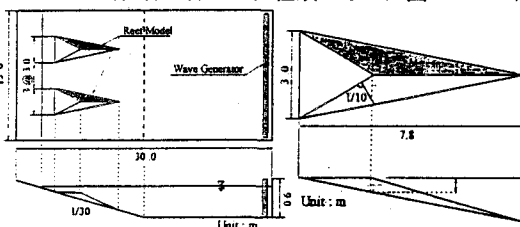


図-1 実験模型

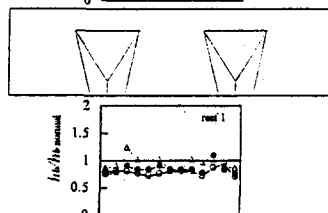
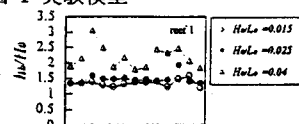


図-2 砕波水深の空間分布

また、 α_0 は平行直線等深線に対する微小振幅波の屈折理論

$$\alpha_0 = \sin^{-1} (\tanh kh_0 \cdot \sin \alpha_0) \quad (4)$$

を用いて求める。図-3に示す実線は式(3)によるものである。なお図中のプロットは、実験において peel velocity, α_0 , H_0 の三者同時に測定することが困難であるため、実験で得た沖波条件から合田の碎波式を用いて求めたものであり、プロット上の値のうち括弧内のものが計算値、括弧外の数字が実験値である。この図によれば、式(4)による V の計算値はビデオ解析値とはほぼ一致しているが、式(4)による V の計算値は碎波高が小さくなるにつれ、ビデオ解析よりも小さくなっている。以上は平行直線等深線の海岸での斜め入射波の理論を用いたが、碎波現象を取り入れた屈折計算により再検討することが今後の課題である。

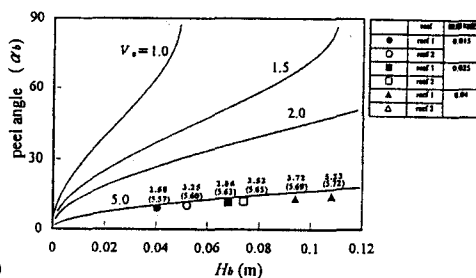


図-3 計算値と実験値の比較

(3) リーフ周辺の流況 波形勾配 0.025 の場合の一樣勾配海岸および天端上水深5cmの流況を図-4に示す。これらの図よりリーフの設置により離岸流が強くなりリーフ間中央に固定され発生することが分かる。この傾向は波形勾配が大きくなるにつれ強く現れる。サーファーにとってこの離岸流は沖のサーフポイントにでるための重要な流れである。

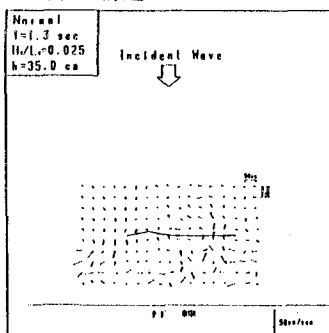


図-4a 流況(一樣勾配海岸)

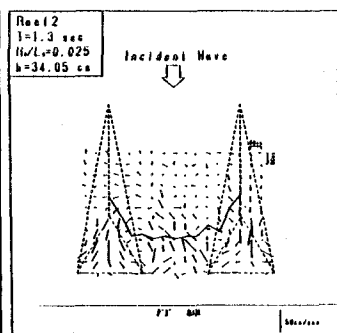


図-4b リーフ2(天端水深5cm)

(4) 波の打ち上げ高分布 天端上水深0cm および5cm における波の打ち上げ高の場所的の分布を図-5に示す。なお、これらの図の上側は相対打ち上げ高を、下側は一樣勾配海岸での値との比を示している。リーフ1では、リーフ背後の相対打ち上げ高はリーフ間に比べ小さくなっている。 R/R_0 はリーフ中央部を除いてやや大きくなる傾向にある。

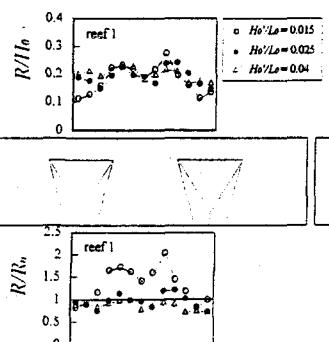


図-5a 波の打ち上げ高

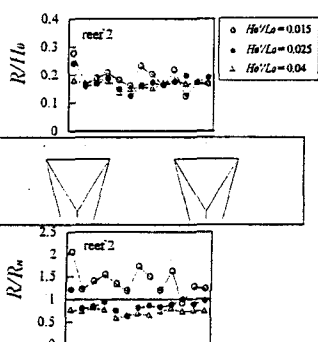


図-5b 波の打ち上げ高

これは、斜め碎波によりリーフ法面

に沿って発生した沖から岸方向への流れが入射波に対して順流となり、打ち上げ高の増大につながったものと考えられる。リーフ間の中央部において、やや打ち上げ高が減少しているのは、入射波に対して逆流となる離岸流が発生したためと思われる。リーフ2では、相対打ち上げ高および R/R_0 とともに、波形勾配が小さいほど大きくなっている。

《参考文献》 1)堀川清二・砂村継夫・近藤浩右: 波による二次元海浜変形に関する実験的研究, 第22回海岸工学講演会論文集, pp.193-199, 1974 2)Yamada, H: On the highest solitary wave, Rep. Res. Inst. Appl. Mech. Kyushu Univ., Vol. 5, pp. 53-67, 1957 3)Le Mehaute, B. and R. C. Y. Koh: On the breaking of waves arriving at an angle to the shore, J. Hydraul. Res., Vol. 5, No. 1, pp. 413-456, 1972 4)合田良実: 不規則波の碎波指標について, 第20回海岸工学講演会論文集, 土木学会, pp. 571-577, 1973.