

斜面上の砕波波形の分類

京都大学工学部 岩垣雄一, 酒井哲郎, 森組 大塚英太郎

1. まえがき

昨年度の本講演会¹⁾においては、斜面上で砕ける周期波の峯の位相における水平方向水粒子速度の鉛直分布の実験結果²⁾が同時に測定された時間波形を入力としR. Dean³⁾の流水間数による計算値によつてほぼ説明でき⁴⁾と云う事実に基づいて、斜面上の砕波の水粒子速度場は砕波波形によつて支配されるという考えから、とくに時間波形の実験結果²⁾について若干の検討を行つた。しかしながら、十分な検討にはいたらなかったため、ここでは引き続き行つた、斜面上の砕波波形の量的な検討結果について報告する。

2. 解析方法

検討した斜面上の砕波の時間波形は、昨年度の報告の場合と同一のものであり、斜面勾配は $1/10$, $1/20$, $1/30$ の3種類で、砕波波形勾配 H_0/L_0 の値は、 0.005 から 0.074 の範囲にわたつており、実験ケースの数は38である。

まず、ペン書きオシログラフに記録された時間波形のうちから、適

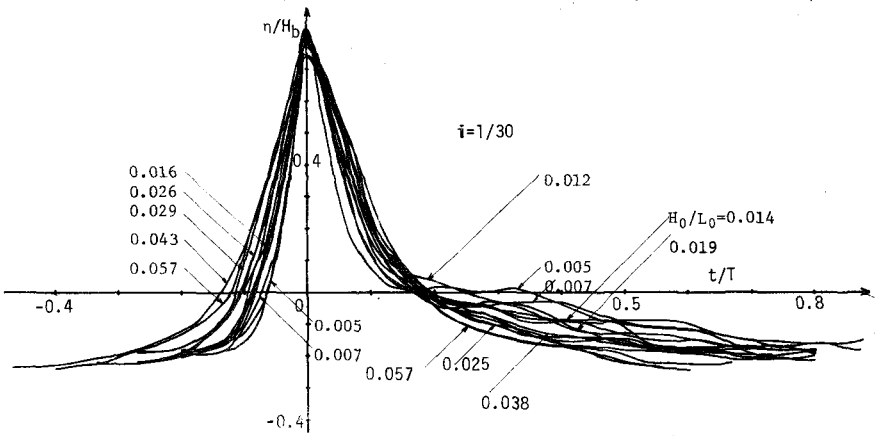


図-1 砕波の時間波形の例

当な一波を選び、一周期を15分割し、波の峯を含む10分割とし、水位を讀みとり、読みとられる水位を波高(この場合は砕波高 H_b)とわり、時間軸は周期 T とおき、無次元化した。無次元化した砕波の時間波形を、各斜面勾配ごとに同一の図上に図示した。その場合、波の峯の位相を

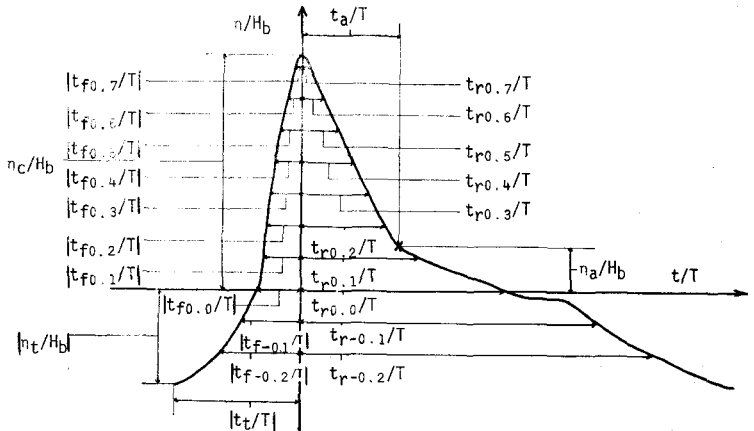


図-2 砕波の時間波形を表現するパラメータ

とし、図-1に、1例として斜面勾配 $i = \frac{1}{20}$ の場合を示した。この図からわかるように、同一の斜面勾配の場合、峯の前面では沖波波形勾配が小さくなるほど立ち、とくることがわかる。一方後面では、液面の勾配が急にゆるくなる点（急変点とよぶ）があり、波の峯から急変点までは沖波波形勾配が小さくなるほど切り立ち、急変点から後面の谷の位相の間では液面の勾配はゆるやかになっている。この傾向は斜面勾配が $\frac{1}{10}$ 、 $\frac{1}{20}$ の場合にも見られる。

上述のような破波の時間波形と斜面勾配および沖波波形勾配との関係を示すに詳しく調べるために、ここでは、図-2に示すように、合計 25 種類のパラメータによって量的に表現する。ここで記号 t_f 、 $t_{f-0.1}$ 、 $t_{f-0.2}$ 、 $t_{f-0.3}$ 、 $t_{r0.3}$ 、 $t_{r0.2}$ 、 $t_{r0.1}$ の数字は、水位のレベルを意味する。

3. 解析結果と考察

図-3、11 は、上述の 25 個のパラメータのうち代表的な 9 個のパラメータをとりあげ、斜面勾配および沖波波形勾配との関係を示したものである。

図-3は、前面の谷の位相を示したものであるが、 i が大きいほど、 H_0/L_0 が小さいほど減少し、前面の液面が立ち、とくることがわかる。図中の点線は、各斜面勾配ごとに、ぼらうの各実験値の平均的傾向を示したものである。

図-4は峯の高さを示したものであるが、 i が小さいほど増加することがわかる。しかしながら、 H_0/L_0 に関しては、その値の増加とともに一度増加（再び減少）するようである。

図-5は、前面の位相 $t_{f-0.2}$ から $t_{f-0.7}$ までの傾向を代表して $t_{f-0.1}$ の場

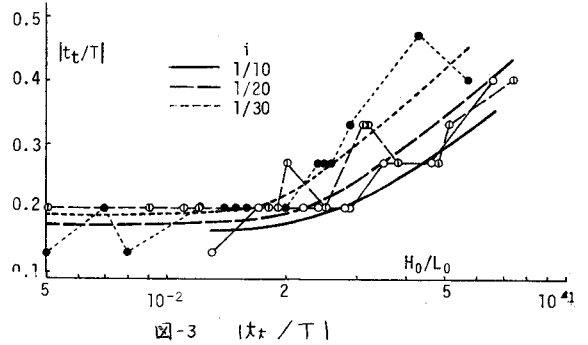


図-3 t_t/T

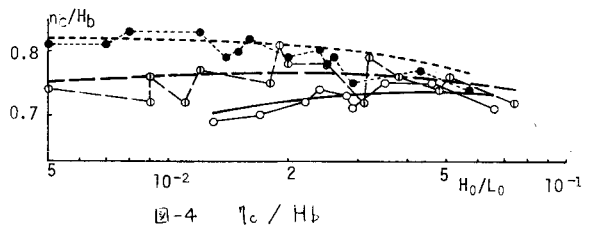


図-4 t_c/H_b

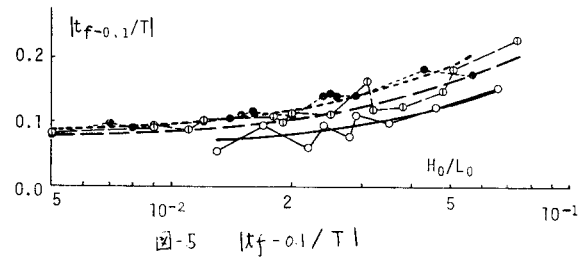


図-5 $t_{f-0.1}/T$

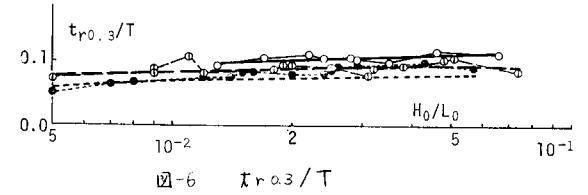


図-6 $t_{r0.3}/T$

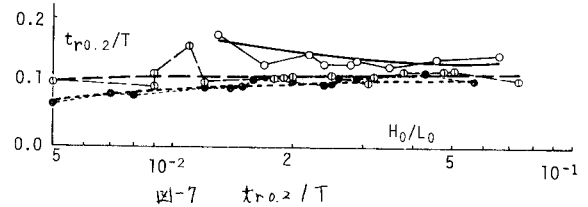


図-7 $t_{r0.2}/T$

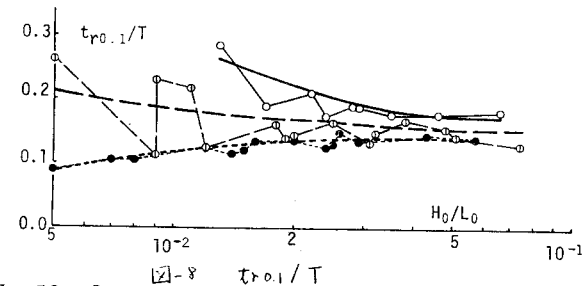


図-8 $t_{r0.1}/T$

合によって示したものである。この図から、 i が大きいほど、また H_0/L_0 が小さいほど、その値は減少することがわかる。この傾向は、他の前面のパラメータの場合も同じで、水位レベルが低いほどその傾向が顕著になる。このことも、 i が大きいほどまた H_0/L_0 が小さいほど前面が切り立、てくることを意味する。

図-6は後面の位相のパラメータのうち $\tau_{r0.7} \sim \tau_{r0.3}$ を代表して、 $\tau_{r0.3}$ を示したものであり、 i 、 H_0/L_0 ともに増加するにつれてその値も増加している。この傾向は $\tau_{r0.7}$ から $\tau_{r0.3}$ まで共通であり、少なくとも η/H_b が 0.3 より大きい水位レベルでは、 H_0/L_0 がともに大きいほど後面の液面はゆるやかになることを意味する。図-7は $\tau_{r0.2}$ を示すが、 $\tau_{r0.7} \sim \tau_{r0.3}$ の傾向と比較して、 $i=1/10$ の場合のみ、沖波波形勾配の効果が逆になり、 H_0/L_0 が増加すると減少することがわかる。

図-8は $\tau_{r0.1}$ であるが、上述の傾向は $i=1/20$ の場合まであり、図-9の $\tau_{r0.0}$ では、さらに $i=1/30$ の場合も沖波波形勾配の効果が逆転し、いずれの斜面勾配の場合も、斜面勾配が大きいほど、また沖波波形勾配が小さいほど、その値は増加することがわかる。 $\tau_{r-0.1}$ 、 $\tau_{r-0.2}$

についても同様の傾向がある。したがって、斜面勾配ごとに傾向が逆になるある水位レベル ($i=1/10$ の場合は、ほぼ $\eta/H_b=0.2$ 、 $1/20$ の場合は 0.1、 $1/30$ の場合は 0.0) が存在し、それより低いレベルでは、斜面勾配が大きいほど、沖波波形勾配が小さいほど波の後面の勾配がゆるやかになることを意味する。

このことは、前述の急変点の存在と関係があると考えられる。図-10は急変点の位相を示すが、 H_0/L_0 の値が小さくなるほど t_a/T は減少し、波の峯の位相に近づくことがわかる。一方、 i の効果は不明である。また図-11は急変点の水位を示すが、 i が大きいほど、

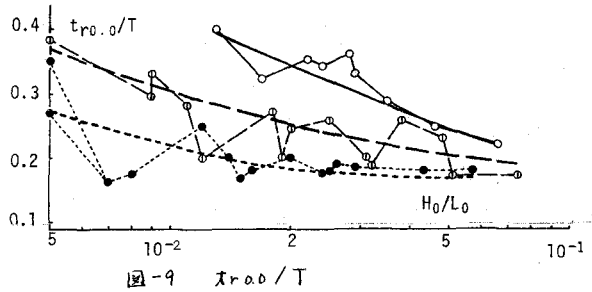


図-9 $\tau_{r0.0}/T$

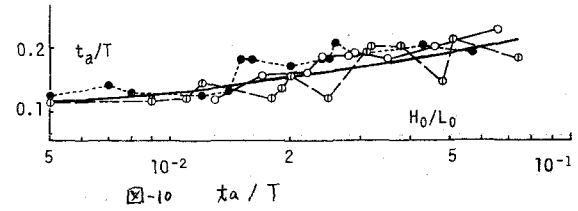


図-10 t_a/T

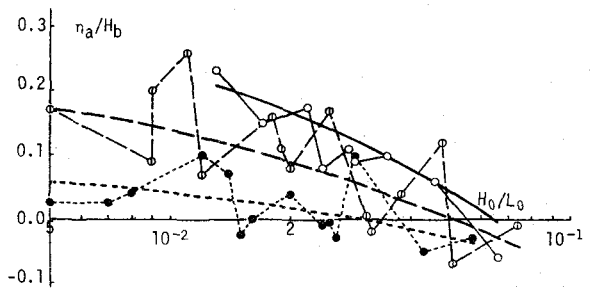


図-11 η_a/H_b

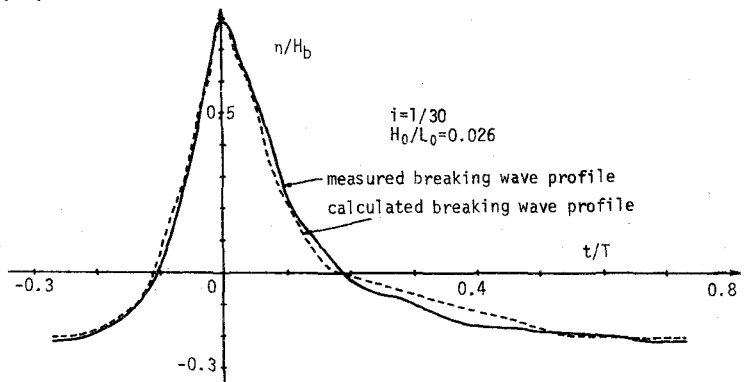


図-12 破波波形の再現

H_0/L_0 が小さいほど、急変点の高さは増加することがわかる。

以上で述べた傾向は、峯の後面に関して、従来からいわれている碎波型式の分類から予想される傾向と比較して、若干注意を要する。すなわち、従来の碎波型式の分類では、斜面勾配が大きく、かつ沖波波形勾配が小さくなるにつれて、碎波型は崩れ波から巻き波型に移行する。このことから斜面勾配が大きいほどまた沖波波形勾配が小さいほど前面がより立った前かがみな波形になり、後面はゆるやかなになることが予想される。ところが上述の結果をみると、後面の波形のうち、斜面勾配で与える一定の水位レベル以上では、沖波波形勾配の効果が逆で、その値が小さいほど前面と同様に波面がより立ちこくることになる。

最後に、図-3から11まで、ぼろぼろの異なる実験値の傾向を平均曲線が表わしたが、その誤差を検討するために、ここでは示さなかった他のものも含めて26個のパラメータについて、実験ケースの斜面勾配と沖波波形勾配の値を与えて、平均曲線からその値を決定し、 $t/T \sim \eta/H_b$ 図上にプロットされた点を結んで碎波の時間波形を再現した。図-12はその一例であり、実線が示したのが実測波形、破線が示したのが再現波形である。このケースの場合には両者はほぼ一致していると言える。ただし、この研究は、斜面上の周期波の碎波の水粒子速度場の解明を目標としているため、最終的には水粒子速度についての検討が必要である。また、とくに碎波帯での海波変形などの場合は、碎波の時間波形よりもむしろ空間波形の方が重要であり、空間波形についても同様の検討が必要である。また、とくに碎波帯での海波変形などの場合は、碎波の時間波形よりもむしろ空間波形の方が重要であり、空間波形についても同様の検討が必要であろう。

なお、本研究は文部省科学研究費によることを付記する。

4. 参考文献

- 1) 岩垣雄一・酒井哲郎・浅野敏之：斜面上の碎波の波形について，昭和50年度土木学会関西支部年次学術講演概要，pp. II-53-1～II-53-2，1975。
- 2) 岩垣雄一・酒井哲郎・日岡康一・沢井信樹：斜面上の碎波の水粒子速度の鉛直分布と碎波型について，第20回土木学会海岸工学講演会論文集，pp. 553～557，1973。
- 3) Dean, R. G. : Stream function representation of nonlinear ocean waves, J.G.R., Vol. 70, No. 18, pp. 4561～4572, 1965.
- 4) 岩垣雄一・酒井哲郎：Stream function theory による斜面上の碎波の水粒子速度の表現について，第21回土木学会海岸工学講演会論文集，pp. 27～32，1974。