

傾斜水域における碎波後の波の周波数特性について

大阪大学工学部 正員 榎木 亨
大阪大学工学部 ○正員 岩田 好一朗

1. 緒言 : 著者らはオーストラリア土木学会年講¹⁾で、碎波帯での波のエネルギー遷散に及ぼす roller と底面摩擦力の初果は小さく、大部分はそれ以外の気泡連行を伴う強い乱れに依拠することと指摘した。そしてこの乱れを説明する第一歩として碎波後の水面波形の周波数特性に検討を加え(一定水深域の碎波)、碎波により高次の周波数の波に変形されることを示した。水面波形の周波数特性について論議したのは、碎波帯での水粒子速度は図-1に示すように静水面より上の部分で著しく低減しエネルギー遷散と密接な関係と有すると判断されるため、この水域の水粒子速度と極めて強い相関をもつ水面波形を解析することにより水粒子速度の周波数特性、そして乱れの特性を比較的精度高く推定できることを、著者らは Richardson²⁾の現地海岸での実験値より推測したためである。今回は前回¹⁾と異なり一様傾斜水域での碎波現象ととりあげてその水面波形の周波数特性について検討を加えるのでその結果の一部を報告する。

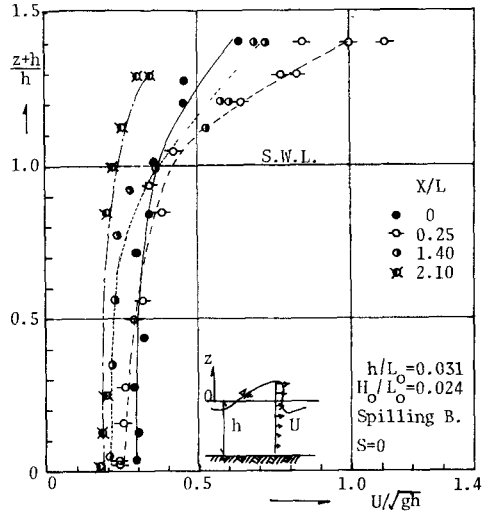


図-1. 碎波帯での水平方向の水粒子速度の鉛直分布の変化(波峰位相)

2. 実験装置と実験方法 : 実験は一端に plunger 型造波機を有する片面ガラス張りの屋外鋼製二次元水槽(長さ 50m、幅 0.9m、高さ 0.63m)で行なった。実験波は水深勾配 $S = 1/15, 1/25, 1/40$ の各勾配に対して spilling breaker と plunging breaker をとるように碎波波高 $H_0 = 2\text{cm} \sim 8\text{cm}$ 、周期 $T = 0.6\text{sec} \sim 1.4\text{sec}$ と組合せて用いた。水面波形は電気抵抗線式波高計で計測し磁気テープに全て記録させた。またフーリエ解析は 25 秒間の記録を $1/40$ 秒間隔で読みとり FFT 法で解析した。

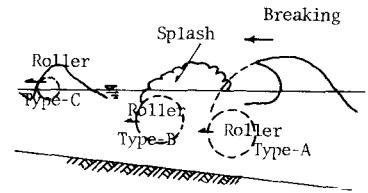


図-2 Roller の発生状況

3. 碎波後の波の周波数特性 : 周波数特性について述べる前に傾斜水域の碎波により生じる roller について述べておく。傾斜面で生じる horizontal roller は三種類あって、図-2に示すように、波頭部が静水面と交叉する矢の沖側に形成される roller (Type-A)、splash の岸側先端部に形成される roller (Type-B) と段波波先でみられるような気泡連行を伴ない波先と伴に移動する roller (Type-C) である。Type-A と B の roller は静水面下に対として形成されるが、Type-C は静水面より上に形成される矢が異なり、規模は Type-B より splash の先端の roller の一番大きく次は Type-A、Type-C の順であり現象は複雑である。なお水平床で著者

らの指摘¹⁾に roller は Type-A であり, Type-B, Type-C の roller はほとんど認められない。この3種類の roller の発生限界と S と H_0/L_0 (L_0 : 砕波長) との関係において示した図-3によれば, 水平床の砕波と異なり, roller の形成の有無は砕波型式と関係ない。このうち Type-A, B の roller の発生は S に大きく支配され, $S = 1/15$ で $H_0/L_0 \leq 0.068$ の広い範囲で形成されるのに対し, $S = 1/40$ では $H_0/L_0 \leq 0.009$ と極めて限定される範囲である。一方, Type-C の roller は傾斜面で常に泡の気泡を連行して波先と伴に移動するため, 図-4に示すようにその消滅地は Type-A, B の roller に比して汀線側となる。図-5は砕波後の波の進行に伴う地質別のフーリエ成分波高を示す一例である。

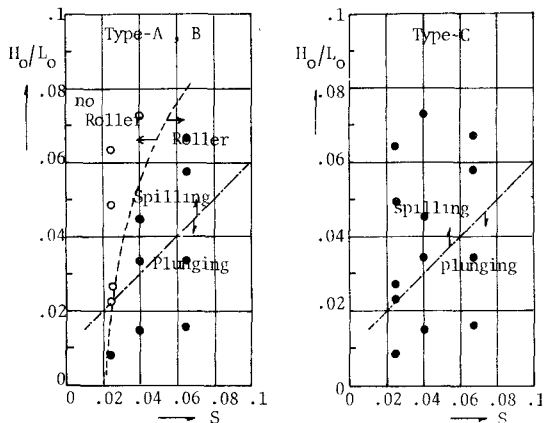


図-3. horizontal roller の発生限界

ある。(基本周波数 $f_0 = 0.82 \text{ sec}$)。既に著者らは指摘したように, 砕波後では基本周波数以外に高次の調和成分波高が大きく, 1 に比べて波形は正弦波から著しく歪むが, 砕波後も高次成分波高が大きくて水深 $h = 1.0 \text{ m}$ の汀線近傍でも7倍の調和成分波高が 0.7 m 以上の比較的大きな値をとり波形の歪みが認められる。そして2~3倍周波数以上の高次周波数成分(調和成分)の波高の分布勾配はほぼ周波数の -2 乗に, f^{-2} に比例するようであり, 波の進行にともない大きな変化がないため, これを一種の“平衡勾配”と考えられる。つまり水質変化にともない波はそのフーリエ成分の高次成分波高の勾配が f^{-2} に比例するような形で低減するものと考えられる。従来, 不規則風浪の連続的なパワー・スペクトルの高周波数側の平衡勾配は砕波により f^{-5} に比例することと Phillips⁴⁾ は示したが, これを成分波の振幅スペクトルに換算すると f^{-2} に対応するはずであり, 著者らの取り扱った離散的な振幅スペクトルの平衡勾配と一致する。なお図-5以外の波に対しても, 本報では示していないが, 高周波数成分波高の勾配はほぼ f^{-2} に比例している。また砕波後の各成分波高 $H_{ib} (i=1, 2, 3, \dots; 1=\text{基本周波数}, 2=2\text{倍周波数}, \dots)$ を基準にして砕波後の水深変化, h/h_0 , にともなう成分波高, $H_i/H_{ib} (i=1, 2, \dots)$ の変化を示した図-6(a), (b)によれば, spilling breaker と plunging breaker とではその特徴はかなり異なっている。つまり, spilling breaker は砕波直後4倍調和成分以上の高次調和周波数成分波高が(7倍周波数成分まで)砕波時よりかなり大きくなりその後急激に減少するが, plunging breaker の場合は砕波直後も砕波時とあまり変化せず, $h/h_0 \leq 0.8$ ではほぼ一様に低減していく。砕波直後高次の調和周波数成分が増大することは, それだけ波動エネルギーが熱など他種のエネルギーに転換され易く, 1 に比べて波高の低減が大きくなることに対応している。

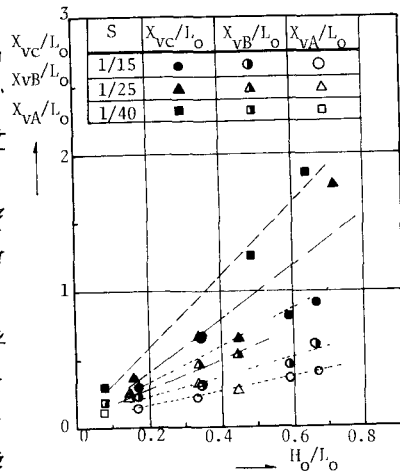


図-4. Roller の消滅距離 (X: 砕波後の距離)

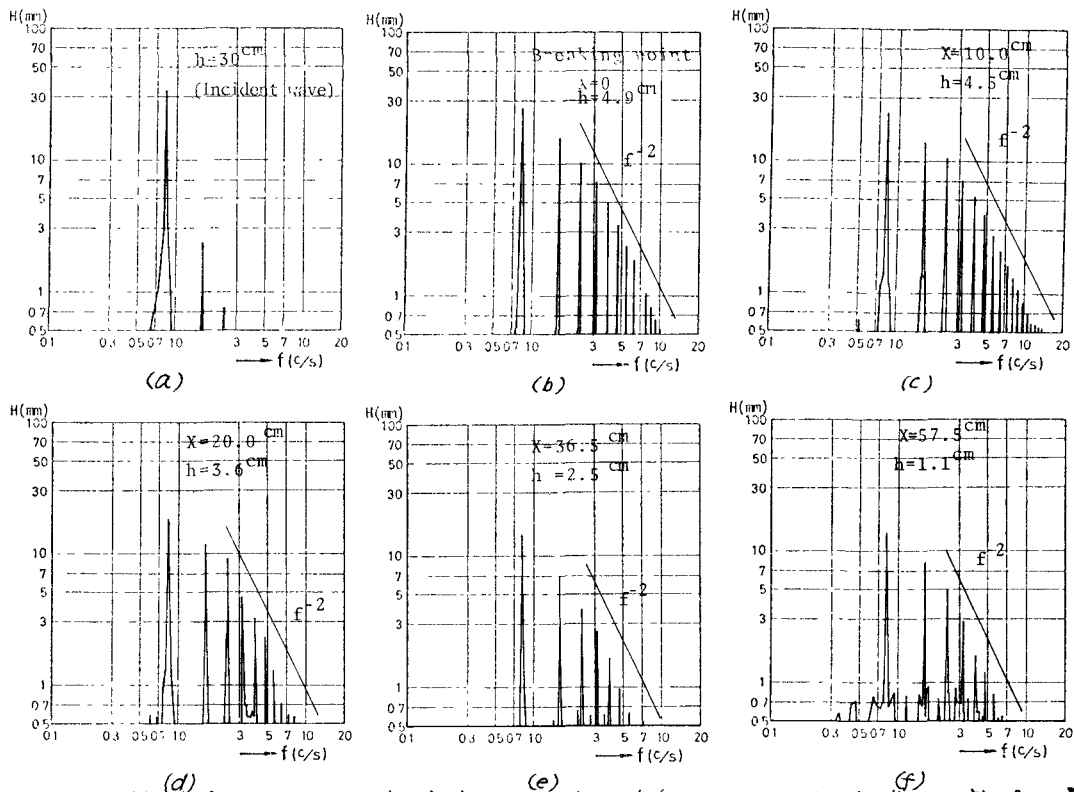


図-5. 砕波後の波の進行に伴う f に成分波高の変化 ($S=1/15$, $H_0/L_0=0.016$, X は砕波点からの距離, $f=0.82^{(2)}$)

このことは、著者らが既に指摘した *spilling breaker* のおと *plunging breaker* より波高低減が大きいという事実の物理機構を示すものと判断される。なお、この周波数特性に及ぼす roller; 空気運の効果あるいは *set-up* と *set-down* との関連性については講演時に報告する。さらに本実験は本学大学院を末田隆吾の勞に負うところが大きく、ここに記して謝意を表する次第である。

<参考文献>

- 1) 榎木・岩田・松本：オ29
回土木学会年次学術講演会集
- 2) Rehankom, D.P.:
NTIS, 1973.
- 3) 榎木・岩田・松本：オ20回
海岸工学講演会論文集
- 4) Phillips, D.M.: *Journal of Fluid Mech.*, 1958.
- 5) 榎木・岩田・中辻：オ16回
海岸工学講演会講演集

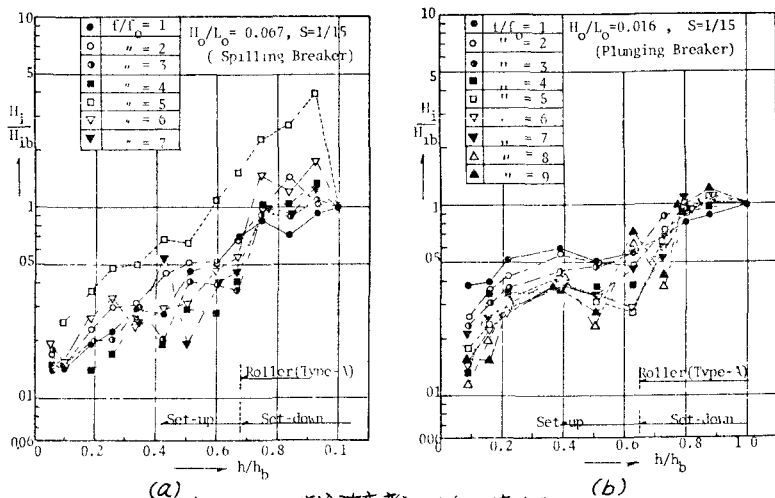


図-6. 砕波後の水深変化に伴う成分波高変化 (h_0 は砕波水深)