

潜堤による孤立波の碎波形式の定量的評価

豊田工業高等専門学校 正会員 ○榊原幸雄
岐阜大学 工学部 正会員 安田孝志

1. はじめに

入射波を孤立波とした場合であるが、ステップや潜堤による碎波の発生点の位置やそこでの波高などの各種碎波限界諸量の定式化がなされ、これまでほとんど不明であった一様斜面以外の底面境界上での碎波についてもその定量的取り扱いが可能となっている。しかしながら、碎波の波圧や越波などに対する影響は碎波の形態、いわゆる碎波形式に大きく依存するため、その影響評価においては碎波形式を同時に明らかにし、その予測法を確立する必要がある。そこで本研究では、数値シミュレーションの結果を基に未だ解明されていない矩形潜堤に入射する孤立波の碎波形式の定量的評価を試みた。

2. 研究方法および計算条件

まず、初期波として水深 h_1 の一定水深部に波高 H_1 の定常孤立波を厳密解によって与え、高さ R 、幅 B の矩形潜堤にこれを入射させることで、BIM（境界積分法）を用いた碎波に至る伝播過程計算を実施し、ついで、この計算結果から碎波限界時（波頂の前面がほぼ鉛直に突っ立つ瞬間）の空間波形データを基に、碎波形式指標 β_4 を用いた碎波形式の定量的評価を行った。また、計算条件については、 $B/h_1=3.0, 5.0$ 、 $R/h_1=0.3, 0.4, 0.5, 0.6$ 、 $H_1/h_1=0.3\sim 0.75$ と変化させ、これらを組み合わせた39通りについて行った。

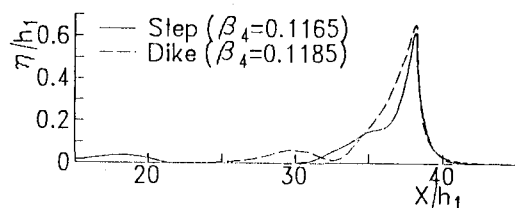
3. 碎波形式の定量的評価

(a) 碎波形式指標 β_4 の適用性 これまでの著者らの研究により、斜面上およびステップ上の孤立波の碎波形式は碎波形式指標 β_4 によって表-1のように分類されることが明らかにされている^{1), 2)}。したがって、まずこの β_4 が潜堤に入射する孤立波の碎波形式に対しても適用されることを示す。図-1は、ステップ上と潜堤上での碎波の中で碎波形式指標 β_4 の値が近いケースを選び、このときの碎波限界時の空間波形の比較を示したものである。ここでは入射波高が一致していないが、碎波限界波高に差異が生じているが、波形自体はほぼ相似形を示していることから

表-1 β_4 による碎波形式の分類

β_4 の範囲	碎波形式
$\beta_4 \leq 0.12$	崩れ波型
$0.12 \leq \beta_4 \leq 0.17$	遷移型
$0.17 \leq \beta_4$	巻き波型

ら β_4 の値によって波形を捉える限り、ステップ、潜堤の如何を問わず同様に評価できることが分かる。ところで、この β_4 は碎波限界時の空間波形から計算される為、これまでの様な一様斜面やステップだけでなく潜堤の場合についても、その後の巻き込み波形の碎波形式を正しく評価し得るのか確認する必要がある。そこで、図-2にそれぞれ崩れ波型碎波と巻き波型碎波の代表的な場合の碎波限界波形と巻き込み波形との比較および β_4 との対応を示す。これは図からも分かるように、表-1の β_4 による碎波形式の分類と両者の巻き込み波形とが良く一致していることから、潜堤の場合についてもこれまで同様、 β_4 によって碎波形式の分類を定量的に評価し得ることが分かる。

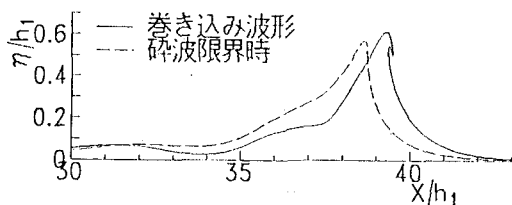
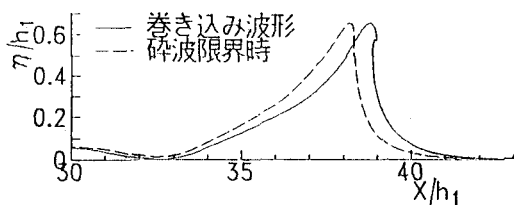
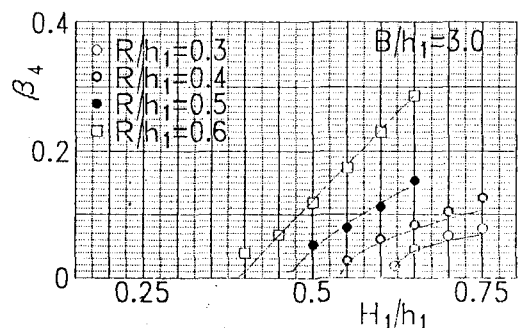
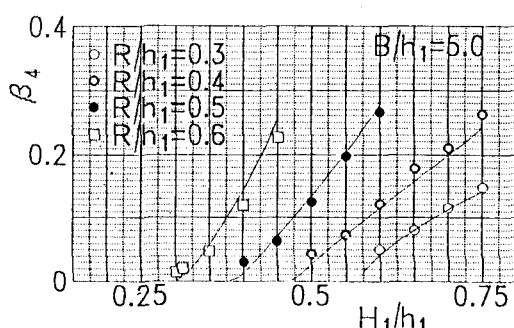


(Dike $H_1/h_1=0.50, R/h_1=0.60, B/h_1=3.0$,
Step $H_1/h_1=0.42, R/h_1=0.40$)

図-1 β_4 の値が近い場合の碎波限界波形の比較

るように、表-1の β_4 による碎波形式の分類と両者の巻き込み波形とが良く一致していることから、潜堤の場合についてもこれまで同様、 β_4 によって碎波形式の分類を定量的に評価し得ることが分かる。

(b) 碎波形式の定式化 さて次にこの β_4 を用いた碎波形式の定式化について検討を行う。そこで、入射波高 H_1/h_1 と β_4 の關係に着目し、潜堤の幅 B/h_1 が3.0, 5.0の各々について高さ R/h_1 毎にプロットしたものを図-3に示す。ここで、入射波高はある高さ R/h_1 および幅 B/h_1 の潜堤に対して、それ以上小さな波高では碎波しない臨界の波高すなわち臨界入射波高 H_c/h_1 を最小値として持つ。したがって、 β_4 を定式化する場合

(a) Spilling breaker ($\beta_4=0.1185$)(b) Plunging breaker ($\beta_4=0.2625$)図-2 碎波限界波形と巻き込み波形との比較および β_4 との対応(a) $B/h_1=3.0$ の場合(b) $B/h_1=5.0$ の場合図-3 入射波高 H_1/h_1 と碎波形式指標 β_4 の関係

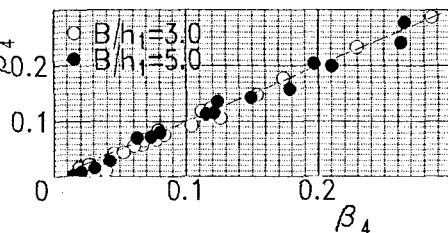
この H_c/h_1 を考慮する必要があることが分かる。そこで、図中の実線はこの H_c/h_1 を考慮した回帰曲線を表わし、すべて同一の回帰式

$\hat{\beta}_4 = \alpha (H_1/h_1 - H_c/h_1)^{\beta}$, 但し $\alpha = (B/h_1)^{2.21} (R/h_1)^{4.8} + 0.0051 (B/h_1)^{2.68}$, $\beta = 2.2 (R/h_1)^{5.29} (B/h_1)^{-1.09}$ に依る。また、ここで H_c/h_1 は、潜堤の場合 $H_c/h_1 = 0.952 - 0.591 [(B/h_1)^{0.4} (R/h_1)]^{0.76}$ として既に明らかにされている³⁾ 式による。したがって、この β_4 の推定式が碎波限界時の空間波形より計算された β_4 を良く表現し得るのかを確認する為、全計算例に対して β_4 と $\hat{\beta}_4$ の関係を図-4に示すと、各結果は図中の実線 $\hat{\beta}_4 = \beta_4$ 上に分布しており、上式が β_4 の良い推定式となっていることが分かる。よって、 H_1/h_1 , R/h_1 および B/h_1 により計算された $\hat{\beta}_4$ を用いることで、 B/h_1 が 3.0, 5.0 と限られた範囲ではあるが、一様斜面やステップと同様に潜堤の場合においても表-1 による碎波形式の分類が可能となる。

4. おわりに 以上の様に、潜堤に入射する孤立波に対して β_4 を用いることで碎波形式の定量的評価が可能であることが明らかとなった。また定式化については、用いた data が $B/h_1=3.0, 5.0$ と狭い範囲である為、今後は更に data 数を増やし潜堤に対するより一般的な定式化を行っていくことを考えている。

参考文献

- 1) 安田・原・榊原：水深変化による碎波の支配パラメタと碎波形式について，海岸工学論文集，第37巻，pp.61-65，1990。
- 2) 安田・榊原：ステップによる孤立波の碎波形式の定量的評価と支配法則について，海岸工学論文集，第39巻，pp.51-55，1992。
- 3) 安田・原・榊原：BIMを用いた矩型潜堤による孤立波の変形と碎波，土木学会論文集，No.433/II-18，pp.73-82，1992。

図-4 碎波限界波形による β_4 と回帰式による $\hat{\beta}_4$ の関係