

トリプル型砕波の内部構造に関する実験的研究

名古屋大学工学部 正会員 鷲見 浩一
名古屋大学工学部 学生員 渋谷貴志 細井寛昭
名古屋大学工学部 フェロー 岩田 好一朗

1. はじめに

海岸環境の保全と海洋レクリエーション空間の創出等の要請が背景となって、没水型構造物である潜堤の施工例が増加し、潜堤周辺で発生する砕波の内部構造の解明が急務となっている。矩形型不透過潜堤設置に伴い発生する砕波については、滝川ら(1995)や岩田(1996)が考究しているが、充分議論されていない。著者らは、このたび新たに波1周期の間に砕波が3度連続して発生する砕波形式(トリプル型砕波と命名)を確認した。そこで本論では、可視化画像処理システムを用いた詳細な水理実験を実施し、トリプル型砕波の発生限界や内部構造を、他の砕波形式による波動エネルギー逸散と比較しながら考究する。

2. 水理実験

実験は反射吸収制御装置を備えた2次元造波水槽(長さ25m,幅0.7m,高さ0.9m)を用いて、水深 $h=40\text{cm}$ の水平固定床上に不透過矩形型潜堤を設置して行った。潜堤の断面諸元は堤幅 $B=80\text{cm}$,堤高 $D=32\text{cm}$,天端水深 $R=8\text{cm}$ とした。作用波浪は入射波高 $H_I=6\text{cm}$ に対して周期 $T=2.15, 1.68\text{s}$ の2種類と $H_I=4\text{cm}, T=1.2\text{s}$ の合計3種類の規則波である。この波が堤体に入射する場合、砕波形式はそれぞれトリプル型砕波、Plunging型砕波、Spilling型とPlunging型の間で性質を持つS-P型砕波となる。潜堤周辺の流速の測定には、水中に粒子(ナイロン12,中央粒径 $d_m=50\mu\text{m}$)を注入するトレーサー法を用い、水路側方のハイスピードビデオカメラにより可視化画像を撮影した。この画像から流速場を算定するアルゴリズムとして、微少時刻差の2枚の瞬間画像から相関関係を用いて、粒子同士を対応づけるPIV法(江藤ら;1990)を採用し、潜堤周辺の詳細な流速場を計測した。

3. 実験結果および考察

本研究で新たに発見したトリプル型砕波は、まず潜堤沖側前面で戻り流れと入射波の衝突による落ち込み砕波(1段目砕波)が生じる。その後、図-1に示すように、波の伝播に伴って潜堤上で波頂部が岸側方向に崩れて2度目の砕波(2段目砕波)が発生し、さらに潜堤岸側端部からの反射波により波峰背面部の水表面が隆起し、その一部の小水塊が沖方向へ飛び出し3度目の砕波(3段目砕波)が起こる連続型砕波である。

表-1は砕波形式の差異による透過率 K_T ,反射率 K_R ,エネルギー逸散率 $K_{\text{loss}}=E_L/E_I(E_L$; 損失エネルギー, E_I ; 入射波エネルギー)の解析結果を示している。

トリプル型砕波の K_T は、S-P型砕波よりも小さくPlunging型砕波と同じであるが、 K_R はPlunging型砕波よりも小さい値となっている。これは、潜堤により所要の K_T を得ようとする場合、トリプル型砕波を発生させることで K_R も他の砕波形式より小さくすることが可能であり、背後域の静穏化のみならず前面海域においても波浪の散乱を制御できることを示している。トリプル型砕波のエネルギー逸散率は、他の砕波形式と比較して $K_{\text{loss}}=0.77$ と最も大きく、効果的に波動エネルギーを消散させることができる。

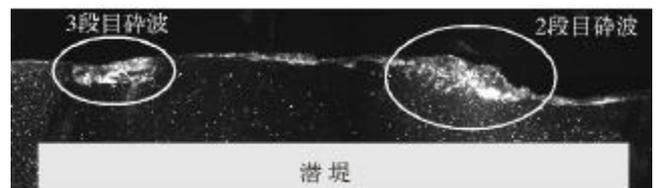


図-1 可視化画像によるトリプル型砕波

表-1 砕波形式の差異による $K_T, K_R, K_{\text{loss}}$ の解析結果

砕波形式	K_T	K_R	K_{loss}
トリプル型砕波	0.495	0.398	0.772
Plunging型砕波	0.495	0.445	0.746
S-P型砕波	0.623	0.202	0.756

キーワード：トリプル型砕波，不透過潜堤，砕波限界，定常流，定常渦度

連絡先：〒464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL 052-789-4632 FAX 052-789-1656

図-2 は潜堤によるトリプル型碎波の発生限界と H_1/R および B/L_1 の関係を示している。トリプル型碎波の発生は B/L_1 と H_1/R に大きく支配され、 $B/L_1 \cong 0.17$ では $0.9 < H_1/R < 2.0$ の範囲でトリプル型碎波が発生し、 B/L_1 が大きくなるにつれて発生限界を与える H_1/R は 2.0 から小さくなり、 $B/L_1 = 0.3$ になると天端水深の約 0.8 ~ 2.3 倍の波高に対しても発生しなくなる。すなわち、潜堤天端幅に対して相対的に波長が大きい場合にトリプル型碎波は発生しやすいが、逆に波長が短く波高が大きくなると発生しにくい傾向となる。

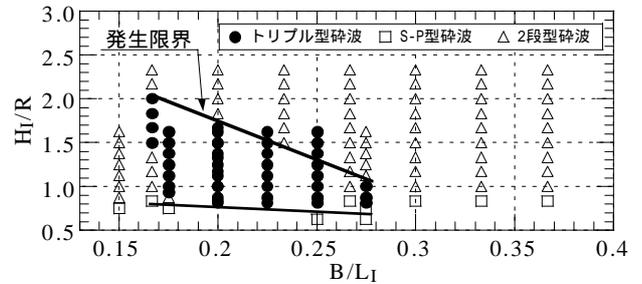


図-2 トリプル型碎波の発生限界

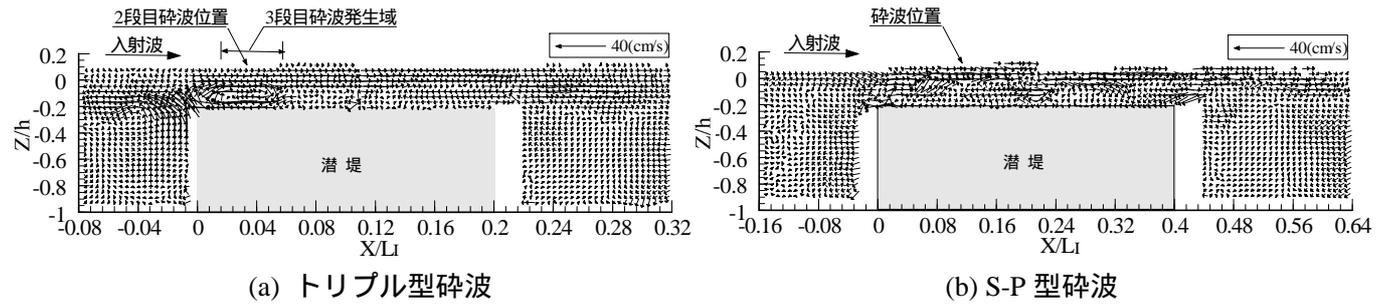


図-3 潜堤周辺における定常流

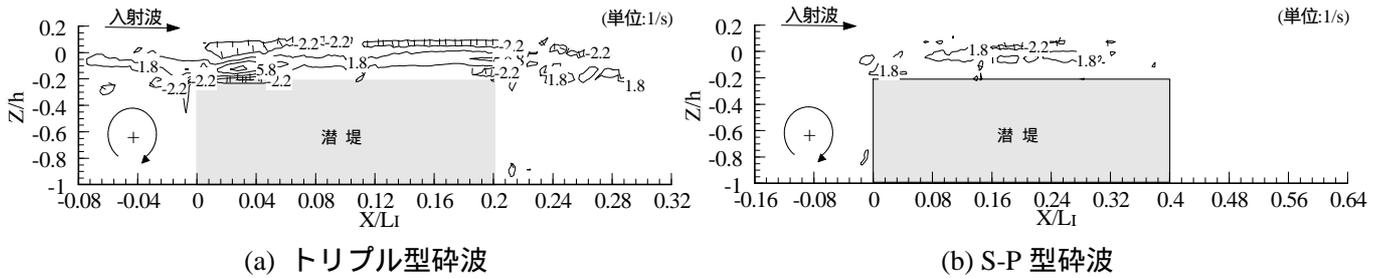


図-4 潜堤周辺における定常渦度

図-3(a),(b)はそれぞれトリプル型碎波と S-P 型碎波の潜堤周辺における定常流分布を示している。図-3(a)から、潜堤の沖側端部では最も速い流速が生じ、循環流が形成されており、循環流の発生位置は 3 段目碎波が生じる範囲に相当している。また、水表面から天端水深中央部付近までは岸向きの定常流が卓越し、天端水深中央部付近から天端面までは冲向きの流れが発生している。この流れは碎波に伴う岸向きの質量輸送を補償する流れと考えられる。一方、図-3(b)ではトリプル型碎波で発生した循環流は確認できないが、水表面近傍の碎波点付近で定常流の流速は最大となっている。図-4(a),(b)は各々図-13 の碎波形式に対応する潜堤周辺における定常渦度を示している。トリプル型碎波では時計回りの高渦度域が 3 段目碎波発生域に存在し、水表面近傍に反時計回りの渦領域が細長い帯状となって天端面全域に広がっている。S-P 型碎波では高渦度域は認められず、潜堤中心部($0.16 < X/L_1 < 0.24$)に渦が存在しているのみである。また、トリプル型碎波では 3 段目碎波発生域で回転方向が互いに異なる渦が交互に並ぶ渦列となっている。

4. おわりに

本研究では、新たに波 1 周期の間に 3 度の碎波連続するトリプル型碎波を見出し、その発生限界と内部構造について検討した。その結果、発生限界は B/L_1 と H_1/R に大きく支配され、内部構造は 3 段目碎波発生域に循環流が形成されることを確認した。

参考文献 1) 滝川・山田・松本(1995): 潜堤上碎波変形の内部特性とその数値解析, 海岸工学論文集, 第 42 巻, pp.66-70.
 2) 岩田・川崎・安藤(1996): 潜堤による碎波特性とその内部機構に及ぼす波と潜堤の幾何スケール比, 海溝開発論文集, Vol.12, pp.297-302. 3) 江藤・竹原(1990): 多数のトレーサ粒子の自動追跡のための新しいアルゴリズムの開発, 水工学論文集, 第 34 巻, pp.689-694.