# 砕波に伴い発生する渦による底質の移動についての実験的研究

| 日本大学大学院         | 学生会員 | O宮内 | 直哉 |
|-----------------|------|-----|----|
| 玉野総合コンサルタント株式会社 | 正会員  | 山崎  | 崇史 |
| 日本大学            | 正会員  | 蟚見  | 浩一 |

# 1. はじめに

砕波時に発生する大規模な渦には斜降渦や水平渦が ある. 灘岡ら(1987)は、斜降渦が底質の移動に影響する ことを明らかにしている. 斜降渦の発生分布を評価しな ければならない. しかし、これまでに斜降渦の発生形 態と底質の移動現象を実験的に検討した研究は少数で ある. したがって、斜降渦の海底面への到着と底質の 移動状況については、不明な点が多いのが現状である.

本研究は,砕波時に発生する大規模渦の発生形態を 検討するとともに,斜降渦の底面到達域と底質の移動 状況を関連づけて考究した.

#### 2. 実験概要

本研究では、砕波に起因する斜降渦の発生条件を検討する実験 I,ならびに底面到達分布と底質の移動状況を検討する実験 II と 2 つの水理実験を実施した.実験 I と実験 II はともに、縮尺を 1/60 とし、両面ガラス張りの二次元造波水槽(長さ 28.0m,幅 0.7m,高さ 1.0m)を用いて行った.水槽の水平固定床上に一様海底勾配(勾配 i=1/30)を設置し、一様水深部の水深は h=0.4m とした.渦の底面到達分布と底質の移動状況を確認するために、海底勾配上に一辺 4cm の正方形格子が書かれたアクリル板を設置した.

## (1) 斜降渦の発生条件を検討する実験 I

図-2.1に示す水路側方に設置した CCD カメラにより, 渦の構造を可視化する画像を撮影した. CCD カメラの 撮影速度は,30fps である.実験波は,表-2.1に示すよ うにケース1~5の5種類の規則波とし各100波ずつ撮 影した.砕波波高H<sub>b</sub>,砕波波長L<sub>b</sub>は撮影した画像から 計測した.図-2.3に実験Iの撮影領域を示す.

斜降渦を張・砂村(1993)にならい計7形式に分類し、 発生条件について Galvinの Breaker-type index である Bt と砕波に関する Reynolds 数である Reによって整理した. ここに、Bt, Reの式を(1)と(2)に示す.

| $Bt = H_b/gT^2 tan\beta$ | (1) |
|--------------------------|-----|
| $Re = H_{b}L_{b}/\nu T$  | (2) |

 $H_b$ : 砕波波高, T:周期,  $tan\beta$ : 海底勾配, g:重力加 速度,  $L_b$ : 砕波波長, 動粘性係数 $v=0.01 cm^2/s$  である.

(2) 底面到達分布・底質の状況を検討する実験Ⅱ 図-2.2 に示す水路側方・上方に設置したデジタルビ デオカメラにより,渦の底面到達位置を可視化する画 像を撮影した.デジタルビデオカメラの撮影速度は, 30fps である.

キーワード 砕波,斜降渦,底面到達渦

連絡先 〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 TEL047-474-2420





図-2.2 水槽概略図(実験Ⅱ)

| unit:em       | Breaking Wave Point    | Incident wave | unit:em                                  |
|---------------|------------------------|---------------|--|
| Incident wave | PA1(High Speed Camera) | Incident wave | PA <sub>2-6</sub> (Digital Video Camera) |
| -             | 50~400                 |               |  |

図-2.3 撮影領域(実験Ⅰ)図-2.4 撮影領域(実験Ⅱ)

表-2.1 実験 Case

| 安殿とって | 入射波高                | 周期    |
|-------|---------------------|-------|
| 夫歌ゲース | H <sub>I</sub> [cm] | T [s] |
| 1     | 12.0                | 1.4   |
| 2     | 14.0                | 1.4   |
| 3     | 16.0                | 1.4   |
| 4     | 18.0                | 1.8   |
| 5     | 20.0                | 2.0   |

撮影範囲を図-2.4 に示す.実験波は,底面到達渦によ る砕石の移動が顕著に見られた表-2.1 に示すケース 3 ~5とした.得られたビデオ画像を解析し,100 波あた りに海底面の正方格子に渦が到達した数を求めた.ま た,底質はJISA5001 に規定されている砕石 S-57号(中 央粒経d<sub>50</sub> = 1.7mm)とし水槽壁と 5cm の間隔を設けて 一層敷いた.移動状況は造波開始後 20,40,60,80, 100 波毎に一格子面積あたりの残石量を計測し底質の 移動分布を求めた.







## (1) 渦の発生条件(実験I)

水平渦や斜降渦は既往の研究により1~3重渦となる ことが示されていたが、図-3.1(a)に示すように新たに 砕波時の波内部に 4 つの斜降渦が岸沖方向に形成され る4重渦の発生を確認した.4重渦と3重渦では、それ ぞれ 4 つの斜降渦(Quadruple)と図-3.1(b) に示す 3 つの 斜降渦(Triple)が発生した. 2 重渦では 2 つの斜降渦 (Double)と図-3.1(c)に示す1つの斜降渦と水平渦が斜 降渦へ変移する形式(D-A),および斜降渦と水平渦が1 つずつ形成される形式(D-B)の 3 種, 1 重渦では図 -3.1(d)に示す1つ斜降渦(Single)と1つの水平渦が斜降 渦へ変移する形式(S-A),および1つの水平渦(S-B)が生 成される形式の3種が発生した.

渦の発生条件は、砕波に関する Re 数と Breakertype index(Bt)に支配され, Re 数が大きいほど4 重渦の発生 数が増加した.ケース 1~3 では図-3.2(a)に示すよう に, Re 数と Bt が比較的小さい 8.0×10<sup>4</sup>≤Re≤1.6×10<sup>5</sup>, 0.11≤Bt≤0.18 では 1 重渦の発生数が多い. 一方, Re 数とBtが大きくなる 1.6×10<sup>5</sup>≤Re≤3.0×10<sup>5</sup>, 0.16≤Bt≤ 0.32 では3 重渦の発生頻度が高くなる.1 重渦と3 重渦 が発生する中間域では2重渦の生成が顕著となること から、この中間域は1重渦から3重渦への遷移域であ ると推察できる. Re 数がケース 1~3 より大きいケース 4 と 5 では図-3.2(b)に示すように、3 重渦と4 重渦が それぞれ約8割と約1割の発生確率で生成され、4重渦 が生じる下限の Re 数は約 3.4×10<sup>5</sup> であった.

#### (2) 底面到達分布・底質の移動分布(実験Ⅱ)

砕波形式が同一の場合,砕波帯相似パラメータとが 大きくなると斜降渦の底面到達数は増加し、底面到達 域も拡大した. 図-4.1(a), 図-4.1(b)に示すように, ケース4と5の斜降渦の底面到達地点の平面分布は、 両ケースにおいて砕波点(X/L<sub>b</sub>=0.0,L<sub>b</sub>:砕波波長)から岸 側の 0.22≤X/L<sub>b</sub>≤0.275 に集中的に位置し,ケース 5(*ξ* =0.18)と 4( ξ=0.17)の規準化した渦の底面到達数は、ケ ース5ではケース4の約4.5倍となっていた. 斜降渦の 底面到達位置は L<sub>b</sub>に依存して変化し、ケース5では砕 波点 X/L<sub>b</sub>=0.0 から岸側へ X ≅ 0.075L<sub>b</sub> 毎となる X/L<sub>b</sub> ≅



0.075, X/Lb ≈ 0.15, X/Lb ≈ 0.225 の 3 領域への底面到着が 顕著であり、これは3重渦の形成を示唆している.

ケース4と5では図-4.3に示すように、底質は舌状 の侵食域が出現する形状に分布し、造波数の増加に伴 い侵食域は拡大した.格子に残留した底質面積 A'を格 子面積 A で除した A'/A が 0.3 以下となる舌状の侵食域 の位置は X ≅ 0.075L<sub>b</sub> 毎に生じる斜降渦の底面到達位置 と一致しており, 斜降渦の底面到着位置に起因して, 底質の侵食域は発生すると考えられる.

#### 参考文献

- 1) 灘岡和夫・上野成三・五十嵐竜行(1987): 砕波帯内 の三次元的大規模渦構造と浮遊砂の現地観測,第 34 回海岸工学論文集, pp. 21-25.
- 2) 張達平・砂村継夫(1993): 砕波帯における底面到達 渦に関する実験的研究,海岸工学論文集,第40巻, pp.61-65.
- 3) 鷲見浩一, 出村拓也, 山清太郎, 落合実, 遠藤茂勝: 斜降渦の平面的な分布特性に関する実験的研究、土 木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.66, No1, pp.81-85, 2010.