

II-33

3 次元波動場に置かれた没水構造物による碎波の内部特性について

○名古屋大学大学院 学生員 川崎 浩司
 東亜建設工業 亀崎 大輔
 名古屋大学大学院 新美 達也
 名古屋大学大学院 フェロー 岩田好一郎

1. はじめに：没水構造物は、強制碎波によって波浪を制御し静穏海域を生み出すといった特徴を有するだけでなく、景観面、水質浄化、水生生物の増殖など海域の環境や生態系への影響を考慮した構造物として再び注目を浴びている。今まで、没水構造物による碎波およびその内部特性について数多く議論されてきたが、ほとんどの研究は2次元波動場を対象としており、3次元波動場に関する研究例は少ない。そこで、本研究では、3次元波動場に置かれた没水構造物による碎波後の波の内部特性について、構造物の幾何スケールと関連づけながら、詳細な水理実験により考究することを目的とする。

2. 水理実験：本実験は、名古屋大学の平面波浪水槽（長さ30m、幅11m、深さ0.8m）を用いて行った。静水深 h は40cmと一定に保ち、没水構造物の幾何スケールは、堤幅 B および堤高 D をそれぞれ $B/L_i=0.3$, $D/h=0.6$ (L_i ：入射波長) と固定し、堤長 W のみを3種類 ($W/L_i=1.0, 1.5, 2.0$) 変化させた。作用波は、すべて構造物前面に対し直角入射する規則波であり、周期 T を0.8, 1.2, 1.68sの3種類、入射波高 H_i を非線形パラメータ $\Pi^{1)}$ が0.08, 0.09となる2種類とした。各実験条件下で、没水構造物周辺における流速変動の計測を、波進行方向に対し構造物前面から約2.0波長、構造物の中心線から波進行直角方向に対し約1.0波長の領域内において約120地点で、水深方向に対し静水面から0.3h間隔で設けた3地点、合計約360地点で電磁流速計を用いて詳細に行った。同時に、碎波位置、突っ込み線および碎波持続距離などの没水構造物周辺の碎波の挙動を8mmビデオカメラを用いて撮影した。実験データの解析方法として、計測された流速の時間変動を40msで離散化しそれぞれのデータ間の位相のずれを補正し解析を行い、定常流、FFT法により流速の各周波数成分のパワースペクトルなどを計算した。

3. 実験結果およびその考察：図-1(a)と(b)は、水深波長比 $h/L_i=0.2$ 、非線形パラメータ $\Pi=0.08$ 、無次元堤長 $W/L_i=1.0$ の実験条件下で、それぞれ $z/h=-0.3$ における没水構造物周辺の定常流およびその渦度 (z 成分) を示したものである。ここで、両図の x 軸と y 軸は、それぞれ入射波の波長 L_i によって、定常流は $\sqrt{gh}$ (g ：重力加速度, h ：静水深) によって無次元表示している。図-1(a)をみると、碎波形式が Spilling 型碎波と Plunging 型碎波の中間の性質を示す S-P 型碎波であるこのケースでは、構造物上で、波の屈折および波と構造物の干渉により生じる散乱波の影響から構造物中央に向かう定常流が発生し、構造物岸側背後では、波頂部から飛び出した水粒子が、進行波前面に衝突する突っ込み線（図中の I.L.）以降で、強い岸向き流れが卓越している。また、構造物から離れた側方では、碎波により岸向きへの質量輸送を補う補償流と考えられる沖向き流れが認められる。信岡ら²⁾は、小型平面水槽に矩形潜堤を設置し、水表面にフロートを浮かべることで、自由表面付近での循環流の発生を観察しており、信岡らの観察結果と本実験から得られた定常流特性から、3次元波動場に置かれた没水構造物周辺で平面2次元的な循環流が生じていると判断できる。また、紙面の制約上図示していないが、 $z/h=-0.6, -0.9$ の位置で、戻り流れが卓越しており、構造物に向かってその値は増大し、 $x/L_i \approx 0.8$ で極大値をとり、さらに没水構造物に向かって徐々に減少していくが、構造物側方を通して沖側方向に流れていない。岩田ら³⁾は2次元波動場に置かれた没水構造物岸側背後において、自由表面では強い岸向き流れ、中層および底層付近では沖向き流れとなる鉛直2次元的な循環流の存在を確認しており、本実験においても、上層付近において認められた平面2次元的な循環流とは異なった鉛直2次元的な循環流が発生していると考えられる。図-1(b)をみると、構造物岸側端部付近

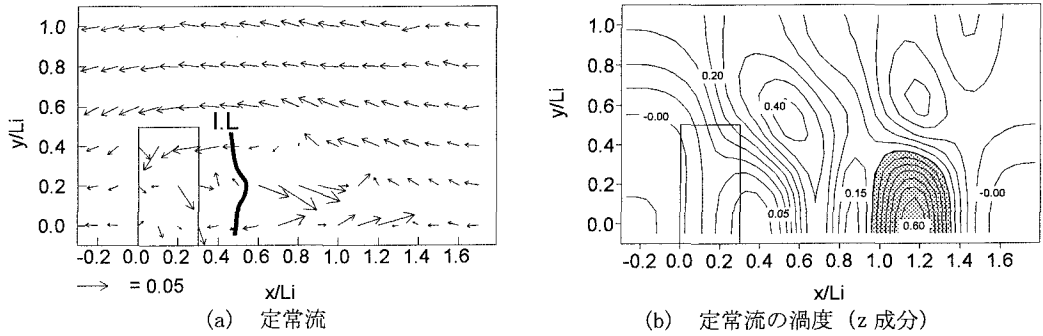


図-1 没水構造物周辺の定常流およびその渦度 (z 成分) ($h/L_i=0.2$, $\Pi=0.08$, $W/L_i=1.0$, $z/h=-0.3$)

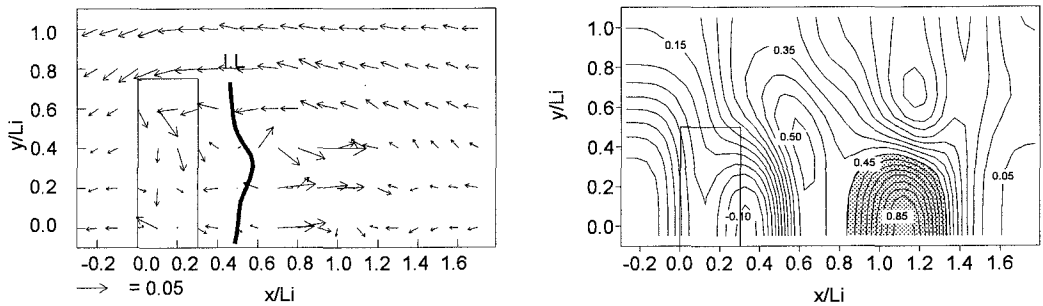


図-2 没水構造物周辺の定常流
($h/L_i=0.2$, $\Pi=0.08$, $W/L_i=1.5$, $z/h=-0.3$)

図-3 没水構造物周辺の定常流の渦度 (z 成分)
($h/L_i=0.2$, $\Pi=0.09$, $W/L_i=1.0$, $z/h=-0.3$)

で構造物の隅角部による影響から規模が大きい渦が認められる。突っ込み線の背後の、図中の斜線部で示す領域 $x/L_i=1.0\sim 1.4$, $y/L_i=0.0\sim 0.4$ において、定常的な大規模渦の発生が認められ、この場合の渦構造は 2 次元波動場で確認されている水平渦と異なり、3 次元性を帯びていることを示唆する。図-2 は、図-1(a) と比べて無次元堤長 $W/L_i=1.5$ の異なる場合の没水構造物周辺の定常流を示す。図-2 をみると、 $x/L_i=0.7\sim 1.0$, $y/L_i=0.0\sim 0.4$ の領域において岸向き流れが卓越しており、その傾向は W/L_i が 1.0 の場合の定常流特性とほぼ同様で、循環流が認められる。しかし、図-1(a) と図-2 をみると、 $z/h=-0.3$ の位置において平面 2 次元的な循環流の形成領域は、x 方向に対してともに $x/L_i=0.0\sim 1.2$ とあまり変わらないが、y 方向に対しては W/L_i が 1.0 の場合 $y/L_i=0.2\sim 0.6$, W/L_i が 1.5 の場合 $y/L_i=0.4\sim 0.8$ と変化している。したがって、循環流の形成領域は、 W/L_i の値が大きくなると構造物端部方向へシフトすることになり、 W/L_i は循環流発生位置を決定する重要なパラメータのひとつといえる。図-3 は、図-1(b) と比べて Π の値のみが 0.09 と異なる場合の没水構造物周辺における定常渦度を示したものである。図-3 をみると、図-1(b) とほぼ同様な傾向を示しており、碎波に伴い構造物岸側で大規模な渦が認められ、その渦度の値は大きくなっている。

4. おわりに：本報告では、碎波に伴う 3 次元波動場に置かれた没水構造物周辺の波の内部特性について水理実験を詳細に行うことにより議論してきたが、今後、SOLA-VOF 法を用いて数値解析を行い、数値解析と水理実験の両面から検討を加えていく予定である。

【参考文献】

- 1) 合田 (1983)：波浪の非線形性とその記述パラメーター，第 30 回海岸工学講演会論文集，pp. 39-43.
- 2) 信岡ら (1993)：潜堤構造物の海浜流制御と海岸保全機能，海岸工学論文集，第 40 巻，pp. 261-265.
- 3) 岩田ら (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，海洋開発論文集，Vol. 12. (印刷中)