

第Ⅱ部門

画像解析を用いたダブルバリア型浮消波堤周りの流動場の計測

神戸市立工業高等専門学校都市工学科	正会員	○柿木	哲哉
神戸市立工業高等専門学校都市工学科	学生会員	築地	美香
神戸市立工業高等専門学校都市工学科	フェロー	辻本	剛三
熊本大学大学院自然科学研究科	正会員	山田	文彦
金沢大学理工研究域環境デザイン学系	正会員	由比	政年
京都大学先端技術グローバルリーダー養成ユニット	正会員	沖	和哉

1. はじめに

比較的小規模な閉鎖性水域の静穏度保持の目的で浮消波堤が使用されることがある。これは、海水交換、経済性、施工性などの点において浮消波堤が固定構造物に比して有利であることが採用される理由である。一般的に浮消波堤の性能は入射波高と浮消波堤通過後の波高の比である透過率で評価される。この透過率を下げ、浮消波堤の効果を上げるには浮体幅や喫水を大きくすると良いが、経済性・構造上の制限により現実的な対応策ではない。Christian(2000)は浮体の矩形断面の下面中央に鉛直板を装着することで、板先端付近で剥離する渦運動を用いて入射波のエネルギーを損失させ、透過率を低下させる方法を提案し、実験でその有効性を確認している。Koutandos ら(2005)はこれらの結果をさらに検討し、鉛直板の装着位置を浮体沖側端の下部にして実験を行っている。加藤ら(2001)らは、鉛直板を沖側と岸側両端部の下端に取り付けた、ダブルバリア型浮消波堤を用いて実験を行い、高波浪時においてダブルバリア型浮消波堤が防波堤として有用であることを示唆した。そこで本研究では、浮消波堤が入射波のエネルギーを減衰していく過程を調べるべく、画像解析を用いて浮体周りの流動を計測し、鉛直板の有無や浮体の動揺が渦の形成などにどのような影響を与えるか調べた。

2. 実験の概要

長さ 18m、深さ 0.8m、幅 0.6m の 2 次元造波水路に、岸沖方向幅 0.25m の浮体を浮体前面が造波板より 6.5m の位置に設置し、可視化実験と画像解析 (PIV) を行った。可視化には 2mm 厚のレーザーシート (ダブルパルス間隔=2000ms) を使用した。レーザーは水槽側面からガラス越しに入射し、水槽底面に設置した鏡で鉛直上方に直角に曲げ、鉛直 2 次元の可視化断面を作成した。画像撮影には画素数 1008×1018 ピクセルの CCD カメラを用い、サンプリング間隔は 15Hz とした。撮影のタイミングは、浮体と造波板の間に生じる波の多重反射の影響をなるべく避ける理由から、浮体に 3 波入射した直後から約 5 秒間とした。波高計は造波板から 5m (浮体沖側)、6m (浮体沖側)、7m (浮体岸側)、8m (浮体岸側) の計 4 本で、容量式波高計を使用した。実験ケースは①バリア (浮体底部に取り付ける鉛直板) の有無、②波高の高低 ($H=4.7\text{cm}$, 7.8cm の 2 ケース)、③浮体動揺の有無により分類した。その他、波の周期 $T=1.25\text{s}$ 、静水深 $h=50\text{cm}$ は共通とした。

3. 実験の結果と考察

図 1(a)~(d)は波 1 周期で平均された渦度と流速ベクトルの画像解析の結果である。流速ベクトルは 1/15 秒ごとの流速ベクトルの瞬間値 3 波分の平均をとったもので、周期平均的なものである。また、図中のコンターラインは 1/15 秒ごとの渦度を 3 波分積算し、平均を取ったものである。これは、どこを渦度が通過していくのかということを簡単な図面で調べるためのもので、平均ベクトルから渦度を計算したものではない。なお、図の右側が沖側である。図中の線で囲まれたものは浮体で、左列の図面中の浮体は固定された浮体を表す。また、右列の図面中の浮体は動揺を許容された浮体で、本報告中では「可動」と表現する。なお、可動の図面では、浮体が最高点と最下点に位置する瞬間だけを描画している。つまり、浮体はこの 2 点の間を波運動に伴い、

上下する。その他、図中の等高線は渦度を、凡例は渦度の強さを表しており、値は時計回りが負で、反時計回りが正である。矢印は流速ベクトルであり、各図面上端に記したサンプルベクトルの大きさは 20cm/s である。 C_t は波高計から得られた波高を元に計算した透過率 $C_t = (\text{入射波高}) / (\text{透過波高})$ である。

渦の出現範囲は「バリアあり・可動」のケースが最も広く、浮体最下点のバリア前後 4~5cm の位置に中心を持つ 1 対の渦を形成する。渦の強さについてもこのケースが最も強い。透過率は図 1(c)の「バリアあり・固定」が最も小さく、波浪減衰が効いているが、このときの渦の特徴は図 1(d)の「可動」のケースに比べ、渦の強さは小さいものの渦対の形状が非対称であることが挙げられ、かつ渦の形状も長円形と歪んでいる。その他、渦度・流速ベクトルの瞬間値についても比較・検討を行っているが、その詳細については講演時に述べる。

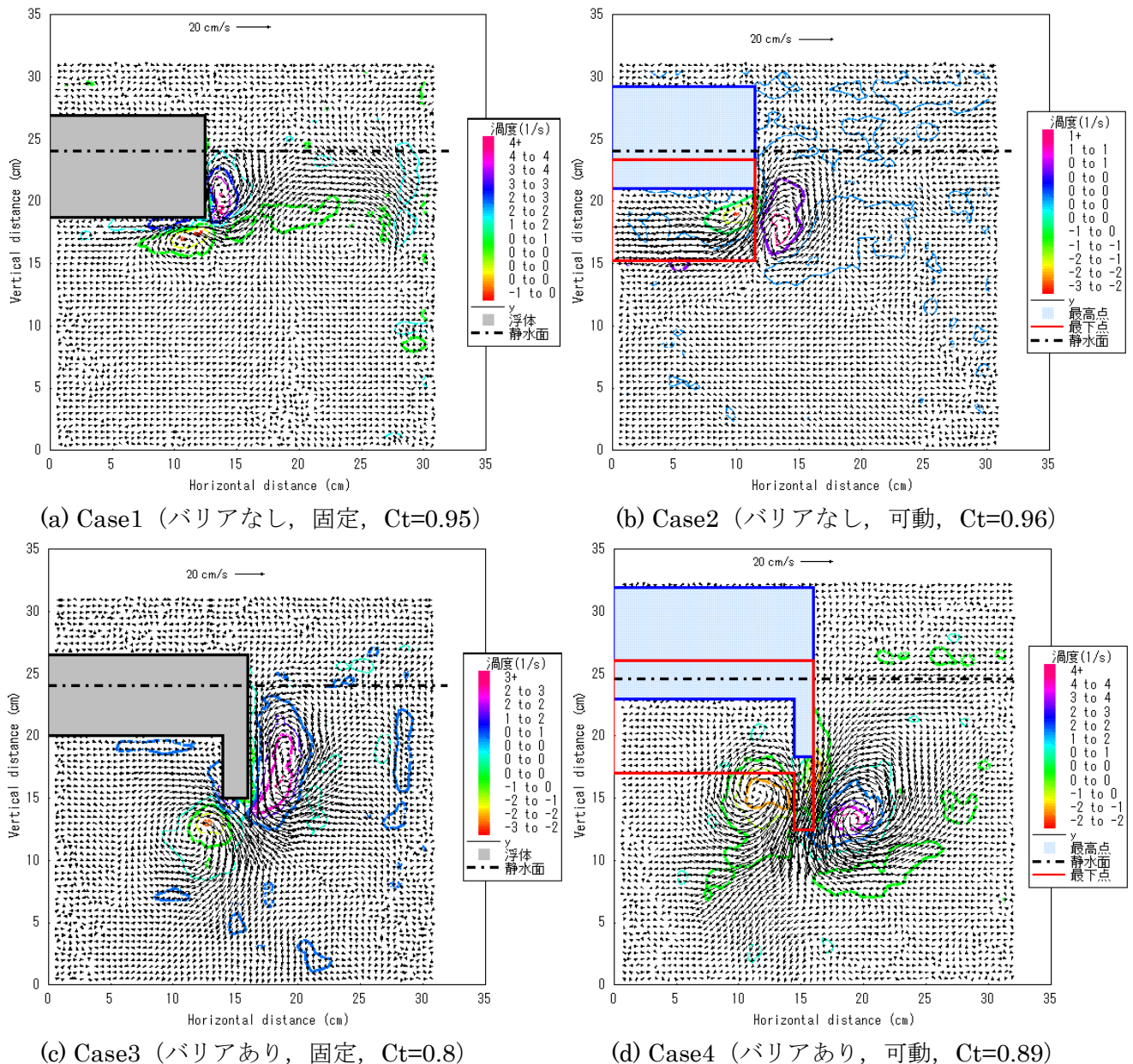


図1 渦度と流速ベクトル

参考文献

- 加藤雅也・津嶋了・濱中建一郎・大橋正臣・佐藤幸雄・佐伯浩(2001)：マリーナにおける二重鉛直板付矩形浮体の港内波制御に関する研究, 海洋開発論文集, 第 17 巻, pp.211-216.
- Christian, C. D. (2000): Floating breakwaters for small marina protection, Proc. 27th ICCE, 3, pp.2268-2277.
- Koutandos, E., P.Prinos, and X.Gironella (2005): Floating breakwaters under regular and irregular wave forcing: reflection and transmission characteristics, Journal of Hydraulic Research, 43, pp.174-188.