

大阪工業大学大学院工学研究科 学生員 ○湯本 太一
大阪工業大学工学部 正会員 東 良慶

1. 背景と目的

日本は島国であるため、海岸浸食や沿岸域の災害が毎年数多く発生している。そのため、日本の港湾施設や海岸施設等では、国土、港湾・海岸施設の保全事業のために消波ブロックが多く用いられ、現在では様々な形式の消波ブロックが開発されている。よって、この消波ブロックの消波特性に関して、これまでに様々な研究が行われてきた。荒木ら¹⁾は消波工の空隙率に着目し、波高伝達率と反射率を評価した。河村ら²⁾は、消波工の断面の違いに着目し、波力低減性能と越波低減性能を評価した。しかし、消波ブロックによる流体運動の変化に着目した研究例は少ない。

そこで、本研究では任意の消波ブロック群を3Dプリンターに作成し、開水路流れにおいてこのブロック群周辺流体場の可視化実験を行った。これにより消波ブロック群の流れ方向の幅による流体場の変化特性を明らかにすることを目的とした。

2. 消波ブロック群モデルの製作

本研究では、3Dプリンターにより、原型で20トンの消波ブロックの1/100縮尺の消波ブロック群を製作した(図-1)。ブロック群周辺の流況を投影するためのレーザーシート光を照射するスリット(2mm)を中央部に有し、消波ブロック群は流れ方向に3列、5列、7列配置した模型を製作し(図-1)、開水路中に配置した。

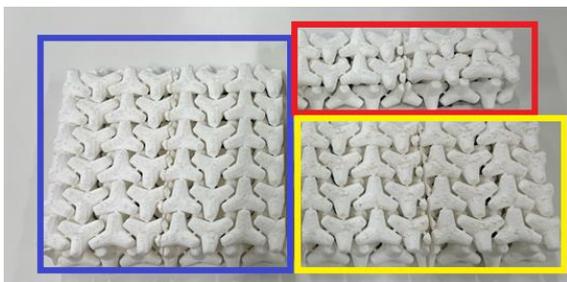


図-1 実験に用いた3列(赤)、5列(黄)、7列(青)の消波ブロック群

3. 可視化実験の概要

本実験で使用した実験装置および計測システムを図-2に示す。可変勾配型循環式直線水路(長さ:5m,幅:0.2m)を用い、消波ブロック群周辺の流体運動を粒子画像追跡法(PIV: Particle Image Velocimetry)によって計測し、消波ブロック群の幅の違いが周辺流体場に与える影響を評価する。

流速の違いによる消波ブロック群の流体運動への影響を評価するため、フルード数の異なる2シリーズの実験を実施した。水理条件を表-1に示す。

4. 解析評価手法

本実験でのPIV測定では各実験ケースにおいて、1秒間当たり100枚画像を撮影し(100Hz)、測定時間は20秒間としたため、計2,000枚の連続画像を撮影した。撮影した画像は縦2560×横1600ピクセルである。解析格子の数は流下方向:76格子(点)×鉛直方向:32格子(点)としたため、1対の画像で計2432点の流速ベクトルが得られた。解析例としてケースFrHi7の流速ベク

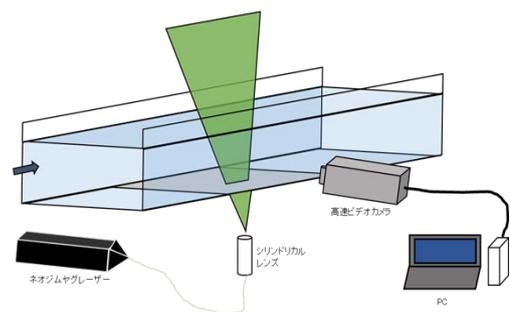


図-2 実験装置のシステム図

表-1 水理条件

シリーズ名	水深 h (cm)	流量 Q ($\times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$)	流速 v ($\times 10^2 \text{ m/s}$)	フルード数 $Fr(-)$
FrLo	8.8	3.64	0.731	0.022
FrHi		20.1	11.4	0.123

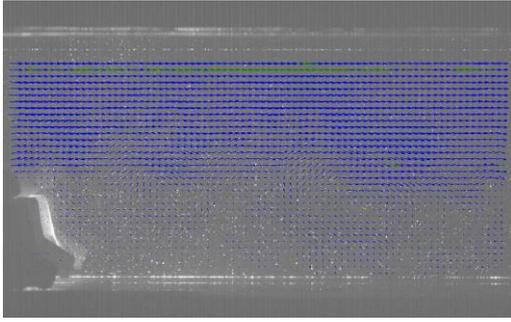


図-3 瞬間流速ベクトルと撮影画像の重ね合わせ (ケース FrHi7)

トル図を撮影画像に重ね合わせたものを図-3 に示す.

得られた瞬間流速ベクトルの流下方向速度 ($u = U + u'$) と鉛直方向速度 ($v = V + v'$) を時間的な平均値 (U, V) とそれに加わる変動値 (u, v) に分解し, 乱流統計解析を行った. 特にレイノルズ応力に関しては, 単位体積あたりの x 軸方向の乱れの運動量 ($\rho u'$: 流体の密度 \times 流下方向の速度変動値) が鉛直方向の乱れ速度 (v' : 鉛直方向の速度変動値) によって輸送されるときに発生する応力とし, $\rho u'v'$ として算定した.

5. 実験結果と考察

3列模型と7列模型のレイノルズ応力分布 (コンター図) における比較は, 7列模型の方が, 大きな値が確認できる (図-4 および図-5). このことより, 列数が多いほど水流の乱れが顕著であることが確認された.

レイノルズ応力分布 (コンター図) と撮影動画のデータから消波ブロック上部で渦もしくは乱れが発生し, その乱れが下流に広がるように影響することで, 流体のエネルギーを抑制していることが確認できた. さらにその乱れ方は列数もしくはフルード数を大きくすることで広がり鮮明に表れる規則性も確認された. (図-4, 図-5, 図-6)

6. 結論

これらの結果から, ブロック群の流れ方向の幅によって, 水流への影響は異なり, 幅が大きいほどより流体のエネルギーを減衰させていると考えられる.

また, ブロック群の幅もしくはフルード数を大きくすることで, 水流の乱れが下流に広がる様子が鮮明になるという結果が得られた.

参考文献

1) 河村, 太田, 松見, 権守: 消波工の断面変形に伴う性能変化と性能予測モデルについて, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 73, No. 2, I_937-I_942, 2017
 2) 荒木, 渡邊, 久保田: 消波工の空隙率が波高伝達率および反射率に及ぼす影響, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 75, No. 2, I_793-I_798, 2019

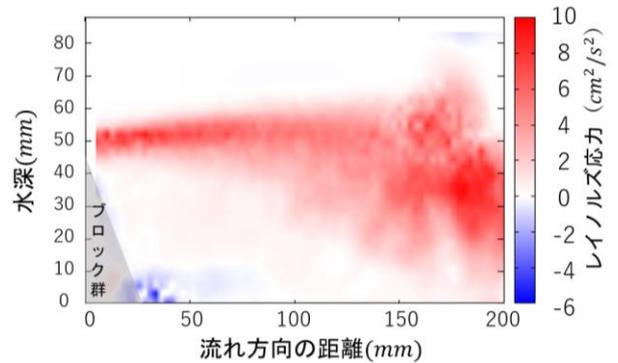


図-4 シリーズ FrHi における 3 列模型のレイノルズ応力コンター図

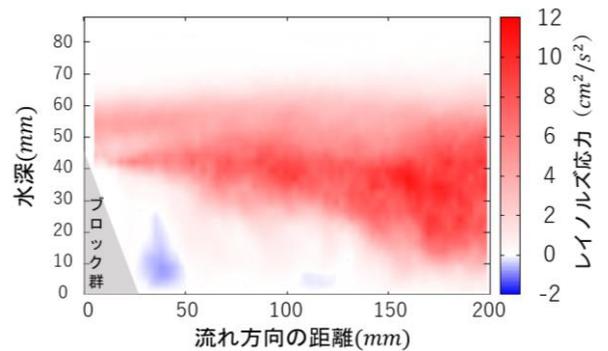


図-5 シリーズ FrHi における 7 列模型のレイノルズ応力コンター図

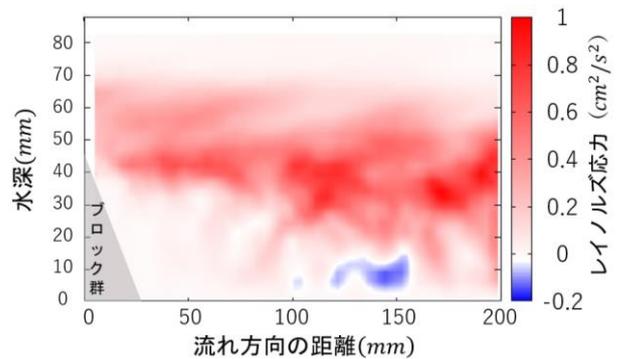


図-6 シリーズ FrLo における 7 列模型のレイノルズ応力コンター図