

# 非対称没水構造物群周りの残差流に及ぼす波向きの影響に関する研究

九州大学大学院工学府 学生会員 ○本村 航平  
九州大学大学院工学研究院 正会員 押川 英夫 藤田 和夫  
九州大学大学院工学研究院 フェロー 小松 利光

## 1. 緒論

当研究室では波浪エネルギーを利用して底質の輸送の自在な制御を可能とする *BaNK*(*Beach and Navigation Keeper*)システムを提案している<sup>1)~3)</sup>。これは非対称な形状を有する小規模な構造物（以下ではブロックと呼ぶ）を海底に複数個設置することで、任意の方向への底質の輸送を可能とするものである。

これまでの研究<sup>3)</sup>により、*BaNK* システムの残差流生成能力が  $KC$  数 ( $\equiv U_0 T/D$ :  $U_0$  はブロック高さにおける流速振幅,  $T$  は周期,  $D$  はブロック直径) と相対構造物高さ ( $k/h$ :  $k$  はブロック高さ,  $h$  は水深) に大きく依存していることが明らかとなり、ブロックと波向きが同じ方向の場合には (後述の  $\phi=0$ )、前述の 2 つの無次元パラメータを用いて発生する残差流の大きさを予測することが可能となっている。しかしながら、実海域においては風向の変化等により構造物群（以下では *BaNK* ユニットと呼ぶ）に入射する波向きが大きく変化し、それが残差流の生成に大きな影響を与えることが考えられる。そこで本研究では、ブロック周りに発生する残差流に及ぼす波向きの影響について室内実験により検討した。

## 2. 実験概要

実験には Fig.1 (a) に示す全長 600cm、幅 400cm、高さ 35cm の平面水槽を用いた。設置する非対称構造物としては直径  $D=3\text{cm}$ 、高さ  $k=1.5\text{cm}$  の半円柱型のブロックが用いられた (Fig.1(c)参照)。ブロック敷設領域の中心

を原点とし、波の入射方向を  $X$  軸、横断方向に  $Y$  軸、鉛直上向きに  $Z$  軸を取り (左手系)、ブロックを貼り付けた薄い基板 (*BaNK* ユニット) 上で計測を行った (Fig.1(a),(b)参照)。ブロックは等方格子状に配置されており、近接するブロックの中心間隔は、後述の  $\phi=0$  (直入射) の場合で見ると、縦断( $X$ )方向、横断( $Y$ )方向ともに  $2D$  である。ブロックの設置個数については  $X$ ,  $Y$  方向ともに 6 個ずつの計 36 個とした。波浪条件としては静水深 23cm、入射波高 4.2cm、周期 1.0s の規則波を作用させた。波の入射方向と *BaNK* ユニットの設置角度を  $\phi$  ( $^\circ$ ) とした。実海域では *BaNK* ユニットが固定されるため、 $\phi$  は波向きに相当する。Fig.1 (b) のように *BaNK* ユニットを原点を中心に上から見て右回りに  $\phi=0\sim90$  度まで 15 度ずつ回転させ、角度については計 7 条件で実験を行った。ユニットを回転させた後の  $X$  軸と  $Y$  軸をそれぞれ  $X_1$  軸,  $Y_1$  軸とした。

構造物設置領域付近の流速を超音波式流速計 (Nortek 社製, Vectorino) により測定した。縦断方向の流速の測定断面は、 $X_1=0, 12, 18\text{cm}$  の 3 断面とした。横断方向の測定断面は  $Y_1=-3.0\text{cm}$  の位置にあるブロック列の背後とした。鉛直方向には  $Z/k=0.067, 0.25, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.67, 3.33, 4.67, 6.67, 10.0$  の 11 断面について測定を行った。各点毎に得られた約 100 波分の流速の時系列データをオイラー平均することで、底質輸送制御効果の指標となる残差流速を求めた。

## 3. 実験結果および考察

予備実験としてブロックを敷設せずに同じ波浪条件

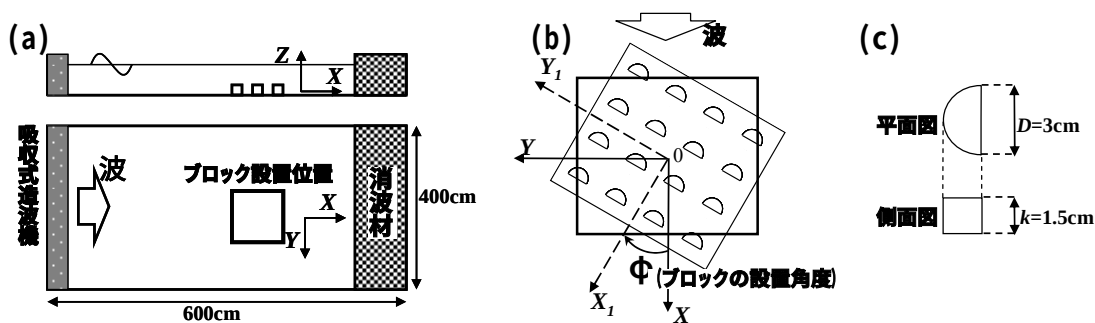


Fig.1 実験装置の概略図[(a): 装置全体の側面図, (b): *BaNK* ユニットと座標系の定義, (c): 半円柱型構造物単体の向き]

で流速を測定したところ、水槽の特性等からブロックがない場合でもある程度の残差流速の  $X$  方向成分  $u_0$  と  $Y$  方向成分  $v_0$  が発生していた。そこで、ブロックを設置した場合に得られた  $X, Y$  方向の残差流速  $u, v$  から  $u_0, v_0$  の差分をとることで、近似的にブロックの設置により発生した  $XY$  座標系における残差流速の各成分  $u^*, v^*$  を求めた。以後の残差流速は、これらの  $u^*, v^*$  を  $X_1Y_1$  座標系に変換した各成分  $u_1, v_1$  の結果である。

まず  $\phi = 0^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  での  $X_1$  方向残差流速  $u_1$  の鉛直分布を Fig.2 に示す。縦軸は高さ  $z$ 、横軸については  $u_1$  を同一高さの 3 点で平均している。これより、ブロックの設置角度  $\phi$  が大きな場合にも、波向きに関わらずブロックの設置された方向に比較的大きな残差流速が底面付近に生成されていることが見てとれる。

過去の研究<sup>2)</sup>によると、振動流場においてブロックの効果によって生成される残差抵抗力は  $\phi - \psi_F$  になるとされている ( $\psi_F$  は残差抵抗力の働く角度)。これは、波向きに因らずブロックの設置された向きに残差抵抗力が働くことを意味しており、BaNK システムの特長の一つとなっている。本研究はこの点を踏まえて、 $X$  軸に対する残差流速ベクトルの方向を  $\psi$  ( $^\circ$ ) とすると、発生する残差流の方向についても  $\phi - \psi$  となることを期待して研究を行っているため、以後  $\phi = \psi$  となる場合の  $\psi$  の角度を意図した方向とする。

$\phi = 45^\circ$  で  $z/k=1/2$  の高さの水平面内における残差流速のベクトル図を Fig.3 に示す。この結果を見ると、測定された 3 点において底面付近に発生した残差流の差異は小さく、概ね意図した方向に発生している。

最後に  $z/k=1/2$  の高さにおける  $\phi$  と残差流速の方向  $\psi$  の関係を Fig.4 に示す。多少のばらつきは見られるものの、概ね  $\phi - \psi$  となっており、意図した方向に残差流が生成されていることが理解される。

#### 4. 結論

本研究では、BaNK システムにおいて発生する残差流に及ぼす波向きの影響について室内実験に基づく検討を行った。その結果、波向きにかかわらずブロックが設置された方向にほぼ残差流が生成されることが明らかとなった。したがって、実際の利用においては、波の卓越方向を考慮することなく底質の輸送を意図する方向にブロックを設置するだけで、BaNK システムの底質輸送促進効果が期待できる。

#### 参考文献

- 1)小松ら (2001)：方向抵抗特性をもつ海底小規模構造物を用いた海底近傍の物質輸送の制御，水工学論文集，第 45 巻，pp.1087-1092.
- 2)押川ら (2003)：振動流場における非対称没水構造物の方向抵抗特性に関する実験的研究，水工学論文集，第 47 巻，pp.805-810.
- 3)押川ら (2011)：波浪場における小規模非対称構造物群による残差流の定量評価，土木学会論文集（海洋開発），第 67 巻，pp.52-57.

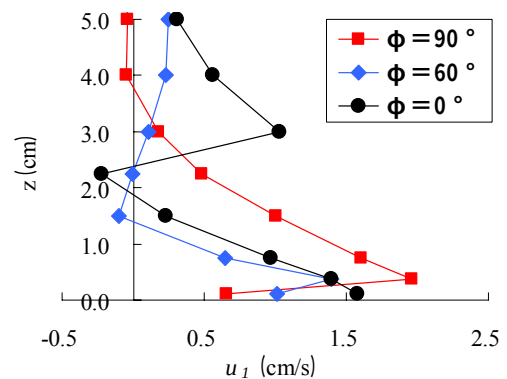


Fig.2  $X_1$  方向の残差流速の鉛直分布

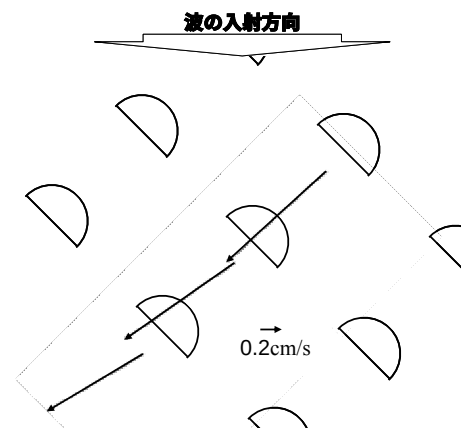


Fig.3 残差流の平面分布 ( $\phi = 45^\circ, z/k=1/2$ )

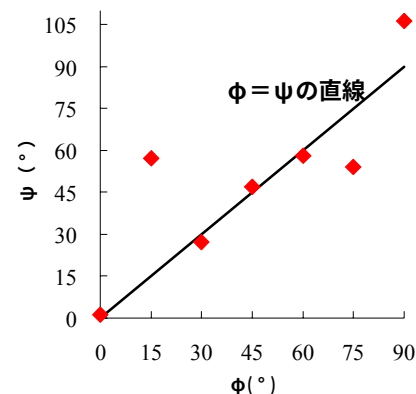


Fig.4 ブロックに入射する波の方向  $\phi$  と残差流速の方向  $\psi$  の関係