九州大学工学部 学生会員 ○吉田 奈津妃 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

<u>1. 緒論</u>

著者らの研究室では,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 (:<u>Beach and Navigation Keeper</u>)システムを提案して いる^{1)~5)}.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 置して残差流(ここでは,波の1周期でオイラー平 均された流速)を発生させることで,任意の方向へ の底質の輸送を可能とする技術である.

これまでの研究⁵⁾により, *BaNK*システムの残差 流生成能力が*KC*数($\equiv U_0T/D: U_0$ はブロック高さ における流速振幅,*T*は波の周期,*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* は静水深)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 $\theta=0$),前述の2つの無次元パラメータを用いて 発生する残差流速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 向の変化等によりブロック群(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,波浪場に設置された *BaNK*ユニットの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.1a)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=3cm, 高さ k =1.5cm の半円柱 型のブロックが用いられた.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、横断方向をY 軸, 鉛直上向きを Z 軸に取り(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θ=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. また過去の研究 ³⁾ によると、ブロックの敷設長 Laと波の波長 Lが lg/L=0.22 の場合において底面付近に最大の残差流 が得られていることから,この結果を考慮してブロ ックの縦断方向の設置個数を決定している. 横断方 向についても従来の研究成果4)を考慮して、ブロッ クの設置個数についてはX,Y方向ともに5個ずつ の計 25 個とした. 波浪条件としては静水深 h =17.5cm, 入射波高 3.3cm, 周期 1.0s の規則波を作

用させており、本条件は KC=3.1、kh=0.086、レイノルズ数 Re (≡U₀D/v) =2.8×10³ に相当する.ただし、v (=0.01 cm²/s) は水の動粘性係数である.波の入射方向と BaNK ユニットの設置角度をθ(度)とする.実海域では BaNK ユニットが固定されるため、θは波向きに相当する.Fig.1b)のようにBaNKユニットを原点Oを中心に上から見て右回りにθ=0~90度まで回転させ、角度についてはθ=0,30、45、60、90度の計5条件について実験を行った.BaNKユニットを回転させた後の X 軸と Y 軸をそれぞれ X₁ 軸, Y₁ 軸と表記する.

構造物設置領域付近の流速を超音波式流速計 (Nortek 社製, Vectrino)により測定した.鉛直方 向の測定位置は水路床をZ=0としてZ/k=0.5の高さ である(水平方向の測定位置については後述のベク トル図を参照).各点毎に得られた約100波分の流 速の時系列データを平均することで,底質輸送制御 効果の指標となる残差流速,位相平均波形を求めた.



Fig.1 実験装置の概略図 [a)装置全体の概略図, b)*BaNK* ユニットと座標系の定義]

3. 実験結果および考察

押川ら²⁾によると,振動流場においてブロック単体に働く残差抵抗力の方向は波向きとほぼ一致するとされている.これは,水平方向の残差抵抗力(ベクトル)の方向と振動方向のなす角度 ϕ_F と,ブロックの迎え角 θ_F (波向きに相当)について, $\theta_F \Rightarrow \phi_F$ の関係が得られたことによる.すなわち,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.そこで,本研究はこのことを踏まえて,X軸に対する残差流速ベクトルの角度を ϕ として,ブロック付近に発生する残差流速の方向についても $\theta \Rightarrow \phi$ となるかどうかについて,最初に検討を行った.なお,今後 $\theta = \phi$ となる ϕ の方向



Fig.2 θに応じた水平方向残差流速のベクトル図の例

を意図した方向と呼ぶこととする.

 θ に応じた水平方向の残差流速ベクトルの空間 分布の例を**Fig.2**に示す.これより、それぞれの θ において、 X_I 方向で前後のブロックに挟まれた地 点では、意図した方向に残差流が生成されているこ とが見て取れる.つまり、ブロック付近の水平方向 の残差流速についても、残差抵抗力と同様に $\theta = \phi$ になるものと考えられる.

次に, 測定点 A (Fig.2 参照) における, θをパラ メータとした X 方向流速 u と Y 方向流速 v の位相 平均波形の例を併せて Fig.3 に示す. これより *θ*=90°の*X*方向の流速*u*は,波の進行方向とブロ ックの非対称面 (円柱を切断した面) が平行である ことから,正弦関数に近い対称な波形となっている. これに対応して, Fig.2c)の A 点を見ると残差流速 ベクトルの X 方向成分は Y 方向成分と比較して小 さい. 一方, $\theta=30^{\circ}$ の u では, 正のピーク値(正 側の流速波形)は*母*=90°の場合とそれ程変わらな いにも関わらず, 負のピーク値については, 絶対値 (負側の流速振幅) が顕著に減少しており、波形が 大きく歪むことで и の残差流速の発生要因となっ ている. 負側の流速振幅が減少する, すなわち流速 が増加するのは、(θ が 90°より小さくなると)ブ ロックの非対称面に流れが作用するようになるた めと考えられる.

Fig.3 における θ -90°の横断方向流速 vの位相平 均波形ついては、基本場としての波とそれに伴う流 速の往復運動は X 方向のみに生じているにも関わ らず、正負のピーク値(振幅)を比較すると正の振 幅が負の振幅に比較して大きくなっている.また、 正である時間の方が長くなっている.結果として、 この波形の歪みが残差流速の Y 方向成分を発生さ せていることになる[**Fig.2c**)の点 A 参照].なお、 **Fig.3** から分かるように、 θ の変化に対する u の位相 の変化は顕著でないものの、 θ の減少に伴ってvの 位相は顕著に早まっている.



<u>4. 結論</u>

本研究により得られた主要な知見は以下の通り である.

- 1)波浪場に BaNK ユニット(非対称構造物群)を設置 すると、波向きによらずユニットが設置された方 向に残差流が生成される.すなわち、任意の方向 への底質輸送の制御が期待できる.
- 2)非対称構造物群の設置角度によって、岸沖方向流 速と横断方向流速の時系列波形が顕著に歪むことで、水平面内の残差流速が発生している。

参考文献

- 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(2007): 波浪と流れの場における非対称没水構造物 群による残差流生成特性,海洋開発論文集,第 23 巻, pp. 883-888.
- 4)押川ら(2009):波浪場における非対称没水構造物群周りの
 残差流,海洋開発論文集,第25巻,pp.623-628.
- 5)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 B3(海洋開発), Vol.67, No.2, pp.I_52-I_57.