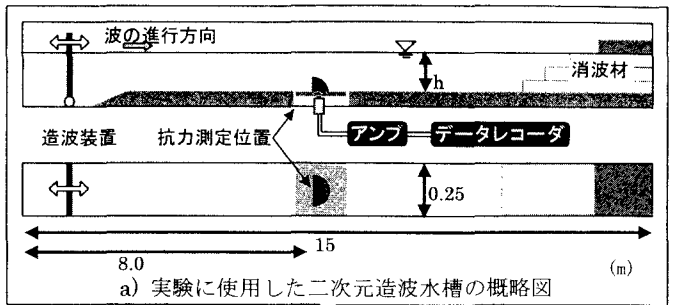


BaNK 工法を用いた流況制御に関する実験的研究

九州大学大学院 学生員 ○齋田 倫範 学生員 柴田 卓也 フェロー 小松 利光
正会員 安達 貴浩 正会員 藤田 和夫

1. はじめに: わが国の沿岸域では、海岸侵食・河口閉塞・航路埋没に代表されるような底質の移動にまつわる種々の問題が生じている。特に、海岸侵食問題は年々深刻さを増しており、国土保全という観点から早急な対策が求められている。しかしながら、海岸侵食の問題は人為的な影響が複雑に絡み合って生じており、それぞれに対して速やかに対策を講じることは容易ではない。このような状況を考慮し、著者らは、方向抵抗特性をもつ小規模海底構造物 (Beach and Navigation Keeper: BaNKブロック) を海底に設置することで底層付近の任意の方向に1周期平均的な流れ (以後、波浪残差流) を生成し、底質移動を制御する技術の開発¹⁾を行っている。本研究では、進行波中でのBaNKブロックの抵抗特性を把握することを目的として実験的検討を行った。

2. 実験の目的と内容: 既に、室内実験においてBaNKブロックの波浪残差流生成能力は確認されているが²⁾、実海域において効果的に底質移動を制御するためには、波の入射方向に関係なく任意の方向に残差流を生成する必要がある。また、既存のブロックのもつ抵抗特性を事前に把握しておくことによって、その影響を正確に評価できることから各海域の持つ個性に柔軟な対応が可能になる。そこで、波の入射角とそれによって生成される波



浪残差流の方向との関係を把握するために実験 I を行った。更に、ブロックの前後方向の最適間隔を把握するための実験 II を行った。実験には、全長15m、幅0.25mの2次元造波水槽を用いた (図-1)。水槽のほぼ中央に三分力計が設置されており、サンプリングを周波数50Hzとして模型ブロックに作用する抵抗力を測定した。実験結果については、水位波形を基準としたゼロアップクロス法により、100波のデータを抽出し、次式から無次元抵抗力を算定した。

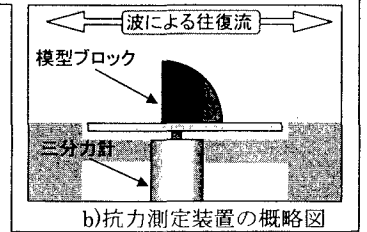


図-1 実験装置の概略図

$$D' = \frac{D}{0.5 \cdot A \cdot \rho \cdot \hat{u}_b^2}$$

D' : 無次元抵抗力
 A : ブロックの投影面積
 ρ : 水の密度
 \hat{u}_b : ブロック高さにおける流速振幅

ここで、式中の流速振幅は微小振幅波理論より求めた。

実験 I では、模型ブロックを回転させることにより、波の入射角 ϕ を 0° から 180° まで 10° ずつ変化させて抵抗力を測定した。座標軸および角度 ϕ 、 γ の定義を図-2に示す。また、実験 I についてはこれらのデータから求めた抵抗力の位相平均波形を用いて抵抗力の1周期平均値 (以後、残差抵抗力) および γ を算定した。実験 II では、三分力計に取付けた模型ブロックの沖側と岸側に同様の模型ブロックを設置し、これらの間隔を $1\text{cm} \sim 17.5\text{cm}$ まで変化させて抵抗力を測定した。ブロックの配置状況およびブロック間隔 s とブロック高さ k の定義を図-3に示す。な

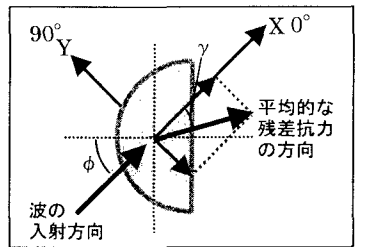


図-2 波の入射角度 ϕ と γ の関係

お、検討には抵抗力波形の振幅を表すような量である抵抗力の二乗平均値を用いた。それぞれの実験条件を表-1に示す。

3. 結果および考察: 実験 I の結果の一例として、Case-1における ϕ と γ の関係および ϕ と残差抵抗力の関係を図-4に示す。ここでは、波の非対称性を除去するために、実験結果を $0^\circ \sim 90^\circ$ と $90^\circ \sim 180^\circ$ の二つの範囲に分け、それらの平均値により周期平均的な抵抗特性を評価した。

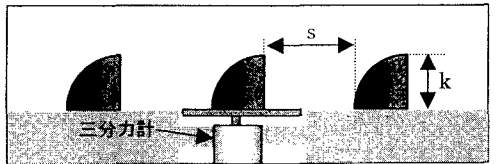


図-3 実験 II におけるブロック配置状況の概略図

ϕ と γ の関係に着目すると、小松ら²⁾による一方向流れにおける結果よりも全体的に γ の値が小さくなっている。残差抵抗力の角度 γ は波 (流れ) の入射方向に働く抵抗力とそれに直交する方向に働く抵抗力との相対的な関係で決定される。従って、定常流よりも波浪場の方が入射方向の抵抗力の影響が大きくなることが分かった。一般に、高Re数における流体力は物体の背後に生じる剥離渦によるものである。一方向の流れにおいてはこの剥離渦が十分に発達して定常状態に達し

ているのに対して、波による往復流場においては、ある瞬間に発生した剥離渦が十分に発達する前に逆向きの流れで渦が消散してしまう。このようなメカニズムや仮想質量力の相対的な寄与の違いにより往復流と一方向流れとは異なった抵抗特性を呈するものと考えられる。詳しいことは今後の課題としたい。

表-1 実験条件

		水深 (cm)	周期 (sec)	波高 (cm)	ブロック高さ (cm)
実験 I	Case-1	25	1	8.2	3.75
	Case-2			4.8	5.5
	Case-3	30		5.7	
実験 II	Case-4	25		4.8	3.75
	Case-5	35		6.8	

次に、無次元残差抗力の変化に着目すると、 ϕ が大きくなるに従って残差抗力は小さくなることから、 ϕ が比較的大きくなるようなブロックの配置は効率的な残差流の生成には不利と考えられる。

図-5は、横軸に無次元抗力のX軸方向成分、縦軸にY軸方向成分を取ったものであり、プロットは抗力ベクトルの先端の位置を表している。グラフ上には、 $\phi=0^\circ \sim 180^\circ$ の全ての条件について各々1周期分の結果を同時にプロットした。この結果から波の進行方向に対して $0^\circ \sim 30^\circ$ の角度を成す方向には比較的大きな抗力が生じていることが分かる。しかしながら、 γ が約 $30^\circ \sim 90^\circ$ の方向には、抗力がほとんど生じておらず、これらの方向に残差流を生成するのは容易でないとと言える。ところで、往復流場における慣性力の影響の大きさを表す指標としてKC数が挙げられるが、Case-1、Case-2におけるKC数の値はそれぞれ464、181であった。これら二つの実験結果(図-5)を比較したところ、無次元抗力の大きさには違いが生じているものの、抗力の方角に関してはほぼ同様の傾向性を示している。従って、このようなKC数の範囲においては方向に関する抵抗特性に大きな違いが生じることはないようである。BaNKブロックを実際に現場に設置した場合のKC数はさらに大きな値をとることから、本実験で得られた結果は概ね現地でも適用できるものと考えられる。

次に、実験IIの結果を図-6に示す。横軸にはブロックの間隔 s 、縦軸には抗力の二乗平均値 $\sqrt{D^2}$ をとっており、それぞれ、ブロック高さ k およびブロックを単体で設置した場合の抗力の二乗平均値 $\sqrt{D_s^2}$ で無次元化している。このグラフから、 $s/k < 1.0$ になると $\sqrt{D^2}/\sqrt{D_s^2}$ は急激に減少するのに対して、 $s/k > 1.0$ においては変化が少なく、ブロック間隔が広くなるにつれて $\sqrt{D^2}$ の値に漸近していることがわかる。これは、 $s/k < 1.0$ の領域では前後に設置したブロックによって生じる剥離渦の影響を直接受けて抗力波形の振幅が極端に小さくなっているのに対し、 $s/k > 1.0$ の領域では周囲のブロックの遮蔽効果によってブロック近傍の流速が低減することにより間接的に抗力が小さくなっているものと考えられる。

4. まとめ: 本研究から以下のような結論が得られた。

- ① 波浪による往復流場においても任意の方向に残差流を生成することが十分可能である。
- ② 波浪による往復流場におけるBaNKブロックの残差抗力は一方向流れにおける結果よりも、波の進行方向(主流方向)に傾いた方向に生じる。
- ③ 抗力ベクトルは、波の進行方向に対して $0^\circ \sim 30^\circ$ の範囲において非常に大きく、このような方向に対しては効果的に波浪残差流を生成できる。
- ④ BaNKブロックの前後の設置間隔がブロック高さ以下になると強い相互干渉が生じるため、効率性を考えると、ブロックの設置にあたっては少なくともブロック高さ以上の距離を確保する必要がある。

参考文献

- 1) 小松ら: 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, 45, (印刷中)
- 2) 小松ら: 方向性をもつ底面粗度を用いた潮汐残差流の創造と制御, 水工学論文集, 41, 1997

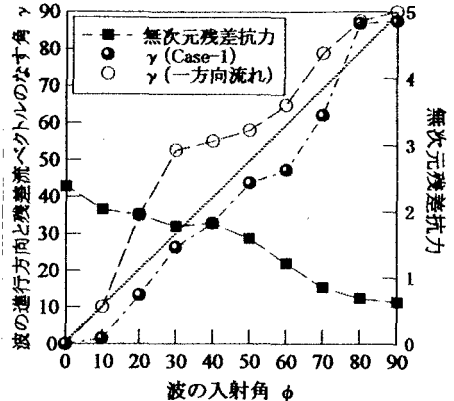


図-4 波の入射角 ϕ と残差流の関係

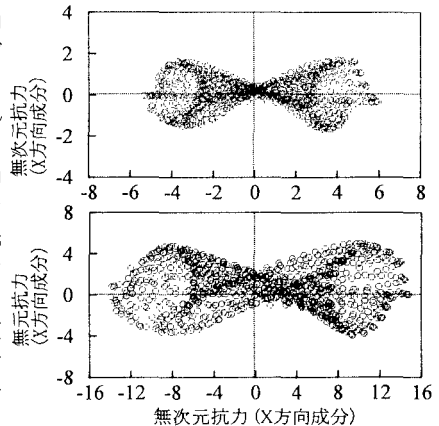


図-5 抗力ベクトルの先端の軌跡
(上図: Case-1 下図: Case-2)

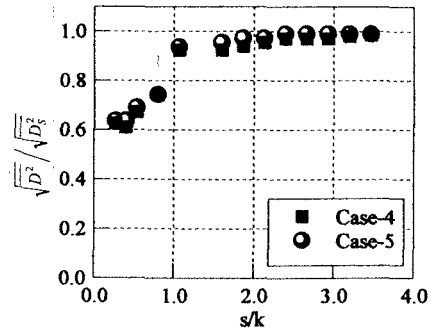


図-6 ブロックの配置間隔と $\sqrt{D^2}/\sqrt{D_s^2}$ の関係