

BaNKシステムの残差流生成特性に関する実験的研究

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

1. はじめに: 著者らは、近年深刻な問題となっている海岸侵食に対して新たな底質の輸送制御技術であるBaNKシステムを提案している。BaNKシステムとは1/4球のような方向抵抗特性をもつ小規模海底構造物(：BaNKブロック)を海底に設置することにより、底層付近に任意の方向の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システムである。既にこれまでの室内実験において、波浪場にBaNKブロックを設置すると、大規模な鉛直残差流が生成されることが確認されている¹⁾(図-1 参照)。

BaNKブロックが生成する波浪残差流の鉛直分布を特徴付ける物理量として、岸向き残差流の厚さ(図-1中の z_0)と底面近傍に生じる岸向きの残差流速の最大値(図-1中の u_{max})の2つが考えられる。そこで本研究ではこの2つの量の内、特に岸向き残差流の厚さ z_0 に注目し、種々の条件下において室内実験を行った。そしてそれらの結果から、岸向きの残差流の厚さを決定付けると思われる要因について検討を行った。

2. 実験の内容: 実験には図-2に示す2次元造波水槽を用いた。水槽の中央の区間にBaNKブロックの模型を設置し、表-1に示す実験条件の下でブロック上に生成される流速の鉛直分布を調べた。また今回、高さが $k=2.1, 3.7$ cmといった2種類の1/4球型ブロックを用いたが、ブロックを図-3に示すような配置とし、1/4球の設置密度と列数を揃えた。1/4球の設置密度は $0.026(\text{cm}^{-2})$ である²⁾。なお、ブロックの敷設長は k の大小によって66cm, 121cmと変化するが、これらはいずれも残差流の生成厚が空間的に一定となるのに十分な長さであることが確認されている。1/4球型ブロックの影響が特徴的に現れる点A, B(図-3)において鉛直方向に8~10点の流速を測定し、同一高さでのA, B, 2点の平均値を幅方向の平均流速と見なすことにした。測定はADV(超音波ドップラー流速計)を用いて行い、波の

周期に応じて120または150秒間計測した。また得られた流速データからゼロアップクロス法により100波分を抽出し、それらを平均することにより各点の残差流を算出した。

3. 結果および考察: 実験結果の一部を図-4に示す(なお、図-4では、縦方向に水深、横方向に概ねの波高が一致するようにグラフを配列している)。横軸は底層における流速振幅 u_b によって無次元化された平均流速 u/u_b 、縦軸は平均水深 h によって無次元化された底面からの高さ z/h である。ただし、 u_b は微小振幅波理論によって算出されるブロック高さにおける流速振幅を用いた。結果を見ると、ほとんどのケースにおいて、ブロックを設置することによって底層に意図した方向の強い波浪残差流が生じ、上層にはそれを補償する流れが生じていることが分かる。しかしながら、3列目上段のように底面に十分な残差流が生成しなかったケースもいくつか確認された。

次に岸向きの残差流が生じる厚さ、つまり表面から平均流速がゼロとなる点までの無次元高さ z_0/h に着目すると、 z_0 と各条件の間に以下のような傾向が読み取れる。 z_0 は(1)水深が同じ条件であれば波高が大きいほど大きい。(2)波高が同じ条件であれば水深が小さいほど大きい。(3)水深、波高が同じ条件であれば周期が長いほど大きい。(4)水深、波高、周期が同じ条件であればブロック高さが高い程大きく、またその影響は他の条件よりも大きいようである。

上記のような z_0 の大小を規定する物理量の多くは底面流速 u_b に集約されて現れるものと考えられる。そこで u_b に対して z_0/h をプロットしてみると、ブロック高さ k の違いに応じて2本の曲線が描けること、また同程度の u_b に対して k が大きい程、 z_0/h が大きくなることが分かった。この結果から、少なくとも今回行った実験条件に対しては、底面流速 u_b とブロック高さ k という2つの物理量が z_0/h を決定する上で特に重要な役割を果たし

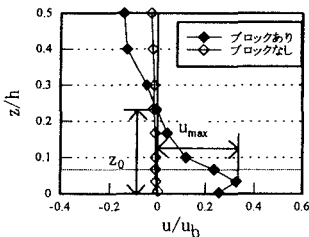


図-1 ブロック上における残差流速の鉛直分布

表-1 実験条件

k (cm)	T (s)	h (cm)	H (cm)	k (cm)	T (s)	h (cm)	H (cm)	k (cm)	T (s)	h (cm)	H (cm)					
2.1	1.0	20	3.1	2.1	1.0	30	7.4	3.7	1.2	35	5.6					
			5.2				9.5				7.9					
		25	1.9			35	3.2			1.0	30	1.9	35	1.2	30	3.2
			3.2				4.3					3.3				
			4.2				5.4				3.3					
			5.3				7.6				5.3					
	7.7		9.7	7.7												
	3.2		5.5	3.2												
	30	1.2	30	4.2	35	35	4.2		3.7	1.2	30	4.2				
				5.2			3.3					5.2				

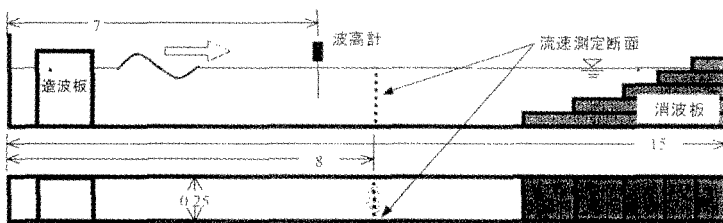


図-2 実験水槽の概略図(単位:m)

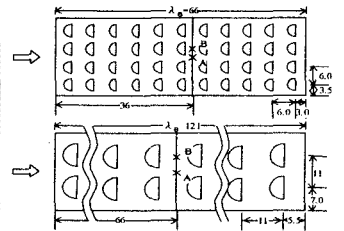


図-3 ブロック模型概略図(単位:cm)

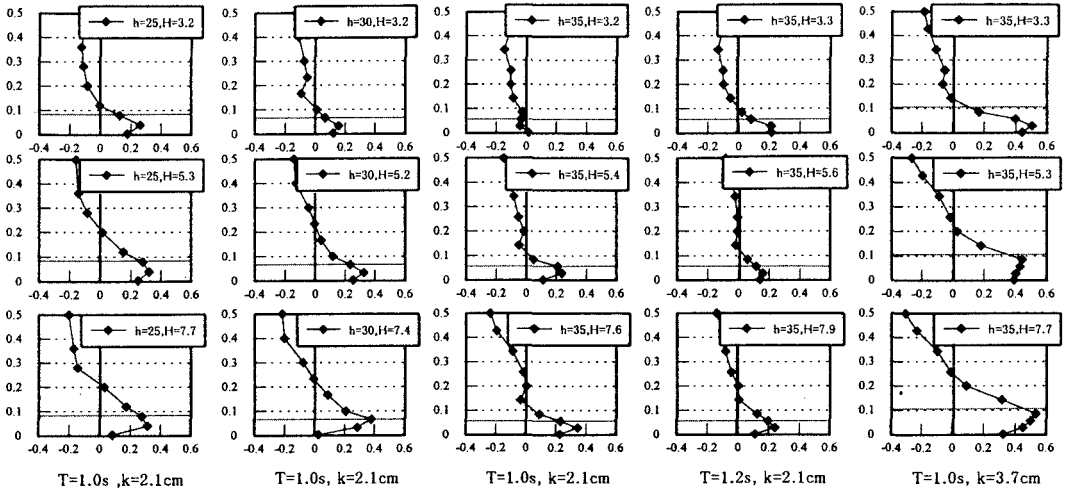


図-4 実験結果 (縦軸: z/h , 横軸: u/u_b , 図中下方の直線はブロック高さ, 凡例中の単位は cm, s)

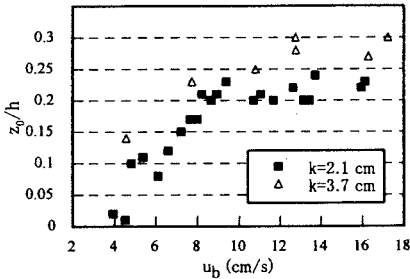


図-5 底面流速 u_b と z_0/h との関係

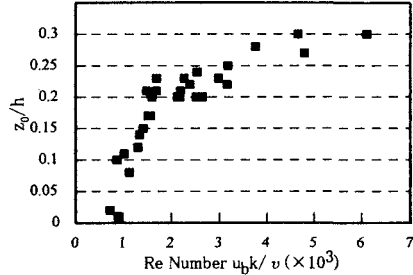


図-6 粗さの Re 数と z_0/h との関係

ていることが確かめられた。

波浪残差流は、ブロックの設置によって生じる速度欠損の鉛直分布が流れの方向によって異なることにより生じる。このため z_0 はブロック抵抗が時々刻々の流速分布に及ぼす影響の高さと密接な関係をもっていると考えられる。また、ブロックの影響高さは主に u_b と k によって変化すると考えられることから、上記の結果は物理的にも妥当な結果と解釈できる。ところで図-5において k の値が大きい程、また u_b が大きい程 z_0/h は大きくなっていることから、粗さの Re 数が z_0/h を規定する支配的な無次元パラメータであることが推察される。そこで粗さの Re と z_0/h の関係を調べてみると、両者の間にはほぼ 1 対 1 の関係があることが確かめられた(図-6)。

z_0 をブロック高さ k で無次元化した z_0/k を用いた場合についても検討を行ってみたが、図-6 のように z_0/h を用いた場合は結果がよくまとまらなかった。ブロックの影響高さは底面流速とブロック高さといった底面近傍の局所的な物理量によってほぼ決定されているが、ブロックの敷設長が十分長く室内実験で実現した残差還流はいずれも空間的に十分発達したものであったため、このような結果が得られたのではないと思われる。

今回の実験は粗さの Re 数が 700 ~ 7000 程度の範囲を対象に行われたが、実際にブロックを設置した現地実験が実施されている福岡県糸島郡の野北海岸¹⁹⁾においては、水深 6.5m の地点の底面流速は平穏時で 10cm/s、暴浪時には 100cm/s にも

達し、この場合粗さの Re 数は $3 \times 10^4 \sim 3 \times 10^5$ と今回行った実験条件よりも十分大きい値を示す。仮に今回得られた結果をこのような高 Re 数にも適用できるとすると、同海域で岸向き方向に十分な長さのブロック敷設区間を設けた場合、図-6 の曲線の傾きからして、およそ水深の 3 ~ 5 割の厚さをもつ岸向きの残差流が生成されることが期待される。

4. まとめ: 本研究から以下のような結論が得られた。

- ① 岸向き残差流の厚さは、様々な水理条件によって変化するが、中でも特に底面流速 u_b とブロック高さ k に強く影響されており、 u_b および k が大きい程、岸向き残差流の厚さも高くなる。
- ② 少なくとも今回行った実験の結果から判断すると、 z_0 はブロック抵抗の影響範囲によって決定されており、底面流速 u_b とブロック高さ k を含む粗さの Re 数が z_0/h を規定する最も支配的な無次元パラメータと考えられる。
- ③ 今回得られた結果を実海域の高 Re 数領域にも適用できるとすると、ブロックによる波浪残差流は水深の 3 ~ 5 割程度の層厚であると推算される。

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, 2001
- 2) 小松ら: BaNK 工法を用いた流況制御に関する実験的研究, 西部支部講演概要集, II - 103, 2001