

BaNK システムの物質輸送の制御効果に関する実験的研究

九州大学大学院 学生会員 ○柴多 哲郎 フェロー 小松 利光  
 正会員 押川 英夫 正会員 藤田 和夫

1. はじめに: 著者らは海岸侵食等の底質輸送に起因した諸問題に対する防止技術として、複数の小規模非対称構造物を海底に設置する BaNK (Beach and Navigation Keeper) システムを提案している<sup>1),2)</sup>。

これまでの研究の蓄積により構造物周りに一方向流れが任意の方向に生成可能なことが明らかとなっている。しかしながら実海浜は多種多様な特性を有し、底質挙動は非常に複雑であるため、海域独自の個性を把握した上で本システムを適用することで底質輸送の制御が可能となるものと考えられる。本研究では海域の基本的条件となる波高と海底勾配を変化させた固定床実験を行い、BaNK システムの効果を検討した。

2. 実験内容: 実験には図-1に示す鉛直2次元吸収式造波水槽を用いた。水平部分での静水深を  $h_0=30.0$  cm とし、周期  $T=1.0$  s の規則波を発生させた。造波板から 5.0 m の位置より水路床に勾配(角度  $\theta$ ) をつけ、ブロック有りの条件では高さ 2.0 cm の 1/4 球型の模型 BaNK ブロックを設置した(表-1 参照)。また、ブロックは勾配の始点から水深 10.0 cm 地点までの波長より十分長い敷設長において、ブロック間隔 8.0 cm の等方格子で設置されている。これらの条件は従来の水平床における実験で波浪残差流の生成が確認された条件である<sup>1)</sup>。測定位置の水深(静水深)を  $h$  として、縦断方向には  $h=10.0$  cm から 25.0 cm までの区間を水深 2.5 cm 間隔で7箇所の測点において流速の鉛直分布を測定した(図-2 参照)。底面(等方格子で設置された4つの粗度の中央)を原点として波の進行方向に  $x$  軸、鉛直上方に  $z$  軸を定義している。流

速は超音波ドップラー流速計を用いて 60 秒間計測し、ゼロアップクロス法で 50 波分を抽出して平均をとることにより以下の議論を行っている。

3. 結果および考察: 勾配  $\tan \theta = 1/10$ 、沖波波高  $H=5.0$  cm,  $h=15.0$  cm, 底面からの高さ  $z=0.1$  cm の位置での  $x$  方向流速  $u$  を位相平均した結果を図-3に示す。横軸は周期  $T$ 、縦軸は振幅  $a(=H/2)$  と角周波数  $\sigma$  により無次元化されている。但し、図中の波形はゼロアップクロス時の位相を合わせたものであり、両者の位相の遅れは正確ではない。これよりブロックの存在によって、正方向(岸向き)の流速のピークが増加し、負方向(沖向き)のピークの絶対値は減少することがわかった。またブロックが無い場合に比べ、ブロックがある場合には正方向の流れの生成される時間が長いこともわかった。流速の一周期平均値である残差流速はこれらの波形の積分値として求められる。従って実海浜のように底面に傾斜が存在する場合においても、ブロックを設置することによって意図した方向に残差流が発生可能なことがわかった。

図-4に水路床勾配をパラメータとした  $h=10.0$  cm 地点での a)  $x$  方向残差流速  $U$  の鉛直分布、及び b) 同位置での  $z=0.1$  cm の高さの  $x$  方向流速の位相平均波形ともに無次元化して示す。図-4a)を見るとブロック無しの場合には残差流速が負の値をとるのに対し、ブロック有りの条件ではブロック高さ付近まで残差流速はほぼ正の値となっている。またブロックが存在する場合、勾配が急になるほど残差流速が大きくなることわかる。それに対応して図-4b)では勾配が急になるほど正方向流速のピークおよび正の値をとる時間が増

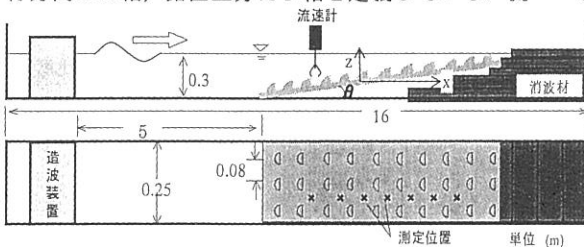


図-1 実験装置概略図

表-1 実験条件

	case1	case2	case3	case4	case5	case6	case7	case8	case9
波高(cm)	2.5	5	7.5	2.5	5	7.5	2.5	5	7.5
勾配( $\tan \theta$ )	1/10			1/20			1/30		
ブロック	有り								
	case10	case11	case12	case13	case14	case15	case16	case17	case18
波高(cm)	2.5	5	7.5	2.5	5	7.5	2.5	5	7.5
勾配( $\tan \theta$ )	1/10			1/20			1/30		
ブロック	無し								

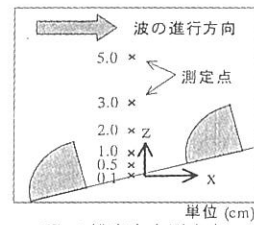


図-2 鉛直方向測定点

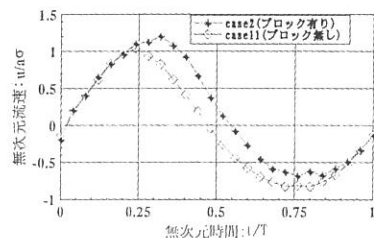


図-3 流速の位相平均波形

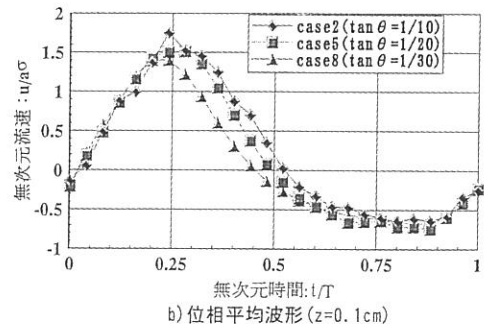
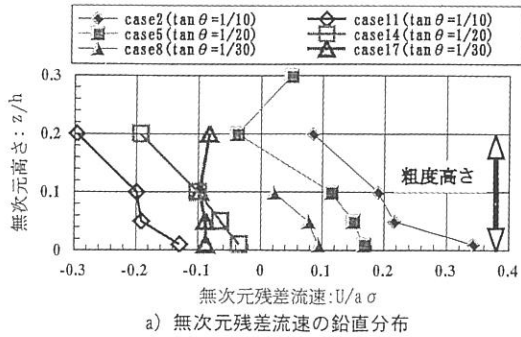


図-4 流速に及ぼす勾配の効果 (測定位置  $h=10.0\text{cm}$ )

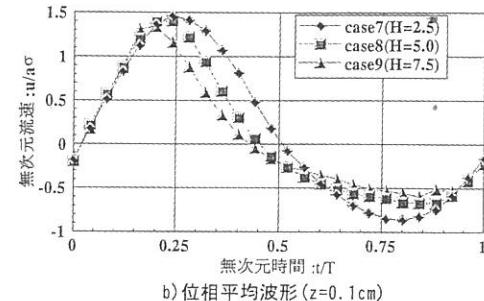
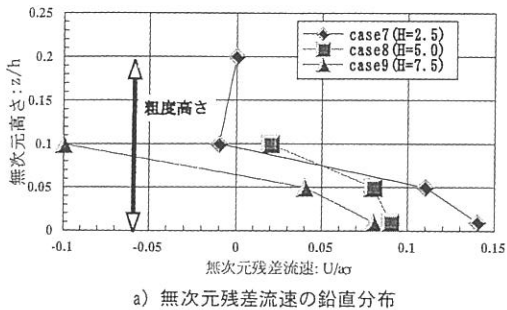


図-5 流速に及ぼす波高の効果 (測定位置  $h=10.0\text{cm}$ )

加している。しかし、負方向の流速のピークには勾配による大きな差異はみられない。これより、BaNKシステムは海底勾配が大きい場合その効果を発揮し易いこととなる。

図-5は波高をパラメータとした  $h=10.0\text{cm}$ ,  $\tan\theta=1/30$  での a) x 方向残差流速  $U$  の鉛直分布、および b) 同位置での  $z=0.1\text{cm}$  の高さの x 方向流速の位相平均波形である。図-5a) より波高が小さいほど底層にみられる岸向きの無次元残差流速が大きいことがわかる。図-5b) では水面波形の有限振幅効果による変形に類似して、波高が大きくなるほど流速波形が歪んでいる。これより有限振幅効果（波の非線形性）が強くなると非対称構造物の効果が生じにくくなることが分かる。

最後に波高をパラメータとした  $h=15.0\text{cm}$ ,  $\tan\theta=1/30$ ,  $z=0.1\text{cm}$  の高さにおける x 方向流速の位相平均波形を図-6に示す。これは図-5の条件のやや沖側の結果である。図-6をみると有限振幅効果により  $H=7.5\text{cm}$  では  $H=2.5, 5.0\text{cm}$  と比較して流速波形は若干変形しているが、図-5b) と比較すると波高による変化は全体的に小さいことがわかる。これより流速波形の浅水変形は  $15.0\text{cm}$  程度の水深までは比較的小さいが、より浅くなった  $10.0\text{cm}$  程度の水深では顕著になることが分かる。

#### 4. まとめ

本研究から以下の知見が得られた。  
① BaNKシステムは冲向きの流れを抑制するだけでなく、岸向きの流れも促進することで残差流を生成し

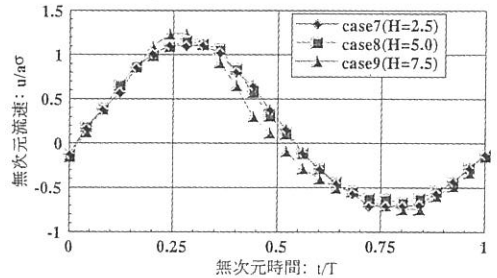


図-6 波高別の流速の位相平均波形 ( $h=15.0\text{cm}$ ,  $z=0.1\text{cm}$ )

ている。

② 水平床と同様に勾配のある条件においても BaNKブロックを設置することで底層に岸向き残差流が生成される。その際、勾配が急な条件の方が BaNKシステムの効果が発揮され易い。

③ BaNKシステムにおいては波高が小さい方がその効果を発揮し易い。しかしながら沖浜帯のようなある程度の水深下では、本システムに及ぼす波高の影響が小さいため、底質輸送の制御が有効に行えるものと期待される。

#### 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，第45巻，pp.1087-1092，2001
- 2) 小松ら：BaNKシステムの底質輸送制御効果に関する研究，水工学論文集，第46巻，pp.457-462，2002