

波浪と定常流の重合場における BaNK システムの残差流生成特性

九州大学工学部 学生会員 ○武田 宜紘 九州大学大学院 正会員 押川 英夫 藤田 和夫
 国土交通省下関港湾空港技術調査事務所 正会員 吉田 秀樹 田中 克己 大波多 昌志
 九州大学大学院 フェロー 小松 利光

1. 研究背景及び目的

貿易立国であるわが国は、その地理的条件からも港湾が重要な役割を担っている。その一方で、航路の浚渫などに代表される港湾の維持管理は管理者である国や自治体の大きな負担となっている。このような背景のもと、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¹⁾。これは非対称な形状を有する小規模な構造物を海底に複数個設置することで、底質の任意の方向への輸送を可能とするものである。本システムを利用することで航路埋没を抑制し、港湾の維持管理の中長期的なコストを削減することが期待されている。

小松ら¹⁾は、BaNK システムに用いる構造物(BaNK ブロック)の敷設長について既に検討を行っている。しかしながら実験条件の制約もあり最適な敷設長は明らかとなっておらず、また彼らの実験は波浪場のみを対象としており、実海域では考慮されるべき潮流の影響については検討されていない。そこで本研究は、BaNK システムの研究開発の一環として、潮流を意図した定常流と波浪の重合場において、BaNK ブロックの最適な敷設長に関する検討を行った。

2. 実験装置及び方法

実験には図 - 1 に示す全長 1600.0cm、幅 25.0cm、高さ 60.0cm の鉛直 2 次元吸収式造波水槽を用いた。非対称構造物としては円柱を 2 等分した半円柱を用いた。構造物の直径は 3.0cm、高さは 1.5cm であり、中心間隔 6.0cm で等方格子状に配置した。構造物の数は横断方向には 4 列で、縦断方向には敷設長 l_B に応じた表 - 1 に示す条件となっている。用いた波浪は静水深 $h(=30.0\text{cm})$ 、周期 $T(=1.0\text{sec})$ 、波高 $H(=5.0\text{cm})$ の規則的な進行波であり、微小振幅波理論によると波長 L は 1.37m である。波浪のみの実験も行っているが、重合場の実験においては、造波機で波を起こすのと同時にポンプで定常流(断面平均流速でおよそ 1.0cm/s 及び 2.0cm/s)を発生させ、構造物設置領域付近の流速を超音波式流速計(以下、流速計)により測定した。定常流は、構造物により底面付近に生成される残差流を打ち消す方向に付加されている。縦断方向の流速の測定断面は、構造物の設置位置から沖側 3.0cm の位置を原点とするデカルト座標系において、敷設長のほぼ中央と岸側端付近、および両測定断面のほぼ中央の 3 断面とした。但し、敷設長が $3L/16$ および $L/8$ では構造物の数が少なくなるため(表 - 1 参照)、先述の両端の測定断面の中央を除く 2 断面である。横断方向の測定断面は水路中央を $Y=0$ として、0, 1.5, 3.0 (cm) の 3 断面であり、鉛直方向には水路床を $Z=0$ として、0.1, 0.375, 1.75, 1.5, 2.25, 3.0, 4.0, 5.0, 7.0, 10.0, 15.0, 20.0 (cm) の 12 断面とした。各点毎に得られた 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を求めた。

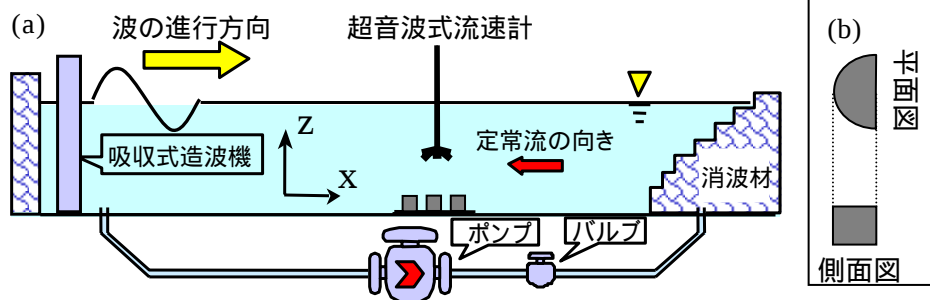


図 - 1 実験装置の概略図 [(a)装置全体の側面図, (b)構造物単体の向き]

表 - 1 敷設長と縦断方向のブロック数の関係

敷設長 l_B	個数
$L/2$	11
$L/3$	7
$L/4$	5
$3L/16$	4
$L/8$	3

3. 実験結果及び考察

各条件における残差流の空間分布の例を図 - 2 ~ 4 に示す。なお、これらのベクトル図は $Y=3.0\text{cm}$ の鉛直断面であり、構造物の中心を通る断面である。また図中の□は構造物の位置と大きさを示している。まず定常流がない波のみの場合における基本場としての残差流の分布について検討した。図 - 2, 3 より、底面から構造物の高さ付近まで X 方向の正(岸向き)の残差流が生じている。一方、 $Z=5\sim 20(\text{cm})$ の中層付近においては、構造物によって生じた底面付近の残差流の補償流として負(沖向き)の残差流が生じている。逆行する定常流が付加された図 - 4 においては、定常流に応じて中層では負の残差流が強くなっているものの、構造物の影響が大きい底面付近では比較的強い正の残差流となっている。

次に、構造物周辺の局所的な X 方向の平均残差流速 U_m を算出することで、本システムにおける適切な敷設長を検討する。その際、 Y 方向には計測された 3 点、鉛直方向には構造物の高さまでを平均した。縦断方向については、残差流が敷設長に応じて X 方向に変化(発達)するため、ここでは敷設長の中央断面の結果で代表させることとした。結果を図 - 5 に示す。横軸の敷設長 l_B は波長 L で、縦軸の U_m は波の振幅 a と角周波数 σ で無次元表示されている。また、図中には定常流が付加された場合の結果も併記している。これより波のみの場合、無次元敷設長が $1/4$ の時に正の残差流が強くなっていることが分かる。類似の原理を用いた One-Way Pipe の川野らの実験²⁾では、 $1/4$ 波長程度の以下の敷設長が適切とされており、符合した結果となっている。このような結果は、波浪場においては一波長の間に正負両方の流速をもつため、敷設長が長くなると構造物上で同時に相反する向きの流れをもつようになり、一方向の残差流の生成が抑制されることによる。

最後に、逆行する定常流が付加された場合における適切な敷設長を検討する。図 - 5 より定常流が付加された場合にも、無次元敷設長 l_B/L が $1/4$ までは敷設長の増加に伴って残差流は大きくなる。しかしながら定常流が付加されると l_B/L が $1/4$ より大きくなっても岸向きの残差流の値は減少しないため (2cm/s の定常流ではむしろ増加している)、適切な敷設長は $1/4$ 以上ということになる。また逆向きの定常流が強くなるにつれて、全体的に正の残差流がむしろ強くなっている。

4. 結論

BaNK ブロックの適切な敷設長について室内実験に基づく検討を行った。その結果、波のみの場合、波長の $1/4$ 程度の敷設長の場合に最大の残差流が得られることが分かった。しかしながら逆向きの流れが併存している場合、波長の $1/4$ 以上の敷設長が適切となる。またその際、ブロックの効果により底面付近に生成される残差流の値はむしろ大きくなる。

参考文献

- 1) 小松利光・齋田倫範・小橋乃子・安達貴浩・柴田卓也 (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) 川野立・Mukhsan Putra Hatta・藤田和夫・松田如水・押川英夫・小松利光 (2006): 波浪場における方向抵抗差を有する管路の残差流特性, 水工学論文集, 第 50 巻, pp.1435-1440.

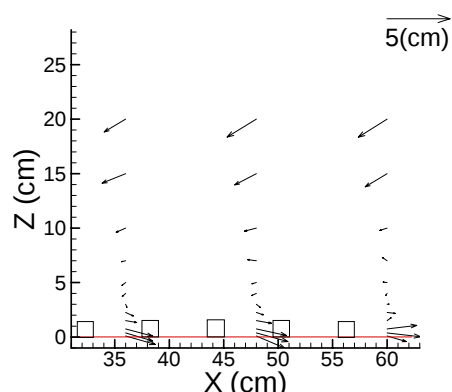


図 - 2 残差流のベクトル図
(波のみ, 敷設長: $L/2$)

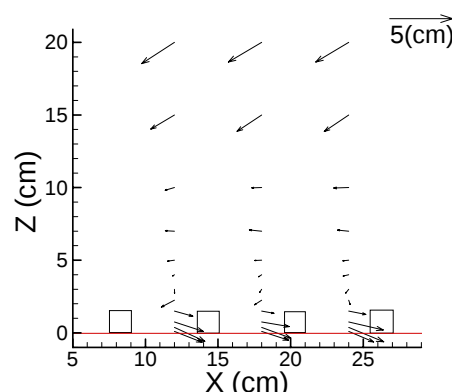


図 - 3 残差流のベクトル図
(波のみ, 敷設長: $L/4$)

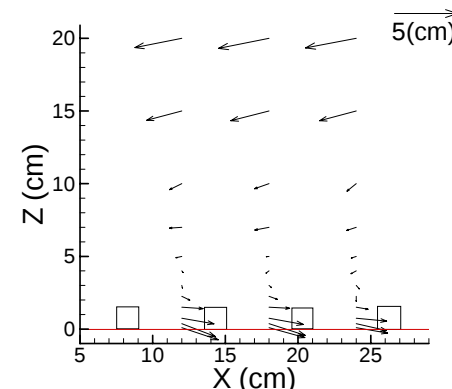


図 - 4 残差流のベクトル図
(定常流 1cm/s , 敷設長: $L/4$)

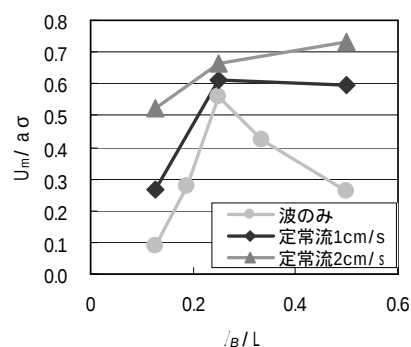


図 - 5 ブロックの敷設長と
残差流の関係