波浪場における非対称没水構造物群周りの残差流生成特性

九州大学大学院工学府 学生会員 ○本村 航平 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>

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(:<u>Beach and Navigation</u> <u>Keeper)システムを提案している^{1),2)}.これは非対称な形</u> 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することで,任意の方向への底質 の輸送を可能とするものである.

これまでの研究により,波浪場においてブロックの 周囲に意図した方向の波浪残差流が生成されることが 明らかになってきた.しかしながら現在までの研究成 果の蓄積では,種々の波浪条件下において発生する残 差流の大きさを予測することは困難である.そこで本 研究は,残差流の生成に寄与する無次元パラメータと して KC 数,相対構造物高さ,Re 数の3 つを主要なも のと考え,これら3 つのパラメータが残差流におよぼ す影響について系統的な室内実験により検討した.

2. 実験概要

実験には**Fig.1**に示す全長1900cm 幅25cm 高さ60cm の鉛直 2 次元吸収式造波水槽を用いた.設置する非対 称構造物としては直径 *D*,高さ*k*(=*D*/2)の半円柱型のブ ロックが用いられた.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,縦断(*X*)方 向,横断(*Y*)方向ともに 2*D* である.また過去の研究¹⁾ によると,ブロックの敷設長*l*_Bと波の波長*L*が*l*_B/*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(N)を決定している.波浪およびブロックの 大きさDについては Table1 に示した範囲で実験を行っ ている.なお,表中の $v(=0.01 \text{ cm}^2/\text{s})$ は水の動粘性係数, 波長Lおよび U_0 は微少振幅波理論から求められた値で, U_0 はプロック高さにおける流速振幅である.

構造物設置領域付近の流速を超音波式流速計(Nortek 社製,Vectorino)により測定した.縦断方向の流速の測 定断面は,構造物群の設置位置の沖側端から D/2 離れ た位置を原点とする右手系のデカルト座標系において, 敷設長 *l*_Bのおよそ *l*_B/2,3*l*_B/4,*l*_Bの3 断面とした.但し N=3 の場合には,先述の 3*l*_B/4 を除く2 断面で計測を行 った.横断方向の測定断面は水路中央を Y=0 として, Y/D=0,-1 の2 断面であり(Y/D=-1 は横断方向に隣接す るブロックの中央),鉛直方向には水路床をZ=0 として Z/k=0.067,0.25,0.5,1.0,1.5,2.0,2.67,3.33,4.67,6.67, 10.0 の11 断面について測定を行った.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を求めた.

<u>3. 実験結果および考察</u>

*Re=*2.5×10³, *KC* 6.0 において *k/h*をパラメータとした *X*方向残差流速の鉛直分布を無次元化して Fig.2 に示す.縦軸は *Z/k* であり,横軸の *u*(u/U₀)*については各地点の *X*方向残差流速 *u* を同一高さの 6 点 (*N=*3 の場合は 4 点)で平均して,*U₀*によって無次元化している. これより,*k/h* が小さいほど *u**の値が大きくなっている



Fig.1 実験装置の概略図 [左図a):装置全体の側面図,右図b):半円柱型構造物単体の向き]

$D(\mathrm{cm})$	T(s)	波高H(cm)	水深h(cm)	L(cm)	Re 数($U_0 D/v$)	k/h	KC 数($U_0 T/D$)
1.5 ~ 3.5	0.8 ~ 1.8	2.2 ~ 9.7	10~49	0.9 ~ 3.5	2.5×10^{3}	0.03 ~ 0.10	1.6 ~ 12.0
3.0 ~ 5.0	1.0 ~ 1.9	2.7 ~ 7.6	10~40	1.1 ~ 3.3	4.5×10^{3}	0.05 ~ 0.15	2.0 ~ 8.0
4.0 ~ 5.0	1.1 ~ 1.8	5.6 ~ 6.7	21 ~ 25	1.4 ~ 2.5	7.0×10^{3}	0.10	3.0 ~ 8.0

Table1 実験条件

ことが分かる .押川ら²⁾によると非線型性が強いほど無次元残差流速が小さくなることが明らかとなっており, 同様の結果を示しているものと思われる.

次に Re=2.5 × 10³, k/h=0.03 において, KC 数をパラメ ータとした u*の鉛直分布を Fig.2 と同様に Fig.3 に示す. これより正の残差流の生成厚,最大値はともに KC=8.1 程度で極大となることが分かる.条件がやや異なるも のの, Andi et al.³⁾の数値計算によると KC=8.4 付近で無 次元残差流速が最大となると報告されており,符合し た結果となっている.

k/h=0.10, KC 3.0 において, Re 数をパラメータとし た u*の鉛直分布を先述のグラフと同様に Fig.4 に示す. これより, 押川らによる 1/4 球型ブロックの実験結果²⁾ と同様に, Re 数が大きい場合により大きな u*が生じて いることが分かる.実海域において本システムを適用 する際に想定される Re 数は本実験条件よりも大きくな る.したがって,実海域における u*の値は少なくとも これらと同程度の値をとることが期待される.

最後に波浪条件に応じてブロック群により底面付近 に生成される平均的な残差流速の評価を試みた.鉛直 方向には底面から u*が正の値を持つ範囲において u*を 空間平均することで無次元代表残差流速<u*>を求めた. 結果を Fig.5 に示す.これより<u*>の値は KC 数,相対 構造物高さ, Re 数に拘わらず,およそ 0.04 ~ 0.09 の範 囲に集中しており,条件によらない近似値として,そ れらの平均値の<u*> 0.067 が残差流速の評価式とし て有用なことが理解される.

<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)無次元構造物高さが小さいほど底面付近に発生する 無次元残差流速が大きくなる.
- 2)KC 数が8程度で無次元残差流速が最大となる. 3)Re 数が大きいほど無次元残差流速が大きくなる.
- 4)本システムの効果を組み込んだ数値シミュレーションを行う際には,ブロック付近の平均的な無次元残差流速として近似的に 0.067 が利用できる.

参考文献

- 1)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.
- 2) 押川ら(2004): 非対称没水構造物群による波浪残差 流生成特性,水工学論文集,第48巻,pp.1255-1260.
- 3)Andi *et al.* (2007) : NUMERICAL SIMULATIONS OF OSCILLATORY FLOWS AROUND A SUBMERGED ASYMMETRICAL STRUCTURE, Proceedings of 5th *International Symposium on Earth Science and Technology*, pp.189-196.

