

海草の繁茂する非対称構造物の抵抗特性に関する実験的研究

九州大学工学部 学生会員 ○國澤 義則 九州大学大学院 正会員 押川 英夫 藤田 和夫
九州大学大学院 学生会員 張 信一郎 九州大学大学院 フェロー 小松 利光

1. はじめに

著者らは海岸侵食等の底質の輸送に起因した諸問題への対応策として、BaNK (Beach and Navigation Keeper) システムを提案している^{1,2)}。BaNK システムとは波浪場に非対称構造物を設置して底層付近に1周期平均的な流れを生成させることにより、底質の輸送を制御するシステムである。海底に構造物を長期間設置する場合、海生生物の付着は避けられない。従来の研究³⁾により、海草等の付着していない非対称構造物の抵抗特性についてはある程度明らかとなっているが、動揺する海草などが付着した場合の非対称構造物の抵抗特性についての研究は未だ行われていない。そこで本研究はBaNKシステムの研究の一環として、海草が繁茂した場合の非対称構造物の抵抗特性について実験的に検討を行ったものである。

2. 実験方法及び実験条件

実験には図-1に示すピストン駆動式U字管振動流装置(高さ120cm×長さ300cm×奥行き30cm)を用いた。非対称形状、或いは比較用の対称形状の粗度を小型三分力計に取り付けて水槽の中央に設置し、粗度に作用する抵抗力のX、Y成分(図-1下参照)を測定した。直径がD=7、10、12cmで高さがそれぞれの半径と等しい長さの円筒が対称構造物として、非対称構造物としてはそれらを半分に切断した半円筒がそれぞれの粗度として用いられた。また図-1左上に示されたように水位変動を容量式波高計により測定している。実験は表-1に示した12ケースそれぞれにおいて、粗度の場合(P0とする)と粗度に市販の模型プラント(ジェックス株式会社製、リアルプラントM-05、以下では海草と呼ぶ)を取り付けた場合の2パターン(海草一本の場合をP1、4本の場合をP4とする)について行った。海草1本が取り付けられた場合の半円筒型粗度を写真-1に示す。表-1中のaはピストンの振幅、Tはピストンの周期であり、KC数、 Re 数はそれぞれ $U_0 T/D$ 、 $U_0 D/\nu$ [U_0 は断面平均流速の最大値、 ν (=0.01cm²/s)は水の動粘性係数]で定義されている。但し、図-1から分かるように水槽の両サイドと粗度のある中央部では水槽の管径が異なるため、本研究では実際のピストンの振幅および波高計による水位変動を4/3倍して振幅a及び水位変動 ζ としている。測定ではサンプリング周波数を50Hzとし、120周期分のデータを取得した。

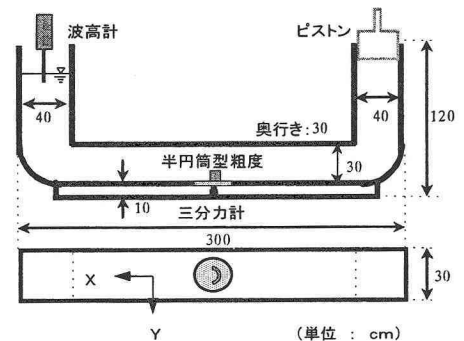


図-1 実験装置概略図(上:側面図 下:平面図)

表-1 実験条件

	D (cm)	a (cm)	T (s)	KC数	Re 数
case1	7.0	10.7	2.94	9.6	1.6×10^4
case2	10.0	8.0	2.94	5.0	1.7×10^4
case3	7.0	17.2	2.93	15.4	2.6×10^4
case4	10.0	19.5	4.79	12.3	2.6×10^4
case5	10.0	15.6	3.84	9.8	2.5×10^4
case6	12.0	9.4	2.74	4.9	2.6×10^4
case7	10.0	11.9	2.94	7.5	2.5×10^4
case8	12.0	18.3	4.83	9.6	2.9×10^4
case9	7.0	15.9	2.74	14.3	2.6×10^4
case10	7.0	8.0	2.04	7.2	1.7×10^4
case11	10.0	7.8	4.93	4.9	1.0×10^4
case12	7.0	10.7	2.04	9.6	2.3×10^4

3. 結果及び考察

まず対称構造物である円筒型との比較を通して、非対称構造物である半円筒型粗度の基本的な抵抗特性を検討した。半円筒と円筒に関して、X方向に働く抵抗力および水位変動 ζ を位相平均した1波長の一例を無次元化して図-2に示す。図の横軸は無次元時間 t/T であり(tは実時間)、縦軸は $0.5 \rho AU_0^2$ で無次元化された抵抗力 F_x^* 、及び無次元水位変動 ζ/a である。Aは海草を無視した粗度のX方向の投影面積であり、半円筒と円筒で同一である。また、図-2の上部に各時間における半円筒型粗度とX方向の断面平均流速uの関係を図示している。 F_x^* の位相関係は各条件の水面変動のゼロアップクロス時を一致させている。

全体的に F_x^* の大きさを比較すると、KC数が小さいKC=4.9の場合の方が、KC数が大きいKC=15.4に比較して絶対値が大きくなっており、慣性力が大きく寄与していることが分かる。KC数が大きいKC=15.4では、円筒と半円筒で大きく F_x^* が異なるのは $t/T \approx 0.5$ の時であり、uの絶対値が最大で粗度の非対称面に流れがあたる位相と



写真-1

海草1本を取り付けた粗度

一致していることから、モリソン式中の抗力が強く影響していることが分かる。逆にKC数が小さい $KC=4.9$ では、対称と非対称で大きく F_x^* が異なるのは $t/T \approx 0.75$ の時であり、加速度が最大になる位相であることから慣性力が大きく寄与していることが分かる。この時の差異は、慣性力の大きさに関する構造物の体積を比較すると、半円筒の方が円筒に比較して小さいために、発生する慣性抵抗の絶対値が小さくなったことによるものと考えられる。 $KC=4.9$ では、 $t/T=0.15$ 付近においても半円筒と円筒に顕著な差異が認められるが、これは押川ら²⁾が示した粗度の非対称性に因る慣性抵抗の増加と考えられる。結果的にはこれらの時間帯における対称と非対称の間の F_x^* の違いにより、一周期平均値である残差抵抗力が発生している。

次に、海草が非対称構造物に繁茂することによる抵抗特性の変化を検討した。海草の本数をパラメータとした F_x^* の1周期間の位相平均波形の例を図-3に示す。これより、海草が存在しても抵抗力の波形の概形は殆ど変化せず、ピーク付近の大きさのみが変化していることが分かる。この傾向はKC数や R_0 数が異なる（それに伴い海草の動揺の仕方も異なっている）条件においても同様であることが確認されている。海草の本数の増加に伴いピークの絶対値が大きくなっているのは、海草の存在による主流方向の投影面積の増加が主要因であると考えられる。

最後に F_x^* の時系列を平均して得られる主流方向の無次元残差抵抗力 f_x^* について検討する。 R_0 数が約26000の場合について、横軸をKC数、縦軸を f_x^* 、海草の本数をパラメータとして図-4を示す。これよりKC数の増加に伴い f_x^* はほぼ単調に減少していることが分かる。海草の存在・動揺が F_x^* の平均的な変動の概形に大きな影響を与えなかったことを踏まえると、海草のない場合の従来の研究成果²⁾にも符号しており、この傾向は妥当なものと考えられる。海草の繁茂による残差抵抗力の変化をみると、KC数が大きい場合（ $KC > 12$ ）には海草の有無によって f_x^* は殆ど変化していないようであるが、通常の波浪場に相当するKC数がある程度小さい場合には海草の繁茂によって f_x^* は大きくなっている。

4. おわりに

本研究により、海底に設置された非対称構造物に海草が繁茂した場合、残差抵抗力の顕著な減少や向きの逆転は起こらず、むしろKC数が小さな場合は残差抵抗力が大きくなる事が明らかとなった。このことは、海草の繁茂がBaNKシステムにとって有利に働くことを意味する。

参考文献

- 1) 小松ら：方向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巻，2001年2月
- 2) 押川ら：振動流場における非対称没水構造物の方向抵抗特性に関する実験的研究，水工学論文集，第47巻，2003年2月

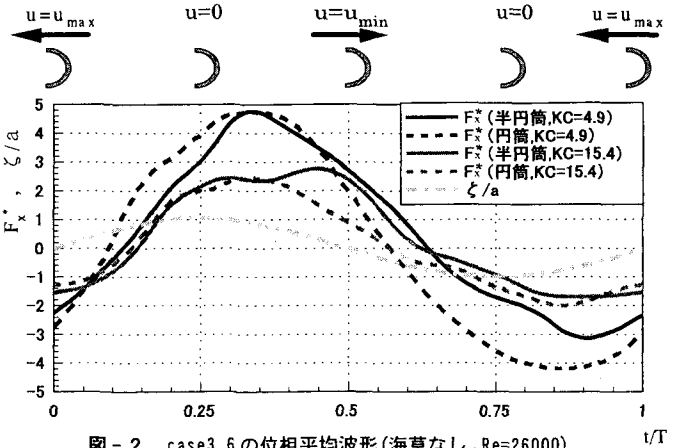


図-2 case3,6の位相平均波形(海草なし, $Re=26000$)

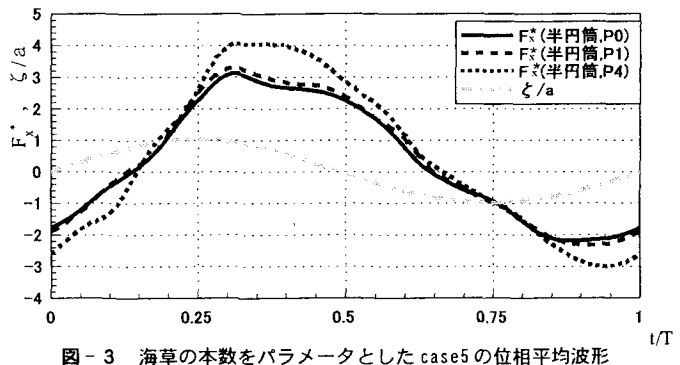


図-3 海草の本数をパラメータとした case5の位相平均波形

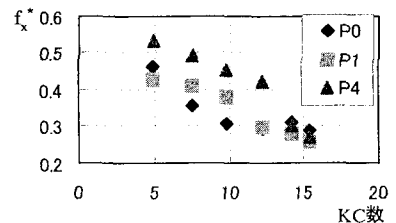


図-4 海草の本数をパラメータとした KC数と f_x^* の関係 ($Re \approx 26000$)