

水面上に流出した油の回収について

山口大学工学部 正会員 羽田野 袈裟義
 日本文理大学工学部 正会員 櫛田 操
 日本文理大学工学部 田中 久喜

1.はじめに

近年しばしば発生する重油流出事故は、水産業や生態系に深刻な被害を与える。そのため効率よく重油を回収できる装置の開発が必要である。本研究は、流出油が水面に浮くことに着目し、放射状に集波板を配置し、頂部に開口部を持つ円錐台型の容器を海面近くに配置して、越波の作用を利用して回収する方法を検討するものである。このような回収装置の模型として、図-1 に示す模型を用いた基礎的な実験を行い越波量を測定した。また、越波に関する既往の研究結果を再整理し、三次元越波構造物に対する越波量の評価を試みた。

2.実験の概要

実験は日本文理大学の平面造波水槽で行った。水槽は、長さ 40m、測定部幅 15m で、定格深さ 1m である。実験に使用した容器は、開口部の直径 20cm、円錐台斜面の傾斜角は 26° と 40.5° の 2 つである。実験では、上部の開口を蓋でふさいだ状態で波を起こし容器の位置を最初の数波が通過してほぼ一定の波となった時点で素早く蓋を開いて水槽の反射波の影響がでない適当な波数だけ越波させて速やかに蓋を閉じる。そして獲得した水の体積とその間に来襲した波の数を測定する。実験は、水深 $h = 50\text{cm}$ 、静水面から開口部までの高さ $h_c = 6, 11, 16\text{cm}$ 、波高 $H = 5, 9, 12\text{cm}$ 、波の周期 $T = 1.0, 1.5, 2.0$ 秒で行った。

3.既往の実験データの再整理

(1)既往の研究結果

岡田氏は本実験と同じ水槽を用い三次元構造物に対する正面越波の実験的検討を行い、斜め入射波について入射角による越波量の変化を検討している。図-2 は、正面越波の結果の一例である。図中において Q_{R3} は越波した水の体積を越波部の幅 B_0 と通過した波の数で除したものである。また、桑原氏は、岡田氏の実験データを用い三次元構造物に対する越波量の定量的評価を行っている。

(2)実験データの再整理

今回、岡田氏の結果を利用し三次元構造物に対する越波量の定量的評価を行った。図-2 において、同一の h_c/H では、無次元越波量 Q_{R3}/HL は B_1/B_0 に対して上に凸に分布しているため、波形勾配 H/L 、 h_c/H ごとに二次式で近似した。図中の曲線は近似曲線である。 $X = B_1/B_0$ 、 $Y = Q_{R3}/HL$ として次式で近似し、 A, X_{\max}, Y_{\max} を求めた。

$$Y = A(X - X_{\max})^2 + Y_{\max} \tag{1}$$

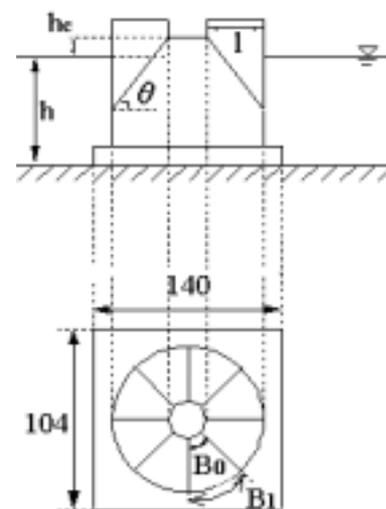


図-1 回収装置の模型

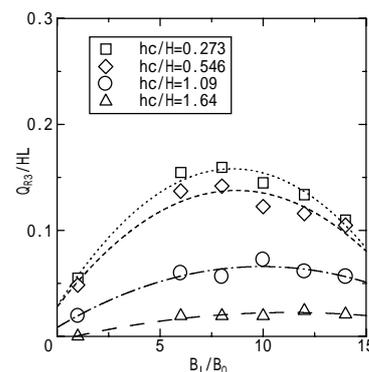


図-2 無次元越波量

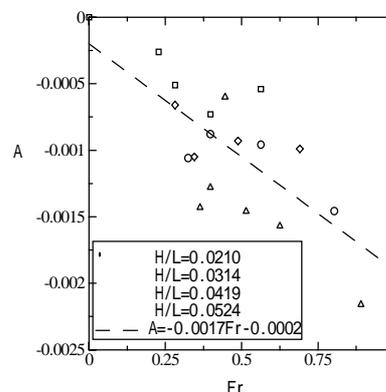


図-3 A と Fr との関係

キーワード：油回収，越波，集波

連絡先：〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1

tel:0836-85-9317 FAX:0836-85-9301

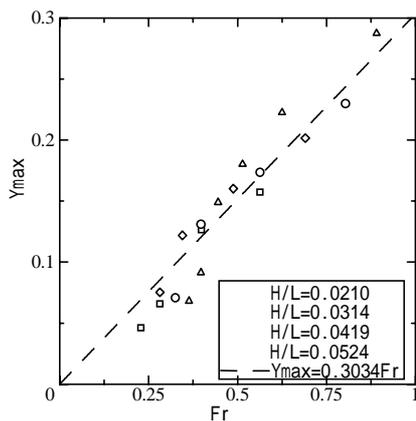


図-4 Y_{max}とFrとの関係

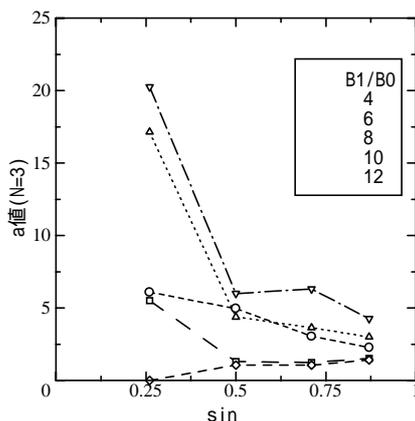


図-5 aとsinとの関係

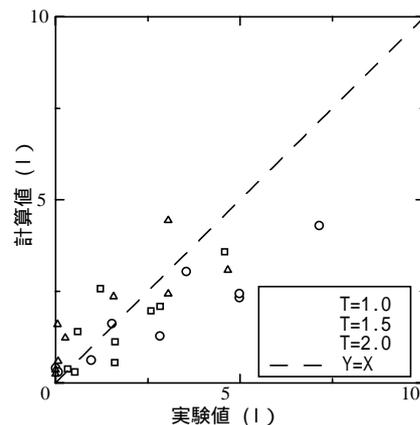


図-6 実験値と計算値の比較
(今回の回帰式による)

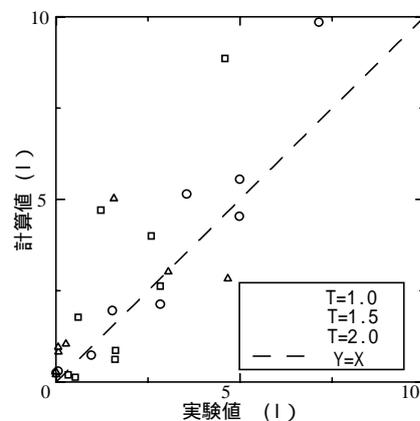


図-7 実験値と計算値の比較
(桑原氏の回帰式による)

式(1)の X_{max}は11程度の一定値になる。AとY_{max}は、H/L, h_c/Hの値により変化する。しかしながら、AとY_{max}をH/L, h_c/Hで表現すると煩雑である。このため、波の波高をH,周期をTとして波による表層の水平流速の振幅を U = H/T(tan)で見積もり、重力加速度gを用いて次のような遡上フルード数 F_rを定義した。

$$F_r = \frac{U}{\sqrt{gh_c}} \tag{2}$$

F_rを用いて A, X_{max}, Y_{max}は次のように表される。

$$A = -0.0017 F_r - 0.0002 \tag{3}$$

$$X_{max} = 11.9, \quad Y_{max} = 0.3034 F_r \tag{4}, (5)$$

次に、入射角の影響について検討する。次式で指数 N=3を用いて aと sinとの関係をとると sin = 0.25のケースを除くと aは B₁/B₀ < 10のとき、ほぼ一定値になる。aは単純平均より求めた。

$$y = y_0 e^{-a(\sin \alpha)^N} \tag{6} \quad a = 2.27 \tag{7}$$

yは斜め入射波による越波量であり y₀は直角入射波による越波量である。

(3)本実験への適用

今回求めた回帰式と本実験の法面傾斜角 40.5°の場合との比較を図-4に示す。また、図-5は以前に桑原氏が求めた回帰式と本実験との比較である。このケースでは適合性が改善されている。しかし、法面傾斜角 26°の場合、適合性が思わしくない。これは、26°の場合、全水深に対する円錐台部分の喫水深の割合が小さくなるため、以上の評価法の不十分さの表れとも考えられる。

4.まとめ

本研究では、越波を利用した油回収装置の可能性を検討するため、岡田氏の越波に関する実験結果を再検討し、提案する越波形式における越波量の定式化を試みた。その結果、集波堤を有する3次元越波量については X = B₁/B₀, Y = Q_{R3}/HLとして式(1)、同式中のパラメータについては式(3)~(5)を得た。斜め入射波による越波については式(6),(7)を得た。また、装置模型の基礎的な実験により越波量を測定した。次に上で求めた回帰式を組み合わせ本実験の越波量評価を行った。その結果、法面勾配が大きめな場合では、ほどよい一致を確認した。

今後、浮体として水面上で揺動する状態での越波構造物の挙動をシュミレートすると共にその結果を取り込んだ越波量評価の方法を検討することが必要である。