

越波を利用した油回収について

山口大学工学部 正○羽田野 袈装義

日本文理大学 正 樋田 操 学 田中久喜

フクヨシエンジニアリング 岸本 頼国

1. はじめに

頻発する油流出事故に対応するため、種々の油回収装置が利用されている。しかしながら、波が少し高くなると使用不能のことが多い。本研究では、油が水に浮かぶことに着目し、海に流出した油を波の作用を利用して回収する方法を実験し、量的評価を試みたので報告する。この回収装置は、図1のように、下半分が円筒、上半分が円錐台の容器で、錐台の中央頂部は開口となっており、錐台斜面には集波用の鉛直壁を放射状に配置している。油を含む表面水が波の作用で錐台斜面を遡上し、開口で越波して容器内に回収されるが、容器内で流体の上下運動を抑える構造にして水と油は上下の層に分離した状態にし、容器内の下部に逆止弁を設けて容器内に回収された油の流出を防ぐとともに水だけを選択的に排出する。

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下部の円筒の直径(外寸)102cm、開口の直径20cm、容器底から開口までの高さ hc は51cm、錐台斜面の傾斜角 θ 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除去して越波させ、水槽の反射波の影響が出ない適当なサイクル数だけ越波させて速やかに蓋を閉じる。そして越波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 $h=50$ cm、開口高 $hc=6, 11, 16$ cm、波高 $H=5, 9, 12$ cm、波の周期 $T=1.0, 1.5, 2.0$ 秒で行った。

3. 既往研究に基づく越波量の評価

九州大学のグループは種々の形態の越波量を検討している。ここでは岡田¹⁾の結果を利用する。その実験は本実験と同程度の $h=50$ cm、 $T=1.3$ 秒、 $H=4.8$ cm ~ 12 cm、 $hc/H=0.27\sim 1.64$ 、相対集波堤長さ $l/L=0.114\sim 0.526$ 、 $\theta=30^\circ$ 、集波比 $BI/BO=1\sim 14$ (BI と BO は図1参照)の条件で正面越波の実験的検討を行っている。入射角 $\alpha=15, 30, 45, 60^\circ$ で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($l/L=0.171, H/L=0.0314$)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 BO と波のサイクル数で除したもので $Q_{R3}(\text{cm}^2/\text{cycle})$ である。同一の hc/H では、無次元越波量 Q_{R3}/HL は BI/BO に対して上に凸に分布しているため、波形勾配 H/L 、 l/L 、 hc/H ごとに2次式で近似した。図中の曲線は近似曲線である。 $X=BI/BO$ 、 $Y=Q_{R3}/HL$ として次式で近似し、 A 、 X_M 、 Y_{max} を求めた。

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

上記の X_M は10程度のほぼ一定値となるが、 A と Y_{max} を H/L 、 hc/H 、 l/L で表現すると煩雑である²⁾。このため、波による表層の水平流速

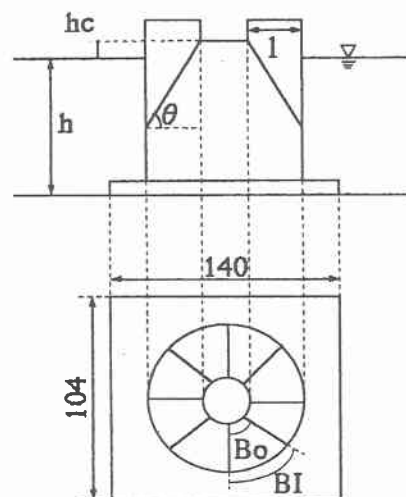


図1 回収装置模型

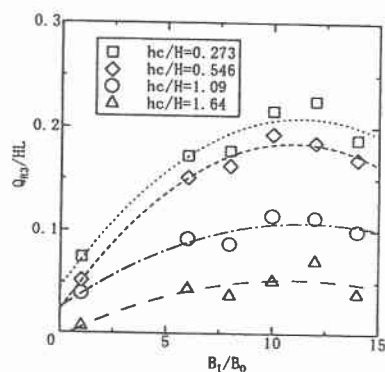


図2 無次元越波量

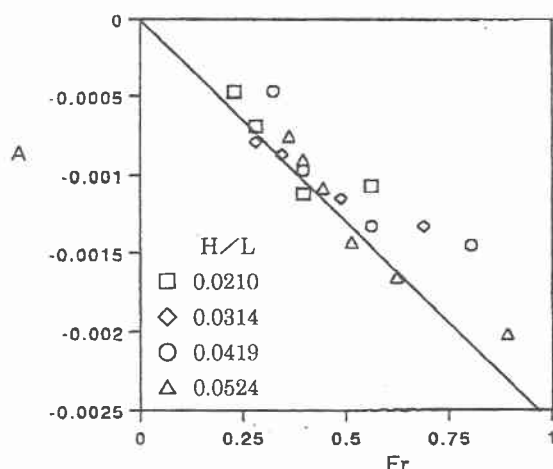


図3 AとFrの関係

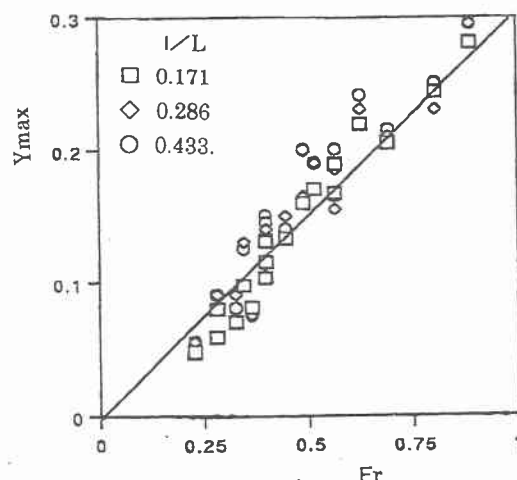


図4 YmaxとFrの関係

の振幅を $U = \pi H / (T \tan \theta)$ 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 Fr を定義した。

$$Fr = U / (g h c)^{1/2} \quad (2)$$

A および Y_{max} と Fr の関係を調べると、 Y_{max} は $1/L$ にあまり影響されず Fr との関係は殆ど一義的である。しかしながら、 A と Fr の関係は $1/L$ にかなり影響される。図3、4はそれらの結果を示す。なお、 A については本実験に近い $1/L$ の条件の結果を示す。いずれにしても、 H/L と $h c/H$ が Fr にまとめられたと考えてよいであろう。図中の直線は原点をとる平均的な直線である。これらの関係は次式で表現される。

$$A \approx -0.0025 Fr; 1/L = 0.286 \quad (3), \quad Y_{max} \approx 0.3 Fr \quad (4)$$

式(4)は、遡上フルード数が多いほど無次元越波量が多いことを示しており、直感的にも納得できる。

次に、入射角 α の効果を検討する。図5は、種々の入射角における無次元越波量と正面入射の場合の値との比を入射角の正弦に対してプロットしたものである。なお、岡田の $BI/BO > 10$ のデータはかなりばらつくが現実には $BI/BO < 10$ で使用することが想定されるので、 $BI/BO = 4, 6, 8$ の結果を示す。図中の△印は、次式で指数 $N = 3$ を用いて得られた $a = 2.64$ を用いた結果である。

$$\frac{Q/HL}{(Q/HL)_0} = \exp(-a (\sin \alpha)^N) \quad (5)$$

4. 本実験への適用

この容器は鉛直壁が 45° 間隔で配置されている。このため、波に面した側で $\alpha = 22.5, 67.5^\circ$ の越波がともに2つなされることになる。波の進行方向と容器の角度は任意であるが、集波壁を 45° 間隔で設置した場合にはその影響は小さいであろう。結果については講演時に発表する。

参考文献

- 1) 岡田知也：越波を利用した波浪エネルギー獲得技術の開発と水質改善への応用、九大学位論文、1998。
- 2) 羽田野他：越波の性質に関する一考察、第51回土木学会中国支部、pp. 152-154、1999。

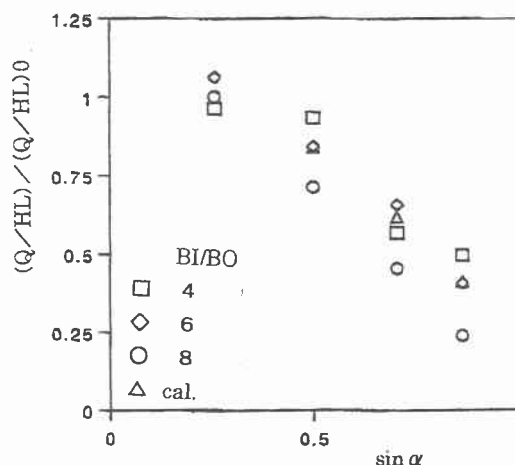


図5 入射角の効果