

大阪市立大学大学院 学生員 北瀬 胤亮
 大阪市立大学工学部 正 員 倉田 克彦
 大阪市立大学工学部 正 員 小田 一紀
 大阪市立大学大学院 学生員 坂井 圭一

1. まえがき

航走波に関する理論的取扱いは、移動する点衝撃によって起る波をCauchy-Poisson波の重ね合わせによって表現する方法¹⁾や、湧き出しの分布によって船体周りの波動場を表現する方法²⁾等があり、それらの結果は航走波の波紋・波形に関する実験あるいは実測値をよく説明していることが報告されている。実験的にも架海域あるいは浅海域における航走波についての研究がなされている³⁾。著者らは、前報⁴⁾に引続いて曳船についてその航走波の特性を模型実験によって調べた。ここではその結果と先の結果⁴⁾とを取りまとめて、航走波の特性が船型の違いにかかわらずある代表的な変数によって表現し得ることを述べる。

2. 実験

模型船(199 G.T.の曳船、縮尺=1/60、垂線間長 $L_s=46.7\text{cm}$ 、船幅 $B_s=14.8\text{cm}$ 、吃水 $d_s=4.3\text{cm}$)を速度 $V_s=48.5\sim 129\text{cm/sec}$ で曳航し、それによって生じる波を図-1に示すように斜路に対し直角に並べた5台の波高計によって測定した。水深 $h=10.8\text{cm}$ ならびに 18.3cm であり、水深フルード数 $Fr=(V_s/\sqrt{gh})=0.4\sim 1.4$ である。測定波形より最大周期 T_{max} および最大波高 H_{max} を読み取った。

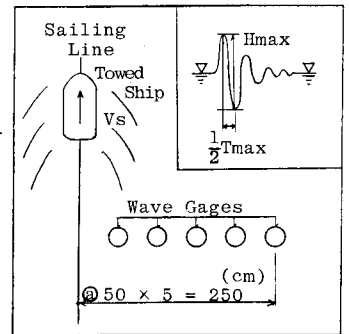


図-1 航走船と波高計

3. 結果および考察

航走波の特性周期 $T_0=2\pi V_s/g$ を定義し、最大周期 T_{max} と特性周期 T_0 との比を調べると、 $Fr<1.0$ の範囲では、曳船の場合は $T_{max}/T_0\approx 0.7\sim 1.0$ 、フェリーの場合は $T_{max}/T_0\approx 0.6\sim 0.8$ となるようであり、これらの値は、Sorensen⁵⁾による現地観測の結果とほぼ同じ範囲にある。いま、 $Fr<1.0$ の範囲において、 $T_{max}/T_0=C$ ($C:Fr$ の値によって変化する、あるいは Fr の値にかかわらず一定な値をとる係数)とおくと、 $T_{max}=C\cdot 2\pi V_s/g\cdots$

(1) のように表わせる。いま、船とはその形状が異なるが、定常な一樣流中に水深から水面上にまで直立している柱状体を考える。その柱状体から遠く離れた位置における水面変動を構成する成分波のうちの主要な波の波数 k (あるいは波長 $L=2\pi/k$)の概略の値が次式によって求まる。

$$\tanh kh/Lh = A \cdot Fr^2 \quad (A:\text{ある係数}) \quad \cdots (2)$$

この波数 k (あるいは波長 L)と同じ波数(あるいは波長)を有する進行波の周期 T を求めれば、次式のようになる。

$$T = (\sqrt{A} / \tanh kh/Lh) \cdot 2\pi V_s/g \quad \cdots (3)$$

式(1)と式(3)より $C = \sqrt{A} / \tanh kh/Lh \quad \cdots (4)$ となる。

A は $3/4$ あるいは $1/2$ という値をとる。実験により得られた T_{max} の値を用いて式(4)によって C の値を計算すると曳船の場合には $C\approx 0.7\sim 1.0$ 、フェリーについては $C\approx 0.7\sim 0.9$ となる。

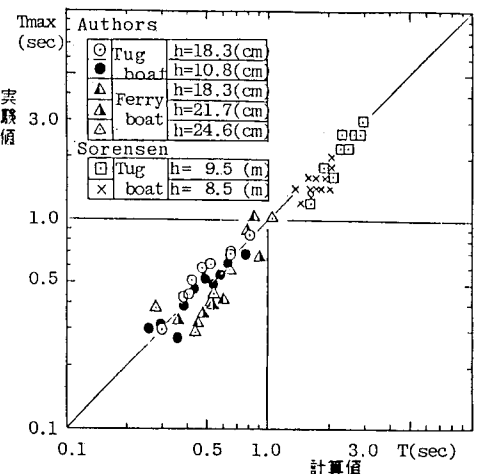


図-2 最大周期 T_{max} の実験値と計算値の比較

これらの値は T_{max}/T_0 の実験値とほぼ一致している。この結果は最大周期 T_{max} の実験値と式(3)による周期 T の計算値とを比較した図-2よりも判ることであつて、 T_{max} と T_0 との定義が同じでないにもかかわらず、著者らの実験および Sørensen による現地観測のいずれの場合についても、 T の値は T_{max} よりわずかに大きいだけで、両者は比較的良好に一致している。したがって、航走波の最大周期 T_{max} は、式(2)および式(3)を用いれば計算によって求められると言える。

船の造波抵抗の大きさは、船が起す波長（これは船速 V_s によつて一義的に定まる）と垂線間長 L_s との比によつて変化するといふことが知られており、その結果は造波抵抗係数の船長フルード数 $FL = V_s/\sqrt{g \cdot L_s}$ （あるいは、 $T_0/\sqrt{L_s}$ と表わされる）による変化として表わされている。航走波の波高は造波抵抗の大きさと当然関係していると考えられるので、最大波高 H_{max} の船長フルード数 FL による変化を調べた。なお、最大波高 H_{max} は前報²⁾において示したように、船の針路からの距離と波長 L との比の $-1/3$ 乗に依つて変化するので、各測点における H_{max} に $(x/L)^{1/3}$ を乗じて基準の位置での波高に換算し、それを航走船の吃水 d_s によつて無次元化した量を波高の代表値とした。その結果を図-3に示す。図中の○および□印は、同一の条件下での各測点における $H_{max}/d_s \cdot (x/L)^{1/3}$ の平均値であつて、△印は Sørensen による現地観測の結果である。横軸は FL の代わりに FL^2 としている。また、波長 L は各測点における T_{max} の値の平均値より微小振幅波理論を用いて算出した。

図-3より、実験ならびに実験値ともにはらつきは見られるが、 $H_{max}/d_s \cdot (x/L)^{1/3}$ の値は船長フルード数の増大とともに大きくなる傾向が見られ、実験の範囲内では、船長フルード数が定まれば、 $H_{max}/d_s \cdot (x/L)^{1/3}$ の値がほぼ定まるようである。

4. まとめ

航走船の最大周期 T_{max} （あるいは波長）は、水深フルード数 F_r の値が判れば、次式によつて計算される周期 T （波長 L ）の値とほぼ同じ値になる。

$$\tanh kh/kh = A Fr^2, \quad k = 2\pi/L$$

$$L = g \cdot T^2 / 2\pi \cdot \tanh kh, \quad A = 3/4 \text{ あるいは } 1/2$$

航走波の最大波高 H_{max} と船長フルード数 FL との間には、次に示すような関係が見られた。

$$H_{max}/d_s \cdot (x/L)^{1/3} \propto FL^2 (= V_s^2/g \cdot L_s)$$

これらの結果は船型あるいは水深、船の大きさ等の違いにさかわらず言えることである。今後、航走波の特性と船の造波抵抗との関係について更に検討したい。
(参考文献)

- 1) Stoker, J.J.: Water Waves, p.219 ~ p.243, Interscience Publishers, New York, 1957. 他
- 2) 造船学会論文集, Journal of Fluid Mechanics. 他に多く見られる。
- 3) 例えば, Jonson, J.W.: Ship Waves in Navigation Channels, Proc. of 6th Conf. on Coastal Eng., pp. 666 ~ 690, 1958.
- 4) 倉田・小田・平井: 浅海水路中の航走波の特性および繫留船舶に及ぼすその影響, 第30回海岸工学講演会論文集, p.598 ~ p.602, 1983.
- 5) Sørensen, R.M.: Investigation of Ship-Generated Waves, Jour. of the Water Waves and Harbors Div., Vol. 93, WW1, pp.85 ~ 99, ASCE, Feb., 1967.

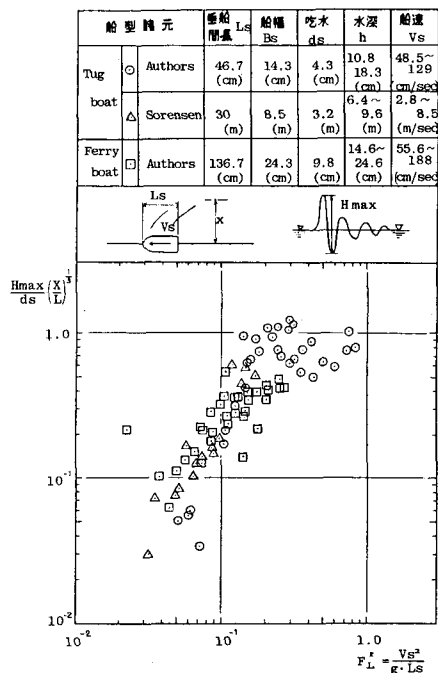


図-3 H_{max} の FL^2 による変化