

大阪市立大学 正員 倉田 克彦
 大阪市立大学 正員 小田 一 紀
 兵庫県工本局 正員 平 井 佐 夫

1. はじめに

航走波に関する研究は、これ迄主として造船工学の分野に於て理論的あるいは実験的に行なわれてきたが、それらの主たる対象は、深海域における船舶周囲の波形ならびにその解析結果に基づいた造波抵抗の算定であった。⁽¹⁾ 航走波に関しては、それが(1)岸壁、物揚場、栈橋等に繫留された船舶(特に小型船舶)に対して影響を与えること;船舶の動揺をもたらし荷役活動を阻害し、場合によっては岸壁等との衝突事故を惹起し、船舶、岸壁に損傷を与えること;(2)運河のような水路の岸を破壊するおそれがあること等の問題点が指摘されている。⁽²⁾ 筆者らは栈橋に繫留された小型船舶に及ぼす航走波の影響に関する研究に取り組んでおり、ここでは航走波の特性を示す指標となる最大波高および最大周期についての検討結果を述べる。

2. 実験

幅6.7m, 長さ約40m, 一様水深 $h=14.6\text{cm}\sim 24.6\text{cm}$ の直線水路の中央部を、両側壁に平行に速度 $V_0=55\text{cm/s}\sim 188\text{cm/s}$ で模型船を曳航し、その時に生じる航走波を、船の針路からそれと直角な方向に50cm間隔で一直線上に並べた6台の容量式波高計によって測定した。模型船は3624GTのフェリーの $1/60$ のもので、その垂線間長1.37m, 幅24.3cm, 満載吃水 $d=9.8\text{cm}$ である。測定された航走波の波形はデュータレコーダによって磁気テープ上に一旦記録され、その後“マイコン”に入力されて解析に供せられた。また、同時にペン書きオシシログラフによって記録紙上に波形を描かせ、最大波高および最大周期の読み取りにその記録の一部を用いた。

3. 実験結果ならびにその考察

航走波の平面パターンならびにその波形は、フルード数 $Fr = V_0 / \sqrt{g \cdot d}$ (g : 重力の加速度)の値によって、その特徴がほぼ定められるようである。

3.1 航走波の平面パターンならびにその波形

(i) $Fr < 0.8$ の場合 水深が比較的浅い水域であるにも拘わらず、航走波の平面パターンは深海域におけると同様であって、船首付近に頂点が在り、比較的小さな頂角を持つ cusp locus を形成するような diverging waves と transverse waves とが発生する。その時の波形は、振幅(波高)が小さく、周期の変化も比較的小さなものである。(図-1(a)参照)

(ii) $0.8 < Fr < 1.0$ の場合 “衝撃波” に似た船首付近から船の針路と直角方向に水路幅一ばいに延びた峰線を持つ波が、フルード数が大きくなるにしたがって顕著になってくる。この波は船と同じ速度で前進し、 $Fr=1.0$ 付近では diverging waves と重なり特に波高が大きくなる。また、この波は diverging waves より長い周期を有し、まず初めに観測され、次いで diverging waves が見られるようになり、transverse waves の影響は小さくなる。(図-1(b), (c))

(iii) $Fr > 1.0$ の場合 この場合には、transverse waves は存在せず、先に述べた“衝撃波”に似た波は針路とは傾きをもって見られるようになり、cusp locus の形状は頂角の小さな楔状で船尾の後方において急速に外方へ振がったものとなる。これは、船速がこの水深でとり得る波速の最

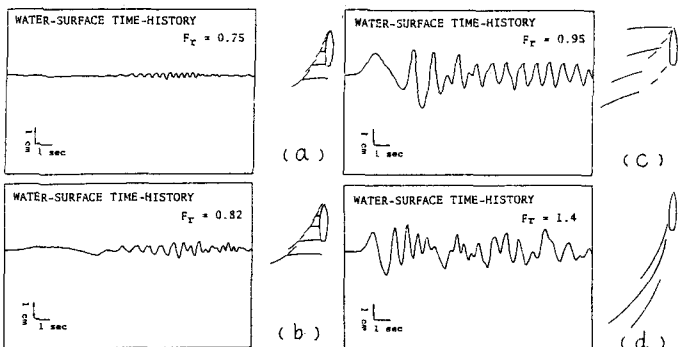


図-1 航走波の平面パターンならびにその波形

大値より大きくなることが原因と思われる。(図-1(d))

3.2 最大波高 H_{max}

(i) 最大波高 H_{max} の場所による変化 船速 V_0 と同じ大きさ

の波速を持つ深海波(相当深海波と称することにする)の波長 $L_0 = 2\pi V_0^2/g$ を航走波の波長を代表するものとして選ぶ。針路に最も近い測点1(針路からの距離 $X_1 = 50\text{cm}$)における最大波高 $(H_{max})_1$ を基準とした場合、他の測点 j における波高比 $K_j = (H_{max})_j / (H_{max})_1$ のその2つの測点間の相對距離 $\Delta X_j / L_0 = (X_j - X_1) / L_0$ (測点1から測点 j までの航走波の伝播距離を代表すると考える) による変化を調べたものが図-2である。図-2によれば、 $Fr \approx 1.0$ の場合を除いて K_j 、すなわち H_{max} は $\Delta X / L_0$ の $(-1/2.5) \sim (-1/3)$ 乗に従って変化するようである。 $Fr \approx 1.0$ の場合は、"衝撃波" に似た波が大きくなるため、 H_{max} の $\Delta X / L_0$ による変化は比較的小さくなるようである。

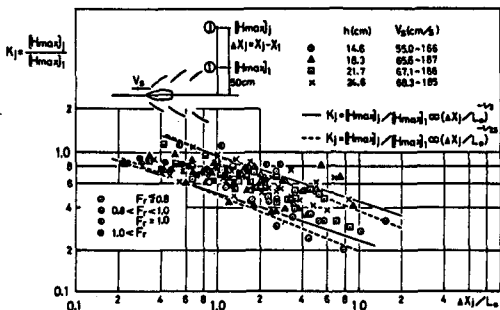


図-2 H_{max} の場所による変化

(ii) 最大波高 H_{max} のフルード数 Fr による変化 基準として用いた測点

1における最大波高 $(H_{max})_1$ のフルード数 Fr による変化を示したものが図-3である。図-3に示すように、 $(H_{max})_1$ の Fr による変化の様子は先に述べた平面パターンおよび波形の Fr による変化のように、 $Fr \approx 0.8$ および 1.0 付近をそれぞれ境として大きく異なっている。すなわち、 $Fr < 0.8$ の場合には、 Fr の増加とともに $(H_{max})_1$ は徐々に増大し、 $0.8 < Fr < 1.0$ の範囲では Fr の増加につれて $(H_{max})_1$ は急激に大きくなり、 $Fr \approx 0.9 \sim 0.95$ 付近で最大となり、 $Fr > 0.9 \sim 0.95$ となれば、 Fr の増加と

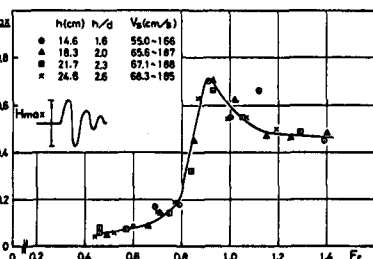


図-3 H_{max} の Fr による変化

ともに $(H_{max})_1$ は急激に小さくなり、 $Fr > 1.0$ となれば $(H_{max})_1$ の減少の割合は小さくなる。この $(H_{max})_1$ の Fr による変化の状況は、"衝撃波" に似た波の影響の度合いによって異なると考えられる。 $Fr < 0.8$ の場合には、その波の影響が殆んどなく H_{max} は diverging waves と transverse waves の2つの波によって定まり、 $0.8 < Fr < 1.0$ の範囲では、"衝撃波" に似た波と diverging waves との重なりによって H_{max} が定まり、 $Fr > 1.0$ となれば、diverging waves よりむしろ "衝撃波" に似た波(船の前進速度と波の進行速度との違いによって、実際には波線は針路とはある傾きを持つようになる)によって定まるようである。

3.3 最大周期 T_{max}

最大周期 T_{max} を相当深海波の周期 $T_0 = 2\pi V_0/g$ によ、無次元化した T_{max}/T_0 のフルード数による変化を図-4に示す。図中の○印と□はそれぞれ各フルード数 Fr における T_{max}/T_0 の平均値とその範囲を示す。また、実線は T_{max}/T_0 の Fr による変化の様子を示すために描いた曲線であって、////部は Sorensen⁽³⁾ による実験による航走波に関する結果である。 T_{max}/T_0 の Fr による変化の様子は、 $(H_{max})_1$ の場合と同様に、 $Fr \approx 0.8$ および 1.0 付近を境として異なり、 $Fr < 0.8$ では $T_{max}/T_0 \approx 0.6 \sim 0.7$ とほぼ一定値を示し、 $0.8 < Fr < 1.0$ ではほぼ一定ではあるが急激に大きくなって $T_{max}/T_0 \approx 1.2 \sim 1.3$ となり、 $Fr > 1.0$ となれば T_{max}/T_0 の値は Fr の増加とともに次第に小さくなる。なお、Sorensen による結果は、 $Fr < 0.8$ の範囲では筆者らの結果とほぼ一致する。

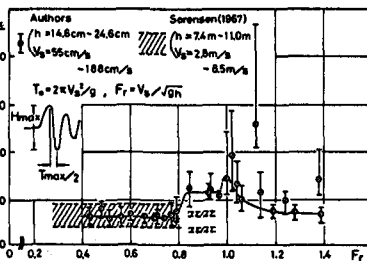


図-4 T_{max}/T_0 の Fr による変化

4. 参考文献 (1) Saunders: Hydrodynamics in Ship Design (2) Powell & McCreight: Effect of Ship Waves on Vessels and Ocean Structures, 1962 (3) Sorensen: Investigation of Ship-Generated Waves, 1967