

波浪発電装置に関する基礎的研究 — 第1報 —

— Salter Duck に作用する流体力 —

Fundamental Research on a Wave Absorber — 1st report —

— Hydrodynamic Forces on a Salters Duck —

前田 久明*・岩瀬 律雄*

Hisaaki MAEDA and Ritsuo IWASE

1. ま え が き

1973年の石油危機以来、波浪エネルギーは燃料費を要しないエネルギーとして、また無公害エネルギーとして注目されてきた。波浪エネルギー吸収装置としての波浪発電装置の開発には、主として日本、英国が力を入れており、proto typeによる実海面での実験まで行われている²⁾⁵⁾。しかし、現状ではアイデアが先行し、波浪エネルギー吸収の機構を解明し、実海面で最適性能を有するエネルギー変換装置を開発するための基礎的研究が十分になされていない。

波浪発電装置の種類は大雑把に分類しても約40種に及ぶ⁵⁾。これらのうちで実用性が高いと考えられる、Salter Duck型(あひるの口ばし型)と多重連結いかだ型を選定し、hydraulic typeのエネルギー変換装置を組み込んで、波浪エネルギー吸収の機構を解明するための基礎的研究を行ったので以下に報告する。第1報として左右非対称な2次元浮体としてのSalter Duckに作用する各種流体力の理論計算結果を報告する。座標系記号等は文献5に準じた。

2. 計 算 方 法¹⁾⁴⁾

水深は無限大とし、左右非対称な2次元浮体の表面にSourceの特異点を分布させる、いわゆる特異点分布法によって計算を行った。線型化された境界値問題を解く際に流れ関数を用いており、境界条件に現れる積分定数を定めるためextraの境界条件を浮体の最下点(浮体と鉛直軸との交点)に設けた。計算精度の評価は、圧力積分による造波dampingとKochin関数で表示した波強制力との間のHaskindの関係と、相反定理ならびに透過波、反射波の関係の3通りの方法により行った。

3. 浮 体 形 状

Salter Duckの形状は、没水円筒に指数関数状の断面を波上側に重ね合わせたもので、波浪中でheave,sway

は拘束して円筒の中心軸Gまわりのroll運動を許す状態では、透過波は殆んど零になるといわれている。その断面形状は、 $r/R_0 = 1.79 \exp\{0.29z/R_0\}$ であり、Fig. 1-1に示す。吃水を表すパラメータは $T_0/2R_0 = 0.516, 0.759, 0.936, 1.0$ の4種類とした。ただし、 R_0 は没水円筒の半径、 T_0 は吃水とする。左右両断面を合わせた断面の分割数Nは上記の吃水 $T_0/2R_0$ の順に応じてそれぞれ $N=50, 66, 88, 98$ とした。これらの分割数は、分割数に対するKochin関数の計算結果が一定値に達するように選定した。

4. radiation 流体力

添字2, 3, 4はそれぞれsway, heaveならびに原点Oまわりのrollを表し、さらに回転中心Gまわりのrollに関しては添字Gを追加するものとする。

回転中心Gまわりのrollに関する流体力 f_{44G} は

$$f_{44G} = f_{44} + \bar{I}^2 \cdot f_{22} - 2 \cdot \bar{I} \cdot f_{42} \quad (1)$$

により変換した。ただし、 \bar{I} は原点Oと回転中心G間の距離とする。附加質量、附加慣性モーメント m_{ij} 、造波damping N_{ij} は次式により求めた。

$$m_{ij} = \rho(f_{ij} + f_{ij}^*)/2 \quad (2)$$

$$N_{ij} = -\rho\omega(f_{ij} - f_{ij}^*)/2 \quad (3)$$

ただし、 ρ は密度、 ω は動揺の円周波数であり、波数K

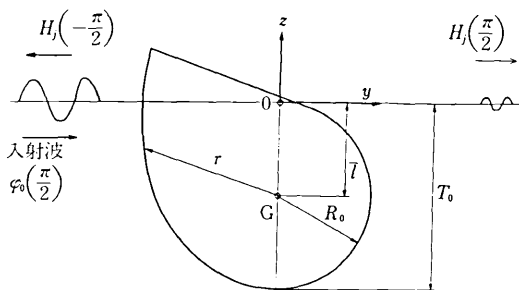


Fig. 1-1 Salter Duck の形状

*東京大学生産技術研究所 第2部

研究速報
との関係は $K=\omega^2/g$ となる。また、 $i, j=2, 3, 4$ とし上肩 * 印は複素共役値を意味する。

流体力に関する相反定理は⁵⁾,

$$f_{ij}=f_{ji} \quad (4)$$

Fig. 1-2 に G 点まわりで roll した場合の附加慣性モ

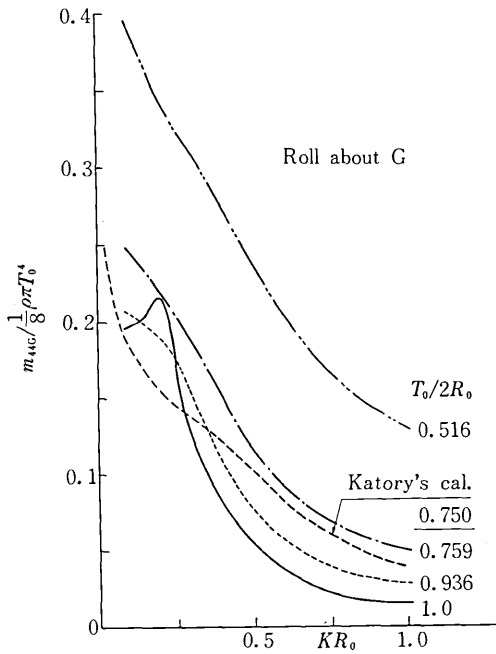


Fig. 1-2 added moment of inertia

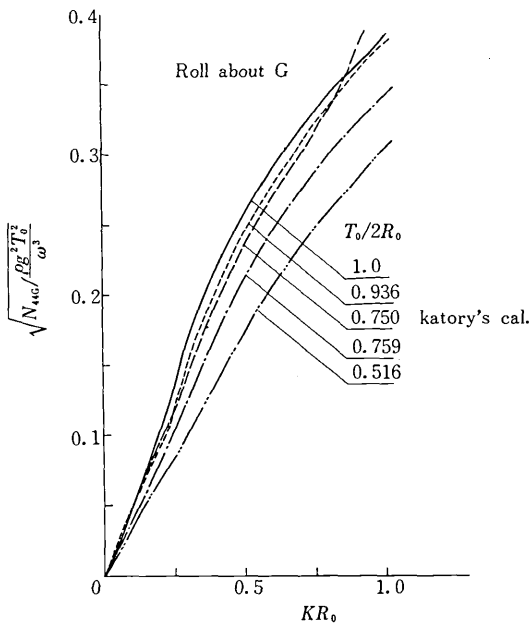


Fig. 1-3 wave damping

メントを $\rho\pi T_0^4/8$ で無次元化して無次元周波数 KR_0 との関係を示す。Fig. 1-3 は G 点まわりで roll した場合の造波 damping を $\sqrt{N_{44c}/\rho g^2 T_0^2}/\omega^3$ で無次元化してある。Fig. 1-2, 1-3 共に無次元吃水 $T_0/2R_0$ をパラ

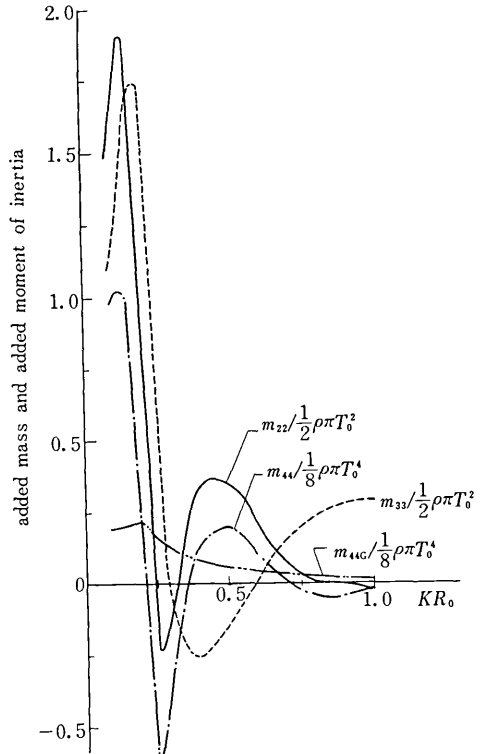


Fig. 1-4 added mass and added moment of inertia ($T_0/2R_0 = 1.0$)

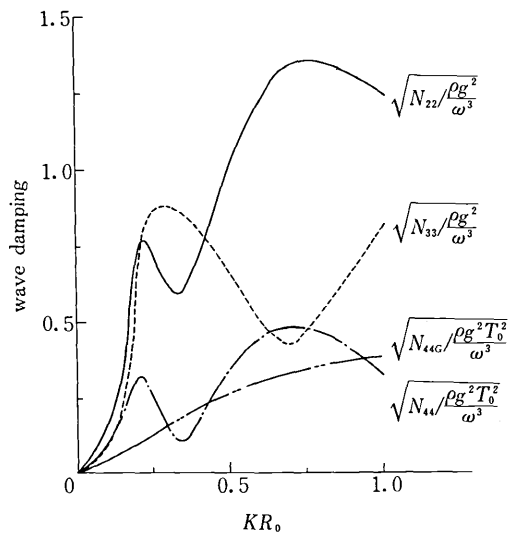


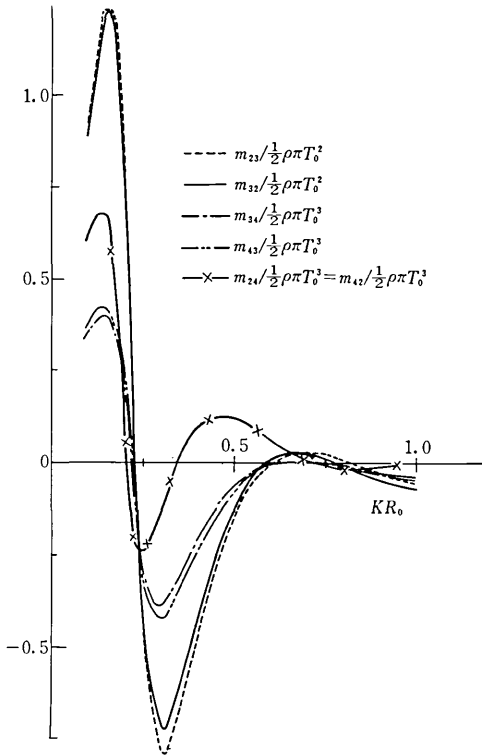
Fig. 1-5 wave damping ($T_0/2R_0 = 1.0$)

メータとしている。正確な形状は不明であるが、Fig. 1-2, 1-3に Katory の計算結果を参考までに併記する²⁾。Fig. 1-4に無次元吃水 $T_0/2R_0=1.0$ の場合につき、sway, heave 時の附加質量と O 点まわり G 点まわりで roll した場合の附加慣性モーメントを示し、Fig. 1-5には Fig. 1-4に対応する造波 damping を示す。また、Fig. 1-6には、無次元吃水 $T_0/2R_0=1.0$ の場合で、sway, heave と O 点まわりの roll の運動をした場合に生じる各運動モード間の連成流体力を示す。造波 damping の図中縦軸の $\pm ve.$ は N_{ij} の附号士に対応する。また、 f_{ij} と f_{ji} の間のずれは、計算精度の程度を示す。

5. Kochin 関数

単位の速度振幅に対応する Kochin 関数を $H_j(\beta)$ とする。 $\beta = \pm\pi/2$ であり、 $\beta = \pi/2$ は y 軸正方向に向かう波を意味し、 $\beta = -\pi/2$ は y 軸負方向に向かう波を意味する。Kochin 関数 $H_j(\pm\pi/2)$ と発散波の振幅比 \bar{A}_j^\pm の関係は、sway, heave に対して

$$\bar{A}_j^\pm = \zeta_j / l_j = -iK \cdot H_j\left(\pm \frac{\pi}{2}\right), \quad j=2, 3 \quad (5)$$



O 点, G 点まわりの roll に対して

$$\bar{A}_j^\pm = \zeta_j / l_j \cdot R_0 = -iK \cdot H_j\left(\pm \frac{\pi}{2}\right) / R_0, \quad j=4, 4G \quad (6)$$

ただし、 ζ_j は発散波の振幅、 l_j は j モードの運動振幅、また roll の場合には、没水円筒の半径との比で発散波の振幅比を定義している。

Fig. 1-7 ~ 1-10にそれぞれ sway, heave, O 点まわりの roll ならびに G 点まわりの roll に対応する無次元化した Kochin 関数(あるいは発散波の振幅比)の絶対値と位相を示す。

6. ま と め

1) 実験と対応させるために必要な、Salter Duck に作用する各種の流体力の理論計算値を求めた。流れ関数を用いた特異点分布法により得られた結果は、計算精度ならびに Katory の結果との比較検討により妥当と思われる。しかしなお今後実験による検証が望まれる。

2) 最大吃水 $T_0/2R_0=1.0$ の場合の流体力も求められている。この場合、水面近傍で特に heave のモードに

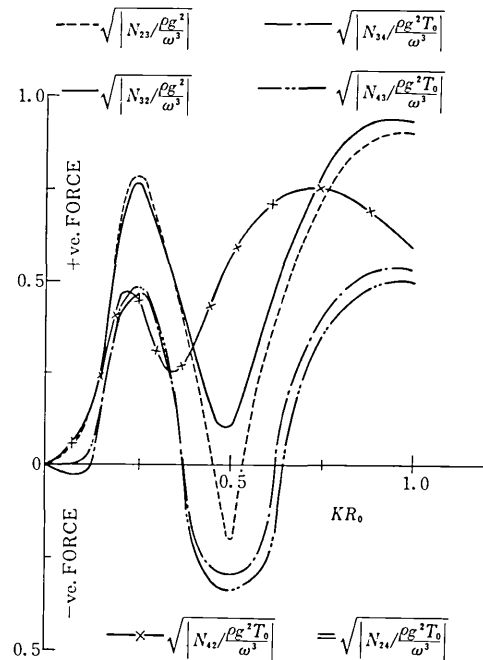


Fig. 1-6 hydrodynamic cross terms ($T_0/2R_0=1.0$)

研究速報

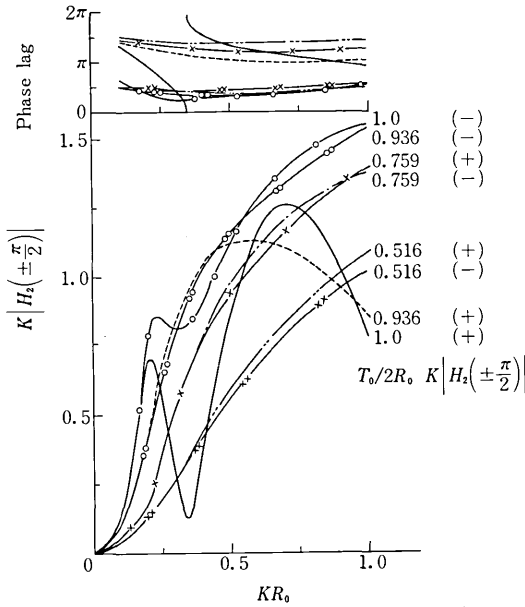


Fig. 1-7 Kochin function of sway $H_2(\pm \frac{\pi}{2})$

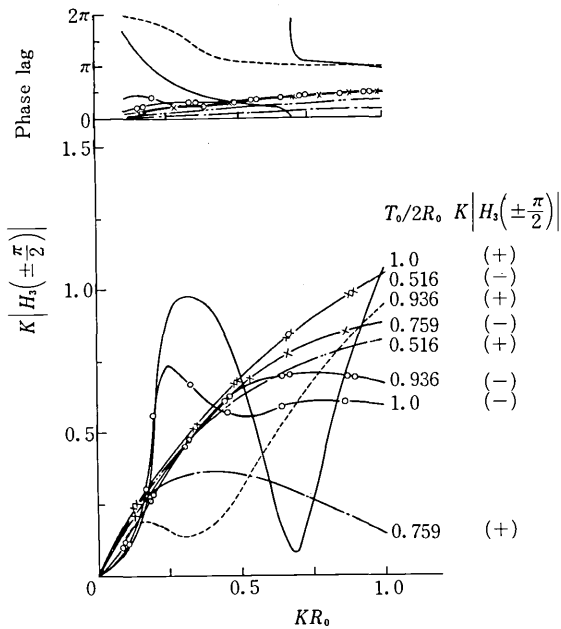


Fig. 1-8 Kochin function of heave $H_3(\pm \frac{\pi}{2})$

計算精度上の問題がある。今後実用的な計算法の開発が望まれる。

(1979年4月23日受理)

参考文献

1) 福井孝夫：大阪府大修士論文，1973

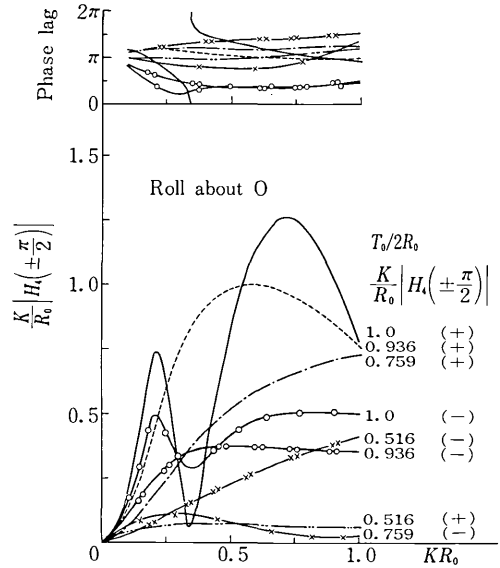


Fig. 1-9 Kochin function of roll $H_4(\pm \frac{\pi}{2})$

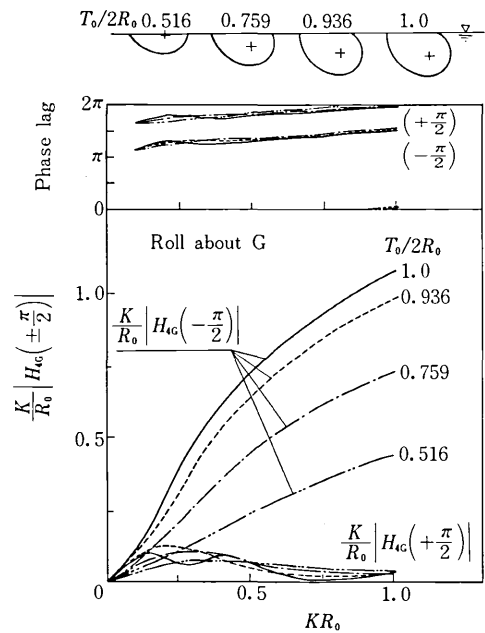


Fig. 1-10 Kochin function of roll $H_{4G}(\pm \frac{\pi}{2})$

2) Glendenning, I. : Oceanology International 78, 1978
 3) Katory, M. : The Naval Architect, 1976. 9
 4) 小林正典他：三井造船技報 87 号, 1974
 5) 前田久明他：日本造船学会第 4 回海洋工学シンポジウムテキスト, 1979
 6) Salter, S.H. et al : The Naval Architect, 1976. 1