

工学博士渡邊惠弘の「船舶の動搖に関する研究」に対する授賞審査要旨

I 総論

この研究は船舶の動搖を主題として航海の安全性及快適性を論じたものである。これ等の中安全性はこの研究の眼目であるが一般に安全性と云えば動搖に対する安定の外船体及機関の強度、弾性並に各種の安全設備等を含むけれども、こゝでは研究を動搖の問題に限つてゐる。

今この研究の内容を見渡せばそこには波の運動、水の抵抗等の如き流体力学の問題があり、又水に浮ぶ船体の運動を論ずる固体力学の問題がある。この第二の問題は研究の主要な部分であるから、これについて尙少し悉しく述べておきたい。それは船体の弾性が動搖安定の規準に及ぼす影響の程度である。これを推定するには船体変形の程度を知る必要があり、それには波によりて上下に曲る船体の撓みを測つた航海中の実測結果が従來の文献に出ている。これによれば撓みは全長の千分の一以下に止るから、この程度の弾性変形はそれ自身必ずしも小さいと言えないけれども、その復原性に及ぼす影響は頗る微弱であると言える。従つて船体を一つの剛体と見做して安定を論ずることは許されてよい。この前提の下で研究を進めてゐる。

次にこの研究では数式上の解析が多く用いられてゐるけれども、又それと同時に模型実験及実船の資料が随所に應用されている。従來船体の抵抗、推進器の性能等は模型実験によつて定められて來たけれども、動搖に関する実験研究は比較的少い。然るに動搖の実験を行うとき必要な問題は模型と実船との間に存在する相似法則である。それ故この研究で横動搖の寸

法効果に関する基本的考察を試みた結果 Froude 数を一定とすれば相似性が大体満足され Reynolds 数を描えることを要する摩擦抵抗の影響はある程度以上大なる模型を使えば殆んどこれを認めないことを確かめた。この見地に立ちて凡ての模型実験が行われている。

元來横方向における船体の傾斜が小さい間はメタセンターの高さ (GM 又は m) が横動揺の週期を定める要素の一つであつて、又この週期の大小は航海の快適性に密接な関係をもつから、この意味で GM に関する研究がこの論の一部をなすことは素よりである (II 章)。しかし GM は安全性を本當に追求する役には立ち難い、何となればこれは傾斜角が大なるときの復原偶力の計算に役立つからである。而も安定を論ずるには当然大なる傾斜角が問題となるから復原性曲線又はこれを表す数式を用いることが必要である。従つて復原性曲線に関する研究をこの論の主部と見ることが出来る (III 章)。外に航海性能に関する雜題を捉えて色々の研究を行つてゐるからその題目を大体纏めて最後のところに記した (IV 章)。

II GM に関する研究

この題目の中に含まれる研究を二種類に分けることが出来る。一つは動揺の週期に関するもので、これは前に述べたように主として快適性に関する研究である。又他の一つは傾斜角の小さい範囲における動揺の安定に関する研究である。

(1) 動揺の週期に関する研究

横揺の週期に対しては船体の重心を通る縦軸の周りの慣性モーメントが一つの要項となるがこれは船体自身の外に船と共に運動する水の質量による部分を加算した数量である。それ故実験水槽に於ける模型試験を行つて、これがビルヂキールをもつ場合及びもない場合にそれぞれ如何なる特性があるかを見出し、それからビルヂキールをもつ多数の船舶にお

ける動搖の週期に関する研究を行った。即ち一方には船体の幅 B と GM との比をとり、又他方週期 T_s と $\sqrt{\frac{g}{B}}$ (g は重力の加速度) との乗積をとりて、これ等の數値を線圖に表してこれを代表する理論上の曲線を引いた。この研究結果に従えば快速性の立場から $\frac{T_s \sqrt{g/B}}$ の數値を一定の範圍 (例えば $8-44$) にとる代りに船体の寸法から定まる比 B/m を適當にとれば (12-42) 自ら前者に対する要求を満たしうることが明かにされ、これは設計上の適切な指針となる。

(2) 負の GM 及縱動搖の影響

GM は一見正なることを要するように見えるけれども一般にその負値は必しも不安定を意味しない。何となれば傾斜角 θ が稍大となれば復原偶力値は θ のみでなく θ^3 の項の存在のために正となることが出来るからである。従つて傾斜角の一定範圍内における安定の研究においては θ 及び θ^3 を含む非線型運動を取扱わねばならぬ。著者は夙にこの問題を理論的に解析して船が靜水上に浮ぶ場合及び風圧を受けて傾く場合について、安定の條件を見出して、当時已に二個の安定解が存在することを示した。それで風及び波のために生ずる船体の傾斜を計算して、もし水密甲板の吃水線上の高さが充分ならば、 GM が負でも安定を得られる可能性を明かにした。これは木材を甲板上に積んで水密甲板の高さが増したと同様の効果ある場合に負の GM をもちながら安全に航海し得た実例を説明するものと言える。

前項の研究においては船体の橫動搖のみを対称としたけれども、もし縱方向においても同時に動搖すれば別の問題が起る。蓋し縱動搖は吃水線の変化を意味するから、これがために橫方向の GM の有効値が變り、この影響は無視されない。従つて問題は縱動搖と同じ週期で變化する復原偶力に対する橫動搖の計算となる。この計算によればたとえ GM の値が變化の途中負となつても、それは必しも常に不安定を意味しないけれども、 GM が始め正でも必ずしも安定でない。こゝに安定の

ために必要なGMの下限が求められる。

III 復原性曲線に関する研究

前に述べた通り復原性曲線に関する研究はこの研究の最主要の部分なすもので、その概要は次のように分けて説明される。(1)―(5)

(1) 復原性曲線

船体の設計に着手するとき又はその力学的の計算をなすとき、予めある程度正確に復原偶力の値を知ることが要求されるから船体の形及び主なる寸法を與えて定まる四個のパラメーターをとりて、求める偶力を作る二力の間の距離GZを θ の函數として表わす表示式を求めた。

(2) 波の有効傾斜

復原性曲線が與えられて安定を考える際に起る問題の一つは波の有効傾斜角である。一般に波の上で船が如何なる位置を中心として動揺するかを考えて、波の表面に立てた法線の位置と靜水面への垂直線との間にあるこの中心線の位置を船の重要寸法及び波の長さ、高さから計算する方法を導いた。この所謂有効傾斜角は動揺の限界値を決定する一成分として重要な意義をもつものの一つである。

(3) 横動揺に対する水の抵抗

動揺の限界値を定めるために重要な役目をもつ他の項目は即ち水の抵抗である。この抵抗の性格を明かにするため著者は先ず波の中における船体への水の抵抗は靜水中における自由動揺の抵抗に比べて多少大きいけれどもその差は著しくな

いことを実験水槽における模型実験によりて示した。次にこの抵抗によりて求められる減衰係数を船体の設計に際して一々実験して見出すことの繁を避けるために箱型、丸型、その他簡單なる幾何学的模型を始め実船の模型を含む多数の場合について系統的実験を行い、その結果から普通の船型に應用される減衰係数の実験式を導いた。この研究は動揺安定論の重要な基礎として大なる注意を惹く。何となればこれに依つて初めて共揺の計算を具体化して研究を實際に結びつけることが出来るからである。

(4) 不規則波の上における動揺と風の影響

さて安定の條件を求めるためには大洋上の風と波との影響を計算に導かねばならぬ。これをなすため一連の波の中から一定の波の集りを取りて船が波に出会う週期を求めた。これがためには船及び波の進行方向の間の角を計算に入れたことは素よりであつて、この計算で最も苛酷な場合における動揺の最大傾斜を與える限界角を求めた。次に著者は船が波と風とを伴う大洋上にある場合を考え、先ず風の影響として一定の速さの風をうけた場合の船の傾斜角を見出し、此傾斜した姿勢を中心として波による動揺の限界角を取りて両限界の位置を定めた。しかし更に一層危険な場合を想わせるものは突風である。突風の影響としてもその最も酷な場合は船体が風上における限界位置にあるとき突然その作用を受けるときであるからこの場合について復原性曲線図の上で風のなす仕事と復原偶力のエネルギーとの釣合を考えて、復原偶力の側に余裕があるとき初めて安全と見做される訳を明かにした。

(5) 安全の標準

上に述べた理論及び実験の結果を実船の設計に移すために與えられた船体の條件に対して動揺角を最大とするような風

及び波の大きさを従来発表された観測結果から求めることによりて安全性を吟味した。併し尙計算に含まれていない多少の誤差を想像して曲線図の與える一定の面積が風圧の仕事量に対する面積よりも大なることを必要と認めて、兩者の比即ち一より大なる数を安全性の指数と定めた。この定義に従つて数個の実例を調査した結果によれば曾て難破の運命に陥つた船における指数が他の安全なる船の指数に比べて著しく低い事が実証された。

復原性曲線に関する以上の研究において船体動搖による安全性を明かにしたのであるが尙これ迄発表された実例を更に分析検討して設計上頗る有益なる資料を與えた。

IV 航海性能に関するその他の研究並に総括

已にこの研究の最主要なる点を述べた上は終りに著者の動搖に関するその他の研究として次の項目を挙げておきたい。

操舵の横動搖に及ぼす影響、船内における浸水の影響、横動搖と帆檣の振動との交互作用、動搖する船内水槽の水圧、波に伴う針路の偏向、粒状貨物の移動、安定水槽、実験水槽における波等。

以上に述べたこの研究の要旨を総括すれば

(1) 複雑な問題をなるべく簡單な形に直して數理研究を行い、且つ多數の模型実験及び実船の例を用いて研究結果が實際に應用されるようにつとめた。

(2) GMに関する種々の疑問に対して明快なる答を與えたばかりでなく、設計上一定の標準となるべき數値の決定法を示した。

(3) 復原性曲線を用いて動搖の安定を決定するために必要な基礎研究を行い、ことに共搖の計算に欠くことの出来ない減衰係數を與える実験式を導き又動搖の安全性を數量で表わす方法を提示した。

(4) 一般に動搖に關係ある色々の事項を捉えて實際上の問題に對する解決を與えた。

要するにこの研究は Proude, Bertin, Kriloff 並に末廣恭二等の研究で未だ充分明かにされていなかつた分野において未知をひらいて工學上甚だ重要な貢獻をなしたものと考えられる。