

水波を造る装置



研究ノート

内藤 林*

はじめに

海洋で活躍する船、作業船、各種構造物は、実に多様な形態を持っている。これらの構造体が安全であるためには様々な要素技術が必要となるが、特に海洋に特有である、波によって構造体に働く力を推定することが不可欠である。この力—いわゆる波浪外力—を推定する理論も計算機能力の増大に伴って精度向上している。この理論計算結果をどのようにして検証するかが大きな課題である。すなわち、無限に広い海洋波動場を有限水域の実験水槽に実現するような実験装置が求められることになる。実際の海洋波動場は、種々の方向から進行してくる、種々の周波数を持った波でありますから、有限水域内にその波動場を実現するとなると多くの技術的課題を解決しなければならない。特に重要な技術的課題を列挙すると次になる。

1. 波エネルギーを吸収しながら、かつ同時に必要な波を出すような装置、それを作り出すための理論の構築が必要である。この装置が有限水域を形成する壁となり、造波しながら同時に波吸収するものとなる。
2. 波の吸収に必要な制御理論とその装置の開発が必要である。水波は分散性を持っているために、波速が周波数の関数になっている。そのために、造波装置（正しくは造波吸収装置）の運動方程式が定係数の運動方

程式でなく、係数が周波数の関数である積分微分方程式となっている。ある一つの定まった周波数の波、すなわち規則波の場合には係数が一つの値に定まるから問題はないが、不規則波の場合は規則波のようにはいかない。この場合の制御は、たたみ込み積分を含んでいるので工夫が必要になる。

これらの要素技術の詳細は学協会に発表している論文を参考にしてもらうにして、本ノートでは、これらの最もベースになる水波を造る装置について簡単に解説する。

1. 造波機で造られる2種類の波

いわゆる水波を造る装置は多種類存在している。簡単に手を水中に差し込んで動かすだけで波は発生する。この場合水中に差し込んだ手が攪乱源になるわけだが、攪乱源の動く周期とその強さによって、規則的に動かせば規則波が、不規則に動かせば不規則波が発生し、攪乱源の種類—手であろうと、棒切れであろうと—には依存しない。攪乱源の近傍では攪乱源の形に依存した波が存在しているがその波はすぐ減衰してしまい遠方まで伝播しない。私が言っている波は、この遠方まで伝播する波のことである。正確に言うと、水面上で、動く物体によって作られる波は2種類あり、一つは攪乱源の形に依存し遠方まで伝播しない局所波と、攪乱源の運動形態に依存し攪乱源の詳細な形には依存しない、遠方まで伝播する進行波の二つであります。当然のことながら後者の波が海洋波動場を検討する時に主要に考察されねばならない波であります。

2. 吸収装置

図1に示すように、左側より波がやってきた時、中央に立っている壁が、壁であるが波は全て透過させてしまうような動きをすると波は反

*Shigeru NAITO

1944年6月5日生

昭和44年大阪大学工学部造船学科卒業

現在、大阪大学工学部船舶海洋工学科、助教授、工博、船舶の耐航性能

TEL 06-879-7572



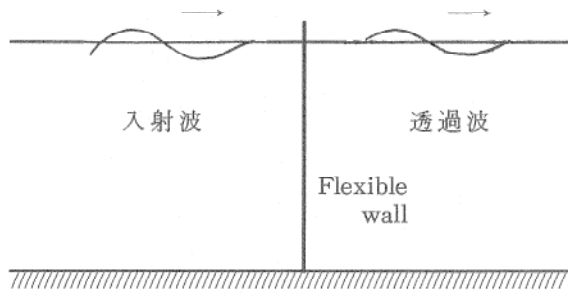


図1 入射波を完全に透過させてしまうような Flexible wall の存在は？

射しない。この時、この壁は右側の領域には波を造っているわけである。ここで壁より右側の領域を切り取ってしまい、壁が先程と同じ動きをしたとすると、この壁は壁であって壁でない

ものとなる。すなわち左側という有限な水域内に、右側の水域も含めた無限水域が実現されることになる。さて、この場合、遠方場の波は上記の話で良いが、壁近傍にできる局所波は、壁のまわりに存在するから完全に有限水域内に無限水域が実現されたわけではない。すなわち、壁の動きは、進行波を完全に右側領域に透過させてしまう動きであるとともに、局所波を発生させないような動きでなければならない。このような壁の動きは極めて特別な動きである。

3. 局所波を発生させない造波機

物体が動く時に発生する二つの波系のうち物体の形状に強く依存し、物体近傍に存在する局所波を発生させないような造波機の動きを図2

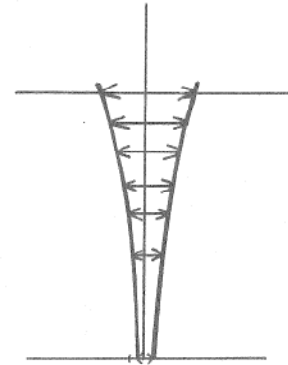
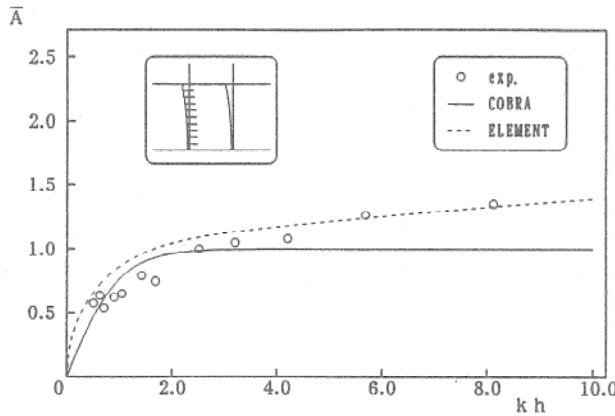


図2 局所波を発生させない造波機の動き(右側の図) その時の進行波振幅の無次元値を左側の図に示す。(横軸は波周波数の無次元値. ○実験, —理論値(造波機の分割数=∞),理論値(造波機の分割数=10; 実験に対応))

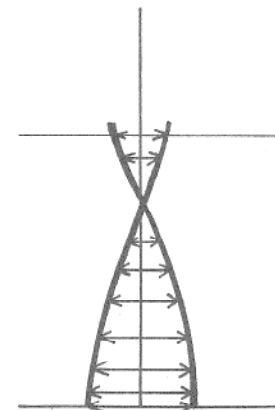
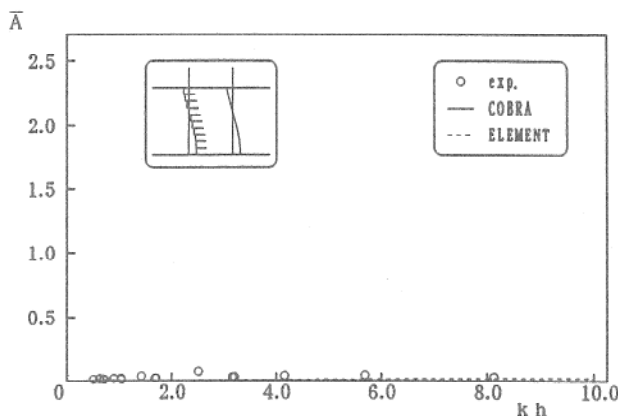


図3 進行波を発生させない造波機の動き(右側の図) その時の進行波振幅の無次元値を左側の図に示す。造波機が動いても進行波が発生していないことがわかる。

に示す。この造波機に依って造られた進行波は綺麗な波型をしている。

4. 進行波を発生させない造波機

上述と逆に、物体が動揺しても進行波が出ない造波機の運動も又、特別である。これは局所波のみが造波機まわりに存在し、遠くにいる人が見ると、物が動いているが波が出ていない造波機ということになる。この造波機の動きを図3に示す。同図中に、実験結果も示す。造波機より遠方で計測された進行波はなく、0であることが実験的にも確認された様子が見える。

5. 海洋波動場を実現する。

最終的には、無限広さの海洋波動場を有限水域内に実現する課題は、有限水域を作るための壁を、『壁であって壁でなく、波を透過させているようで波を作りだす壁』を作り出すことにある。この時、進行波だけを対象に考えた場合は、比較的簡単であるが、進行波とともに局所波まで含めて考えると一段と難しくなる。しかし理論的には一線型理論の枠組みの中では一可能である。実際の海洋波動場は不規則であり、多方向に進行する波が重量した波動場であるからその水域を形成するための壁の制御が一番の難問題ということになる。図4に円型水槽で、壁を制御して一方向に進行する波を造り出した例を示す。短冊状の一つ一つの造波機を制御して造波した例であり、円型水槽であっても二次

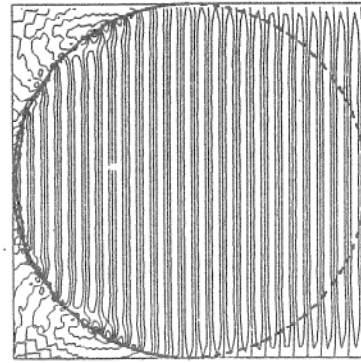


図4 円形造波水槽のシミュレーション例
左側の太実線の円周上に配置された短冊状の造波機を制御して二次元波を造波した例。
右円周側には完全透過となるように制御された吸収型造波機が設置されている。(点線上)

元的な規則波を作ることができる例である。

これらの一例に示したように、「水波を造る装置」は一層深められたコンセプトとして「無限波動場を有限水域内に実現する装置」として考えてみると、大きな発展性を持った装置と言えよう。船舶海洋工学科として海洋波動場と、その中における船舶及び構造物の挙動を研究する立場に立った時、今後これらの装置は必要なものとなる。なお、これらの考えは音響の分野などでもあるようである。音波と違って水波は分散性を持っているために又違った難しさがあるが、諸兄の中でこれらについて御助言いただける方がおられたら幸いである。

