

メガフロートの話 (2)

—メガフロートの流力弾性挙動特性—

1. はじめに

前号ではメガフロートの全般的な技術的特徴を紹介した。メガフロートはその用途、目的により様々な構造様式・形状・寸法が考えられるが、基本的には海水の浮力を利用した超大型人工浮基盤といえる（図-1参照）。メガフロートは水に浮いている超大型浮体である。また用途としては上載建造物の基盤としての活用が期待されていることから、基盤としての物理的・工学的な特性と用途上要求される特性を把握せねばならない。それらはメガフロートの基本計画あるいは構造計画を進めるうえで非常に大切である。以下に物理的・工学的特性のうち最も重要な首題タイトルについてその概要を紹介する。

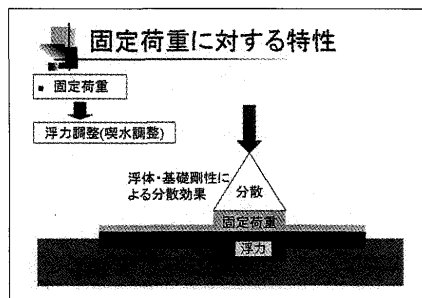


図-1

2. 浮力を発生させる材料と構造

水より軽い素材は全て浮力をもっているが、十分な浮力、ある程度の強さ、造り易さ、耐久性を満足するものの1つとして、現在では図-2に示す溶接工法による鋼殻構造（別名；ポンツーン型）が考えられている。大型タンカーなどに採用されている構造とほぼ同じなので、実績もあると考えてよい。隔壁で縦、横に仕切られているの

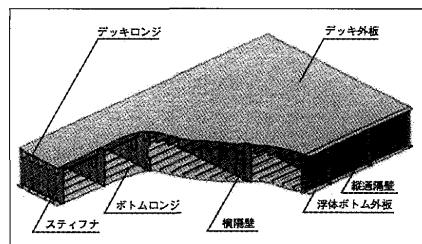


図-2

は、万が一にも底板（ボトム外板）から浸水しても大規模な浮力損失が生じないよう安全上の配慮をしているからである。

3. 波による影響

前項でメガフロートの構造は船の二重底構造と似ていると述べたが、船と同じように揺れるのか？ 図-3に示すように船のような揺れは発生しないが、波による周辺部の上下動が構造体の振動として後方に伝播する。構造的には極めて緩やかな上下撓みと鉛直運動が発生するとも言える。剛体運動をする通常の船では見られない現象であるが、メガフロートが超大型・超薄型で尚且つ海上に浮いているが故の弾性体の現象である。旧メガフロート技術研究組合では、このような弾性体と流体が相互に影響し合う大規模かつ複雑な運動をシミュレートする解析技術を開発したことにより、その特性を数量的に把握できるようになり、また構造計画にも繋げることができるようになった。以下にその運動特性の概要を紹介する。

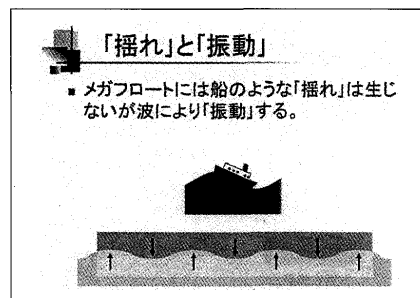


図-3

図-4は、運動特性を理解するために浮体の単位要素を質点として表現し単純化したモデルを示す。本図に示すように浮体は、波により周囲の海水とともに振動する。この振動現象をサイン波でモデル化し、図-5に示すような運動方程式で表現することにより、多元の連立方程式が得られ、それを解くことにより運動特性を求めることができる。

またメガフロートの流力弾性運動特性（以下弾性挙動と略称）は、このように単

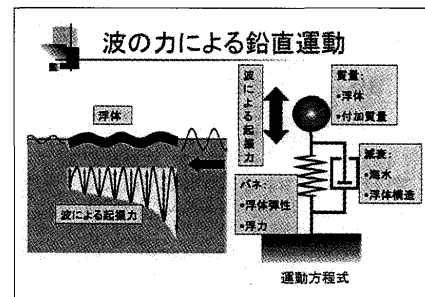


図-4

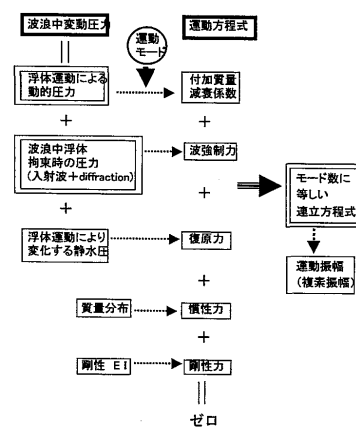


図-5

純化したモデルで、質量、バネ、減衰などの特性を考えていけば、比較的容易に理解することができる。このようにして得られた特性の一部を以下で紹介する。

4. 鉛直運動特性(1) — 振動波形

図-4に示すように、メガフロートは波により緩やかな振動を起こす。その時の振動周期は波周期と同じであるが、浮体の振動波形の長さ（弾性波長という）は水面波の長さとは異なり図-6に示すような関係がある。図-6より例えば、ある自然条件での水面波の周期が5秒のとき、弾性波長は水面波長

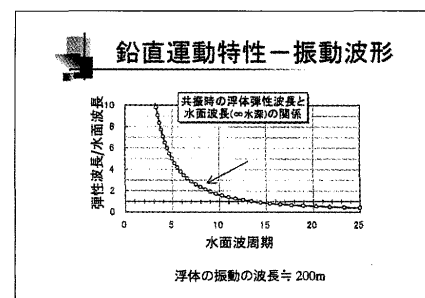


図-6

の5倍となる。水面波が周期5秒の時の波長は、水深により異なるが約39mで、従って弾性波長は 39×5 で約200mとなる。

5. 鉛直運動特性(2)－付加水

物体の海水中での運動を考えた場合、物体は質量が増加したような運動をする。この増分が付加質量である。感覚的には、水中で手のひらを広げ、一定のスピードで動かした時に受ける力が減衰項、加速する時に重く感じるのが付加質量による効果である。この効果の一例を示したのが図-7である。浮体構造の弾性波の固有周期が5秒の時、弾性波の節数は約50。これに対応する付加水重量は約40t/m²。一方、メガフロート構造の重量は約1t/m²程度なので、あたかも自重の何十倍もの重さがあるかのように振動する。

付加水影響の大きさによりメガフロートはみかけよりはるかにどっしりとしているし、少々の上載物重量の運動に対する影響はそれと比較すると小さい。

■ 付加質量は、浮体の質量よりはるかに大きい。

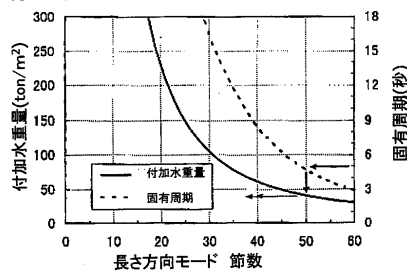


図-7

6. 鉛直運動特性(3)－波向き

水面波と弾性波の関係は光波が示す波動現象と同様である。すなわち、屈折・反射・入射臨界角などの性質を持ち、また短周期の水面波のほうが浮体により反射されやすいという性質を持っている。水面波の向きにより弾性波が変化する様子を図-8に示す。

7. 鉛直運動特性(4)－固有周期

図-8に示すように浮体の平面的振動波

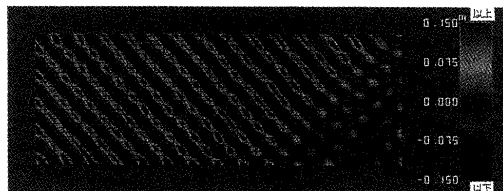
浮体要目		外乱	
長さ	477.0 m	波向	0, 45, 75°
幅	171.4 m	波振幅	1 m
深さ	7 m	波周期	7.7 sec
喫水	2 m		



波向：0度



波向：45度



波向：75度

5,000m級浮体の上下動分布(波周期：7.7秒)

図-8

形は極めて複雑且つある程度規則的であるが、この面的な振動パターンを付加水影響も考慮して弾性モードと呼んでいる。この弾性モードの次数(概略的には変形の山・谷の数)と、このモード次数が出現する固有周期との関係を図-9に示す。

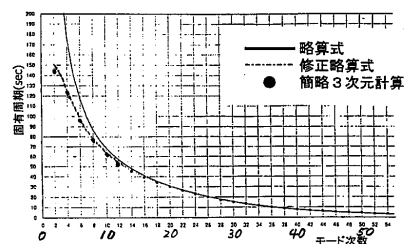
これを見ると風波周期5秒でのモード次数はこの図では読み取れないくらい大きい(約400)。従って大型浮体を精度良く計算するためには要素分割数が膨大となり、計算を実用的且つ効率的に行うためには解析プログラムと使用電算機的能力が大きな鍵になる。

8. 鉛直運動特性(5)－浮体曲げ剛性

これまでに浮体の振動特性を述べたが、これらが浮体の全体構造強度(曲げ剛性; EI)とどのような関係にあるか、あるモデルについての概略計算結果を図-10に示す。一般に構造に発生する応力を下げるのに剛性を大きくするが、メガフロートの場合効果が比較的小さく、設置海域と用途によ

っては何らかの波浪制御機構が必要となる。メガフロート構造設計の複雑さの一因もこのような特性から派生している。

(以下次号)



弾性モードの固有周期(大型浮体空港モデル, 水深20m)

図-9

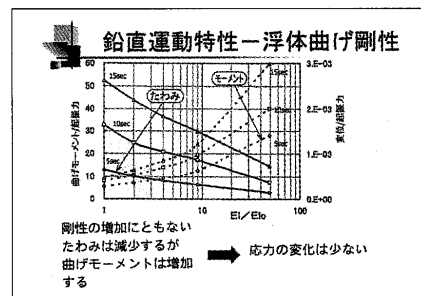


図-10