

浅海域における大型浮体構造物の鉛直地震動による応答特性

中電技術コンサルタント(株) 正会員 ○大輝 聡
 鳥取大学工学部 正会員 上田 茂
 中電技術コンサルタント(株) 正会員 日下 理
 三菱重工(株)広島製作所 正会員 石井 元悦

1. はじめに

浮体構造物特有の現象として海震と呼ばれるものがある。海震とは、海底面で発生した地震動が圧力波(粗密波)として伝播したり、係留された浮体に大きな振動を与えることである。本文では、後者を鉛直地震動と称して取り扱う。

近年、沿岸部の海洋空間の利用は、埋立て式などの従来工法にとらわれない空間創出が求められており、浮体構造物の役割は非常に大きなものとなってきている。このような中、浮体構造物のさらなる大型化を目指すため、浮力を利用して地盤への負担を小さくする軟着底方式が注目されているが、鉛直地震動に対する耐震性について十分検討されていない。

そこで、本研究では、沿岸部の比較的水深の浅い箇所に設置される軟着底方式の大型浮体構造物を対象とし、鉛直地震動による応答特性について、構造物と流体の動的相互作用を考慮した2次元動的解析を実施し、軟着底方式の支持部に発生する反力に着目して検討した。

2. 解析モデル

解析対象とした軟着底方式の大型浮体構造物は、静穏海域内に設置される160m×120mの全体質量 1.0×10^8 kgのセミサブ方式による洋上人工地盤である。浮体構造物は、構造長手方向に2つの支持脚によって回転を拘束しないように支持された静定構造系である。図-1に解析対象大型浮体構造物の概念図を示し、表-1にその構造諸元を示す。

本解析では、浮体構造物のロワーハルのみを取出した没水浮体を2つの支持脚が支持する構造体として護岸に囲まれた構造長手方向のモデルを作成した。

本解析に用いたモデルを図-2に示す。浮体構造物は、構造剛性を考慮するために平面ひずみ要素を用いた。また、支持部に発生する反力に着目するために、支持脚は線形ばねでモデル化し、海底面護岸の境界条件は、地盤による発散効果を見逃して固定境界とした。なお、浮体構造物と流体の動的相互作用を考慮するために、構造物-流体連成要素を付与している。

3. 解析手法

構造物と流体の動的相互作用を考慮した2次元動的解析を行うために、本解析では1988年に運輸省港湾技術研究所で開発された汎用有限要素法コードFLIPを用いて、時刻歴応答解析を行った。水深が浅い箇所を対象としているため、流体の圧縮性が与える影響は小さいものとし、対象とする流体は、非粘性・非圧縮性流体とした。また、海面は自由表面境界として速度ポテンシャル $\phi=0$ とした。入力地震波には、プレート境界型の大規模地震相当のものを考えて図-3に示す模擬地震動を用いた。

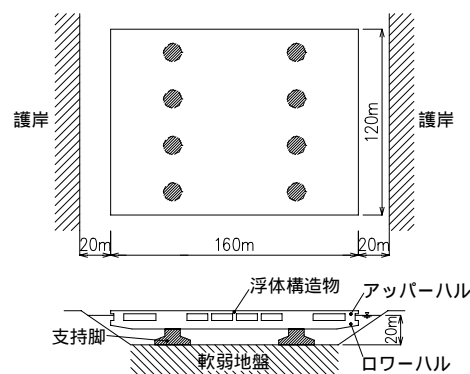


図-1 大型浮体構造物の概念図

表-1 大型浮体構造物の構造諸元

項目	構造諸元
浮体構造物	160m×120m, 鋼製 (ロワーハル高 5.5m)
全体質量	1.0×10^8 kg
支持脚	構造物長手方向2点支持
水深	20mの浅海域
護岸	鉛直護岸(固定境界)

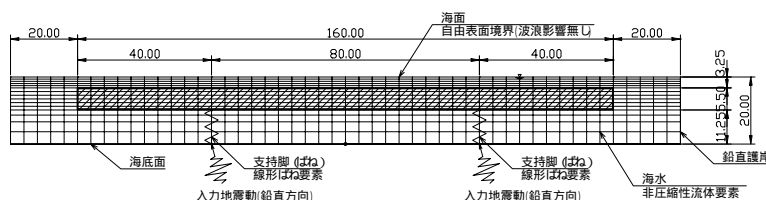


図-2 2次元解析モデル(構造長手方向)

キーワード 鉛直地震動, 軟着底方式, 構造物と流体の動的相互作用

連絡先 〒734-8510 広島県広島市南区出汐2丁目3番30号 中電技術コンサルタント(株) 道路部 TEL 082-256-3496

4. 解析結果

(1) 浮体構造物の剛性影響

浮体構造物の剛性の違いによる応答特性を把握するため、支持脚ばねが剛な場合と軟な場合について解析を行い、浮体構造物の剛性が支持脚反力に与える影響について検討した結果を図-4に示す。

支持脚ばねが剛であるときには、浮体構造物の剛性大では支持脚の反力が小になり、浮体構造物の剛性小では支持脚の反力が大の傾向となる。また、支持脚ばねが軟であるときには、浮体構造物の剛性にかかわらず支持脚の反力が小となる。つまり、支持脚が剛の場合には、浮体剛性の影響が大きいことを示している。

(2) 支持脚ばね定数の影響

(1)において、支持脚の反力には、浮体構造物の剛性の大小とともに、支持脚ばねの大小も影響することが分った。

ここでは、支持脚ばね定数の違いによる応答特性を把握するため、浮体構造物の剛性が小さい場合について検討ケースを増やして解析を行い、支持脚のばね定数が支持脚反力に与える影響について検討した結果を図-5に示す。

浮体構造物の剛性小であるときには、支持脚ばねが剛では、ばね軟の約10倍の支持脚反力が生じる。

(3) 水中重量の影響

全構造重量から浮力(排水量)相当を除いた重量を水中重量とすると、水中重量は上載荷重の増減により変動する。水中重量の変動による応答特性を把握するため、浮体構造物の剛性、支持脚ばね定数、浮力(排水量)が一定の場合について解析を行い、水中重量の変化が支持脚反力に与える影響について検討した結果を図-6に示す。

全構造重量と浮力(排水量)が釣り合う場合、つまり水中重量がゼロの場合、支持脚に発生する反力はほとんど生じない結果となった。水中重量がゼロ点を境に、水中重量が増えるにつれ、支持脚の反力は比例して大きくなる傾向となる。

水中重量がゼロの場合、支持脚に反力がほとんど生じなかったのは、流体と浮体構造物は見かけ上、同じ質量密度となり、ほぼ流体と同等のものが水中に存在するものと考えられる。

5. まとめ

比較的水深の浅い箇所に設置される軟着底方式が鉛直地震動を受ける場合、支持脚に発生する反力は、浮体構造物の剛性、支持脚ばね定数、水中重量の影響を受ける。

- 1) 水中重量、支持脚ばね定数、浮体構造物の剛性の順に、応答特性に与える影響が大きいことが分った。
- 2) また、耐震性という観点からすれば、浮体構造物の水中重量はできるだけ軽い方がよく、軟らかいばねで支持させるのがよいことが分った。
- 3) 支持脚ばねが剛であることを前提とした場合、支持脚に生じる概略反力は、水中重量に入力加速度を乗じた慣性力相当としてよいことが分った。
- 4) 今回の解析では、浅海域を対象としたため、流体の圧縮性の影響は少なく非圧縮流体として解析を行ったが、今後流体の圧縮性が水深に対してどの程度影響するのか詳細に検討する必要があると考える。

参考文献) (社)日本造船学会：超大型浮体構造物 1995。

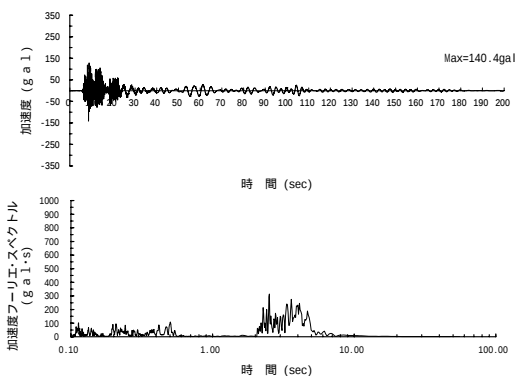


図-3 模擬地震動(入力地震波)

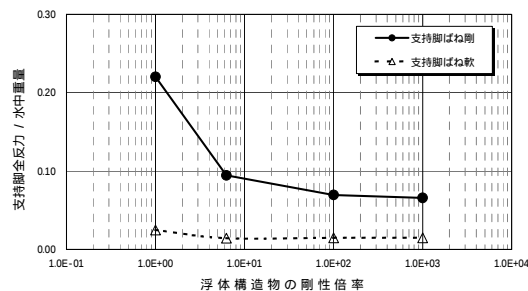


図-4 浮体構造物の剛性影響

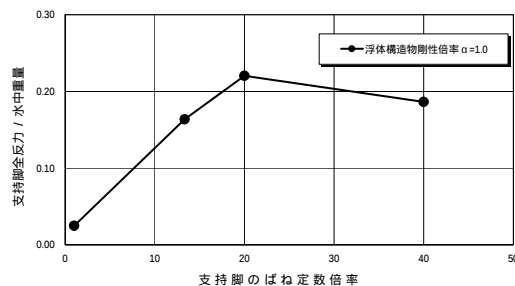


図-5 支持脚ばね定数の影響

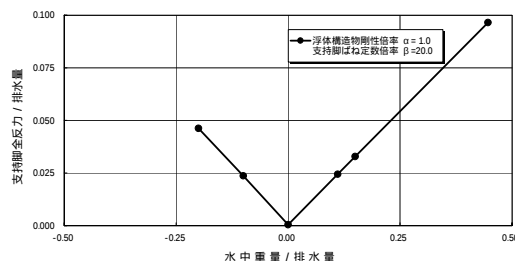


図-6 水中重量の影響