

浅海域浮体式人工地盤の剛性と鉛直地震応答

中電技術コンサルタント(株) フェロー会員 ○日下 理

鳥取大学大学院 (研究当時) 学生会員 山崎陽一郎

鳥取大学工学部 フェロー会員 上田 茂

1. はじめに

静穏海域や軟弱地盤海域では海洋空間の有効利用のため、浮体式人工地盤を活用することが有効である。大型の人工地盤を洋上に設置する案もその対応策の一つである。本研究は、浅海域における大型浮体構造物について、浮体剛性と鉛直地震応答の関係を汎用有効応力解析法 (FLIP) を用いて解析したものである。

2. 対象とする浮体式人工地盤¹⁾

対象とする浮体式人工地盤は、図-1 に示すセミサブ方式のもので、浮力を十分活用して2点で軟着底支持させるものである。表-1 に基本諸元を示す。図中の支持脚は重力式またはテンション レグ式が考えられる。なお、セミサブ式は潮位変動の影響が小さいという特長を有する。

3. 解析方法

(1) 解析モデル

図 - 2 は 2 次元解析のモデルである。本検討では鉛直地震動のみを考慮し、それに伴う支持脚の作用加重を求めた。そのためモデルを簡素化し水平方向の支持ばねは省略した。流体の圧縮性の影響は、浮体底面と海底面の間で伝播波が共振現象になるときに顕著に表れるが、その水深は 75m 程度以上の場合である。本検討の水深は 20m であるので、非圧縮性とした。

(2) 入力地震波

図 - 3 は、本解析に用いたプレート境界型の模擬地震動 (最大加速度 1.404m/s²) であり、図 - 4 はそのフーリエスペクトル図である。

4. 解析結果

(1) 浮体構造物の剛性の影響

図 - 5 は、支持脚の作用加重と浮体構造物の剛性の関係を図示したものである。縦軸は、支持脚の作用加重 / (水中重量 × 鉛直震度) を示す。(鉛直震度とは、入力 の最大加速度 / 重力の加速度である)

図中に「支持脚ばね剛」と記載しているものは、重力式支持脚相当の全ばね定数 k ($5.88 \times 10^7 \text{ kN/m}$) を、また「支持脚ばね柔」と記載しているものは、テンション レグ式の

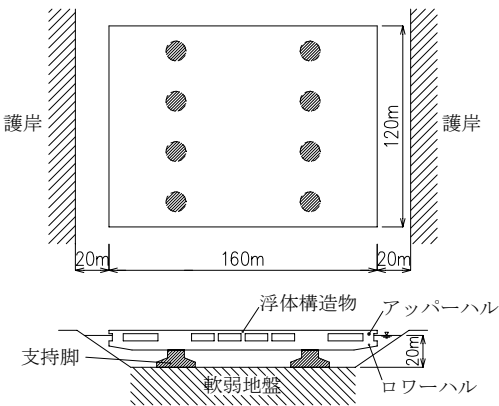


図-1 大型浮体構造物の概念図

表-1 浮体式人工地盤の構造諸元

項 目	構造諸元
浮体構造物	160m×120m, 鋼製 (ローワーハル高 5.5m)
全 体 質 量	$9.67 \times 10^7 \text{ kg}$
全体の支持脚ばね定数	$5.880 \times 10^7 \text{ kN/m}$ $0.294 \times 10^7 \text{ kN/m}$
浮体構造物の剛性	$8.232 \times 10^9 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$
支 持 脚	構造物長手方向 2 点支持
水 深	20m
護 岸	鉛直護岸(固定境界)

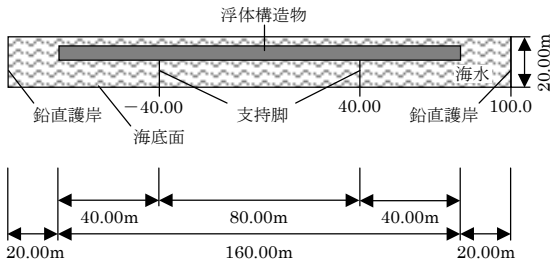


図-2 解析モデル (2次元)

キーワード 浮体構造物, 人工地盤, 洋上構造物, 特性係数, 剛性係数
連絡先 〒734-8510 広島県広島市南区出汐 2-3-30 中電技術コンサルタント(株) 道路・臨海本部 TEL 082-256-3353

係留索相当の全ばね定数 k ($0.294 \times 10^7 \text{ kN/m}$) を想定している。図-5 から、「支持脚ばね柔」のときは、浮体剛性の影響が小さく、「支持脚ばね剛」のときは浮体剛性の影響が大きいことがわかる。

(2) 支持脚ばねの影響

図-6 は、浮体剛性が最も小さい $EI=0.823 \times 10^6 \text{ kN} \cdot \text{m}$ として、支持脚のばね定数と作用加重との関係を図示したものである。支持脚のばね定数が増加するにつれて支持脚の作用加重が大きくなるが、次第にほぼ一定になる。

(3) 特性係数 α による整理

ここで、式(1)で定義される特性係数 α ($1/\text{m}$) を導入する。

$$\alpha = (k / (EI/B))^{1/4} \quad (1)$$

ここで、 B : 浮体構造物の幅 (m) (2次元解析であれば奥行), E : 浮体構造物材質の弾性係数 (N/m^2), I : 断面 2 次モーメント (m^4), k : 浮体単位面積当りの復元力 (N/m^3) (支持脚ばね定数 $\times$ 本数/底面積)。

この特性係数を利用して、上記(1),(2)の値を整理し直すと、浮体剛性と支持脚ばねに関して、図-7 が得られる。図-7 の横軸の左側ほど、「剛性大」または「ばね定数小」を意味し、右側ほど、「剛性小」または「ばね定数大」を意味する。多少のばらつきはあるが、これから以下のことが言える。

- $\alpha L > 7$ の場合には、浮体剛性を考慮必要がある。(L: 浮体の長さ (m))
- テンション レグ式のような柔らかい支持脚の場合には、 $\alpha L < 7$ 以下になることが多いので、浮体剛性の影響は小さい。
- 浮体剛性は上載荷重や強度上から決まるために、大きく変化させることが難しいので、 α は支持脚のばねに支配されることが多い。従って、重力式の支持方法であっても、支持脚のばね定数を低減することが有効であると考ええる。

4. おわりに

本検討では、 $\alpha L > 7$ の大型浮体構造物では、浮体剛性を考慮して鉛直地震動による支持脚の作用加重を求める必要があることを示した。今後、さらに解析を進めたいが、支持脚のばね定数の低減方策も検討したい。

参考文献 1) 大輝聡, 上田茂, 日下理, 石井元悦: 浅海域における大型浮体構造物の鉛直地震動における応答特性, 土木学会第 59 回年次学術講演会, pp. 415-416, 2004.

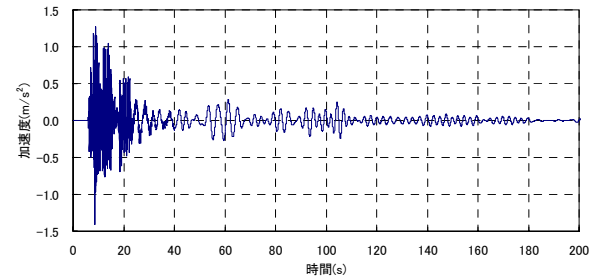


図-3 地震波形(鉛直方向)

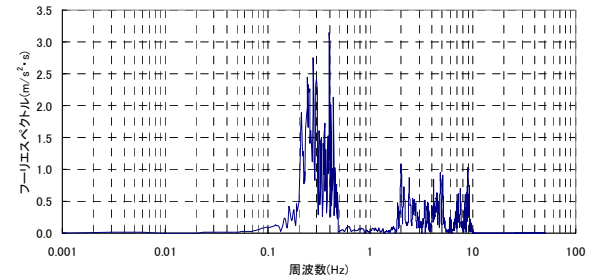


図-4 フーリエスペクトル(鉛直方向)

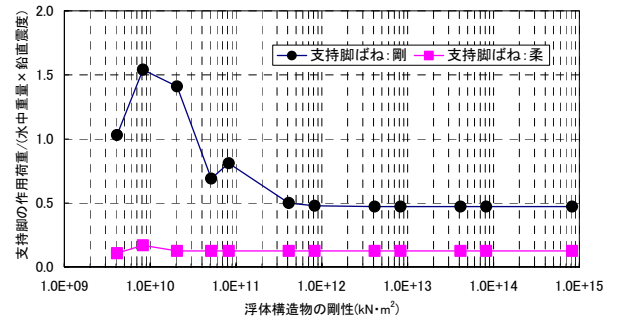


図-5 浮体構造物の剛性の影響

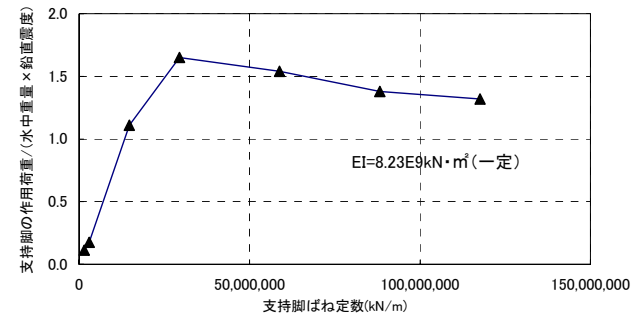


図-6 支持脚のばね定数の影響

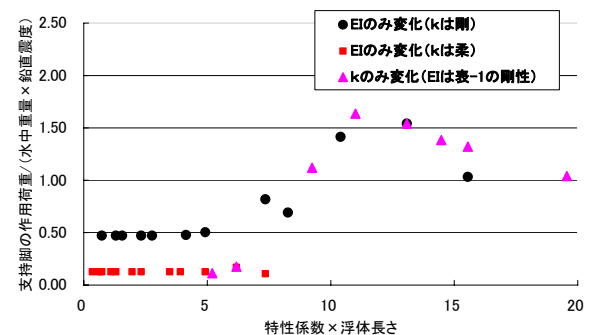


図-7 支持脚の作用荷重と特性係数の関係