

大阪湾における浮体構造物の海震による鉛直方向応答解析

鳥取大学大学院 学生員 ○橋本淳 鳥取大学大学院 学生員 杉本徹
 鳥取大学工学部 フェロー会員 上田茂
 鳥取大学工学部 正会員 谷口朋代 鳥取大学工学部 正会員 池内智行

1. はじめに

わが国は、国土面積が狭くさらに起伏がはげしいという地理的条件をもつため、平野部に人口が集中するという現状にある。そこで、現在、目が向けられているのが海洋開発である。海洋域で利用空間を創るために、これまでは埋立てによる方式が多く用いられてきたが、埋立てに適する海域の減少と、コストや工期、環境問題などの面から、近年は浮体式構造物によって利用空間を創り出す方式が提案されている。浮体構造物の建設計画において、地震国である日本は、海震の影響を明確にしておくことは必要不可欠である。そこで、本論文では、大阪湾付近に浮体構造物を建設すると仮定して、入力加速度を選定したのち、海震荷重を求め、それによる浮体構造物の応答をみることにする。

2. 海震とは

海震は海底地震の略語ではなく、地下で起こった地震の地震波が地盤を伝わってきて海底面を振動させることにより、浮体に影響を及ぼす現象である。海底面の水平振動は、ドルフィンなどの係留を介して浮体に伝わる可能性があるが、通常は影響を及ぼさない。一方、上下振動は、海底面の振動が疎密波として水中を伝播し、それが、浮体に動水圧として作用し影響を及ぼすと考えられている。（図-1）

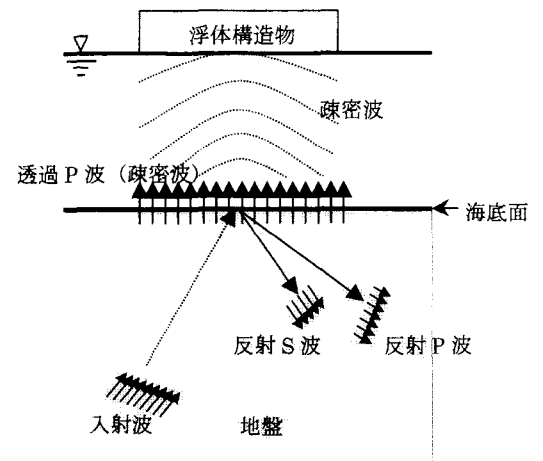


図-1：海震の概念図

3. 入力加速度の選定^{1), 2)}

入力加速度は、最大加速度期待値と再現期間の関係（地震危険度）を図示したものに浮体構造物の耐用年数を考慮して選定する。地震危険度の算出は「極値統計理論」を採用し、その結果が図-2である。耐用年数と再現期間の関係は以下の式で表される。

$$P_F = 1 - \{1 - (1/R)\}^T$$

（ P_F : 遭遇確率 R : 再現期間 T : 耐用年数）

一般に構造物の耐用年数は通常約 100 年とされているが、浮体構造物の場合、歴史が浅く、耐用年数についてはまだ、確立されていない。現代の技術により、約 100 年は耐えられるとの報告もあるので、本研究では浮体構造物の耐用年数は 100 年と考える。耐用年数 100 年の構造物に再現期間 100 年の加速度が遭遇する確率は上式より 0.636 であり、同様に再現期間 200 年の加速度が耐用年数内に遭遇する確率は 0.395 である。遭遇確率が 0.6 だと当然無視することができないが、遭遇確率が 0.4 では、高くはないが無視できるとも言いがたい値である。したがって、本研究での応答解析では、再現期間 200 年の加速度を与えることにする。図-2 より、大阪湾における入力加速度 a は 100(gal)とする。

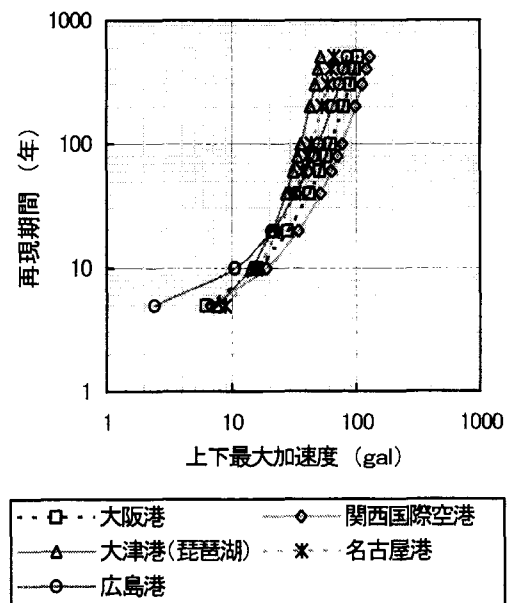


図-2：地震危険度

4. 海震荷重

解析モデルを図-3のように設定し、浮体構造物に働く海震荷重について調べる。特に本研究では地盤の振動数、浮体幅、水深と海震荷重の関係について考え、浮体幅の影響をみる場合は $h_w=50\text{m}$ として $B=100, 500\text{m}$ のケースについて解析し、水深の影響をみる場合は $B=200\text{m}$ として $h_w=10, 50\text{m}$ のケースについて解析する。結果が図-4である。解析には文献3)に収録されているプログラムを用いた。

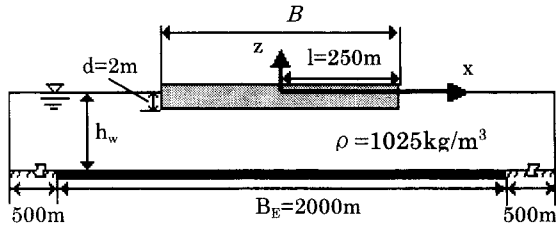


図-3：解析モデル

5. 応答解析

本研究では係留なしの条件であるため、海底地盤の揺れを浮体構造物に直接伝えることはない。したがって、海底地盤が揺れ、浮体構造物に荷重として作用すると考える。浮体の動揺によって作用する流体反力を考慮して振動方程式をたてると以下ようになる。

$$(M + m_k)\ddot{z} + C_m\dot{z} + \rho g B z = F \cos(\omega t - \psi)$$

M : 浮体の質量 m_k : 付加質量 C_m : 造波減衰係数 z : 変位
 ω : 地盤の円振動数 t : 時刻 ψ : 荷重と振動地盤の位相差

解析条件として、解析モデルは図-3で、水深 $h_w=50\text{m}$ 、浮体幅 $B=500\text{m}$ とする。地震動は加速度振幅100gal（3.入力加速度の選定より）の正弦波を与え、それによる荷重も一定振幅 F で正弦波状に作用すると仮定する。

図-5は地盤の振動周期と海震荷重の関係を図示したもので、図-6は地盤の振動周期と海震荷重による浮体の鉛直変位の関係を図示したものである。大きな荷重（約 $6.0 \times 10^5 \text{ kN}$ ）が作用しているにもかかわらず、変位は約4.0（cm）と小さい値を得た。

6. まとめ

疎密波が共振しているときには、非常に大きな海震荷重が浮体構造物に作用するが、流体反力の影響でそれほど応答しないと考えられる。しかし、非常に大きな力が浮体構造物に作用しているので、この点に関しては検討、研究の必要があると考えられる。

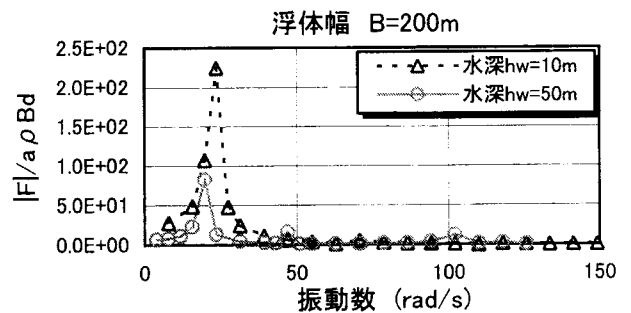
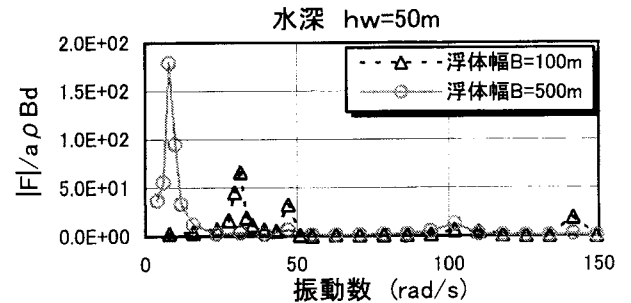


図-4：解析結果

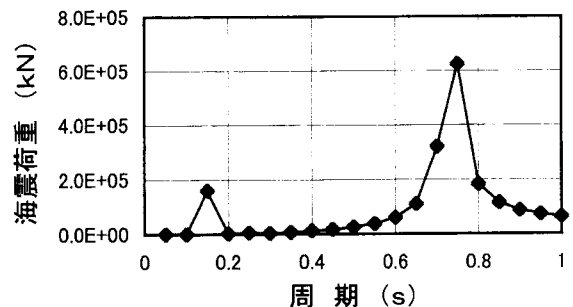


図-5：海震荷重

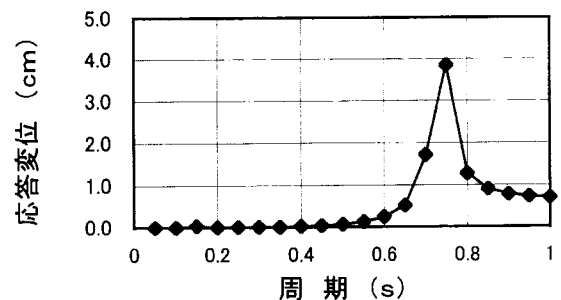


図-6：鉛直応答変位

参考文献

- 1) 北澤壮介・上部達生・檜垣典弘：「沿岸地域における基盤の最大加速度期待値の推定」港湾資料 No.486 1984年 pp3~31
- 2) 「港湾の施設の技術上の基準及び同解説(上)」日本港湾協会 1999年 pp257~280
- 3) 柏木正・高木健・吉田尚史・村井基彦・肥後靖：「実践浮体の流体力学前編—動揺問題の数値計算法」成山堂書店（社）日本造船学会 海洋工学委員会性能部会 編 2003年 第1,2,8章