

浮体構造物の地震応答に関する一考察

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

地震国である日本では、地震の影響を明確にしておくことは、浮体構造物の実現のために必要不可欠な課題であると考えられる。そこで、本論文では地震荷重を比較的容易に算定できる近似式を考察し、近似式をもとにして地震荷重が浮体構造物に与える影響を数値的に明確にし、浮体構造物の応答を求めることを目的とする。

2. 地震荷重の算定

ここでは地震荷重について、別所の理論に基づいて検討する。

流体は非粘性でかつその運動は非回転だとするが、圧縮性は考慮する。座標系は、図-1のように水深 h の静水面上に x 軸、鉛直下向きに y 軸をとる。海底の振動によって流体内を疎密波が伝播し、浮体構造物に影響を及ぼすとする。

地震外力による時刻歴を計算する方法を示す。地震による外力の応答関数 $F(\omega)$ を①式を用いてフーリエ逆変換し、その計算結果と地震動の上下速度 $v(\tau)$ を②式に代入し地震荷重の時刻歴 $g(t)$ を求める。今回の計算では、例として地震上下速度に愛知県で発生した地震のデータを用いた。

$$F(\omega) = \frac{\rho C}{i \sin Kh} + \frac{\rho C}{iKh \cos Kh \left(\cos \frac{KB}{2} - \frac{K}{\mu'} \sin \frac{KB}{2} \right)}$$

$$\mu' = \begin{cases} \sqrt{\left(\frac{\pi}{2h}\right)^2 - K^2} & \text{for } \left(\frac{\pi}{2h}\right)^2 > K^2 \\ i\sqrt{K^2 - \left(\frac{\pi}{2h}\right)^2} & \text{for } K^2 > \left(\frac{\pi}{2h}\right)^2 \end{cases}$$

$$G(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{i\omega t} d\omega \quad \dots \textcircled{1}$$

$$g(t) = \int_0^t v(\tau) G(t-\tau) d\tau \quad \dots \textcircled{2}$$

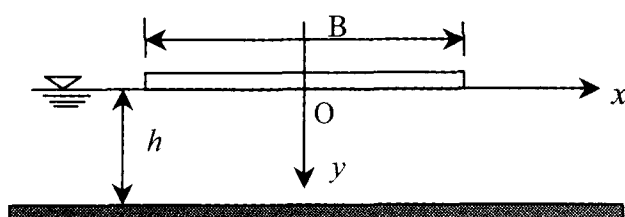


図-1（浮体構造物のモデル）

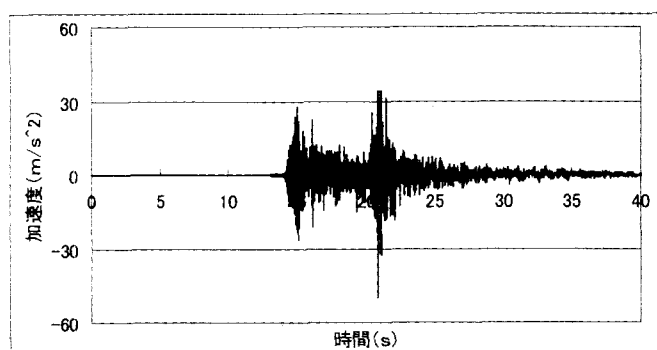


図-2（愛知県で発生した地震の加速度）

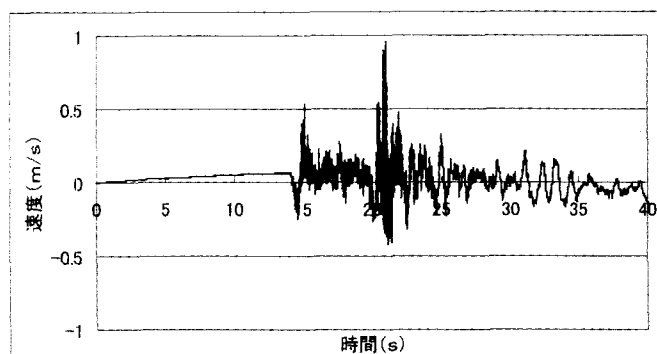


図-3（愛知県で発生した地震の速度）

愛知県で発生した地震の速度データ（図-3）を用いて、浮体構造物に作用する海震荷重を計算した。海震荷重の計算結果は図-4 のようになった。

3. 浮体に関する振動方程式

$$(M+m)\ddot{Z} + N\dot{Z} + D\dot{Z}|Z| + KZ = F$$

M ：浮体の質量、 m ：付加質量、 N ：造波減衰力、 D ：粘性減衰、 KZ ：流体復元力、 F ：海震荷重

4. 海震荷重、浮体の海震応答について

図-4 の海震荷重は、やや大きい値となった。これは、本論文が水の圧縮性を考慮にしているからである。

浮体構造物に作用する海震荷重の時刻歴は、入力した地震波が 30 秒経過したくらいから減衰しているので、同じ経過時間くらいから減衰すると想像していた。しかし、出力した結果は減衰しているようにはみえない。この原因として、外力の応答関数を求める段階での誤りか、応答関数をフーリエ逆変換したあとの畳み込み積分の誤りが考えられる。

浮体構造物の応答加速度、応答速度、応答変位について考察する。応答加速度は最大値が約 60cm/s^2 、応答速度の最大値は約 6cm/s 、応答変位の最大値は約 5cm となった。浮体構造物には図-4 から分かるように、約 $2.0 \times 10^7 \text{N/m}$ の力が作用しているにもかかわらず、浮体構造物の応答変位は図-7 から分かるように最大で約 5cm という変位となった。この結果より、浮体構造物は鉛直方向の揺れに対しても免震性があるといっても良いと思われる。

5. おわりに

以上の計算結果より、浮体構造物は鉛直方向の揺れに対して免震性があることを確認した。

今後の課題は、応答関数、積分計算を見直し、浮体構造物に作用する海震荷重を求め直すことである。

6. 参考文献

- 1) 別所 正利・前田 久明・増田 光一・清水 健一郎：超大型浮体式海洋構造物に働く海震荷重の時刻歴応答推定法に関する研究

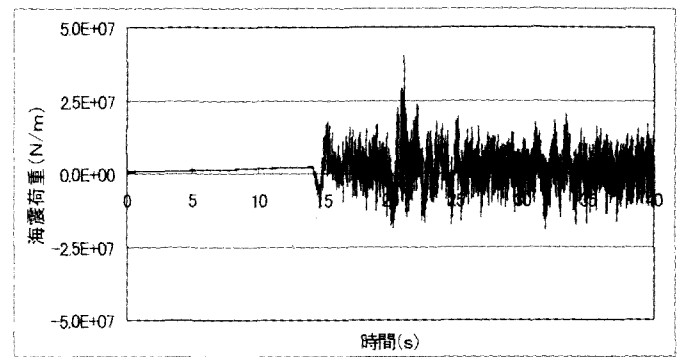


図-4（浮体構造物に作用する海震荷重）

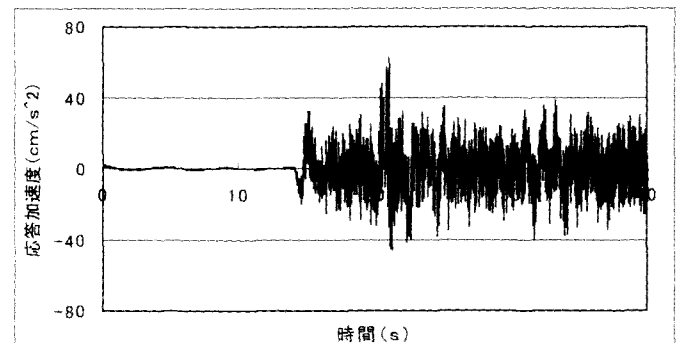


図-5（浮体構造物の応答加速度）

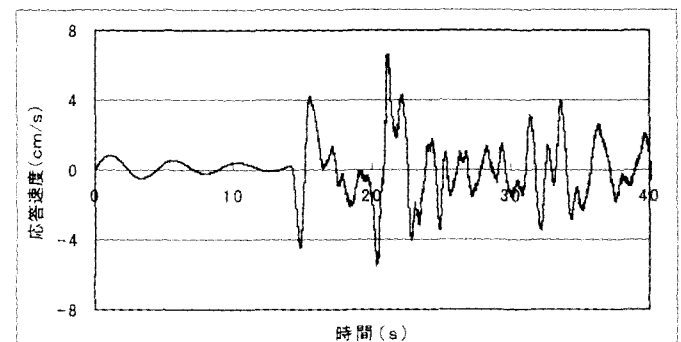


図-6（浮体構造物の応答速度）

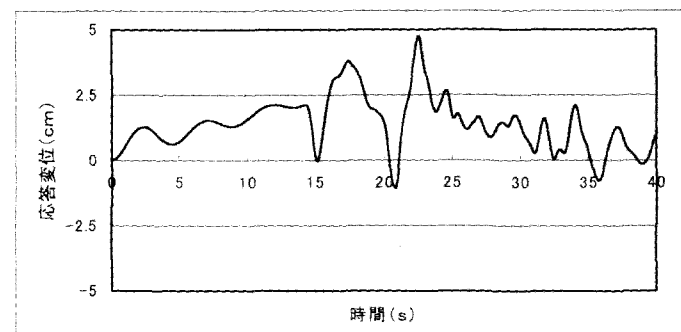


図-7（浮体構造物の応答変位）