

波群特性の異なる不規則波中での係留浮体の運動

大阪大学工学部
運輸省正会員
正会員○青木伸一, 榎木 亨
高田昌行

① はじめに : 近年、不規則波におけるGrouping現象が注目され、その特性の解明と並行して種々の水理現象に及ぼす影響が論じられている。なかでも、Groupingが係留浮体に大幅の長周期動揺を発生させる原因となることは以前から指摘されていたにもかかわらず、これに関する系統だった研究はあまりみられない。本研究はFunke & Mansardによって提案された不規則波のシミュレーション法、すなわち波のスペクトル形は同じで波群特性のみを任意にコントロールできる方法を用いて水理模型実験を行ない、係留浮体の運動に及ぼすGroupingの影響を明らかにしようとするものである。

② 不規則波のシミュレーション法および実験の方法 :

今回用いたシミュレーション法は、(1)式で与えられる平滑化された波のエネルギー(SIWEH)を用いて不規則波を構成する成分波の位相差を決定する方法である。

$$SIWEH = E(t) = \frac{1}{T_p} \int_{-\infty}^{\infty} \eta^2(t+\tau) Q(\tau) d\tau \dots\dots (1); \quad Q(\tau) = \begin{cases} 1-|\tau|/T_p & (|\tau| \leq T_p) \\ 0 & (|\tau| > T_p) \end{cases}$$

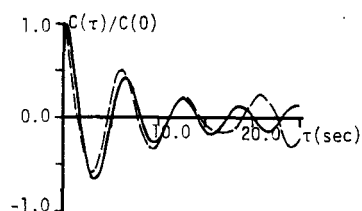


図-1 SIWEHの自己相関関数

ここに、 $\eta(t)$:水位変動、 T_p :スペクトルのピーク周期

したがって本シミュレーション法ではSIWEHを与えてやる必要があるが、今回は図-1中の実線で示すようなSIWEHの平均値回りの自己相関関数 $C(\tau)$ を与えることにより決定した。

$$C(\tau) = C(0) e^{-\beta|\tau|} \cos \frac{2\pi}{T_g} \tau \dots\dots (2) \quad \text{ただし、} C(0) = G_F^2 m_0^2; \quad G_F = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{T_p} \{E(t) - \bar{E}\}^2 dt} / \bar{E} \\ m_0 = \int_0^{T_p} S(f) df$$

すなわち、SIWEHを決定するパラメーターは T_g , G_F , β の3つであり、 T_g は波群の繰返し周期を、 G_F は波群の大きさを、 β はSIWEHのスペクトルの尖鋭度、言い換えれば波群の出現の規則性をそれぞれ規定するパラメーターである。水理模型実験は長さ17.5m、幅1.5mの二次元造波水路を3つの小水路に区切り、中央の水路に幅25.1cm、高さ25.9cm、長さ39.5cmの鉄製矩形浮体をバネで係留した二次元モデルを用いて行なった。運動の測定は浮体重心位置と係留バネの端部に取付けた板バネのひずみ量よりSwayおよびRollの変位量を算出した。造波信号は数値シミュレーションにより求めた不規則信号をD-A変換した後造波機に入力したが、その際浮体係留位置で所定のGrouping特性が現われるように各成分波の伝播に伴う位相のずれを前もって入力信号に与えた。図-1中の破線は実線で示した自己相関関数をもとに作成した不規則信号を入力して造波した不規則波の、浮体係留位置での水位記録より求めたSIWEHの自己相関関数の一例である。これより、本シミュレーション法を用いることにより、ほぼ期待する波群特性をもつ不規則波が浮体係留位置で発生していることがわかる。尚、入力信号のスペクトルはBretschneider-光易型を用い、浮体に及ぼす定常潮流カ

の特性を考慮して、 $T_B = 1.0 \text{ sec}$ とした。また Sway および Roll の自由振動周期はそれぞれ 6.9 sec および 1.2 sec であった。

③ 実験結果 : 図-2 に SIWEH (S_{si}), 水位変動 (S_w), Sway (S_{sw}) および Roll (S_{ro}) のスペクトルの一例を示す。図中 f は周波数、 m_{ow} は水位変動のスペクトル面積である。これより Sway は SIWEH の、Roll は水位変動のスペクトルとそれぞれ明確に対応しており、Sway には長周期の運動が卓越していることがわかる。実験は T_g, α, β を種々変えたケースを何種類か行なったが、以下ではこれらの中から二つのパラメーターがほぼ等しいとみなせるケースをとり出して比較

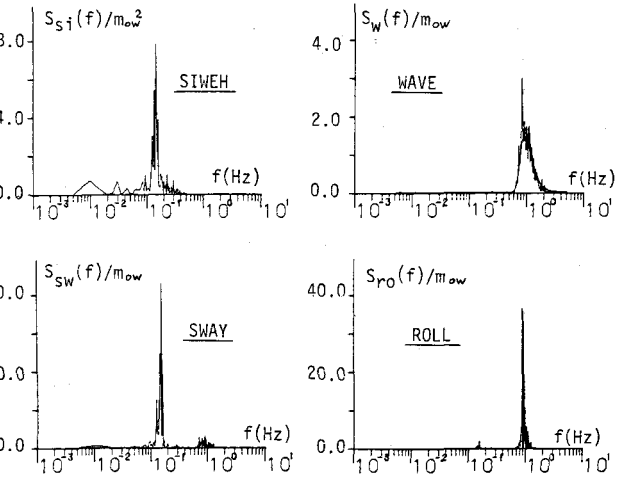


図-2 SIWEH, 水位変動および浮体の運動のスペクトル

し、残りのパラメーターによる影響を調べる。図-3 は T_g による運動の変化を示したもので、横軸には T_g と Sway の自由振動周期 T_{sw} の比を、縦軸には運動のスペクトル面積を水位変動のスペクトル面積で除した値を示している。また図中の破線および点線は位相を Random に与えた不規則波による Sway および Roll の値である。これより、Roll については T_g による変化はみられないが Sway には波群の周期の影響がはっきり現われており、Sway の自由振動周期よりやや長周期側でピーク値を示している。図-4 は

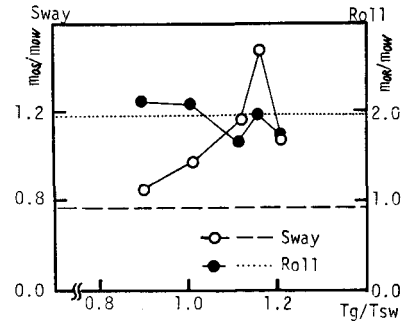


図-3 T_g の影響

α の違いによる運動の変化を示したものであるが、Sway, Roll も明確な違いはみられない。また図-5 は β による運動の違いをみたものである。ただし実験から求めた自己相関関数から β の値を決定することは難しいので、横軸には入力時の β の値をとって示している。(自己相関関数には明確な差異が認められる) これより、

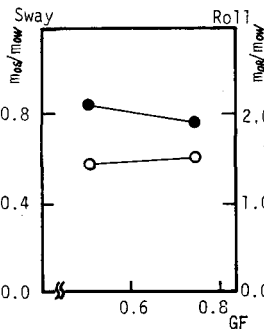


図-4 α の影響

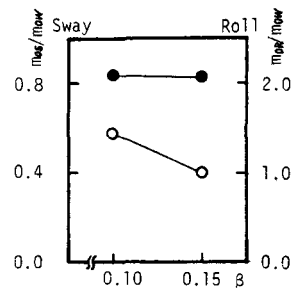


図-5 β の影響

Sway については β が小さい方が、すなわち波群が規則的に出現する方が運動が大きくなっていることがわかる。

④ おわりに : 以上より、係留浮体の運動に及ぼす波群特性の影響は Sway の長周期動揺に対して顕著であり、特に波群の繰返し周期、出現の規則性といった周期性の影響が大きいことがわかった。最後に、本研究を行なうに当り御協力頂いた池口幸宏君(当時大阪大学工学部4年生)に感謝致します。