

三井建設 正 員○森松一典
九州工業大学 正 員 久保喜延
" 学生員 前野弘幸

1. まえがき 深海域での石油掘削を目的に開発された緊張係留式作業用足場（Tension Leg Platform）は、その柔軟な環境適用性や経済性などの面から注目を集め、実用に向けて各方面で研究されている。しかしながら、それらは石油掘削等を目的としたものが大半であるため、浮体の形状は実機との関連を取っている。それに対して本研究では他の方面への応用の可能性を検討することを目的とし、浮体形状を基本的な形状であるbox型として、これに作用する波の周期および波長と浮体の運動との相互関係に対して解析と実験の両面から検討を加えている。

2. 解析方法 解析は、図1に示す3自由度系で行っている。

a) 水面形状 z は微小振幅波理論から、水平方向座標 x と時間 t を用いて次式で表わされる。

$$z(x, t) = h - \frac{H}{2} \cos(kx - \sigma t), \quad \begin{matrix} H: \text{波高}, k: \text{波数} (=L/2\pi) \\ \sigma: \text{角振動数}, h: \text{水深}, L: \text{波長} \end{matrix}$$

b) 本研究で対象としている波浪は、風速10～20m/s程度の風によって外洋で十分に発達し、平衡状態に達した風波である。その周波数スペクトルとしては図2に示すPierson・Moskowitzスペクトルがよく知られている。これによれば、0.05～0.25Hzの間に高いエネルギーが集中しているため、この領域における波浪特性が問題になると思われる。また、有義波高 $H_{1/3}$ は風速20m/sで約8.5mであるので、対象とする波高を10mとした。

c) 運動方程式を立てる上で次の仮定を置いている。

① ケーブルは軸力部材として働く。 ② 波圧分布は静水圧分布とする。 ③ 外力としては、波力のみを考え、それは浮体のみに働くとする。

以上の条件から運動方程式は水平方向、鉛直方向、回転方向座標をそれぞれ x , z , ψ として以下のように求められる。なお、式中の記号は図1に示しているものを用いているが、 P_L , P_R は浮体の左右側面に作用する静水圧合力であり、 P_g は浮体に作用する浮力の合力である。

○ 水平方向

$$m\ddot{x} + C\dot{x} + \frac{2EA}{L_0}x = EA(\sin\theta_1 + \sin\theta_2) - \frac{\rho_w B H}{2} \sin(kx - \sigma t) \sin \frac{kB}{2} x \left\{ -2(h_w - z - \frac{H}{2}) + H \cos(kx - \sigma t) \cos \frac{kB}{2} \right\} \\ - \left[\frac{EA}{L_0} H + \rho_w B \left\{ (h_w - z - \frac{H}{2}) B - \frac{H}{2} \cos(kx - \sigma t) \sin \frac{kB}{2} \right\} \psi \right]$$

○ 鉛直方向

$$m\ddot{z} + C_z \dot{z} + \left[\rho_w B H \sin(kx - \sigma t) \sin \frac{kB}{2} \right] \psi + \rho_w B \left\{ 2 + \frac{2EA}{L_0} z \right\} = \frac{\rho_w B H}{2} \sin(kx - \sigma t) \sin \frac{kB}{2} x \left\{ -2(h_w - z - \frac{H}{2}) + H \cos(kx - \sigma t) \cos \frac{kB}{2} \right\} \\ + \rho_w B \left\{ (h_w - z - \frac{H}{2}) B - \frac{H}{2} \cos(kx - \sigma t) \sin \frac{kB}{2} \right\} - \frac{2EA}{L_0} \left(z - \frac{H}{2} \right) + EA(\cos\theta_1 + \cos\theta_2) - mg$$

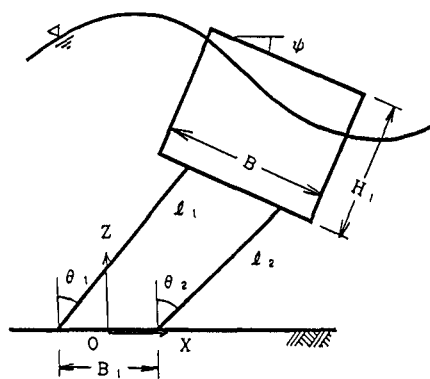
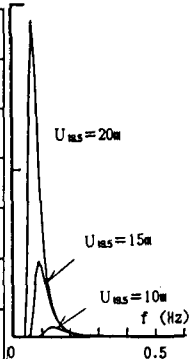


図1 T.L.P.の解析モデル

表1 T.L.P.の解析諸元

浮体	幅	33 m
	デッキ高	55 m
	噴水	33 m
	排水量	35000 t
ケーブル	長さ	245.38 m
	全断面積	0.516 m ²
	ヤング率	1.65×10 ⁸ t/m ²



U_{13.5}: 水面上19.5m地点での風速

図2 海洋波の周波数スペクトル

○回転方向

$$J\ddot{\psi} + C\dot{\psi} + \frac{EA}{L} \frac{Bz + H}{2} \psi = -P_{1d} \dot{x}_1 + P_{2d} \dot{x}_2 + P_{3d} \dot{x}_3 + \frac{EA}{L} \left[Hx + \frac{L}{2} \{ B_1(\cos\theta_1 - \cos\theta_2) - H(\sin\theta_1 + \sin\theta_2) \} \right]$$

これらの式はお互いの変位に関連したもので、かつ非線形性を有しているために、簡単に解くことはできない。波力の変動に対する応答を求めるにあたってはニューマークのβ法を用いた。

3. 解析結果 解析は表1の条件のもとで行っている。なお、初期張力 T_0 が浮体重量 W の10%、25%、50%の場合について解析した。図3に水平変位の最大応答変位を波の周期に対してプロットしている。図中の対応しているマーク間で浮体の水平変動が生じていることを示している。これによると、初期張力が大きくなると、水平変位の変動量が大きくなることを示している。これは、初期張力が大きくなると、浮体がそれだけ下方に引き込まれるために波圧が増加し、水平変位の変動量が大きくなっていることを意味している。また、波の周期が $T \geq 7.5$ secの範囲では波の周期が短くなると浮体の平均水平変位量が增大し、 $T = 7.5$ secで極大となっている。 $T = 7.5$ secは浮体が有する固有周期とは異なっており物体の代表長 B と波の波長との関係で決まったものと考えられる。なお、応答変位については、浮体の回転を考慮しない二自由度系として解析しても三自由度系として解析した場合もほとんど差がないのに対して、図4に示す張力変動においては、二自由度系として解析したものの約3倍程度となっており、ケーブル張力を検討する場合には三自由度系として解析する必要がある。なお、この図の場合も対応するマーク間で張力変動が生じていることを示している。ケーブル1、2はそれぞれ波の進行に対して上流側、下流側にあるものであるが、上流側のケーブルは初期張力に関係なく、ほぼ同程度の大きさの張力変動となっているのに対して下流側のケーブルは、初期張力が大きい程小さな値となっている。これより、上流側のケーブルが全張力の6～7割を負担していることがわかる。

4. 実験結果との比較 上記の解析手法の妥当性を検討するために表1の条件の約1/250の模型実験を行った。その結果と解析結果とを比較したものが、図5、図6である。図5は水平変位量の時間的動きを示したもので、実験と解析とが良く一致しているのが分かる。図6は張力変動を示したものであるが、解析ではケーブル1および2ともほぼ同じ動きをしているのに対して、実験結果の方は両者の間にほぼ180°の位相のずれが見られる。これは、実験模型のケーブル定着点が模型の上方になっていたために生じたことであるが張力変動の大きさはほぼ同程度となっている。これらの結果より本解析法はほぼ妥当であるといえる。

参考文献

- 1) 森松他、T.L.P.の構造特性に関する基礎的研究、第41回年講集
- 2) 森松他、T.L.P.の耐波浪挙動について、昭和61年度西部支部大会

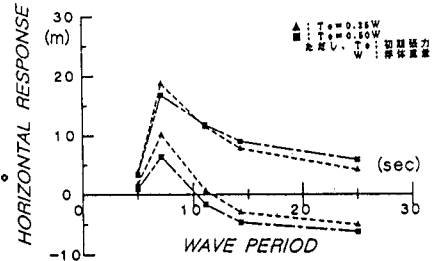


図3 水平方向の最大応答変位

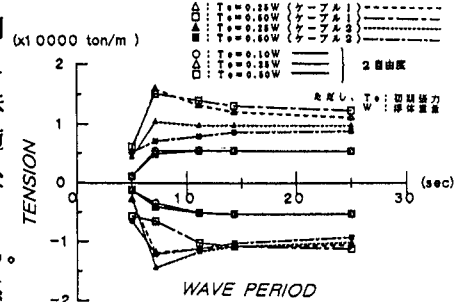


図4 ケーブルの最大張力変動

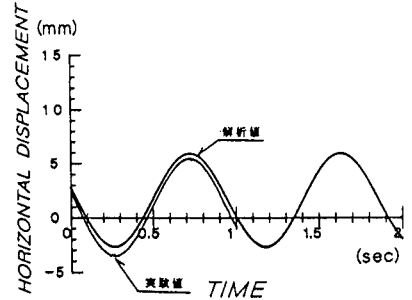


図5 水平方向変位の時系列の比較
(実験結果と解析結果)

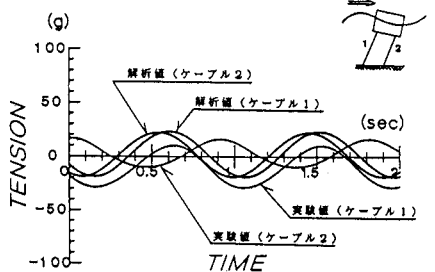


図6 ケーブル張力変動の時系列比較
(実験結果と解析結果)