

T. L. P. (Tension Leg Platform) の対波浪挙動について

九州工業大学 正 員 久保喜延

九州工業大学 学生員 〇森松一典

九州工業大学 学生員 前野弘幸

1. まえがき

前報では、外洋における石油掘削用プラットフォームの新しい形としてのT.L.P.の単純なモデルに関する静的解析、及び動的解析を行った。そのときの解析条件は、①外力として浮体に働く波は波長が無限度で、波面は上下運動だけを起こす ②浮体には傾きが生じず、運動は水平、鉛直方向に関する移動に限定され、回転は起こらない ③減衰は考慮しないといったものであった。本報では T.L.P. に関する解析の第二段階として、波長と周期との関係を考慮した波を外力として与え、さらに減衰を考慮した振動解析を行った。

2. 解析条件

1) 構造系に対しては、「浮体部分は傾かない」という条件をいれて、図1のようにモデル化している。また解析対象としたT.L.P.の諸元を表1に示す。

2) 水面形は微小振幅波理論から、

$$z'(x, t) = h \cdot (\pi/2) \cos(kx - \sigma t)$$

と表される。ここに $k=2\pi/L$ 、 $\sigma=2\pi/T$ 、 L : 波長、 T : 周期、 H : 波高である。また深水波では、 $L=(2\pi/g)T^2$ の関係がある。

3) 本研究の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

周波数スペクトルを表すものとしては、図2に示すPierson・Moskowitz スペクトルが良く知られている。これによれば、0.05～0.25 Hz 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となると思われる。また有義波高は、このスペクトルより $H_{1/3}=0.209 U_{19.5}/g$ で与えられている。例えば $U_{19.5}=20\text{m/s}$ では $H_{1/3}=8.5\text{m}$ が得られる。本研究ではこれを踏まえ、波高を 10m と設定した。

4) 運動方程式を立てる上では次の仮定を置いた。

- (a) 構造系は二次元モデルである。
- (b) 浮体に傾きは生じない。
- (c) ケーブルは軸力部材として働く。
- (d) 波圧分布は静水圧分布とする。
- (e) 外力としては波力のみを考え、またそれは浮体にのみ働くとする。

5) 以上の条件によると、運動方程式は次式ようになる。

・ 水平方向

$$m\ddot{x} + C_x \dot{x} + \frac{EA}{L_0} x = EA \sin \theta + \frac{\rho_w B H}{2} \sin \frac{kB}{2} \left\{ 2(h - z - z_0 + \frac{H}{2}) - H \cos(kx - \sigma t) \cos(\frac{kB}{2}) \right\} \sin(kx - \sigma t)$$

・ 鉛直方向

$$m\ddot{z} + C_z \dot{z} + \left(\frac{EA}{L_0} + \rho_w B^2 \right) z = -EA(1 - \cos \theta) - \frac{\rho_w B H}{k} \cos(kx - \sigma t) \sin \frac{kB}{2}$$

6) 固有振動数は、水平、鉛直方向について、各々0.504Hz、0.496Hzとなる。これは、Pierson・Moskowitz スペクトルのピーク周波数から離れており、外力との共振はまず問題にならないと考えられる。

表1 T.L.P. の諸元

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	245.36 m
	全断面積	0.516 m ²
	ヤング率	$1.85 \times 10^6 \text{ t/m}^2$

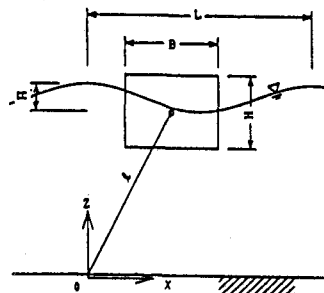


図1 Tension Leg Platform

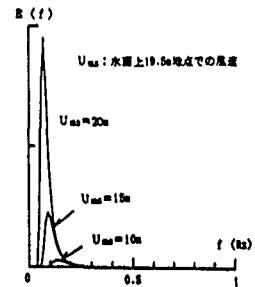


図2 Pierson・Moskowitz スペクトル

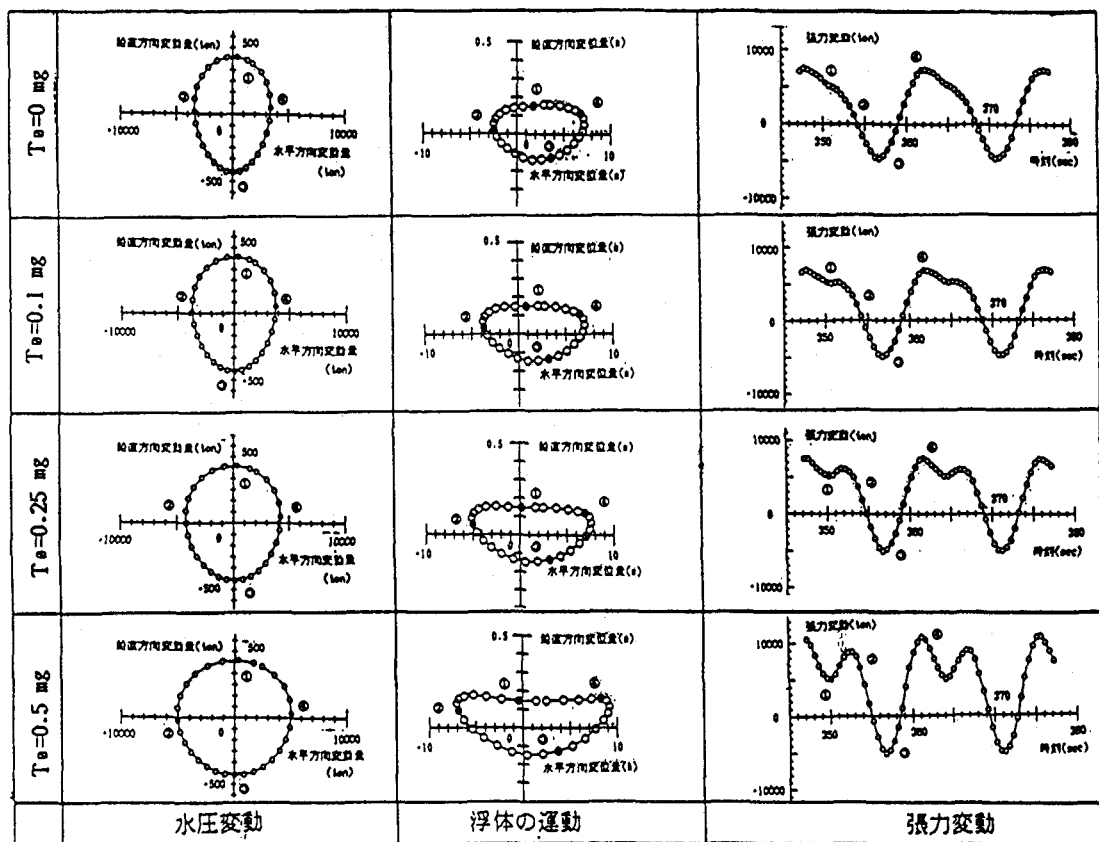


図3 解析結果

3. 解析結果及び考察

図3に解析結果の一例として、外力の振動数 0.07Hz のときの水圧変動、浮体の運動（静水状態での釣合位置からの移動量）、張力変動を示す。各図は、定常状態での一周期分を 0.5 秒毎にプロットしたものであり、各図間の対応をつけるため、水圧変動の $1/4$ 周期毎に対応する点に各々印をつけてある。

これらの図から、次のことがいえる。

1) 水圧変動をみると、初期張力が大きくなるのに従って水平方向成分が増すのに対し、鉛直方向成分は変化しない。これは、初期張力を増すと喫水が上がり、浮体左右側壁にかかる水圧差が増大するのに対し、浮力の変動分に関与する水面の変動分は変化しないからである。

2) 浮体の運動をみると、初期張力が大きくなるのに従って鉛直方向変位量が変化しないのに対し、水平方向変位量は増えている。これは水圧変動の増加と対応している。一方、水平方向の平均変位量は 0 に近づく。

3) 張力変動は浮体変位に対応した動きをするため、初期張力が大きくなるに従って大きくなる。

ここで、2)についてみると、「大きな張力をいれることにより浮体の変位を拘束する」というT.L.P.の主旨が否定されている。しかしこれは、「ケーブル張力に負の領域を許容する」という現実とは矛盾した仮定から生じたものである。現実には、ケーブル張力が 0 未満になると浮体はケーブルの拘束から逃れ、波のなすがままに漂い大きな変位を生ずる。しかも、再度張力が加わるときには衝撃荷重として加わり、浮体の挙動がさらに複雑な様相を呈することが予想されるため、今後これらを表現できる解析を行う必要がある。

参考文献：久保喜延、森松一典：T.L.P(Tension Leg Platform)の構造特性に関する基礎的研究、土木学会第41回年次学術講演会講演概要集 I-286、1986.11