

九州工業大学 正員 久保喜延
九州工業大学 学生員 森松一典

1. はじめに

石油不足を解消するためその掘削区域はますます広がり、近年では海洋での掘削も盛んに行われている。洋上で掘削するに当たっては作業する足場となるプラットフォームが必要となるが、現在使用されているものの大部分はジャケット式あるいは重力式のプラットフォームである。しかしこれらの形式は水深が深くなるにつれて、構造的、経済的に不利になる。一方、本研究で取り上げるT.L.P. (Tension Leg Platform) は、脚がケーブルであるという構造上の理由から、耐震性に富み、浮体部分の移動がしやすく、水深の変化に対応しやすい等の有利な点を持ち、これからの開発が期待されるものである。しかし一方でT.L.P. は、緊張ケーブルシステムに発生する非線形挙動によりシステムの動きを予想することが難しい、アンカリングの方法が難しい、開発不足から安全性等に関する知識が不足しているといった問題点もある。本研究は、これらの問題点の中から緊張ケーブルシステムに発生する非線形挙動に着目し、システムの挙動および構造特性を検討するものである。

2. 浮体に水平外力が作用する場合

解析対象とするT.L.P. は、図1に示す構造を有するものである。T.L.P. に作用する外力としては潮流力、波力、風力等々のものが考えられるが、ここではまずこれらの外力が水平力として作用した場合について考える。簡単のため図2のようにモデル化し、次のような仮定をおく。すなわち、浮体に傾きは生じない。ケーブルは張力のみを伝え、モーメントは伝えない。また水平外力は浮体にのみ作用し、ケーブルには作用しないとす。このとき、ケーブルの弾性係数を E_c 、断面積を A_c 、浮体の質量を m 、底面積を A_F 、喫水深さを h_w 、水深を h 、ケーブルと鉛直とのなす角を θ 、ケーブルの初期長を L_0 、ケーブル張力を T 、水平外力を X 、鉛直方向の合力を Z とすると、水平および鉛直方向の力の釣合方程式は次のようになる。

$$\Sigma H = T \sin \theta - X = 0, \quad \Sigma V = T \cos \theta - Z = 0$$

$$\text{但し、} T^2 = X^2 + Z^2, \quad Z = \rho_w h_w A_F - m g$$

$$h_w = h - L \cos \theta, \quad L = L_0 (1 + T / E_c A_c)$$

これから水平外力の変化とケーブル張力の増分 ΔT との関係を求めると、図3のようになる。この図から、水平外力と初期張力の変化によって張力の増分勾配がかなり変化することが分かる。

3. 波浪中の挙動

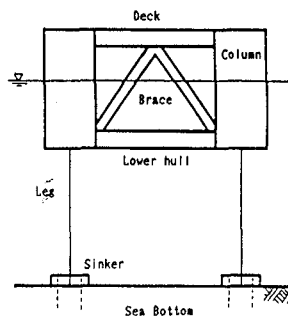


図1 Tension Leg Platform

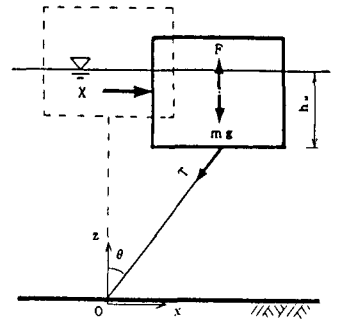


図2 T.L.P.に作用する力 ($\psi = 0$)

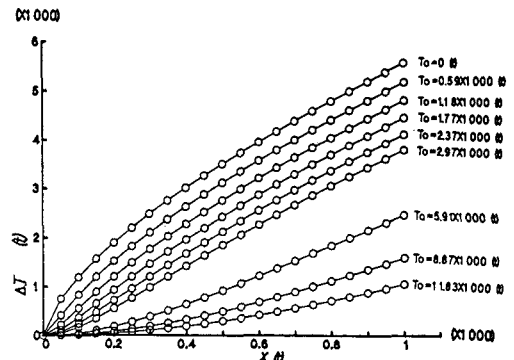


図3 水平外力と張力の増分との関係

次に波が作用する場合であるが、ここでは波長の非常に長い波について考える。すなわち、水面は純粹に上下運動のみを起こし、また浮体に傾きは

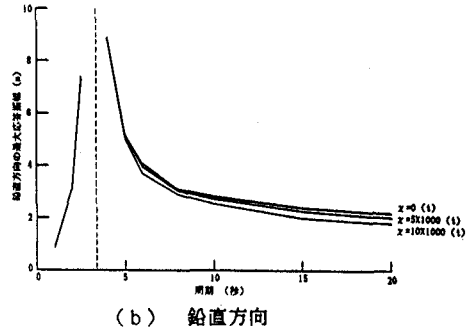
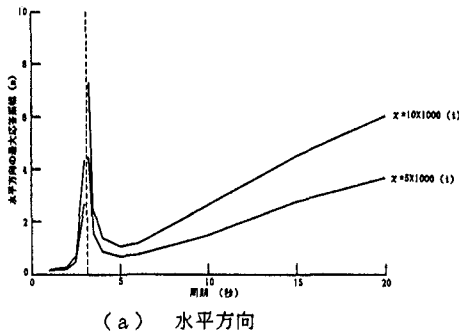


図4 波の周期に対する浮体の最大応答振幅

生じないとする。この場合、波の運動に伴い浮体も上下運動を起こす。さらに、2.で考慮した水平外力を浮体に与えると、浮体の挙動は図4のようになる。(a)図は横軸に波の周期、縦軸に浮体の水平方向の最大応答振幅をとったもの、(b)図は横軸に波の周期、縦軸に浮体の鉛直方向の最大応答振幅をとったものである。これらの図から、水平方向の最大応答振幅は波の周期に追従して大きくなるのに対し、鉛直方向の最大応答振幅は逆に小さくなるのがわかる。また減衰を除外しているため、構造系の固有周期のところで最大応答振幅が発散している。次に波の各周期毎の浮体の運動の軌跡を図5に示す。(a)、(b)、(c)図はそれぞれ周期10秒、15秒、20秒のときの浮体の運動の軌跡を示している。このように、周期が短いときはほぼ45°の勾配を持った軌跡を描くが、周期が長くなるにつれて軌跡の勾配は小さくなる。また構造系の固有周期による振動はいるため、浮体は図のように波打ったような軌跡を描く。

4. 今後の課題

3.では波長が非常に長いという条件のもとに検討を行った。この条件のもとで浮体が傾かないという仮定を入れたため、浮体の左右に働く波力は相殺され、浮体に働く外力は浮力と水平外力だけとなり、浮体は水面の上下運動によって生じる浮力の変化によって運動を起こしていた。しかし現実には、浮体側面にはそれぞれ異なる波圧がかかり、底面にかかる水圧分布もまた様ではない。そのため浮体は傾き、さらに複雑な挙動を示すことが予想される。特に浮体の大きさと同程度の波長の波が作用したときに最も大きい影響が出るものと考えられる。今後は、条件をこのように現実のものに近づけ、T.L.P.が果してどのような挙動を引き起こすのかということを今後の課題として、検討を引き続き行う予定である。

5. 謝辞

終わりに、本研究に関して多大の御尽力を頂いた佐世保重工業の松尾秀彦氏に感謝致します。

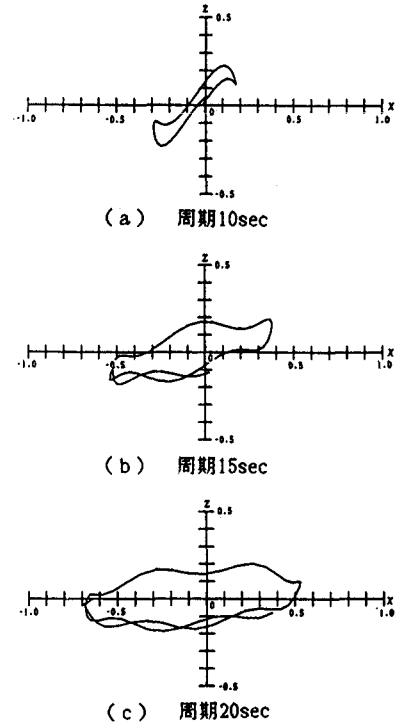


図5 浮体の運動の軌跡(水深610m、波高10m)

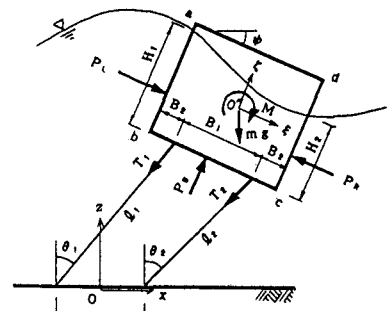


図6 T.L.P.に作用する力($\phi \neq 0$)