

新日本製鉄(株)	正員	大室 豊盛
新日本製鉄(株)	正員	宮崎 修
(株)コルバック	正員	○松田 英一

### 1. まえがき

海に空に、ケーブルやフエーンを用いた各種システム(Cable-body system)が各分野で盛んに利用されつつある(図-1)。しかし、我が国ではこれまでケーブルがこれらシステムにおいて果たす役割についてはあまり関心が払われておらず、それについて詳細に論じた文献はほとんどないようである。その理由は、一般の船舶の係留を考える時、そこでは広大な泊地の存在を前提としており、風や波による船の大きな移動、さらにはアンカー自身の移動さえもある程度許容するため、ケーブルの張力などの計算もごく簡単に行なって実用上問題がなかったためと思われる。しかし、今日、海底石油資源の開発を始めとする各種海洋開発、本四架橋に代表される海岸、海峡部での土木工事が盛んに行なわれつつあり、海底石油掘削船や海上作業船(図-1のc, d)、気象・海象条件を調べる観測用ブイや観測船(図-1のa, b)などの果たす役割は大きい。そしてこれらケーブルシステムに課せられる条件は一般の船舶を係留する場合よりずっと厳しくなる。設計において特に留意すべき点は、

- 1). システムの本体(Body)を所定の位置に正しく係留し、かつその状態が静的にも動的にも安定であること。
- 2). 暴風雨時にも安全であること。
- 3). 通常時においてできるだけゆれを小さくし、作業能率を上げること。
- 4). 通常時にケーブルに働くくり返し荷重を耐用年数内における疲労限界荷重より小さくすること。

などであり、特に2), 3), 4), は動的解析の必要性を示唆する。我々はこれらの点を合理的に解明し設計に役立てるために、係留ケーブルシステムの静的、および動的解析用の各種プログラムを開発してきたが、ここにその概要と計算例の一部を紹介し、その有効性について論ずる。

### 2. 解析方法の概略

ケーブルシステムの動的解析においては、ケーブルと本体(Body)の相互作用を考慮し、両者を一体として解くことと考えられるが、現在の段階では本体のマスはケーブルのそれらに比べて十分大きく、本体の運動はほとんどケーブルからの影響を受けないと仮定し、端部での境界条件として与えるものとする。次にケーブルは通常行なわれるように曲げ剛性のない弦として考えており、その支配方程式は、運動を表わす個(2次元の解析では2個)の2階の非線形偏微分方程式と、1個の連続(拘束)条件式よりなる。そしてこれを解く手法としては大別して次の3つが考えられる。①特性曲線法(Method of Characteristics) ②有限要素法(Finite Element Method) ③線形化法(Linearization Method)。これら各手法の概略とその長短所についての説明は文献(1)にゆずる。ここでは汎用性と今後のレベルアップの容易さを考慮して②の有限要素法を採用した(図-2)。

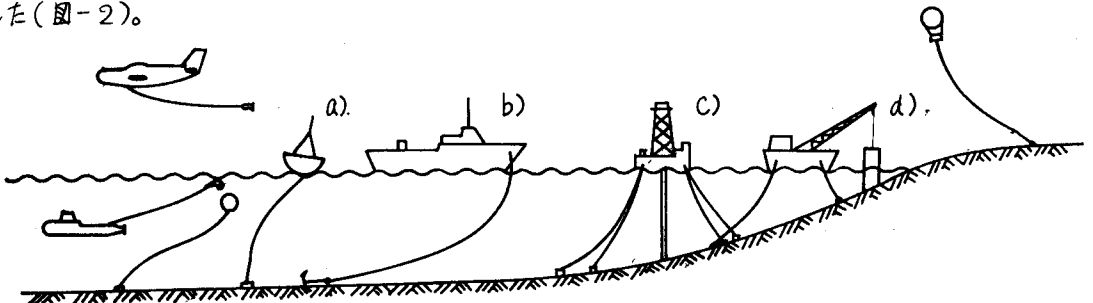


図-1 各種ケーブルシステム

解析上の仮定は

- 1). 大变位を許す。
  - 2). ケーブルに作用する外力として
    - ケーブルの端点に働く強制力
    - 流体中を動く時の減衰力あるいは抗力
    - まわりの流体の慣性反力
    - ケーブルの自重と浮力
 を考え、一様流速分布の潮流の存在を許す。
  - 3). ケーブルののびは考えない。
  - 4). 運動は3次元的存在であるとみなす。
- などであり、解析手法の詳細については文献(2)を参照されたい。

### 3. 計算例とその考察

図-3に示すモデルについて、まず静的計算を行ない、続いて動的計算を行なった。船からの強制変位は調和函数で与えることとし、運動はサージング(縦ゆれ)のみを考慮、振幅は1mで一定、周期Tを2, 4, 8秒と順に変え計算した(図-4)。なお、縦軸の張力はケーブル端点の値である。これによる動的最大張力は静的張力(約6.8 ton)の2~3倍になり、それは外力の周期に敏感に反応する。また、張力の変化の周期は外力のそれと一致しており、その位相は船の速度変化のそれとほぼ等しい。すなわち速度最大の時、張力も最大となり、変位、加速度とは±π/2の位相はずれている。また大体5~6サイクルで定常になるようである。

### 4. むすび

ケーブルの動的解析を行なうことにより、静的張力の2~3倍、船の運動の振幅や周期によってはさらにそれ以上の動的張力が生じることがわかった。このことは、最近飛船破壊が原因と思われる破断事故が現実になっていることと考慮あわせると、各種ケーブルシステムの設計において動的解析が重要であることを示唆していると言える。そして今後さらなる解析手法とプログラムの開発がいそがれるが、各方面からの貴重な助言と比費をいただければ幸いである。

[参考文献]

- (1) Young-il Choo and Mario J. Casarella 「A Survey of Analytical Methods for Dynamic Simulation of Cable-Body Systems」 Catholic Univ. of America, Report 73-1
- (2) Niemi-Toivola 「Analysis of a Free-Fall Anchoring System」 OTC-1501

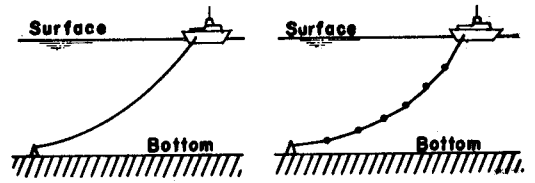


図-2 有限要素によるモデル化

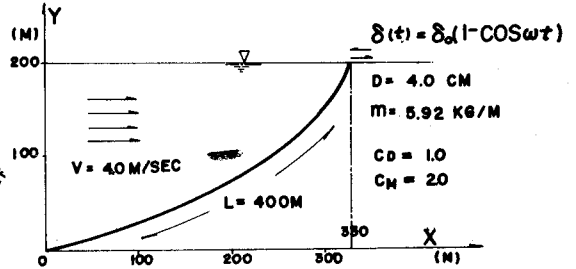


図-3 解析用モデル

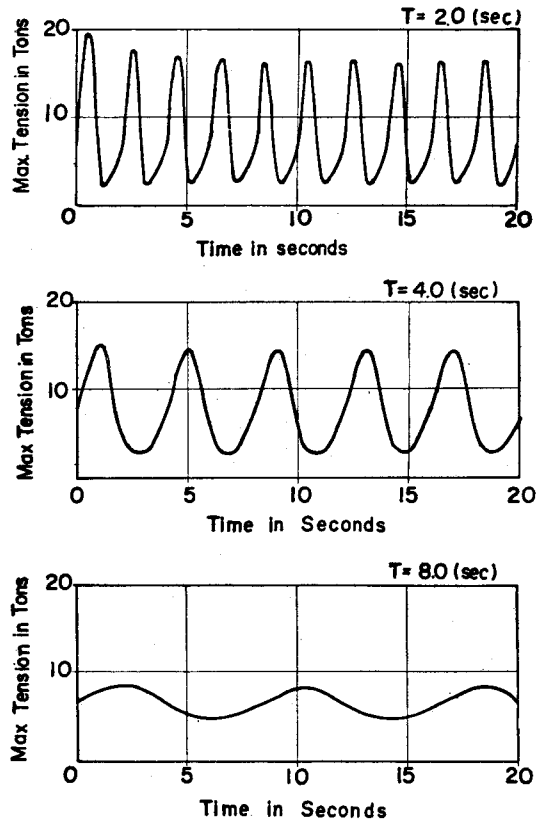


図-4 張力の変化