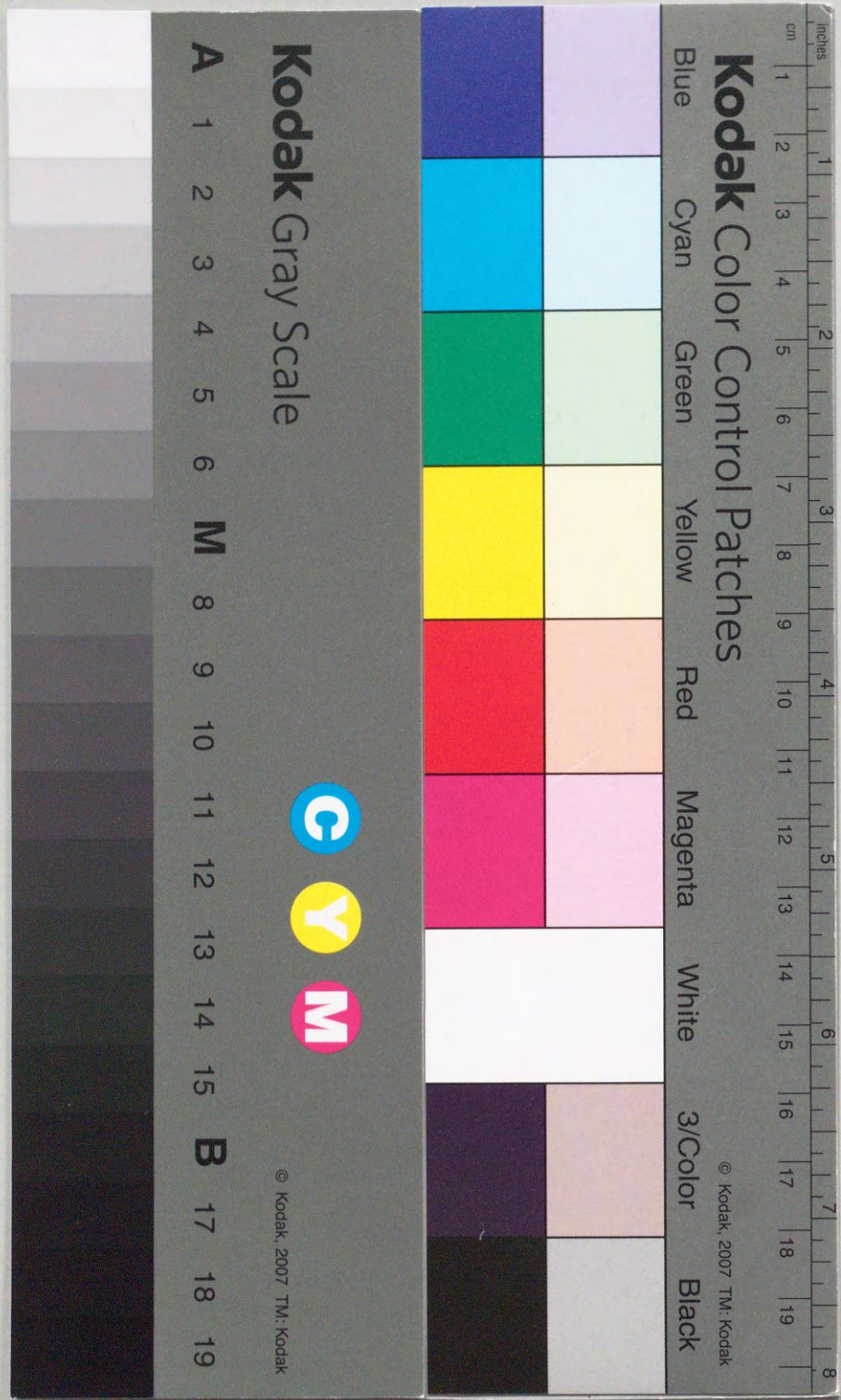


伸びと水平力を考慮した
水中線状構造の解析法とその応用
に関する研究

平成2年9月

宇ノ木 賢一



第1章 緒 論	1
1.1 研究の背景	1
1.2 歴史的展望	1
1.3 本論文の構成	3
第2章 水中線状構造の解析法	5
2.1 緒 言	5
2.2 伸びと水平力について	6
2.3 伸びと水平力を考慮したカテナリー理論	7
2.3.1 仮定	7
2.3.2 カテナリー特性方程式	7
2.3.3 伸びを考慮したばね定数	10
2.3.4 伸びおよび流体力を考慮した釣合方程式	16
2.3.5 カテナリー特性の基本的性質	17
2.4 種々の境界条件に対するカテナリー特性方程式の解法	22
2.4.1 張力, 角度および長さのそれぞれ一つが既知の場合	22
2.4.2 張力が一つと長さが二つ既知の場合	23
2.4.3 角度が一つと長さが二つ既知の場合	23
2.4.4 長さが三つ既知の場合	24
2.4.5 海底傾斜を考慮した場合	25
2.4.6 解の個数について	25
2.5 簡易動的解析法	27
2.6 カテナリー解析プログラムパッケージの概要	31
2.7 カテナリー解析プログラムの検証	31
2.8 水中線状構造の初期設計への適用方法	35
2.8.1 単純カテナリー	35
2.8.2 水中航走体	35
2.8.3 フレキシブルライザー	36
2.9 結 言	37

第3章 各種水中線状構造の初期設計への適用例	38
3.1 緒言	38
3.2 係留ライン	38
3.2.1 効率的な係留方式	38
3.2.2 中間シンカー方式(ガイドタワー係留設計例)	41
3.2.3 中間ブイ方式(沖縄アクアポリス係留設計例)	42
3.3 曳航索	42
3.4 フレキシブル・ライザー	43
3.5 オートテンショナー	44
3.6 結言	45
第4章 結論	46
謝辞	49
参考文献	50
List of Tables	54
List of Figures	55
Table 1 ~ Table 11	57
Fig.1 ~ Fig.44	72
付録 カテナリー解析プログラムパッケージのソース・リスト	109

記号説明

B : θ_2 の関数
 C_{DN} : 抗力係数 (軸直角方向)
 C_{DT} : 抗力係数 (接線方向)
 C : 一定値
 C_1 : θ_2 の関数
 C_D : ライン接線直角方向の抗力係数 (C_{DN})
 C_M : ライン接線直角方向の質量力係数
 D : 流体力学的等価直径 (伸び無視)
 D' : 流体力学的等価直径 (伸び考慮)
 dS : 伸びを考慮した微小部分長さ
 dS_0 : 伸びのない微小部分の長さ
 dX : 水平距離の増分
 dx : 水平方向変位
 dY : 垂直距離の増分
 dy : 垂直方向変位
 EA : 伸び剛性
 f : 伸びる前の水平分布力
 F : 設定水平外力
 F_D : 抗力
 F_I : 慣性力
 f_N : 一定水平分布力
 f_N^* : 等価な一定水平分布力
 F_s : 静的張力変化量
 f' : 伸びた後の水平分布力
 g : 重力加速度
 h : 添字 水平成分
 H : 水深
 K_{hh} : 水平変位に対する張力の水平方向成分の増加に関するばね定数
 K_{hv} : 垂直変位に対する張力の水平方向成分の増加に関するばね定数
 K_{vh} : 水平変位に対する張力の垂直方向成分の増加に関するばね定数
 K_{vv} : 垂直変位に対する張力の垂直方向成分の増加に関するばね定数
 $K_{..}$: ばね定数
 m : ラインの単位長さあたりの質量
 N : ライン数
 P : 中間シンカーの重量
 R : 海底部分を這っているラインの長さ
 S : ライン長さ
 S_0 : 伸びないときのライン全長
 S_2 : 上部ラインの長さ

S_t : ライン持上り部の最大長さ(伸び無視相当分)
 T : 張力
 T_H : 張力の水平成分
 T_V : 張力の垂直成分
 T_0 : 初期張力
 T_1 : 下端部の張力
 T_2 : 上端部の張力
 u : 流速
 v : 添字 垂直成分
 w : 単位長さあたりの分布重量
 w' : 伸びた後の分布重量
 X : 水平距離
 Y : 垂直距離
 α : 上部ライン長さ/水深比
 α_1 : 加振振幅、周期を表す無次元パラメータ
 α_2 : 等価な水平分布力に関する係数
 β : 中間シンカー重量の無次元値
 τ : ライン長さに関する無次元値
 δa : 加振振幅
 δ_m : ライン重心の運動振幅
 θ : ライン傾斜角度
 θ_1 : 下端部のライン傾斜角度
 θ_2 : 上端部のライン傾斜角度
 θ_m : ラインの平均傾斜角度
 ρ : 流体の密度
 ρ_c : ラインの密度
 ϕ : 海底傾斜角度
 ω : 加振円周波数

第1章 緒 論

1. 1 研究の背景

海洋での浮体の係留ライン、没水体の曳航索等、力の伝達を主目的とした水中線状構造や、油・ガス等の輸送を主目的としたフレキシブル・ライザー、オイルフェンス等に代表されるように、多種多様な水中線状構造が広く用いられている。このような水中線状構造を、安全かつ経済的に設計するためには、理論解析や実験による検討が重要である。

その際、比較的浅い水深で大きな係留力を必要とする浮体の係留ラインでは、ラインの伸びを考慮することが、係留諸元(主要寸法、重量、強度など)を決定する上で極めて重要である。また、没水体の曳航索のように水中重量の小さいものにおいては、ラインに作用する流体力(水平力)がライン形状や張力の大きさなどに重大な影響を及ぼす。

水中線状構造の静的および動的な挙動解析理論(カテナリー解法、数値解析法など)については、従来から多くの研究がなされている。これらのうち、初期設計段階で、現在、一般に広く用いられているのは、静的な二次元カテナリー理論である。しかし、この理論では、上記ラインの伸びや水平流体力に対する考察が充分ではない。

1. 2 歴史的展望

水中線状構造の静的・動的特性解析理論(カテナリー解法、数値解析法など)については、従来から多くの研究がなされ、実用的な計算プログラム(ランプドマス法や有限要素法などによる汎用計算プログラム)も開発されてきている。これら既往の研究については、1967、1970年にCasarellaら^{1)・2)}によって広く検索され、カテナリー基本式や流体力の評価方法についてまとめられている。さらに1973年には同じくCasarellaら³⁾によってモデル化手法による分類と、各手法の特徴がまとめられている。1980年以前の研究については中嶋⁴⁾により、静的・動的係留特性に関するもの、係留浮体の運動に関するもの、係留システム設計法に関するもの等に分けて、広くレビューされている。これらを参考にしながら1980年以後の研究を含め、特に水中線状構造の初期設計段階で、その主要寸法や重量、強度などの概略を簡便に把握できる設計手法や、それを支援する計算法に関する研究について以下に展望する。

桑野⁵⁾は伸びを無視した、全ライン持ち上がり時の静的ばね定数をカテナリー解を用

いて理論的に導出した。同じことがJain⁶⁾によっても示されている。伸びを考慮したカタナリー特性方程式は、Casarellaら¹⁾によると1945年にO'haraによって示されたが、解析解は求められていない。Changら⁷⁾は線形化増分法によって伸びを無視したカタナリー特性方程式を数値的に解き、静的・動的解析を行った。Alexandrov⁸⁾は、やはり伸びを無視したほぼ水平に近いラインに対して、モード重畳法による動的解析を実施している。差分方程式、仮想反力法によって静的平衡状態を求め、動的影響係数を用いる方法がRichardら⁹⁾によって開発された。

伸びを考慮したカタナリー解を近似的に求め、水槽実験と比較したものとして庄司¹⁰⁾の研究があるが、これは海底部での伸びは考慮されていない。Niedzweckiら¹¹⁾は、伸びや流体力、中間ウェイトなどを考慮したカタナリー特性方程式を数値的に解き、複合係留ライン特性を求める手法を検討し、設計図表を示している。また、各種係留ライン要素(チェーン、ワイヤーロープ、合成繊維索、チェーン・ワイヤーロープの複合索)について伸びを考慮した係留特性の比較を行っている。¹²⁾ 鐘ヶ江ら¹³⁾はカタナリー特性方程式を数値的に解き、流体力の影響を計算している。Ansari¹⁴⁾は伸びを近似的に扱った、複合ラインの一般的解法を発表している。

安藤¹⁵⁾は索・鎖の流体力係数に関する水槽実験を行い、抗力係数や質量力係数に関する貴重なデータを示している。小寺山¹⁶⁾は、水槽実験によって動的現象を観察し、「係留ラインは振動に際しても、その形状が静的カタナリー形状を保つ」という仮定のもとに簡易動的ライン張力推定法を示し、栖原ら^{17)、18)}とともに簡易計算法をまとめた。この小寺山らの方法を一般化したものに島田らの研究¹⁹⁾や一点係留システムの設計法に取り入れたものに小保方らの研究²⁰⁾がある。

Johansson²¹⁾やLarsenら²²⁾は、伸びを考慮した水中線状構造の有限要素法による動的解析プログラムを作成し、吉田ら²³⁾や米家²⁴⁾はさらに曲げ剛性を考慮した汎用プログラムを開発している。小田ら²⁵⁾は、伸びを無視した係留鎖の、また中嶋ら²⁶⁾は伸びを考慮した特殊係留ラインの動的特性をランプドマス法によって解析し、実験結果と比較して良好な結果を得ている。同様の解析はWilhelmyら²⁷⁾やBrinkmann²⁸⁾によっても行われている。

井上は係留システムの設計手法²⁹⁾について述べ、海底影響を考慮した係留ライン特性を差分近似法によって解き、設計図表化³⁰⁾している。カタナリー理論による最適係留索の選定法および計算図表について、伸びを無視したものが上田ら³¹⁾によって示さ

れている。信川らは係留ラインの伸びを考慮した厳密なカタナリー解析解を、流体力が作用しない場合について求め³²⁾、ランプドマス法による複合索の動的解析を行っている。³³⁾

プログラム電卓を用いて伸びを近似的に取り扱って静的カタナリー特性を計算する方法がMes³⁴⁾によって示されている。Triantafyllouは動的解析法において、WKB法³⁵⁾、摂動法^{36)、37)}を用い、伸びを考慮した静的カタナリー解を示している。³⁸⁾

1.3 本論文の構成

本研究では、一様な伸びと水平・垂直分布力を考慮した厳密なカタナリー解析解を新たに導出し、これの応用として、多種多様な水中線状構造の初期設計で、実際に遭遇する種々の境界条件に対応して解く方法を、具体的に検討し、代表的な水中線状構造である、係留ライン、曳航索、フレキシブル・ライザーやオートテンショナー等に実際に適用し、その有効性を確認する。本論文は4章から成る。

第1章では、水中線状構造の静的・動的特性解析理論(カタナリー解法、数値解法など)について既往の研究を概観し、本研究の必要性を述べる。

第2章では、伸びと水平力を考慮することの重要性を具体例をあげて示したのち、これらを考慮したカタナリー理論を展開する。すなわち、まず最初に伸びと水平力を考慮したカタナリー特性方程式を導出するにあたっての仮定を示し、一様なラインの微小部分における、両端に作用する張力と、ラインに作用する垂直分布力(水中重量)、水平分布力(流体力)に関する力の釣合方程式から、一様な伸びと水平・垂直分布力を考慮したカタナリー解析解を導出する。さらに、同解析解を用いて、伸びおよび海底傾斜を考慮したラインのばね定数を計算する方法について考察する。また、流体力を一様な水平分布力で近似した場合、より厳密に評価した場合に比較してどの程度の誤差を有するか検討するため、数値積分によってカタナリー特性方程式を解く方法について述べる。つづいてカタナリー解の導出過程で明らかとなったカタナリー特性の基本的性質について考察し、必要な既知数の数や、張力と水平・垂直分布力およびラインの傾斜角度や両端の距離の間に一定の関係が存在すること、ばね定数の性質、伸びや水平分布力の影響などに関して考察する。また、カタナリー特性方程式を種々の境界条件に対応して解く

方法を検討する。すなわち、ライン上端部、下端部における張力、角度および長さ（ライン両端部の水平距離、垂直距離、ライン長さ）のうちで、(a)それぞれ一つが既知の場合、(b)張力が一つと長さが二つ既知の場合、(c)角度が一つと長さが二つ既知の場合、(d)長さが三つ既知の場合、(e)海底傾斜を考慮した場合に大別し、それぞれについて、カテナリー特性方程式の具体的な解き方や解の個数を明らかにする。動的解析については、伸びを考慮したカテナリー解析解を静的平衡状態とした簡易動的解析法について検討したのち、カテナリー理論に基づく総合化したカテナリー解析プログラムパッケージを組上げ、同解析プログラムによる計算精度について、既存の有限要素法に基づく計算結果や水槽実験結果と比較・検証し、実用上十分な精度であることを示す。本章の最後では、同カテナリー解析プログラムパッケージを用いて各種水中線状構造の初期設計を行う方法について、単純カテナリー、水中航走体の曳航ケーブル、フレキシブルライザーを例に検討する。

第3章では、この初期設計法を代表的な水中線状構造に具体的に適用し、その有効性を示す。まず最初に、総重量が同じで重量分布を変化させた、各種係留ラインの係留特性を比較し、上部ラインを軽く、中間部を重く、下部ラインを軽くすること（すなわち、中間シンカー方式）が、比較的軸張力が大きい時に、水平張力を大きく、ばね定数を小さくするために有効であることを示す。つぎに中間シンカー方式の係留ラインについて、設定された水平外力に対して、中間シンカーの重量や上部ラインの長さを選定する方法を検討する。実例としてガイドタワーや大型半潜水式海洋構造物アクアポリスの係留設計を取り上げる。さらに曳航索の設計例を取り上げ、曳航索の水中重量が流体力に比較して小さい場合には、流体力を一様な水平分布力で近似すると、流体力を比較的厳密に評価した場合に比べ、上端部の張力が大きめに推定されるが、ライン長さやライン両端の水平距離は比較的精度良く推定できることを示す。最後にフレキシブル・ライザーやオートテンショナーの設計例を示し、後者は境界条件のうちで、ライン長さが未知のときには二つの解が存在する場合があることの実例となっていることを示す。

第4章は結論であって、本研究の内容を総括する。
なお、図表は最後に一括して示す。

第2章 水中線状構造の解析法

2.1 緒言

本章では、伸びと水平力を考慮することの重要性を具体例をあげて示したのち、これらを考慮したカテナリー理論を展開する。すなわち、まず最初に伸びと水平力を考慮したカテナリー特性方程式を導出するにあたっての仮定を示し、一様なラインの微小部分における、両端に作用する張力と、ラインに作用する垂直分布力（水中重量）、水平分布力（流体力）に関する力の釣合方程式から、一様な伸びと水平・垂直分布力を考慮したカテナリー解析解を導出する。さらに、同解析解を用いて、伸びおよび海底傾斜を考慮したラインのばね定数を計算する方法について考察する。また、流体力を一様な水平分布力で近似した場合、より厳密に評価した場合に比較してどの程度の誤差を有するか検討するため、数値積分によってカテナリー特性方程式を解く方法について述べる。つづいてカテナリー解の導出過程で明らかとなったカテナリー特性の基本的性質について考察する。また、カテナリー特性方程式を種々の境界条件に対応して解く方法や解の個数について検討する。動的解析については、伸びを考慮したカテナリー解析解を静的平衡状態とした簡易動的解析法について検討したのち、カテナリー理論に基づく総合化したカテナリー解析プログラムパッケージを組上げ、同解析プログラムによる計算精度について、既存の有限要素法に基づく計算結果や水槽実験結果と比較・検証し、実用上十分な精度であることを示す。本章の最後では、同カテナリー解析プログラムパッケージを用いて各種水中線状構造の初期設計を行う方法について、単純カテナリー、水中航走体の曳航ケーブル、フレキシブルライザーを例に検討する。

2. 2 伸びと水平力について

代表的な水中線状構造である浮体の係留ラインで、比較的浅い水深で大きな係留力を必要とする場合、ラインの伸び剛性を考慮することが、係留諸元を決定する際に重要である。⁵⁴⁾ このことは、単に伸び剛性の小さい合成繊維ロープを対象とする場合のみならず、通常のチェーンやワイヤーロープを用いる場合についても言える。また、もう一つの代表的な水中線状構造である、水中航走体の曳航索のように、水中重量を小さくして係留装置の小型化をはかるものにおいては、ラインに作用する流体力（水平力）が曳航力やライン形状に重大な影響を及ぼす。

たとえば、次の代表的な4種類の係留ラインについて、ばね定数やアンカー点と着力点間の水平距離に及ぼす伸びの影響について考える。詳細は 2.3.5 (Table 1) に示す。

ライン 1 : 76 φチェーン	w=0.1155 tf/m、EA=52000tf
ライン 2 : 95 φワイヤーロープ	w=0.03325 tf/m、EA=50000tf
ライン 3 : 140 φ合成繊維ロープ	w=0.001514tf/m、EA= 2000tf
ライン 4 : 140 φ合成繊維ロープ+分布重量	w=0.1155 tf/m、EA= 2000tf

ただし、w は水中重量、EAは伸び剛性を示す。

これらのラインが水深40m(ライン長さ300m)、水深500m(ライン長さ1500m)において水平力が 100tfになるときのばね定数 Kおよび水平距離 Xについて、伸び剛性を∞とした場合(添字1)、持ち上がり部分のみの伸びを考慮した場合(添字2)、全ラインの伸びを考慮した場合(添字3)を比較すると次のようになる。

$$\text{ばね定数 : } K_1 > K_2 > K_3$$

$$\text{水平距離 : } X_1 < X_2 < X_3$$

$K_1 \sim K_3$ や $X_1 \sim X_3$ の値はライン種類や水深に左右され、定量的に検討するためには、伸びを考慮した解析手法が必要である。また、水中航走体の曳航索の例を 3.3(Fig. 37)に示すが、流速が支配的なライン形状や曳航力を定量的に求めるには、水平力を考慮した解析手法が必要である。

従来、伸びや水平力を考慮した解析には、数値解法を用いることが多く、簡単な解析解について検討した例は少ない。このような観点から、本論文では伸びと水平力を考慮したカタナリー解について検討する。^{52), 53)}

2. 3 伸びと水平力を考慮したカタナリー理論

2. 3. 1 仮定

カタナリー特性方程式の解析解を導出するにあたって、次のような仮定を設ける。

(1) 水中線状構造(以下ラインと略称する)は長さ方向に一様とする。即ち単位長さあたりの0でない分布重量 w、伸び剛性 EA は一定とする。

(2) ラインの伸びに関しては、微小部分の長さ dS_0 は張力 Tによって dS となり、次式の関係が成立すると仮定する。

$$dS = (1 + T/EA)dS_0$$

(3) ラインの微小部分の重量は伸びによって不変とする。即ち、伸びた後の分布重量を w' とすると、

$$w dS_0 = w' dS$$

(4) 伸びる前の一様な水平分布力 fと、伸びた後の水平分布力 f' の間には

(3) と同様の関係があるとすると、即ち、

$$f dS_0 = f' dS$$

2. 3. 2 カタナリー特性方程式

一様なラインの微小部分における、両端に作用する張力と、ラインに作用する垂直分布力(水中)重量、水平分布力(流体力)に関する釣合方程式は、次のように表すことができる。(Fig.1 参照)

$$T d\theta = w' \cos \theta dS + f' \sin \theta dS \quad \dots (1)$$

$$dT = w' \sin \theta dS - f' \cos \theta dS \quad \dots (2)$$

ただし、2.3.1 で述べた仮定にもとづき、次の関係が成立する。

$$\left. \begin{aligned} w' &= w/(1 + T/EA) \\ f' &= f/(1 + T/EA) \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

(2) 式を(1)式で除し、 θ についてラインの点1 から2 まで積分すると、

$$\left[\ln T \right]_{T_1}^{T_2} = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{\sin \theta}{\cos \theta + (f'/w') \sin \theta} d\theta - \int_{\theta_1}^{\theta_2} \frac{\cos \theta}{(w'/f') \cos \theta + \sin \theta} d\theta \quad \dots (4)$$

となり、(3) 式の関係を用いると次のように解ける。

$$T_2/T_1 = (f \sin \theta_1 + w \cos \theta_1) / (f \sin \theta_2 + w \cos \theta_2) \quad \dots (5)$$

(5) 式は $T(f \sin \theta + w \cos \theta)$ の値が、ラインの任意の点で一定値 (C) となることを示している。即ち、

$$T(\theta) = C / (f \sin \theta + w \cos \theta) \quad \dots (6)$$

一方、伸びを考慮した微小要素長さ dS 、水平距離 dX 、垂直距離 dY に対する幾何学的な関係は次式であらわされる。

$$dS = \left[1 + \frac{T(\theta)}{EA} \right] dS_0 \quad \dots (7)$$

$$dX = dS \cos \theta = \left[1 + \frac{T(\theta)}{EA} \right] dS_0 \cos \theta \quad \dots (8)$$

$$dY = dS \sin \theta = \left[1 + \frac{T(\theta)}{EA} \right] dS_0 \sin \theta \quad \dots (9)$$

(1) 式より、

$$dS = \frac{T(\theta)}{w' \cos \theta + f' \sin \theta} d\theta \quad \dots (10)$$

(10) 式に (3) 式および (7) 式を代入し整理すると、

$$dS_0 = \frac{T(\theta)}{w \cos \theta + f \sin \theta} d\theta \quad \dots (11)$$

(8)、(9) 式に (11) 式を代入すると、

$$dX = \left[1 + \frac{T(\theta)}{EA} \right] \frac{T(\theta) \cos \theta}{w \cos \theta + f \sin \theta} d\theta$$

$$= \frac{T(\theta) \cos \theta}{w \cos \theta + f \sin \theta} d\theta + \frac{1}{EA} \frac{T^2(\theta) \cos \theta}{w \cos \theta + f \sin \theta} d\theta \quad \dots (12)$$

$$dY = \frac{T(\theta) \sin \theta}{w \cos \theta + f \sin \theta} d\theta + \frac{1}{EA} \frac{T^2(\theta) \sin \theta}{w \cos \theta + f \sin \theta} d\theta \quad \dots (13)$$

(11)~(13) 式に (6) 式を代入し、 $T(\theta)$ を消去すると、

$$dS_0 = \frac{C}{(w \cos \theta + f \sin \theta)^2} d\theta \quad \dots (14)$$

$$dX = \frac{C \cos \theta}{(w \cos \theta + f \sin \theta)^2} d\theta + \frac{C^2 \cos \theta}{EA(w \cos \theta + f \sin \theta)^3} d\theta \quad \dots (15)$$

$$dY = \frac{C \sin \theta}{(w \cos \theta + f \sin \theta)^2} d\theta + \frac{C^2 \sin \theta}{EA(w \cos \theta + f \sin \theta)^3} d\theta \quad \dots (16)$$

(14)~(16) 式を θ について積分すると、伸びを考慮した厳密なカテナリー特性方程式として次式を得る。(Fig.2参照)

$$X = \frac{C}{w^2 + f^2} \left[\frac{-f}{w \cos \theta + f \sin \theta} + \frac{1}{(w^2 + f^2)^{1/2}} \ln \left| \frac{w \tan(\theta/2) - f + (w^2 + f^2)^{1/2}}{w \tan(\theta/2) - f - (w^2 + f^2)^{1/2}} \right| \right]_{\theta_1}^{\theta_2}$$

$$+ \frac{C}{EA(w^2 + f^2)} \left[\frac{-f/2}{(w \cos \theta + f \sin \theta)^2} + \frac{w}{w^2 + f^2} \left[\frac{w \sin \theta - f \cos \theta}{w \cos \theta + f \sin \theta} \right] \right]_{\theta_1}^{\theta_2} \quad \dots (17)$$

$$Y = \frac{C}{w^2 + f^2} \left[\frac{w}{w \cos \theta + f \sin \theta} + \frac{f}{(w^2 + f^2)^{1/2}} \ln \left| \frac{w \tan(\theta/2) - f + (w^2 + f^2)^{1/2}}{w \tan(\theta/2) - f - (w^2 + f^2)^{1/2}} \right| \right]_{\theta_1}^{\theta_2}$$

$$+ \frac{C}{EA(w^2 + f^2)} \left[\frac{w/2}{(w \cos \theta + f \sin \theta)^2} + \frac{f}{w^2 + f^2} \left[\frac{w \sin \theta - f \cos \theta}{w \cos \theta + f \sin \theta} \right] \right]_{\theta_1}^{\theta_2} \quad \dots (18)$$

$$S = \frac{C}{w^2 + f^2} \left[\frac{w \sin \theta - f \cos \theta}{w \cos \theta + f \sin \theta} \right]_{\theta_1}^{\theta_2}$$

$$+ \frac{C}{EA(w^2 + f^2)} \left[\frac{w \sin \theta - f \cos \theta}{(w \cos \theta + f \sin \theta)^2} + \frac{1}{(w^2 + f^2)^{1/2}} \ln \left| \frac{w \tan(\theta/2) - f + (w^2 + f^2)^{1/2}}{w \tan(\theta/2) - f - (w^2 + f^2)^{1/2}} \right| \right]_{\theta_1}^{\theta_2} \quad \dots (19)$$

ただし、

$$C = T(f \sin \theta + w \cos \theta) = \text{const.} \quad \dots (20)$$

上式において、水平分布力 $f=0$ とし、点1,2 における張力で表示すると信川ら³²⁾ や Triantafyllou³⁸⁾ らの式(ただし文献³⁸⁾ では一部の項が脱落していると思われる) と一致する。

2. 3. 3 伸びを考慮したばね定数

伸びおよび海底傾斜 (ϕ) を考慮したばね定数を求める。Fig. 3、4 に示すように、ラインの持ち上がり長さの増加量を dS 、海底部分を這っているラインの長さの減少量を $-dR$ とすれば、海底部分の伸びを無視した場合には $dS = -dR$ となるが、海底部分のラインの伸びを考慮にいれると $dS \neq -dR$ となる。ここでは海底部分のラインも含めた、全ラインの伸びを考慮したばね定数を求める。

海底部分にラインが残っている場合 ($\phi = \text{const.}$) には水平方向および垂直方向の変位 dx 、 dy に対して、それぞれ次の関係が成立する。

水平方向 $\dots\dots (21)$
 $dx = dX + dR \cos \phi$
 $dy = -dR \sin \phi$ $\dots\dots (22)$

垂直方向 $\dots\dots (23)$
 $dX = -dR \cos \phi$
 $dy = dY + dR \sin \phi$ $\dots\dots (24)$

(20) 式より、 $f=0$ とすれば、

$$C = T w \cos \theta = T_H w = \text{const.}$$

となり、海底部のライン長さ R は伸びないときのラインの全長を S_0 、上端部のライン傾斜角を θ とすると、次式で表される。

$$R = \left\{ S_0 - \left(\frac{T_H}{w} \right) (\tan \theta - \tan \phi) \right\} \left(1 + \frac{T_H}{\cos \phi / EA} \right) \dots\dots (25)$$

したがって、

$$dR = \left\{ - \frac{dT_H}{w} (\tan \theta - \tan \phi) - \frac{T_H}{w \cos^2 \theta} d\theta \right\} \times \left[1 + \frac{T_H / \cos \phi}{EA} \right] + \left\{ S_0 - \frac{T_H}{w} (\tan \theta - \tan \phi) \right\} \frac{dT_H / \cos \phi}{EA} \dots\dots (26)$$

カテナリー特性方程式は(17)~(19)式より、次のようになる。

$$X = \frac{T_H}{w} \left[\ln \left| \frac{\tan(\theta/2) + 1}{\tan(\theta/2) - 1} \right| \right] \frac{\theta}{\phi} + \frac{T_H^2}{w EA} \left[\tan \theta \right] \frac{\theta}{\phi} \dots\dots (27)$$

$$Y = \frac{T_H}{w} \left[\frac{1}{\cos \theta} \right] \frac{\theta}{\phi} + \frac{T_H^2}{2 w EA} \left[\frac{1}{\cos^2 \theta} \right] \frac{\theta}{\phi} \dots\dots (28)$$

$$S = \frac{T_H}{w} \left[\tan \theta \right] \frac{\theta}{\phi} + \frac{T_H^2}{2 w EA} \left[\frac{\sin \theta}{\cos^2 \theta} + \ln \left| \frac{\tan(\theta/2) + 1}{\tan(\theta/2) - 1} \right| \right] \frac{\theta}{\phi} \dots\dots (29)$$

ただし $-\pi/2 < \theta < \pi/2$ において、

$$\ln \left| \frac{\tan(\theta/2) + 1}{\tan(\theta/2) - 1} \right| = \cosh^{-1} (1 + \tan^2 \theta)^{1/2} = \sinh^{-1} (\tan \theta) = \ln | \tan \theta + 1 / \cos \theta | \dots\dots (30)$$

海底部のラインの伸びを無視し、海底傾斜角度 $\phi=0$ とすれば、(21) 式で $dR = -dS$ とおいて積分し、 H で無次元化して次式をうる。

$$\hat{x} = 1 + \hat{X} + \hat{S} \dots\dots (31)$$

ただし、 $\hat{x} = x/H$ 、 $\hat{X} = X/H$ 、 $\hat{S} = S/H$ とする。

(27)、(29) 式を用い、 $\hat{T}_H = T_H / (wH)$ 、 $\hat{EA} = EA / (wH)$ として上端部の傾斜角度 θ に

対し、次のような伸びを無視した場合の値

$$\theta = \tan^{-1} \left\{ (1 + 2\hat{T}_H) / \hat{T}_H \right\} \dots\dots (32)$$

を用いれば最終的に次式をうる。同式の右辺最終項を無視したものが文献³⁹⁾ に示されている。

$$\hat{x} = 1 + \hat{T}_H \cosh^{-1} (1 + 1 / \hat{T}_H) - (1 + 2\hat{T}_H)^{1/2} + \frac{1}{2 \hat{EA}} \left\{ (1 + \hat{T}_H) (1 + 2\hat{T}_H)^{1/2} + \frac{\hat{T}_H}{\cosh^{-1} (1 + 1 / \hat{T}_H)} \right\} + \frac{\hat{T}_H}{\hat{EA}} (1 + 2\hat{T}_H)^{1/2} \dots\dots (33)$$

(1) 水平方向ばね定数 ($\phi = \text{const.}$)

(30) 式を(27)式に代入し、 $\phi = \text{const.}$ の条件で X について一回微分すると、

$$1 = \frac{1}{w} \left[\sinh^{-1} | \tan \theta | - \sinh^{-1} | \tan \phi | \right] \left[\frac{dT_H}{dX} \right] + \frac{T_H}{w \cos \theta} \left[\frac{d\theta}{dT_H} \right]_H \left[\frac{dT_H}{dX} \right]$$

$$+ \frac{2 T_H}{wEA} (\tan \theta - \tan \phi) \left[\frac{dT_H}{dX} \right] + \frac{T_H^2}{wEA} \frac{1}{\cos^2 \theta} \left[\frac{d\theta}{dT_H} \right]_H \left[\frac{dT_H}{dX} \right] \dots \dots (34)$$

一方(21)式より、

$$\frac{dx}{dT_H} = \frac{dX}{dT_H} + \frac{dR}{dT_H} \cos \phi$$

上式に(26)式を代入すると、

$$\frac{1}{K_{hh}} = \frac{dx}{dT_H} = \frac{dX}{dT_H} + \left[-\frac{1}{w} (\tan \theta - \tan \phi) - \frac{T_H}{w} \frac{1}{\cos^2 \theta} \left[\frac{d\theta}{dT_H} \right]_H \right] \times \cos \phi \left[1 + \frac{T_H / \cos \phi}{EA} \right] + \frac{1}{EA} \left[S_0 - \frac{T_H}{w} (\tan \theta - \tan \phi) \right] \dots \dots (35)$$

即ち、水平方向ばね定数 $K_{hh}(=dT_H/dX)$ は(34)、(35)式より、 $(d\theta/dT_H)_H$ 、 θ が決定されれば求まることわかる。 θ は(28)式の $Y=H-R\sin \phi$ とした次式を解くことによって求まる。ただし、 H はアンカー点の深さを表す。

$$R\sin \phi + \frac{T_H}{w} \left[\frac{1}{\cos \theta} \right] \frac{\theta}{\phi} + \frac{T_H^2}{2wEA} \left[\frac{1}{\cos^2 \theta} \right] \frac{\theta}{\phi} - H = 0 \dots \dots (28)'$$

上式は θ に関する方程式となり、初期値を $\theta = \tan^{-1}(H/(S_0^2 - H^2)^{1/2})$ としてニュートン法等によって解くことができる。

次に(22)式より、

$$\frac{dY}{dX} = - \left[\frac{dR}{dT_H} \right] \left[\frac{dT_H}{dX} \right] \sin \phi$$

上式に(26)式を代入して整理すると、

$$\left\{ \frac{T_H}{w} \frac{\sin \phi}{\cos^2 \theta} \left(1 + \frac{T_H / \cos \phi}{EA} \right) - \frac{T_H}{w} \left(\frac{\sin \theta}{\cos^2 \theta} \right) - \frac{T_H^2}{wEA} \left(\frac{\sin \theta}{\cos^2 \theta} \right) \right\} \left[\frac{d\theta}{dT_H} \right]_H \\ = - \frac{\sin \phi}{w} \left[1 + \frac{T_H / \cos \phi}{EA} \right] (\tan \theta - \tan \phi) + \frac{\sin \phi}{EA} \left\{ S_0 - \frac{T_H}{w} (\tan \theta - \tan \phi) \right\} \\ + \frac{1}{w} \left(\frac{1}{\cos \theta} - \frac{1}{\cos \phi} \right) + \frac{T_H}{wEA} \left(\frac{1}{\cos^2 \theta} - \frac{1}{\cos^2 \phi} \right) \dots \dots (36)$$

これより $(d\theta/dT_H)_H$ が求まる。

このようにして得られた θ 、 $(d\theta/dT_H)_H$ を(34)、(35)式に代入すれば、 K_{hh} が求まる。

水平移動による垂直力の変化については次のようになる。

$$T_v = T_H \tan \theta \dots \dots (37)$$

したがって、

$$K_{vh} = dT_v / dx = K_{hh} \left\{ \tan \theta + \frac{T_H}{\cos^2 \theta} \left[\frac{d\theta}{dT_H} \right]_H \right\} \dots \dots (38)$$

(2) 垂直方向ばね定数 ($\phi = \text{const.}$)

(30) 式を(28)式に代入し、 $\phi = \text{const.}$ の条件で Y について一回微分すると、

$$1 = \left\{ \frac{1}{w} \left(\frac{1}{\cos \theta} - \frac{1}{\cos \phi} \right) + \frac{T_H}{w} \left(\frac{\sin \theta}{\cos^2 \theta} \right) \left[\frac{d\theta}{dT_H} \right]_v \right\} \left[\frac{dT_H}{dY} \right] \\ + \frac{T_H}{wEA} \left(\frac{1}{\cos^2 \theta} - \frac{1}{\cos^2 \phi} \right) \left[\frac{dT_H}{dY} \right] + \frac{T_H^2}{wEA} \left(\frac{\sin \theta}{\cos^3 \theta} \right) \left[\frac{d\theta}{dT_H} \right]_v \left[\frac{dT_H}{dY} \right] \dots \dots (39)$$

着地点水平距離 L は(28)' 式で求めた θ を(27)式に代入すると次のように求まる。

$$L = \frac{T_H}{w} \left(\ln \left| \tan \theta + \frac{1}{\cos \theta} \right| - \ln \left| \tan \phi + \frac{1}{\cos \phi} \right| \right) + \frac{T_H^2}{wEA} (\tan \theta - \tan \phi) \dots \dots (40)$$

一方、(24)式より、

$$\frac{dy}{dT_H} = \frac{dY}{dT_H} + \frac{dR}{dT_H} \sin \phi$$

上式に(26)式を代入すれば、

$$\frac{1}{K_{hv}} = \frac{dy}{dT_H} = \frac{dY}{dT_H} + \left\{ -\frac{1}{w} (\tan \theta - \tan \phi) - \frac{T_H}{w} \frac{1}{\cos^2 \theta} \left[\frac{d\theta}{dT_H} \right]_v \right\} \times \sin \phi \left[1 + \frac{T_H / \cos \phi}{EA} \right] + \left\{ S_0 - \frac{T_H}{w} (\tan \theta - \tan \phi) \right\} \frac{\tan \phi}{EA} \dots \dots (41)$$

次に(23)式より、

$$\frac{dX}{dY} = - \left[\frac{dR}{dT_H} \right] \left[\frac{dT_H}{dY} \right] \cos \phi$$

上式に(26)式を代入し整理すると、

$$\begin{aligned} & \left\{ \frac{T_H}{w} \frac{\cos \phi}{\cos^2 \theta} \left[1 + \frac{T_H / \cos \phi}{EA} \right] - \frac{T_H}{w} \left[\frac{1}{\cos \theta} \right] - \frac{T_H^2}{wEA} \left[\frac{1}{\cos^2 \theta} \right] \right\} \left[\frac{d\theta}{dT_H} \right]_v \\ = & - \frac{\cos \phi}{w} \left[1 + \frac{T_H / \cos \phi}{EA} \right] (\tan \theta - \tan \phi) + \frac{1}{EA} \left\{ S_0 - \frac{T_H}{w} (\tan \theta - \tan \phi) \right\} \\ & + \frac{1}{w} \left[\ln \left| \tan \theta + \frac{1}{\cos \theta} \right| - \ln \left| \tan \phi + \frac{1}{\cos \phi} \right| \right] + \frac{2T_H}{wEA} (\tan \theta - \tan \phi) \end{aligned} \quad \dots (42)$$

これより $(d\theta/dT_H)_v$ が求まる。

このようにして得られた θ 、 $(d\theta/dT_H)_v$ を(39)、(41)式に代入すれば、 K_{hv}

($=dT_H/dy$)が求まる。

垂直移動による垂直力の変化については次のようになる。

$$K_{vv} = dT_v / dy = K_{hv} \left\{ \tan \theta + \frac{T_H}{\cos^2 \theta} \left[\frac{d\theta}{dT_H} \right]_v \right\} \quad \dots (43)$$

(3) 水平方向ばね定数($d\phi \neq 0$)

次に海底部にラインが残っていない場合のばね定数を求める。伸びのない場合

については桑野⁵⁾によって解析解が示されている。

$x=1/\cos \theta$ 、 $z=1/\cos \phi$ とし(22)、(23)式を書き直せば次のようになる。

$$X = (T_H/w) (\sinh^{-1}(y^2-1)^{1/2} - \sinh^{-1}(z^2-1)^{1/2}) + \frac{T_H^2}{wEA} ((y^2-1)^{1/2} - (z^2-1)^{1/2}) \quad \dots (44)$$

$$Y = (T_H/w) (y-z) + \frac{T_H^2}{2wEA} (y^2 - z^2) \quad \dots (45)$$

さらに、持ち上がり部分の重量が不変ということから、次式が成立する。

$$T_H \{ (y^2-1)^{1/2} - (z^2-1)^{1/2} \} = wS_0 = \text{const.} \quad \dots (46)$$

(44)式をXで一回微分すると、

$$\begin{aligned} 1 = & \frac{1}{w} \left[\sinh^{-1}(y^2-1)^{1/2} - \sinh^{-1}(z^2-1)^{1/2} \right] \left[\frac{dT_H}{dX} \right] \\ & + \frac{T_H}{w} \left\{ \frac{1}{(y^2-1)^{1/2}} \left[\frac{dy}{dT_H} \right]_H - \frac{1}{(z^2-1)^{1/2}} \left[\frac{dz}{dT_H} \right]_H \right\} \left[\frac{dT_H}{dX} \right] \\ & + \frac{T_H}{wEA} \left[(y^2-1)^{1/2} - (z^2-1)^{1/2} \right] \left[\frac{dT_H}{dX} \right] \end{aligned} \quad \dots (47)$$

(46)式をXで一回微分し整理すると、

$$\begin{aligned} & \frac{y}{(y^2-1)^{1/2}} \left[\frac{dy}{dT_H} \right]_H - \frac{z}{(z^2-1)^{1/2}} \left[\frac{dz}{dT_H} \right]_H \\ = & - \frac{1}{T_H} \left[(y^2-1)^{1/2} - (z^2-1)^{1/2} \right] \end{aligned} \quad \dots (48)$$

アンカー点深さ Hは不変であるため、(45)式より、

$$H = \frac{T_H}{w} (y-z) + \frac{T_H^2}{2wEA} (y^2 - z^2) \quad \dots (49)$$

(49)式をXで一回微分し整理すると、

$$\begin{aligned} & \frac{1}{w} (y-z) + \frac{T_H}{w} \left[\left[\frac{dy}{dT_H} \right]_H - \left[\frac{dz}{dT_H} \right]_H \right] \\ & + \frac{T_H^2}{wEA} (y^2 - z^2) \\ & + \frac{T_H^2}{wEA} \left[y \left[\frac{dy}{dT_H} \right]_H - z \left[\frac{dz}{dT_H} \right]_H \right] \\ = & 0 \end{aligned} \quad \dots (50)$$

$x_1 = (y^2-1)^{1/2}$ 、 $x_2 = (z^2-1)^{1/2}$ として、 $x_1 = x_2 - wS_0/T_H$ ((46)式)を考慮し

て(49)式を変形すると x_1 に関する4次方程式を得る。同方程式から x_1 を求め、順

次 x_2 、 y 、 z を求める。これらの値を(48)、(50)式の y 、 z に代入し、

$(dy/dT_H)_H$ 、 $(dz/dT_H)_H$ に関する2元連立一次方程式を解く。得られた

$(dy/dT_H)_H$ 、 $(dz/dT_H)_H$ などを(47)式に代入すれば、水平方向ばね定数 K_{hh}

が求まる。

水平変位に対する垂直力の変化は $T_v = T_H (y^2-1)^{1/2}$ より、次式で求まる。

$$K_{vh} = \frac{dT_v}{dX} = \left[\frac{dT_H}{dX} \right] \left\{ x_1 + \frac{T_H y}{x_1} \left[\frac{dy}{dT_H} \right]_H \right\} \quad \dots (51)$$

(4) 垂直方向ばね定数($d\phi \neq 0$)

(45)式をYで一回微分すると、

$$\begin{aligned} 1 = & \frac{1}{w} (y-z) \left[\frac{dT_H}{dY} \right] + \frac{T_H}{w} \left[\left[\frac{dy}{dT_H} \right]_v \left[\frac{dz}{dT_H} \right]_v \right] \left[\frac{dT_H}{dY} \right] \\ & + \frac{T_H}{wEA} (y^2 - z^2) \left[\frac{dT_H}{dY} \right] + \frac{T_H^2}{wEA} \left[y \left[\frac{dy}{dT_H} \right]_v - z \left[\frac{dz}{dT_H} \right]_v \right] \left[\frac{dT_H}{dY} \right] \end{aligned} \quad \dots (52)$$

(44)式をYで一回微分し、これと(46)式をYで一回微分した結果を用いると次

に示す2元連立一次方程式を得る。

$$\frac{T_H}{(y^2 - 1)^{1/2}} \left(\frac{dy}{dT_H} \right)_v - \frac{T_H}{(z^2 - 1)^{1/2}} \left(\frac{dz}{dT_H} \right)_v = - \left[\ln | y + (y^2 - 1)^{1/2} | - \ln | z + (z^2 - 1)^{1/2} | \right] - \frac{T_H}{EA} \left[(y^2 - 1)^{1/2} - (z^2 - 1)^{1/2} \right] \quad \dots (53)$$

$$\frac{y}{(y^2 - 1)^{1/2}} \left(\frac{dy}{dT_H} \right)_v - \frac{z}{(z^2 - 1)^{1/2}} \left(\frac{dz}{dT_H} \right)_v = - \frac{1}{T_H} \left[(y^2 - 1)^{1/2} - (z^2 - 1)^{1/2} \right] \quad \dots (54)$$

y、z としては(3) 水平方向ばね定数(dφ ≠ 0)で解いた値を用い、(53)、(54)式を解けば(dy/dT_H)_v、(dz/dT_H)_vが求まり、これらを(52)式に代入すれば垂直方向ばね定数 K_{hv}が求まる。

垂直変位に対する垂直力の変化は次式で求まる。

$$K_{vv} = \frac{dT_v}{dY} = K_{hv} \left\{ x_1 + \frac{T_H y}{x_1} \left(\frac{dy}{dT_H} \right)_v \right\} \quad \dots (55)$$

2. 3. 4 伸びおよび流体力を考慮した釣合方程式

2.3.1 に示した仮定のうち、水平分布力が一定ではなく、クロスフロー理論による流体力を仮定すると、微小部分における釣合方程式は次のようになる。(Fig.5参照)

$$Td\theta = w' \cos \theta dS - 0.5 \rho C_{DN} D' u \sin \theta | u \sin \theta | dS \quad \dots (56)$$

$$dT = w' \sin \theta dS + 0.5 \rho C_{DT} D' u \cos \theta | u \cos \theta | dS \quad \dots (57)$$

ただし、w'、dSは(3)、(7)式を再記すると、

$$w' = w / (1 + T/EA)$$

$$dS = (1 + T/EA) dS_0$$

ここに、ρ: 流体密度 u: 流速 C_{DN}: 抗力係数(軸直角方向) C_{DT}: 抗力係数(接線方向)である。

一方、幾何学的な関係式としては、(8)、(9)式が成立している。

(56)、(57)式は解析的に解くことはできず、数値積分等の方法によって解く以外にない。この解法については2.4.1(5)に概説する。

伸びに対する流体力学的等価直径D'の変化については、水中線状構造の形式

(チェーン、ワイヤーロープ、丸棒、その他)によって一定ではないが、ここでは取扱を簡単にするため、2.3.1(3)と同様の仮定を用いる。

即ち、

$$D' = D / (1 + T/EA) \quad \dots (58)$$

(58)式を(56)、(57)式に代入し次式を得る。

$$Td\theta = w \cos \theta dS_0 - 0.5 \rho C_{DN} D u \sin \theta | u \sin \theta | dS_0 \quad \dots (59)$$

$$dT = w \sin \theta dS_0 + 0.5 \rho C_{DT} D u \cos \theta | u \cos \theta | dS_0 \quad \dots (60)$$

(59)、(60)式より、EA=∞、C_{DT}=0のとき、C_{DN}≠0の場合においてもdT=w dYが常に成立することがわかる。

2. 3. 5 カテナリー特性の基本的性質

伸びおよび一定の水平・垂直分布荷重を考慮したカテナリー特性方程式は(17)~(20)式に示したとうりである。また、全ラインの伸びを考慮したばね定数については、

2.2.3 に述べた。これらから、カテナリー特性の基本的性質として次のようなことがわかる。

- (1) w、f、EAを既知量とした場合、変数X、Y、S、T₁、θ₁、T₂、θ₂のうち、任意の三つを与えれば(17)~(20)式より残りの四つの値が決定できる。
- (2) 垂直分布力w、水平分布力fが一定の場合、T(f sin θ + w cos θ)の値はラインの任意点において一定値となる。これは、例えばf=0とすると、張力の水平成分が一定であることを表している。
- (3) EA=∞かつf'=0(水平分布力なし)あるいはC_{DT}(接線方向抗力係数)=0のとき、常にdT=w dYが成立する。EA、w、fが一定の場合には、常に(1+T/EA)dT=w dY - f dXが成立する。
- (4) ばね定数については次のことがいえる。

$$K(d\phi=0) \neq K(d\phi \neq 0)$$

即ち、桑野の式によるばね定数K(dφ ≠ 0)は、ラインの一部が海底を這っている場合(dφ = 0)に適用すると誤差を生じる。また、EA=∞のときにはdφ = 0、

dφ ≠ 0にかかわらず、K_{hv}=K_{vh}となるが、EA ≠ ∞のときは、K_{hv} ≠ K_{vh}である。

また、T_Hが大きいときのK_{hh}は(47)式を変形すると次のように表され、

$$K_{hh} = EA/S \text{となる。}$$

$$\frac{1}{K_{hh}} = \frac{1}{K_{\infty}} + \frac{1}{K_{EA}} \quad K_{EA} = \frac{wEA}{T_H (\tan \theta - \tan \phi)} = \frac{EA}{S} \quad , \quad K_{\infty} = \infty$$

$$\therefore K_{hh} = EA/S$$

(5) 伸び剛性の影響

X に対して、 $f=0$ 、 $\phi=0$ とすれば、(27)式より、

$$X = \frac{T_H}{w} \sinh^{-1} |\tan \theta| + \frac{T_H^2}{wEA} \tan \theta$$

$$= \frac{T_H}{w} \ln \left| \tan \theta + \frac{1}{\cos \theta} \right| + \frac{T_H^2}{wEA} \tan \theta$$

EA=∞のとき

$$X_\infty = \frac{T_H}{w} \ln \left| \tan \theta + \frac{1}{\cos \theta} \right|$$

$\alpha = X/X_\infty$ とすると、

$$\alpha = 1 + \frac{T_H}{EA} \left[\frac{\tan \theta}{\ln \left| \tan \theta + \frac{1}{\cos \theta} \right|} \right]$$

T_H が大きくなると、一般に θ は 0 に近づくことを考慮すれば、

$$\lim_{\theta \rightarrow 0} \alpha = \lim_{\theta \rightarrow 0} \left[1 + \frac{T_H}{EA} (1 + \tan^2 \theta)^{1/2} \right] = 1 + \frac{T_H}{EA}$$

Y に対しても $f=0$ 、 $\phi=0$ とすれば、(28)式より、

$$Y = \frac{T_H}{w} \frac{1}{\cos \theta} + \frac{T_H^2}{wEA} \frac{1}{\cos^2 \theta}$$

$$Y_\infty = \frac{T_H}{w} \frac{1}{\cos \theta}$$

$\beta = Y/Y_\infty$ とすると、

$$\beta = 1 + \frac{T_H}{2EA} \frac{1}{\cos \theta}$$

$$\lim_{\theta \rightarrow 0} \beta = 1 + \frac{T_H}{2EA}$$

S に対しては $f=0$ 、 $\phi=0$ とすれば、(29)式より、

$$S = \frac{T_H}{w} \tan \theta + \frac{T_H^2}{2wEA} \left[\frac{\tan \theta}{\cos \theta} + \sinh^{-1} |\tan \theta| \right]$$

$$S_\infty = \frac{T_H}{w} \tan \theta$$

$\gamma = S/S_\infty$ とすると、

$$\gamma = 1 + \frac{T_H}{2EA} \left[\frac{1}{\cos \theta} + \frac{\sinh^{-1} |\tan \theta|}{\tan \theta} \right]$$

$$\lim_{\theta \rightarrow 0} \gamma = 1 + \frac{T_H}{2EA}$$

まとめると T_H が大のとき、 α 、 β 、 γ はそれぞれ次のようになる。

$$\begin{cases} \alpha = 1 + \frac{T_H}{EA} \\ \beta = \gamma = 1 + \frac{T_H}{2EA} \end{cases}$$

即ち、比較的EAの大きい水中線状構造の場合には、持ち上がり部の長さ、距離関係はEA=∞としても T_H/EA ないし $T_H/2EA$ の誤差範囲で推定できる。なお、 $f=0$ のとき、水平距離Xについては、(27)、(28)式より厳密に次式が成立する。

$$X = X_\infty + T_H / (EA / S_\infty)$$

具体例としてTable 1 に示すような四種類のラインに対し、水深40m でライン長さが300mと水深500mでライン長さ1500m の場合について、2.3.3 に述べた方法により試算を行った。結果を同表およびFig. 9に示すが、概略は次のようである。

76 φ	チェーン	40m水深	$T_H = 100\text{tf}$ では、 $K_{52000}/K_\infty = 0.77$ * (1.00)**
		500m	= 0.96 (1.00)
95 φ	ワイヤー	40m水深	$T_H = 100\text{tf}$ では、 $K_{50000}/K_\infty = 0.28$ (0.28)
		500m	= 0.88 (0.88)
140 φ	ロープ	40m水深	$T_H = 100\text{tf}$ では、 $K_{2000}/K_\infty = 0.00$ (0.00)
		500m	= 0.00 (0.00)
140 φ	ロープ	40m水深	$T_H = 100\text{tf}$ では、 $K_{2000}/K_\infty = 0.12$ (0.98)
	+分布重量	500m	= 0.47 (0.97)

ただし、* は海底部、持ち上がり部の両方の伸びを考慮した場合、**は海底部の伸びは無視した場合を示す。このように、伸び剛性EAによっては水深が浅く、海底を這うライン長さが長くなると、誤差は大きくなるが、水深が深くなるとEAは実用上無視できる。

(6) 水平分布力の影響

EA=∞とする。(20)式より、

$$C = Tw \left(\frac{f}{w} \sin \theta + \cos \theta \right) = \text{const.}$$

(17)式より、

$$X = \frac{C}{w^2 \{1 + (f/w)^2\}} \left[\frac{-f/w}{\cos \theta + (f/w) \sin \theta} + \frac{1}{\{1 + (f/w)^2\}^{1/2}} \right] \times \ln \left| \frac{\tan(\theta/2) - (f/w) + \{1 + (f/w)^2\}^{1/2}}{\tan(\theta/2) - (f/w) - \{1 + (f/w)^2\}^{1/2}} \right| \left[\begin{matrix} \theta_2 \\ \theta_1 \end{matrix} \right]$$

$f/w \ll 1$ とすると、

$$X \approx \frac{C}{w^2} \left\{ 1 - \left[\frac{f}{w} \right]^2 \right\} \left[- \left(\frac{f}{w} \right) \frac{1}{\cos \theta} + \sinh^{-1} |\tan \theta| \right] \left[\begin{matrix} \theta_2 \\ \theta_1 \end{matrix} \right]$$

$$= \frac{C}{w^2} \left[\sinh^{-1} |\tan \theta| \right] \frac{\theta_2}{\theta_1} - \frac{C}{w^2} \left(\frac{f}{w} \right) \left[\frac{1}{\cos \theta} \right] \theta_2$$

$\theta_1 = 0$ とすれば、

$$X = \frac{C}{w^2} \sinh^{-1} |\tan \theta_2| - \frac{C}{w^2} \left(\frac{f}{w} \right) \left(\frac{1}{\cos \theta_2} - 1 \right)$$

$f=0$ のとき、

$$X_0 = \frac{C}{w^2} \sinh^{-1} |\tan \theta_2|$$

$$\alpha = X/X_0 = 1 - \left(\frac{f}{w} \right) \frac{\left(\frac{1}{\cos \theta_2} - 1 \right)}{\sinh^{-1} |\tan \theta_2|}$$

$$= 1 - \left(\frac{f}{w} \right) C_1$$

(18)式より、

$$Y = \frac{C}{w^2 \{1 + (f/w)^2\}} \left[\frac{1}{\cos \theta + (f/w) \sin \theta} + \frac{f/w}{\{1 + (f/w)^2\}^{1/2}} \right] \theta_2$$

$$\ln \left| \frac{\tan(\theta/2) - (f/w) + \{1 + (f/w)^2\}^{1/2}}{\tan(\theta/2) - (f/w) - \{1 + (f/w)^2\}^{1/2}} \right| \theta_1$$

$f/w < 1$ とすると、

$$Y \approx \frac{C}{w^2} \left\{ 1 - \left[\frac{f}{w} \right]^2 \right\} \left[\frac{1}{\cos \theta} + \left(\frac{f}{w} \right) \left\{ 1 - \frac{1}{2} \left[\frac{f}{w} \right]^2 \right\} \right] \sinh^{-1} |\tan \theta| \theta_2$$

$\theta_1 = 0$ とすれば、

$$Y = \frac{C}{w^2} \left(\frac{1}{\cos \theta_2} - 1 \right) + \frac{C}{w^2} \left(\frac{f}{w} \right) \sinh^{-1} |\tan \theta_2|$$

$f=0$ のとき、

$$Y_0 = \frac{C}{w^2} \left(\frac{1}{\cos \theta_2} - 1 \right)$$

$$\beta = Y/Y_0 = 1 + \left(\frac{f}{w} \right) \frac{1}{C_1}$$

(19)式より、

$$S = \frac{C}{w^2 \{1 + (f/w)^2\}} \left[\frac{\sin \theta - (f/w) \cos \theta}{\cos \theta + (f/w) \sin \theta} \right] \theta_2$$

$f/w < 1$ とすると、

$$S \approx \frac{C}{w^2} \left\{ 1 - \left[\frac{f}{w} \right]^2 \right\} \left[\frac{\sin \theta}{\cos \theta} - \frac{f}{w} \right] \theta_2$$

$\theta_1 = 0$ とすれば、

$$S = \frac{C}{w^2} \left\{ 1 - \left[\frac{f}{w} \right]^2 \right\} \left(\tan \theta_2 - \frac{f}{w} \theta_2 \right)$$

$$\approx \frac{C}{w^2} \left(\tan \theta_2 - \frac{f}{w} \theta_2 \right)$$

$f=0$ のとき、

$$S_0 = \frac{C}{w^2} \tan \theta_2$$

$$r = S/S_0 = 1 - \left(\frac{f}{w} \right) \frac{\theta_2}{\tan \theta_2} = 1 - \left(\frac{f}{w} \right) B$$

まとめると次のようになる。

$$\alpha = 1 - (f/w) C_1$$

$$\beta = 1 + (f/w)/C_1$$

$$r = 1 + (f/w) B$$

したがって、 $10^\circ < \theta < 80^\circ$ においては、 $0.09 < C_1 < 2.0$ 、 $0.5 < 1/C_1 < 11.4$ 、

$0.25 < B < 0.99$ となり、持ち上がり部の長さ、距離関係の誤差は f/w の最大10倍

程度となり、流体力に比べて重量の軽い場合には f を無視できない。

2. 4 種々の境界条件に対するカテナリー特性方程式の解法

2.3.5 (1) に既述したように、カテナリー特性方程式は種々の境界条件下で解くことができるが、それぞれに工夫が必要である。ここでは初期設計時に用いる簡便な解法という観点から、主として $EA = \infty$ 、 $f \neq 0$ とし、次の場合について検討する。(Fig.6参照)

- 張力、角度、長さのうち、それぞれ一つが既知の場合
- 張力が一つと長さが二つ既知の場合
- 角度が一つと長さが二つ既知の場合
- 長さが三つ既知の場合
- 海底傾斜を考慮した場合

2. 4. 1 張力、角度および長さのそれぞれ一つが既知の場合

(1) T_2 、 θ_2 、 X が既知の場合 (CAT-2X)

まず $C = T_2(f \sin \theta_2 + w \cos \theta_2)$ を求める。次に θ_1 を仮定し、はさみうち法によって(17)式を満足する θ_1 を求める。以上の手順で C 、 θ_1 が求まり、したがって(18)、(19)式より Y 、 S が、 $T_1 = C / (f \sin \theta_1 + w \cos \theta_1)$ より T_1 が計算できる。この種の境界条件はFig.7 に示すようなマリンホースの中間部の形状を設定するような場合に必要となる。

(2) T_2 、 θ_2 、 Y が既知の場合 (CAT-2Y)

(1)と同様にし、 θ_1 を仮定してはさみうち法によって(18)式を満足する θ_1 を求める。この種の境界条件は(1)と同様な場合に必要となる。

(3) T_2 、 θ_2 、 S が既知の場合 (CAT-2S)

まず C を求める。(19)式を変形すると次のようになる。

$$S(w^2 + f^2) = T_2(w \sin \theta_2 - f \cos \theta_2) - C \frac{w \sin \theta_1 - f \cos \theta_1}{w \cos \theta_1 + f \sin \theta_1}$$

上式より θ_1 が求まり、(17)、(18)式より X 、 Y が、 $T_1 = C / (f \sin \theta_1 + w \cos \theta_1)$ より T_1 が求まる。この種の境界条件は係留特性を求める場合に必要となる。

(4) T_1 、 θ_1 、 Y が既知の場合 (CAT-1Y)

これはCAT-2Yの逆で、下端部の張力、角度が既知の場合に用いられる。まず C を求め、次に θ_2 を仮定し、はさみうち法によって(17)式満足する θ_2 を求める。以上の手順で C 、 θ_2 が求まり、(17)、(19)式より X 、 S が、 $T_2 = C / (f \sin \theta_2 + w \cos \theta_2)$ より T_2 が計算できる。この種の境界条件は、水中重量、流体力が既知である水中曳航体などを一定深度で曳航する場合などに用いられる。

(5) T_1 、 θ_1 、 S が既知の場合 (CAT-1S)

これはCAT-2Sの逆で、下端部の張力、角度が既知の場合に用いられる。この種の境界条件は、係留特性を求める場合(特に海底傾斜や流体力を考慮する場合)に必要となる。伸びを無視できる場合には(3)と同様であるが、CAT-1Sでは伸び剛性を考慮し、さらに2.2.4 に述べた流体力を考慮する。この場合には下端部の張力、角度を初期条件とし、(56)、(57)、(27)~(29)式を順次数値積分する方法をとる。概略フローチャートをFig.8 に示す。この方法によれば、端部における張力、角度、位置と、付加物(中間シンカー、ブイなど)の重量/浮力を初期条件として、接続された別のライン要素について同様の数値積分を実施することにより、複合ラインや特殊係留ラインなどの係留特性を求めることができる。(2.4.5参照)

2. 4. 2 張力が一つと長さが二つ既知の場合

T_2 、 X 、 Y が既知の場合 (CAT-2XY) は、オートテンショナーや水中ケーブルの設計時に必要となる。まず $T_1 = T_2 + fX - wY$ より T_1 を求める。次にはさみうち法によって(17)、(18)式を満足する θ_2 、 θ_1 を求め、(19)式によって S を求める。

2. 4. 3 角度が一つと長さが二つ既知の場合

(1) θ_1 、 X 、 S が既知の場合 (CAT-1XS)

海底傾斜(θ_1)を考慮したカテナリーで水平距離、ライン長さが既知の場合に必要となる。この場合には、まず T_1 の範囲と増分を設定し、各 T_1 に対して C を求め(19)式から θ_2 を、さらに $T_2 = C / (f \sin \theta_2 + w \cos \theta_2)$ から T_2 を、(17)式から X_i を求め、 $\Delta X = X_i - X$ を計算する。得られた T_1 と ΔX の組合せからはさみうち法における T_1 の初期値(二つの値)を求める。以上の手順を $|\Delta X| < \varepsilon$ まで繰り返す。

(2) θ_1 、Y、Sが既知の場合 (CAT-1YS)

(1)と同様であり、(17)式の代わりに(18)式を用いる。

(3) θ_2 、X、Sが既知の場合 (CAT-2XS)

着地点がアンカー点より高い係留で、水平距離、ライン長さが既知の場合に必要な。この場合には、まず T_2 の範囲と増分を設定し、各 T_2 に対してCを求め(19)式から θ_1 を、さらに $T_1 = C / (f \sin \theta_1 + w \cos \theta_1)$ から T_1 を、(17)式から X_i を求め、 $\Delta X = X_i - X$ を計算する。得られた T_2 と ΔX の組合せから、はさみうち法における T_2 の初期値(二つの値)を求める。以上の手順を $|\Delta X| < \varepsilon$ まで繰り返す。

(4) θ_2 、Y、Sが既知の場合 (CAT-2YS)

(3)と同様であり、(17)式の代わりに(18)式を用いる。

2. 4. 4 長さが三つ既知の場合

X、Y、Sが既知の場合 (CAT-XYS)について考える。この種の境界条件はFig.7に示すようなマリンホースの端部の形状設定や、曳航体の位置(X、Y)をコントロールする場合に必要な。この場合には次のような手順による。

- (1) θ_1 の範囲および増分にしたいが、(2)～(7)を繰り返す。
- (2) T_1 の範囲および増分にしたいが、(3)～(4)を繰り返す。
- (3) T_1 、 θ_1 よりCを求め、(19)式より θ_2 を、さらに(18)式より Y_i を求め、 $\Delta Y = Y_i - Y$ を計算する。
- (4) ΔY の符号が異なる T_1 の二つの値を求める。
- (5) (4)で選ばれた T_1 の二つの値を初期値とし、はさみうち法によって $|\Delta Y| < \varepsilon$ となる T_1 を決定する。
- (6) (5)で決定された T_1 に対し、(17)式より X_i を求める。
- (7) Y、Sを満足する T_1 、 X_i 、 θ_1 、 θ_2 の組合せを記憶する。
- (8) 上記 T_1 、 X_i 、 θ_1 、 θ_2 の組合せを X_i に関してソートし、 $\Delta X = X_i - X$ の符号が異なる X_i の二つの値を求める。
- (9) $|\Delta X| < \varepsilon$ をチェックし、 $|\Delta X| > \varepsilon$ なら上記 θ_1 を初期値として(2)にもどる。

2. 4. 5 海底傾斜を考慮した場合 (SLCATS、MULT)

海底傾斜およびラインの伸びを考慮した係留特性を求めるもので、前述のCAT-1YS (2.4.3(2))において伸びを考慮したものをサブルーチンとして使用する(SLCATS)。この場合、ラインが海底を這っている範囲では、その長さを0まで変化させ、 θ_1 が一定(海底傾斜角度)としてCAT-1YSを用いる。ただし、伸びによってラインの持ち上がり点深さ(Y)が変化するため、繰り返し計算が必要となる。ラインが海底を這う部分がなくなると、 θ_1 を変化させてCAT-1YSを用いることにより、係留特性が求まる。また、SLCATSでは2.3.3で述べた方法によって、接線ばね定数を計算することができる。

また水平分布力fを0とすれば、前述のCAT-1Sと同様の考えで、複数要素および要素間の付加外力(鉛直方向)を容易に取扱えるプログラムができる。すなわち海底に着地している要素において、水平張力 T_H (仮定値)と海底傾斜 θ_1 から海底部での垂直張力 T_V を決定し、持上がり長さSからカテナリー特性を求める。次にライン上端部における張力が求まった時点で、同端部における付加外力を考慮し、次の要素下端部における張力および傾斜角度を決定する。この操作を全要素について行い、最終要素端部の高さが所定の値になるまで、水平張力 T_H を再仮定して繰り返す。本プログラム(MULT)は、いわゆる複合ラインや中間ブイ、中間シンカー方式などの特殊係留システムの特性を、海底傾斜やラインの伸びを考慮して、解析的に求めることができ、多くの数値解法の検証用としても有用である。

2. 4. 6 解の個数について

境界条件のうち、ライン長さSが既知のときには一つの解が存在する。Sが未知のときには、二つの解が存在する場合がある。Fig.6の(a)(b)(d)(f)に可能なカテナリー形状の概略を破線、および一点鎖線で示す。この場合、 $|w|$ と $|f|$ の大きさによって解が一つのと二つのときがある。二つの解が存在する場合の具体例としてCAT-2XYの場合を3.5に示す。ここで、もう少し一般的に解の個数について考察することとする。簡単のために伸びを無視し、水平分布力を0とすると、カテナリー特性方程式は(17)～(20)式より次のようになる。

$$X = \frac{C}{w^2} \left[\sinh^{-1}(\tan \theta_2) - \sinh^{-1}(\tan \theta_1) \right] \dots (17)'$$

$$Y = \frac{C}{w^2} \left[\frac{1}{\cos \theta_2} - \frac{1}{\cos \theta_1} \right] \dots (18)'$$

$$S = \frac{C}{w^2} \left[\tan \theta_2 - \tan \theta_1 \right] \dots (19)'$$

$$C = T w \cos \theta = w T_1 \cos \theta_1 = w T_2 \cos \theta_2 = \text{constant} \dots (20)'$$

(a) T_2, θ_2, X (ただし $T_2, X, \cos \theta_2 > 0$ とする) が既知の場合には、まず(20)'

式より C が求まる。次に(17)' 式より $\tan \theta_1 = \sinh A$ (A は既知) を θ_1 について解くことになるが、 $\cos \theta_1 > 0$ より、 θ_1 はただ1個求まる。ただし、水平分布力が0でない場合は(b)と同様に2個の解がある。

(b) T_2, θ_2, Y (ただし $T_2, Y, \cos \theta_2 > 0$ とする) が既知の場合には、(18)' 式より $\cos \theta_1 = A$ (A は既知) を θ_1 について解くことになるが、 $\cos \theta_1 > 0$ を満足する解は2個求まる。ここで海底条件などの境界条件を付加すると解は1個となる。

(c) T_2, θ_2, S (ただし $T_2, S, \cos \theta_2 > 0$ とする) が既知の場合には、(19)' 式より $\tan \theta_1 = A$ (A は既知) を θ_1 について解くことになるが、 $\cos \theta_1 > 0$ を満足する解はただ1個求まる。

(d) T_1, θ_1, Y (ただし $T_1, Y, \cos \theta_1 > 0$ とする) が既知の場合は(b)と同様に解は2個求まる。ここで海面条件などの境界条件を付加すると解は1個となる。

(e) T_1, θ_1, S (ただし $T_1, S, \cos \theta_1 > 0$ とする) が既知の場合は(c)と同様に解はただ1個求まる。

(f) T_2, X, Y (ただし $T_2, X, Y > 0$ とする) が既知の場合には、 $T_1 = T_2 - wY$ と(20)' 式より $\cos \theta_1$ と $\cos \theta_2$ の比が求まる。これと(17)'/(18)' より θ_1 と θ_2 が求まるが、3.5 に示すように解は2個求まる。

(g) θ_1, S, X (ただし $S, X, \cos \theta_1 > 0$ とする) のように、角度が一つとライン長さおよび水平又は垂直距離が既知の場合は、2.4.3 に述べたように T_1 又は T_2 を仮定して距離の条件を満足する T_1 又は T_2 を探査することになり、(c)と同様に解はただ1個求まる。

(h) S, X, Y (ただし $S, X, Y > 0$ とする) が既知の場合は、 T_1 と θ_1 を仮定して距離の条件を満足する T_1 と θ_1 を探査することになり、(c)と同様に解はただ1個求まる。

このように、境界条件のうち、ライン長さ S が既知のときには一つの解が存在する。 S が未知のときには、二つの解が存在する場合がある。この場合、海底条件等を付与することによって解が一つに定まる場合(上述の(a)(b)(d))と、定まらない場合((f))がある。

2.5 簡易動的解析法

ライン端部を強制加振させると、ラインには動的変動張力が発生する。この動的変動張力の特性はその運動加速度によって非常に異なった様相を呈する。たとえば栖原ら¹⁷⁾の実験にもとづく振動波形の観察結果の分類法にしたがえば、加振振幅(δ_a)、周期($T=2\pi/\omega$)を代表する無次元パラメータ

$$\alpha_1 = \omega^2 \delta_a / g$$

を導入すると、次のようになる。(Fig.24参照)

(I) 準静的平衡状態 $\alpha_1 < 0.05$

張力振幅は静的振幅より若干小さくなるが、実用的には静的振幅に等しいと考えてよい。

(II) 調和振動状態 $0.05 < \alpha_1 < 0.5$

張力の最大値は α_1 に関してほぼ直線的に増加し、最小値は減少して $\alpha_1 = 0.5$ で0となる。また、ライン中央点の動的振幅と静的振幅の比は $\alpha_1 = 0.1 \sim 0.2$ で最大1.2となり、 $\alpha_1 = 0.5$ で約1となる。

(III) 弛緩、緊張状態 $0.5 < \alpha_1 < 1.0$

この範囲ではラインがゆるみ、張力振幅の最小値は0である。つづいてラインが緊張状態になるとスナップ現象を生じ、これが繰り返される。この範囲ではラインの弾性定数が張力のピーク値に影響する。また加振部の変位に対する張力のピークの位相すすみが次第に減少する。

(IV) 自由落下、緊張状態 $\alpha_1 > 1.0$

$\alpha_1 = 1.0$ は加振部の加速度が g に等しいことであり、加振部の加速度がこれより大きくなると、ラインは追従できずにゆるんだまま自由落下の状態となり、極めて複雑な形となる。このような張力0の状態がしばらくつづき、次の瞬間にスナップ現象を生じ、これが繰り返される。この状態で張力のピーク値は加速度と共に減少の傾向を示し、また、ピークと加振変位は同位相に近づく。この範囲内では、ラインを含む鉛直面内ばかりでなく、これと直角方向の振動を発生し、ラインは極めて複雑な三次元的振動波形を示し、定常的でなくなる。

このような各状態のうち、(I) ~ (II) の領域においては以下に示す簡易計算による変動張力の推定が有効であるが、(III) ~ (IV) に示す領域に関してはランプドマス法や

有限要素法などの数値計算による推定以外にない。簡易計算法においては、 $\omega^2 \delta_m > g$ では $\delta_m = g/\omega^2$ とし近似的に取り扱っている。ただし、 δ_m はカタナリ理論によるライン重心の運動振幅を表す。

以上述べた栖原、小寺山らの方法はラインの伸び剛性を無視 (∞) した場合であるが、以下にこの方法を全ラインの伸び剛性を考慮した場合に拡張して適用する方法について考察する。

(1) 垂直加振の場合

Fig.10に示すように、ライン上端部を次式にしたがって垂直方向に強制加振した場合の張力Tを、初期張力 T_0 、静的張力変化量 F_s 、慣性力 F_I および抗力 F_D の和として表す。ただし、添字 v, h はそれぞれ垂直成分、水平成分を示す。

$$\delta_v = \delta_{va} \cos(\omega_t - \varepsilon_v) \quad \dots \dots \dots (61)$$

$$\left. \begin{aligned} T_v &= T_{v0} + F_{vs} + F_{vI} + F_{vD} \\ T_h &= T_{h0} + F_{hs} + F_{hI} + F_{hD} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (62)$$

静的張力変化は 2.3.3 に述べた、全ラインの伸びを考慮した線形ばね定数 K_{vv} 、 K_{hv} を用いて次式で表す。

$$\left. \begin{aligned} F_{vs} &= F_{vSA} \cos(\omega_t - \varepsilon_v) \\ F_{hs} &= F_{hSA} \cos(\omega_t - \varepsilon_v) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (63)$$

ただし、

$$\left. \begin{aligned} F_{vSA} &= K_{vv} \delta_{va} \\ F_{hSA} &= K_{hv} \delta_{va} \end{aligned} \right\}$$

慣性力、抗力の垂直成分は次式で表す。

$$\left. \begin{aligned} F_{vI} &= -F_{vIA} \cos(\omega_t - \varepsilon_v) \\ F_{vD} &= -F_{vDA} \sin(\omega_t - \varepsilon_v) \\ F_{vIA} &= \omega^2 m (1 + (\rho/\rho_c) C_M) S_t \delta_m \\ F_{vDA} &= (4\rho\omega^2/3/\pi) C_D D S_t \cos^3 \theta_m \delta_m^2 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (64)$$

ただし、

- m : ラインの単位長さあたりの質量
- ρ_c : ラインの密度
- C_D : ライン接線直角方向の抗力係数 (C_{DN})
- C_M : ライン接線直角方向の質量力係数

- S_t : ラインの持上り部の最大長さ (伸び無視相当分)
- δ_m : ラインの平均振幅
- θ_m : ラインの平均傾斜角度

δ_m 、 θ_m は次のように求める。すなわち、Fig.10 に示すように加振変位0のときのライン高さ h_0 、ライン持上り部の水平距離 (伸び考慮: d_0) から、

$$\theta_m = \tan^{-1}(h_0 / d_0) \quad \dots \dots \dots (65)$$

を求める。次にライン高さを準静的に δ_{va} 上下させたときの水平張力を、それぞれ T_{ht} 、 T_{hc} とすると、

$$\left. \begin{aligned} T_{ht} &= T_{h0} + K_{hv} \delta_{va} \\ T_{hc} &= T_{h0} - K_{hv} \delta_{va} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (66)$$

となり、このときのライン形状は 2. 4. 5 に記述した SLCATS によって求めることができる。すなわち、加振変位0のときの伸びを考慮したライン持上り部の中央点の高さが、ライン高さを準静的に δ_{va} 上下させたときの水平張力 T_{ht} 、 T_{hc} に対して、それぞれ Y_t 、 Y_c になるとすれば、

$$\delta_m = (Y_t - Y_c) / 2.0 \quad \dots \dots \dots (67)$$

ただし $\delta_m < g/\omega^2$

つづいて慣性力、抗力の水平成分は、ラインの強制動揺試験結果にもとづいて、次のように表される。

$$\left. \begin{aligned} F_{hI} &= -F_{hIA} \cos(\omega_t - \varepsilon_v) \\ F_{hD} &= -F_{hDA} \sin(\omega_t - \varepsilon_v) \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (68)$$

ただし、

$$\left. \begin{aligned} &F_{vSA} > F_{vIA} \text{ のとき、} \\ &F_{hIA} = (K_{hv}/K_{vv}) F_{vIA} \\ &F_{hDA} = (K_{hv}/K_{vv}) F_{vDA} \\ &F_{vSA} < F_{vIA} \text{ のとき、} \\ &F_{hIA} = F_{hSA} - (T_{h0}/T_{v0}) (F_{vSA} - F_{vIA}) \\ &F_{hDA} = (T_{h0}/T_{v0}) F_{vDA} \end{aligned} \right\} \dots \dots (69)$$

以上より、ライン上端部を垂直加振した場合の全張力は次式で表される。

$$\left. \begin{aligned} T_v &= T_{v0} + (F_{vSA} - F_{vIA}) \cos(\omega_t - \varepsilon_v) - F_{vDA} \sin(\omega_t - \varepsilon_v) \\ T_h &= T_{h0} + (F_{hSA} - F_{hIA}) \cos(\omega_t - \varepsilon_v) - F_{hDA} \sin(\omega_t - \varepsilon_v) \end{aligned} \right\} \dots \dots (70)$$

(2) 水平加振の場合

Fig. 11に示すように、ライン上端部を次式にしたがって垂直方向に強制加振した場合の全張力も(1)と同様に求めることができる。結果のみを以下に示す。

$$\delta_h = \delta_{ha} \cos(\omega t - \varepsilon_h) \quad \dots \dots \dots (71)$$

$$\left. \begin{aligned} T_v &= T_{v0} + (F_{vSA} - F_{vIA}) \cos(\omega t - \varepsilon_h) - F_{vDA} \sin(\omega t - \varepsilon_h) \\ T_h &= T_{h0} + (F_{hSA} - F_{hIA}) \cos(\omega t - \varepsilon_h) - F_{hDA} \sin(\omega t - \varepsilon_h) \end{aligned} \right\} \dots (72)$$

$$\left. \begin{aligned} F_{vSA} &= K_{vh} \delta_{ha} \\ F_{hSA} &= K_{hh} \delta_{ha} \\ F_{vIA} &= \omega^2 m (1 + (\rho / \rho_c) C_M) S_t \delta_m \\ F_{vDA} &= (4 \rho \omega^2 / 3 / \pi) C_D D S_t \cos^3 \theta_m \delta_m^2 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (73)$$

$$\left. \begin{aligned} T_{ht} &= T_{h0} + K_{hh} \delta_{ha} \\ T_{hc} &= T_{h0} - K_{hh} \delta_{ha} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (74)$$

$$\left. \begin{aligned} &F_{vSA} > F_{vIA} \text{ のとき、} \\ &F_{hIA} = (K_{vh} / K_{vv}) F_{vIA} \\ &F_{hDA} = (K_{vh} / K_{vv}) F_{vDA} \\ &F_{vSA} < F_{vIA} \text{ のとき、} \\ &F_{hIA} = F_{hSA} - (T_{h0} / T_{v0}) (F_{vSA} - F_{vIA}) \\ &F_{hDA} = (T_{h0} / T_{v0}) F_{vDA} \end{aligned} \right\} \dots (75)$$

このとき δ_m は、加振変位0のときの伸びを考慮したライン持上り部の中央点の高さが、ライン高さを準静的に δ_{ha} 左右させたときの水平張力 T_{ht} 、 T_{hc} に対して、それぞれ Y_t 、 Y_c になるとすれば、次のようになる。

$$\delta_m = (Y_t - Y_c) / 2.0 \quad \dots \dots \dots (76)$$

ただし $\delta_m < g / \omega^2$

2. 6 カテナリー解析プログラムパッケージの概要

2. 4において、種々の境界条件に対するカテナリー特性方程式の解法について検討した。境界条件別のサブプログラムをTable 2に一覧表として示す。

プログラムパッケージは、次の三種類に統合化されている。

- CATPAC1: CATシリーズ+SLCATS
- CATPAC2: SLCAT、MULT
- CATPAC3: BANE、SPRING

計算機としてはIBM-5550を、プログラム言語はBASICを用いており、MS-DOS上で走らせることができる。

プログラムのソースリストを付録に示す。

2. 7 カテナリー解析プログラムの検証

カテナリー解析プログラム(静的および簡易動的解析)の検証の手段の一つとして、次のような汎用数値解析プログラムを用いる。

解析対象: 水中線状構造の三次元応答で、曲げ剛性、大変位、抗力、外部力学系、海底影響などを考慮

解析法: 線形化増分法にもとづいた有限要素法で、動的応答はNewmark-β法による時間積分法。有限要素としては梁要素もしくはトラス要素とし、その複合も可能。

外力: 重力、浮力、潮流力、波力および要素の運動による減衰力・付加慣性力、強制加振

その他: シンカー、中間ブイ、中間係留などは、節点への集中化モデルで置換可能
解析プログラムには、水中線状構造の弾性伸びに対する取扱によって、次の三種類のものがある。

- i) MARSAP
構造の弾性伸びをそのまま考慮できる。
- ii) MARSAP-1
構造の弾性伸びを無視し、軸方向挙動を準静的に取り扱う。
- iii) MARSAP-2
軸剛性を数値上低下させることにより、構造の弾性伸びは過大評価するものの、

構造要素内の縦振動の固有周波数を効率的に低減させる。

上記三種類のプログラムは時刻歴計算を基本としているが、i)、iii)については静的平衡計算終了後、平衡点廻りの微小応答を仮定した線形化周波数応答解析のルーチンが接続されている。

Figs.12～15にMARSAPの概略フローチャートを示す。MARSAP-1、MARSAP-2も、基本的にフローチャートは同じであるが、Fig.13の静的平衡計算とFig.14の動的応答時刻歴計算で共用されているステップ・バイ・ステップ計算部の、係数行列M、C、Kの計算ルーチンにおいて係数の算出式が異なっている。

線形化周波数応答解析のルーチンは、Fig.12のメインルーチンにおいて最下部の動的応答時刻歴計算と並行する位置にあり、その内容はFig.15のようにになっている。本ルーチンはMARSAPとMARSAP-2に付加してある。

MARSAPシリーズの数値解析結果については、水槽試験や他機関の数値計算結果と比較し、実用上十分な精度を有することを確認している。例えば、曲げ剛性を無視した例として、単一カテナリーの水槽試験による動的張力応答の結果をFig.16に、曲げ剛性を考慮したものとして、リジッドライザーパイプの数値計算例との比較をFigs.17～20に示す。

Fig.16は実機諸元で水深108.4m、ライン長さ1000m、水中重量0.141tf/m、軸剛性EA=5.84×10⁴tf、水平加振振幅±2.42m、初期水平張力100tfの場合であり、MARSAPでの計算結果と実験結果は良く一致している。

Figs.17～20はAPI(米国石油協会)による「掘削用マリンライザー応答解析の比較」⁴⁰⁾に対して、MARSAP-1とMARSAP-2を用いて動的解析を実施した結果である。解析モデルは文献⁴⁰⁾中のCASE500-20-1-Dに相当するもので次のようである。

計算条件

○リジッドライザー

長さ: 520 ft(158.5 m)
外径: 16 in(0.406 m)
内径: 14 3/4 in(0.375 m)
ヤング率: 3×10⁷ psi(2.11×10⁶ kgf/cm²)
空中重量: 8621 lb/50 ft(256.5 kgf/m)

水中重量: 7287 lb/50 ft(216.9 kgf/m)

管内マッド密度: 12 lb/gal(1.438 tf/m³)

○端部条件

トップテンション: 120 kips(54.4tf)

下部ボールジョイント

○水深・海象条件など

水深: 500 ft(152.4 m)

波高: 20 ft(6.1 m)

波周期: 9 s

潮流: 水面で0.5knot、海底で0の線形分布

掘削船水平変位: 静的オフセット量 15 ft(4.57 m)

動揺両振幅 4 ft(1.22 m)

○流体力係数

抗力係数 0.7

質量力係数 1.5

流体力評価のための等価外径 26 in(0.660 m)

軸方向挙動の準静的化に基づくプログラムMARSAP-1による計算結果をFigs.17, 18に示す。Fig.17はライザーのたわみ量を、Fig.18は曲げ応力をそれぞれ軸方向に沿った極大値・極小値で示したものである。図中実線で描かれている曲線群はAPIの文献⁴⁰⁾に記載されている比較結果、○で示されているのが今回の計算結果である。ライザーは上端部の静的オフセット量が15ftあるため、静的に変形し、その形状を中心として海底から約300ftのところを有する二次モードの運動をしている。APIによる各機関の計算結果の比較においても、計算プログラムの違いにより若干のばらつきがみられるが、今回のMARSAP-1による計算結果は、ほぼそのばらつきの範囲内におさまっており、妥当な結果が得られたと考えられる。また、要素内縦振動の低周波数化に基づくプログラムMARSAP-2によって、同じ条件で計算した結果をFigs.19, 20に示す。MARSAP-2による計算結果は□で示されているが、APIによる比較結果のばらつきの範囲内にはほぼおさまっており、妥当な結果が得られたことがわかる。

(1) 静的特性計算結果の検証

水槽実験結果との比較例として、庄司ら¹⁶⁾ の水槽実験結果および当社で実施した単一カテナリーの水槽実験結果との比較結果を、それぞれFigs.21,22に示す。いずれも計算結果と実験結果は良く一致している。また、中間シンカー（分布重量）の計算結果²²⁾ と比較した例をFig.23に示すが、これも良く一致している。

(2) 簡易動的特性計算結果の検証

小寺山らの実験および計算¹⁷⁾ と比較した結果をFig.24に示す。この場合ラインの軸剛性は 357000 tfであり、伸びの影響は2.3.5(5)によれば水平方向変位で0.03%、垂直方向変位で0.015 %にすぎないため、軸剛性を ∞ とした小寺山らの計算結果とほとんど一致した結果となっている。

次に伸びの影響をみるため、MARSAPを用いた動的応答計算と比較した。この場合の計算諸元は次のとおりである。

水深: 414.329 m
水中重量: 0.1 tf/m
軸剛性: 20000 tf
水平張力: 100 tf
呼び径: 0.254 m
抗力係数: 1.0
質量力係数: 2.0
垂直加振振幅: ± 1.0 m

計算結果をFig.25に示すが、この程度の軸剛性の場合においても、短周期における30%程度の誤差を許容すれば、簡易法によっても実用上十分な精度の計算結果を得ることができる。

2. 8 水中線状構造の初期設計への適用方法

水中線状構造の一例として海洋構造物の係留ラインを考え、その用途・形状別の分類を行うと、Table 3 に示すようになる。⁵⁰⁾ 本研究の成果は、同表に示す索・鎖係留方式に対して適用できる。次にこれらの係留ラインを実際に設計する際の一般的な手順をまとめると、Fig.26のようになる。⁵⁰⁾ 本研究で作成したカテナリー解析プログラムパッケージは、同図における(4) 係留システムの選定において、具体的な計算手段として用いることができる。以下に代表的な例として係留ラインのうちの単純カテナリー方式、水中航走体の曳航索、フレキシブルライザーの三つをとりあげ、Fig.26のステップ(4) においてカテナリー解析プログラムパッケージを用いる方法について述べる。

2. 8. 1 単純カテナリー

波・風・潮流などの外力条件および浮体の動揺特性、許容移動量が与えられたとする。動揺特性に関しては、浮体の排水量に比べ動的係留力が小さいとして、係留諸元を確定しないで設定することができる場合が多い。⁵¹⁾ 通常のチェーン、ワイヤーロープによるカテナリー係留の場合には、既に初期計画用のチャートが、日本造船研究協会の第187研究部会^{41) 42)} や日本海事協会³⁹⁾ によって発表されており、これらを用いるのが便利である。特に、前者⁴²⁾ は複合係留索鎖についてもチャート化されている。これらの図を用いる際に、最大水平力として2ラインに対するものが示されている場合には、Nラインに適用するためには $N/4$ 倍して用いればよい。

一方、伸びが無視できないと考えられる場合や、伸びの影響をチェックする場合にはSLCAT(S)を、複合あるいは特殊係留ラインに対してはMULTを用いればよい。即ち、チャートから求まるラインの呼び径から、水中重量等のライン諸元を決定し、これと水深、海底傾斜角度等を入力して係留特性を求める。水平張力が先の水平外力に一致する点でラインの軸張力と破断強度/安全率を比較し、所定の結果になっているか否かを判断する。

2. 8. 2 水中航走体

曳航速度、水中航走体の水中重量、作用する外力等から、ライン下端部の張力の大きさ T_1 および方向 θ_1 が与えられる。深度をYとすれば、CAT-1Yを用いて繰り出し長さS、ライン上端部の張力 T_2 （保持力）を求めることができる。ラインに作用する流体力（抗力）は、ライン要素直交方向成分（(59)式右辺第二項、 C_{DN} 項と呼ぶ）や、ライン要素接線方向成分（(60)式右辺第二項、 C_{DT} 項と呼ぶ）を考慮する必要がある（CAT-1S）が、抗力が重

量(w) に比べて十分に小さい場合、特に初期設計の段階では、抗力を等価な一定水平分布力 f_N^* として近似的に取り扱う方法が便利である。一般に $C_{DN} \gg C_{DT}$ であることから C_{DN} 項に着目し、これに対する等価な一定水平分布力 f_N^* を次式で定義する。

$$\int f_N \sin \theta |\sin \theta| d\theta = \int f_N^* \sin \theta d\theta \quad \dots \dots (77)$$

ただし、

$$f_N = 0.5 \rho C_{DN} D |u|$$

上式は、一定水平分布力 f_N^* のライン要素直交方向成分を全ライン長さにわたって積分した値が、 C_{DN} 項を全ライン長さにわたって積分した値に等しいことを意味している。

$\sin \theta > 0$ 、 $u > 0$ として上式を変形すると、

$$f_N^* = \frac{f_N \int \sin^2 \theta d\theta}{\int \sin \theta d\theta} = f_N \frac{0.5 [\theta - 0.5 \sin 2\theta]_{\theta_1}^{\theta_2}}{[-\cos \theta]_{\theta_1}^{\theta_2}} \quad \dots (78)$$

水中航走体に作用する垂直力(重力・浮力)を0とすると $\theta_1 = 0$ となるため、

$$f_N^* = f_N \frac{0.5 [\theta_2 - 0.5 \sin 2\theta_2]}{[-\cos \theta_2 + 1]} = f_N \alpha_2 \quad \dots (79)$$

$\theta_2 = 60 \sim 90^\circ$ では $\alpha_2 = 0.61 \sim 0.785$ となる。外力を大きめに評価するという観点から、 $\alpha_2 = 0.785$ を目安値として用いることとする。一例として $w = 0.1155 \text{ tf/m}$ 、 $f_N = 0.0179 \text{ tf/m}$ とし、CAT-1YS、CAT-1S で計算した結果を Figs. 27, 28 に示すが、この場合には $\pm 5\%$ 以内で推定できている。しかし、この方法は $w = f$ や $w \ll f$ の場合には、本来体積力ではない流体力を等価な一定水平分布力とするために、誤差が大きくなり CAT-1S 等による流体力の正確な評価が不可欠となる。(3.3参照) 流体力を解析的に積分可能な形に θ の関数で表現できれば、より近似度の高い結果が得られよう。

2. 8. 3 フレキシブルライザー

Fig. 29 に示すマリンライザーを例にとり、同図の三点 (A、B、C) の位置が与えられたとき、ライン諸元(特にBC間の水中重量)を決定する方法について考える。AB間ではS、X、Yを与え、CAT-XYsによって両端部の張力、傾斜角度を得る。BC間では水中重量(負)を仮定し、先に求めた T_2 、 θ_2 とXまたはYを用い、CAT-2XまたはCAT-2Yによって、条件を満足する水中重量を試行錯誤で求める。C点から海底まではCAT-2Yによって諸元が求まる。

2. 9 結 言

本章では、伸びと水平力を考慮することの重要性を具体例をあげて示したのち、これらを考慮したカタナリー理論を展開した。すなわち、まず最初に伸びと水平力を考慮したカタナリー特性方程式を導出するにあたっての仮定を示し、一様なラインの微小部分における、両端に作用する張力と、ラインに作用する垂直分布力(水中重量)、水平分布力(流体力)に関する力の釣合方程式から、一様な伸びと水平・垂直分布力を考慮したカタナリー解析解を導出した。さらに、同解析解を用いて、伸びおよび海底傾斜を考慮したラインのばね定数を計算する方法について考察した。この際、今まで考えられていなかった海底部を這っているラインの伸びの重要性に着目し、これを考慮する必要性を具体的に示した。また、流体力を一様な水平分布力で近似した場合、より厳密に評価した場合に比較してどの程度の誤差を有するか検討するため、数値積分によってカタナリー特性方程式を解く方法について述べた。つづいてカタナリー解の導出過程で明らかとなったカタナリー特性の基本的性質について考察し、必要な既知数の数や、張力と水平・垂直分布力およびラインの傾斜角度や両端の距離の間に一定の関係が存在すること、ばね定数の性質、伸びや水平分布力の影響などに関する知見を得た。また、カタナリー特性方程式を種々の境界条件に対応して解く方法を検討した。すなわち、ライン上端部、下端部における張力、角度および長さ(ライン両端部の水平距離、垂直距離、ライン長さ)のうちで、(a)それぞれ一つが既知の場合、(b)張力が一つと長さが二つ既知の場合、(c)角度が一つと長さが二つ既知の場合、(d)長さが三つ既知の場合、(e)海底傾斜を考慮した場合に大別し、それぞれについて、カタナリー特性方程式の具体的な解き方を明らかにした。このとき、境界条件のうちで、ライン長さが既知のときには唯一の解が存在するが、ライン長さが未知のときには二つの解が存在する場面があることを見出した。動的解析については、伸びを考慮したカタナリー解析解を静的平衡状態とした簡易動的解析法について検討したのち、カタナリー理論に基づく総合化したカタナリー解析プログラムパッケージを組上げ、同解析プログラムによる計算結果について、既存の有限要素法に基づく計算結果や水槽実験結果と比較・検証し、実用上十分な精度であることを示した。本章の最後では、同カタナリー解析プログラムパッケージを用いて各種水中線状構造の初期設計を行う方法について、単純カタナリー、水中航走体の曳航ケーブル、フレキシブルライザーを例に検討した。

3.1 緒言

本章では、先に述べた初期設計法を代表的な水中線状構造に具体的に適用し、その有効性を示す。まず最初に、総重量が同じで重量分布を変化させた、各種係留ラインの係留特性を比較し、効率的な係留方式について考察する。つぎに中間シンカー方式の係留ラインについて、設定された水平外力に対して、中間シンカーの重量や上部ラインの長さを選定する方法を検討する。実例としてガイドタワーや大型半潜水式海洋構造物アクアポリスの係留設計を取り上げる。さらに曳航索の設計例を取り上げ、等価な水平分布力の影響について考察する。最後にフレキシブル・ライザーやオートテンショナーの設計例を示す。

3.2 係留ライン

3.2.1 効率的な係留方式

総重量が同じで、重量分布を変えた各種係留ライン (Table 4 参照) の係留特性を計算した結果をFig.30およびTable 5 に示す。比較的軸張力が大きい時に、水平張力が大きく (即ち、係留効率が大きい) ばね定数が小さいという観点から順位づけを行うと次のようになる。

- (1) 中間シンカー (3/4^{*1} + α^{*2})
- (2) 中間シンカー (3/4)
- (3) 複合ライン (上部 軽 + 下部 重)
- (4) 中間シンカー (2/4)
- (5) 一様ライン
- (6) 中間シンカー (1/4)
- (7) 複合ライン (上部 重 + 下部 軽)

*¹中間シンカーがラインの上端から3/4の位置にある。
*²下部ラインを500m追加。

すなわち、上部ラインを軽く、中間部を重く、下部ラインを軽くすることが、比較的軸張力が大きい時に水平張力を大きく、ばね定数を小さくするために有効である。

この中間シンカー方式の初期設計方法について以下に考察する。

中間シンカー方式とは、中間シンカーに垂直上向き力 (持ち上がり力) が加わる直前を初期張力設定状態とし、設定した水平外力以下の状態では比較的大きなばね定数で係留浮体の移動を極力抑え、船体動揺等による強制変位が加わった場合には、中間シンカー

が持ち上がってばね定数が小さくなり、張力がさほど上昇しないようにした係留方式である。初期設計時においては、設定水平外力に対して中間シンカーの重量Pおよび上部ラインの長さS₂を如何に選定するかが重要となる。中間シンカーが完全に持ち上がる直前の状態においては、近似的に伸びを無視すれば、カテナリー特性は次式で表される。

$$S_2 = (T_H / w_2) (\tan \theta - \tan \phi) \dots (80)$$

$$H = (T_H / w_2) (1/\cos \theta - 1/\cos \phi) \dots (81)$$

$$X = (T_H / w_2) (\ln |\tan \theta + 1/\cos \theta| - \ln |\tan \phi + 1/\cos \phi|) \dots (82)$$

(80)、(81)式よりθを消去すると、T_Hに関して次式を得る。

$$T_H = w_2(S_2 - H^2)/2 / (H/\cos \theta - \tan \phi) = w_2 H(\alpha^2 - 1)/2 / (1/\cos \theta - \alpha \tan \phi) \dots (83)$$

ただし、α = S₂/H

さらに(83)式を(80)、(81)式に代入し、tanθ、1/cosθについて解いたのち(82)式に代入すれば次式を得る。

$$X = (T_H / w_2) \ln |(\alpha + 1)(\alpha - 1)(1/\cos \phi - \tan \phi)^2| \dots (84)$$

中間シンカーが完全に持ち上がる寸前には、φについて次の関係が成立している。

$$\tan \phi = P/T_H$$

$$1/\cos \theta = (1 + \tan^2 \phi)^{1/2} = \{1 + (P/T_H)^2\}^{1/2} \dots (85)$$

(85)式を(83)式に代入してT_Hについて解き、さらに(84)式に代入して整理すると次式を得る。ただし、β = P/(w₂H)、T_H^{*} = T_H/(w₂H)、X^{*} = X/(w₂H)とする。

$$T_H^* = 0.5(\alpha^2 - 1)^{1/2} (2\beta + \alpha + 1)^{1/2} (2\beta + \alpha - 1)^{1/2} \dots (86)$$

$$X^* = T_H^* \ln |(\alpha + 1)(\alpha - 1) \{ (1 + (\beta/T_H^*)^2)^{1/2} - (\beta/T_H^*) \}^2| \dots (87)$$

1 ≪ β、α ≪ βに着目して上式を変形すれば、次の近似式を得る。

$$T_H^* \approx \beta (\alpha^2 - 1)^{1/2} + 0.5 \alpha (\alpha^2 - 1)^{1/2} \dots (88)$$

$$X^* \approx (\alpha^2 - 1)^{1/2} \dots (89)$$

(88)、(89)式はα = 1.1 ~ 2.0、β = 10 ~ 100の範囲では(86)、(87)式に対して0.1%以下の誤差で推定できる。

なお、(89)式はβに関して無関係となっているが、これは中間シンカーが完全に持

ち上がった時点では上部ラインがほぼ直線になり、幾何学的条件のみで水平距離 X が決定できることと対応している。(88)、(89) 式を有次元表示にあらためると次のようになる。

$$T_H = P(\alpha^2 - 1)^{1/2} + 0.5w_2S_2(\alpha^2 - 1)^{1/2} \quad \dots (90)$$

$$X = H(\alpha^2 - 1)^{1/2} \quad \dots (91)$$

さて、設定水平外力 F に対し、水平張力 T_H がほぼ等しいとすれば、必要な中間シンカーの重量は(90)式より次のように求まる。

$$P = F / (\alpha^2 - 1)^{1/2} - 0.5w_2S_2 \quad \dots (92)$$

中間シンカーが完全に持ち上がった直後の垂直張力 T_V は、

$$T_V = w_2S_2 + P \quad \dots (93)$$

となる。 α の選択においては係留効率の点からできるだけ $T_H \gg T_V$ であることが望ましく、通常 $P \gg w_2S_2$ であることを考慮すれば(90)、(93)式から、 α に対する制約条件として次式を得る。

$$\alpha > \sqrt{2} \quad \dots (94)$$

ただし、 α が極端に大きくなると、中間シンカーが持ち上がった後のばね定数が過大となるため、多くの検討例では α の値として 1.5 ~ 2.0 が採用されているようである。

具体例として、先に述べた中間シンカー(3/4+)を修正し、設定水平外力 $F = 100$ tf として $\alpha = 1.1 \sim 2.0$ について Table 6 に示す諸元で計算した結果を Fig. 31 に示す。

同じ設定外力 100tf に対し、種々の α と P の組合せができるが、例えば最大許容張力を 200 tf とすれば $\alpha = 1.1$ は採用できず、1.3 ~ 2.0 を選択することになる。いずれの値にするかは、加算すべき強制水平変位(船体動揺のサージ、スウェイなど)の量による。

3. 2. 2 中間シンカー方式(ガイドタワー係留設計例)

大水深海域において、揺動型構造物の一つとしてガイドタワー方式が提案され、現在 EXXON 社による LENA ガイドタワーがメキシコ湾で実機稼働中である。⁴³⁾ ガイドタワーは EXXON PRODUCTION RESEARCH 社によって開発・試設計が行われ⁴⁴⁾、続いて技術的実現可能性を実証するための海上大型模型実験が計画・実施され、約二年間にわたって貴重なデータを取得した⁴⁵⁾。筆者もこれに参画し、概要については、文献^{46)、47)} に発表している。この時の中間シンカー方式による係留ラインを例に、本研究の成果を適用してみることとする。

ガイドタワーの係留は、最大外力時のタワー傾斜角度を約 1° 以内におさえるよう計画された。Table 7 に示すようなガイドタワーの重量、浮力、慣性力などから、この時に必要な係留ラインの水平力は、取り付け点高さ $H = 94.2$ m とした場合、合計で約 15 tf であった。係留ライン数を 8 本とすれば、一本当たりの最大水平力 F は約 8 tf となる。中間シンカーの初期設計法で既述したように、 $\alpha = 2.0$ とすれば(91)式より中間シンカーが持ち上がったときの水平距離 X が、次のように求まる。

$$X = H(\alpha^2 - 1)^{1/2} = 163 \text{ m}$$

さらに(92)式より、右辺第 2 項は第 1 項に比べて小さいことから省略すると必要な中間シンカーの水中重量 P が求まる。ただし、上部ラインの長さ S_2 は $S_2 = \alpha H$ より 188.4 m となっている。

$$P = 8 / (\alpha^2 - 1)^{1/2} = 4.6 \text{ tf}$$

中間シンカーが持ち上がったときの垂直張力 T_V は(93)式より、右辺第 1 項は第 2 項に比べて小さいことから省略すると、

$$T_V = P = 4.6 \text{ tf}$$

となる。したがって、このとき軸張力 T_A は $T_A = (T_V^2 + F^2)^{1/2} = 9.2$ tf となる。安全率を 2 とすると、必要な破断強度は $9.2 \times 2 = 18.4$ tf で、6×37 CLASSIFICATION WIRE ROPE (I.W.R.C.) を用いるとすれば、呼び径は 19mm (3/4 in) となる。

実際に使用されたライン諸元と比較すると Table 8 のようになり、上述した簡便な方法によって設定した諸元と良く一致しているといえよう。係留特性についても、MULT を用いて計算した結果を Table 9 および Fig. 32 に示す。文献に示された計算結果⁴⁸⁾ と比較すると Fig. 33 のよう良好に一致しており、計算精度についても十分であることが確かめられた。

3. 2. 3 中間ブイ方式 (沖縄アクアポリス係留設計例)

沖縄海洋博覧会 (1975年) では、メインテーマである「海—その望ましい未来」を象徴して表現する海洋構造物として、世界初の大型半潜水式海洋構造物 (上甲板が一辺100mの正方形) が建造された。その係留方式の特徴は、比較的浅水深 (40m以下) において大容量の係留力が得られること、さらにチェーンによる海底 (珊瑚礁) 破壊を防止するために、中間ブイ方式を採用しているところにある。

最大外力条件 (風速60m/s、潮流1.5kts、最大波高15m、潮汐3.0m) では、16本のラインで係留した場合、一本のラインに発生する最大張力は約 230tfであった。⁴⁹⁾

中間ブイの浮力は、外力の増加 (ライン張力150tf 相当以上) に対して、係留ばね定数を減少させるため (Fig.34 の C点参照)、次のようにして決定した。

まず、中間ブイと海底の間のライン長さは 90mとし、中間ブイと浮体の間のライン長さは350mとした。なお、ラインは安全率を 2とし、破断強度460tf 以上の 3 inチェーンを用いた。中間ブイの浮力は幾何学的形状から、水平力150tfnに対する垂直力と350mチェーンの重量 (0.1155tf/m) の半分を加え90tfとした。

$$T_v = (0.1155 \times 350/2) + (40/(90^2 - 40^2)^{1/2}) \times 150 = 94.6\text{tf}$$

Fig.35 に示す係留諸元を用い、MULTによる係留特性の計算結果をTable 10、Fig.36 に示す。同図に中間ブイのない場合の特性を併記するが、中間ブイによって張力150tf 以上の点でばね定数が充分小さくなっていることがわかる。また、軸剛性EAの効果も良くあらわれている。

3. 3 曳航索

海底探査や海水採取のため、水中航走体を所定の深度に保持し、水中ケーブルによって曳航する方式がある。曳航速度が速くなるとケーブルの水中重量に比して流体抵抗が大きくなり、航走体が所定の深度まで達しなくなる。このため、ディプレッサーと呼ばれる重量物あるいは流体力によって重力方向に力を発生させる装置等が用いられる。ここでは水中重量 3.5tfの重量物を用い曳航速度 $u=6\text{kts}$ ので深度約360mに保持する場合を考える。水中ケーブルの諸元は、海水サンプリング用パイプや動力ケーブルの径などから、次のように設定した。

$$\text{水中重量 } w : 0.004\text{tf/m}$$

$$\text{呼び径 } D : 73 \text{ mm}$$

$$\text{抗力係数 } C_{DN} : 1.0$$

$$C_{DT} : 0.2$$

また、水中航走体に作用する流体力は、6ktsに対して0.43tfである。これらの条件からディプレッサー部分での条件は次のようになる。

$$T_1 = 3.53\text{tf}、\theta_1 = 83.0^\circ、Y = 364.12\text{m}$$

CAT-1Yを用いて上端部に発生する張力 T_2 (ウィンチ容量) およびライン長さ S (必要繰り出し長さ) を求めると次のようになる。

$$T_2 = 22.8\text{tf}、\theta_2 = 16.6^\circ、S = 749.3 \text{ m}、X = 623.15\text{m}$$

ただし、水平分布力 f は近似的に次のようにした。

$$f = -0.5 \rho C_{DN} D u^2 \times 0.785 = -0.0286\text{tf/m}$$

CAT-1Sにて流体力を正確に評価すると次のようになった。

$$T_2 = 9.04\text{tf}、\theta_2 = 20.3^\circ、S = 754.6 \text{ m}、X = 637.06\text{m}$$

CAT-1Yの計算結果と比較すると、上端部の張力 T_2 以外は比較的良く推定できていることがわかる。張力 T_2 は、CAT-1Yでは過大評価していることになり、CAT-1Sなどによる再評価が重要であることがわかる。なお、汎用プログラムで計算した結果をFig.37 に示すが、CAT-1Sの計算結果と良く一致している。

3. 4 フレキシブルライザー

Fig.38 に示すような三点 A、B、C を通るLazy-S型のフレキシブルライザーについて検討する。AB間では水中重量 w およびライン長さ S が次のように与えられているものとする。

$$w = 0.2 \text{ tf/m}、S = 300\text{m}$$

CAT-XYS を用い、両端部の張力、傾斜角度が次のように求まる。

$$T_2 = 50.99\text{tf}、\theta_2 = 78.69^\circ (T_H = 10.0\text{tf}、T_V = 50.0\text{tf})$$

$$T_1 = 14.14\text{tf}、\theta_1 = 135.0^\circ (T_H = 10.0\text{tf}、T_V = 10.0\text{tf})$$

次にBC間であるが、上に凸であることから、水中重量 w は負の値となる。

$$T_2 = 14.14\text{tf}、\theta_2 = -45.0^\circ、Y = 0.0$$

とし、CAT-2Yを用いると $w = -0.2 \text{ tf/m}$ とすれば $X=88.14\text{m}$ となって条件を満足する解を得る。

最後に C~海底間であるが、 $w = 0.1 \text{ tf/m}$ を用いるとすれば、

$$T_2 = 14.14 \text{ tf}、\theta_2 = 45.0^\circ、Y = 41.42 \text{ m}$$

として CAT-2Y によって $S = 100 \text{ m}$ を得る。

このようにして決定したフレキシブルライザーの係留特性を MULT で計算した結果を Table 11 および Fig. 39 に示す。

3. 5 オートテンショナー

オートテンショナーで上端部の張力(軸方向)を一定にするため、ラインの巻き込み、繰り出しをする場合を考える。 $w = 0.1 \text{ tf/m}$ 、 $f = 0.0 \text{ tf/m}$ とし、上端部と下端部の二点間距離 $X = Y = 500 \text{ m}$ 、上端部の張力(軸方向) T_2 を 100 tf とすると、Fig. 40 に示すように二つの解が存在する。すなわち、カテナリー特性方程式を種々の境界条件を用いて解く場合、解が一つに定まらないことがあり、上端部の張力の大きさと二点間距離が既知の場合(CAT-2XY)が、その一例としてあげられる。 T_2 を 100 tf から 72.74 tf まで減少させてゆくと、二つの解が次第に近づき重根になる。Figs. 40 ~ 43 にその様子を示す。このことは、例えば $T_2 = 73 \text{ tf}$ の場合(Fig. 44)を例にとると、ライン長さが約 60 m 異なる二つの解を有することになり、両者共にサグのあるカテナリー形状である。オートテンショナー等で上端部の張力(軸方向)をフィードバックしてラインの巻き込み、繰り出しをする場合を考えれば、ラインの長さが 60 m 変化しても、張力がほとんど変化しない不感帯が存在することを意味しており、留意する必要がある。

3. 6 結 言

本章では、前章で述べた初期設計法を代表的な水中線状構造に具体的に適用し、その有効性を示した。まず最初に、総重量が同じで重量分布を変化させた、各種係留ラインの係留特性を比較し、上部ラインを軽く、中間部を重く、下部ラインを軽くすること(すなわち、中間シンカー方式)が、比較的軸張力が大きい時に、水平張力を大きく、ばね定数を小さくするために有効であることを示した。つぎに中間シンカー方式の係留ラインについて、設定された水平外力に対して、中間シンカーの重量や上部ラインの長さを選定する方法を検討した。実例としてガイドタワーの係留設計を例に、実際に使用されたライン諸元が本選定方法によるものと良く一致していることを示した。係留特性についても、本解析プログラムパッケージによるものと、従来の計算が良く一致していることを示した。別の例として、沖縄海洋博覧会で用いられた、大型半潜水式海洋構造物アクアポリスの係留設計を取り上げた。同設計例により、伸びの効果が良く示された。さらに曳航索の設計例を取り上げ、曳航索の水中重量が流体力に比較して小さい場合には、流体力を一様な水平分布力で近似すると、流体力を比較的厳密に評価した場合に比べ、上端部の張力が大きめに推定されるが、ライン長さやライン両端の水平距離は比較的精度良く推定できていることを示した。最後にフレキシブル・ライザーやオートテンショナーの設計例を示し、後者は境界条件のうちで、ライン長さが未知のときには二つの解が存在する場合があることの実例となっていることを示した。

本研究では、一様な伸びと水平・垂直分布力を考慮した厳密なカタナリー解析解を新たに導出し、これの応用として、多種多様な水中線状構造の初期設計で、実際に遭遇する種々の境界条件に対応して解く方法を、具体的に検討し、代表的な水中線状構造である、係留ライン、曳航索、フレキシブル・ライザーやオートテンショナー等実際に適用し、その有効性を確認した。本研究で得られた結果をまとめると、以下の通りである。

第1章では、水中線状構造の静的・動的特性解析理論（カタナリー解法、数値解法など）について既往の研究を概観し、本研究の必要性を述べた。

第2章では、伸びと水平力を考慮することの重要性を具体例をあげて示したのち、これらを考慮したカタナリー理論を展開した。すなわち、まず最初に伸びと水平力を考慮したカタナリー特性方程式を導出するにあたっての仮定を示し、一様なラインの微小部分における、両端に作用する張力と、ラインに作用する垂直分布力（水中重量）、水平分布力（流体力）に関する力の釣合方程式から、一様な伸びと水平・垂直分布力を考慮したカタナリー解析解を導出した。さらに、同解析解を用いて、伸びおよび海底傾斜を考慮したラインのばね定数を計算する方法について考察した。この際、今まで考えられていなかった海底部を這っているラインの伸びの重要性に着目し、これを考慮する必要性を具体的に示した。また、流体力を一様な水平分布力で近似した場合、より厳密に評価した場合に比較してどの程度の誤差を有するか検討するため、数値積分によってカタナリー特性方程式を解く方法について述べた。つづいてカタナリー解の導出過程で明らかとなったカタナリー特性の基本的性質について考察し、必要な既知数の数や、張力と水平・垂直分布力およびラインの傾斜角度や両端の距離の間に一定の関係が存在すること、ばね定数の性質、伸びや水平分布力の影響などに関する知見を得た。また、カタナリー特性方程式を種々の境界条件に対応して解く方法を検討した。すなわち、ライン上端部、下端部における張力、角度および長さ（ライン両端部の水平距離、垂直距離、ライン長さ）のうちで、(a)それぞれ一つが既知の場合、(b)張力が一つと長さが二つ既知の場合、(c)角度が一つと長さが二つ既知の場合、(d)長さが三つ既知の場合、(e)海底傾斜を考慮した場合に大別し、それぞれについて、カタナリー特性方程式の具体的な解き方を明らかにした。このとき、境界条件のう

ちで、ライン長さが既知のときには唯一の解が存在するが、ライン長さが未知のときには二つの解が存在する場合があることを見出した。動的解析については、伸びを考慮したカタナリー解析解を静的平衡状態とした簡易動的解析法について検討したのち、カタナリー理論に基づく総合化したカタナリー解析プログラムパッケージを組上げ、同解析プログラムによる計算結果について、既存の有限要素法に基づく計算結果や水槽実験結果と比較・検証し、実用上十分な精度であることを示した。本章の最後では、同カタナリー解析プログラムパッケージを用いて各種水中線状構造の初期設計を行う方法について、単純カタナリー、水中航走体の曳航ケーブル、フレキシブルライザーを例に検討した。

第3章では、この初期設計法を代表的な水中線状構造に具体的に適用し、その有効性を示した。まず最初に、総重量が同じで重量分布を変化させた、各種係留ラインの係留特性を比較し、上部ラインを軽く、中間部を重く、下部ラインを軽くすること（すなわち、中間シンカー方式）が、比較的軸張力が大きい時に、水平張力を大きく、ばね定数を小さくするために有効であることを示した。つぎに中間シンカー方式の係留ラインについて、設定された水平外力に対して、中間シンカーの重量や上部ラインの長さを選定する方法を検討した。実例としてガイドタワーの係留設計を例に、実際に使用されたライン諸元が本選定方法によるものと良く一致していることを示した。係留特性についても、本解析プログラムパッケージによるものと、従来の計算が良く一致していることを示した。別の例として、沖縄海洋博覧会で用いられた、大型半潜水式海洋構造物アクアポリスの係留設計を取り上げた。同設計例により、伸びの効果が良く示された。さらに曳航索の設計例を取り上げ、曳航索の水中重量が流体力に比較して小さい場合には、流体力を一様な水平分布力で近似すると、流体力を比較的厳密に評価した場合に比べ、上端部の張力が大きめに推定されるが、ライン長さやライン両端の水平距離は比較的精度良く推定できていることを示した。最後にフレキシブル・ライザーやオートテンショナーの設計例を示し、後者は境界条件のうちで、ライン長さが未知のときには二つの解が存在する場合があることの実例となっていることを示した。

本研究によって求めた、伸びと水平・垂直分布力を考慮した厳密なカタナリー解析解は、従来のカタナリー理論の適用範囲を拡張し、より実用的なものとしている。水中線状構造の設計においては、中間シンカー、中間ブイ、複合索鎖、海底傾斜など、考慮すべき条件

が多様である。これに対処するために汎用の数値解析プログラムも開発されているが、これらを初期設計段階から頻繁に使用することは、計算費用や時間の面から制約をうけることが多い。

本研究におけるカテナリ解析法とそのプログラムパッケージは、計算時間が短く、必要な主要寸法や重量、強度などを容易に把握できる。また、これによって求まるライン諸元を初期値とすることによって、一層詳細な静的・動的挙動解析を効果的に実施することが可能である。

謝 辞

本論文を纏めるにあたり、終始懇切な御助言・御指導をしていただきました広島大学の仲渡道夫教授、花井正実教授、矢尾哲也教授、高木幹雄教授、信川寿助教授、藤久保昌彦助教授に心から感謝致します。また、東海大学の為広正起教授を始め、筆者の所属する三菱重工株式会社広島研究所や長崎研究所の関係諸氏からは、様々な便宜を計っていただき、心より御礼申し上げます。特に片山正敏氏（現九州共立大学教授）には、本論文を纏めるきっかけを与えて頂きました。また、比較・検証に用いたMARSAPの開発は尾崎雅彦氏に負うところが甚大です。

また、本研究を進めるにあたり、日本海事協会の米家卓也氏、九州大学応用力学研究所の小寺山亘教授を始め、多くの先達の方々から貴重な御討論を頂きました。

多くの方々の御厚誼に対して深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Parsons, M. G., Casarella, M. J., A survey of studies on the configuration of cable systems under hydrodynamic loading, AD-710804, 1969.5, p.87
- 2) Casarella, M. J., Parsons, M., A survey of investigation on the configuration and motion of cable systems under hydrodynamic loading, Marine technology society journal (MTS jour.), Vol.4 No.4, 1970.8, pp.27-44
- 3) Choo, Y., Casarella, M. J., A survey of analytical methods for dynamic simulation of cable-body systems, Jour. of hydrodynamics No.4, 1973.10, pp.137-144
- 4) 中嶋 俊夫、質点系モデルによる各種係留ラインの動的解析に関する研究、東大博士論文、1980.12 p.183
- 5) 桑野 研一、二点支持懸吊線とそのばね常数、西部造船会性能分科会 資料SP-37-27 1968. p.4
- 6) Jain, R. K., A simple method of calculating the equivalent stiffnesses in mooring cables, Applied ocean research. Vol.2 No.3, 1980. pp.139-142
- 7) Chang, P. Y., Pilky, W. D., The analysis of mooring lines, OTC 1502, 1971.4 pp.II-845-852
- 8) Alexandrov, M., On the dynamics of cables with application to marine use, Marine technology, 1971.1 pp.84-92
- 9) Richard, F., Dominguez, A. M., Dynamic analysis of cable systems, Jour. of the Structural division, ASME, 1972.8 pp.1817-1834
- 10) 庄司 邦昭、係留浮体の運動と係留索の張力に関する研究、日本造船学会論文集 第138号、1975.11 pp.233-246
- 11) Niedzwecki, J. M., Casarella, M. J., On the design of mooring lines for deep water applications, ASME, JEI, 1976. p.35
- 12) Niedzwecki, J. M., A comparison of non-metallic ropes with wire rope and chain mooring lines for deep water applications, OTC 3207, 1978.5 pp.1341-1351
- 13) 鐘ヶ江 官朗、川田 喜平、中島 正、布田 洋彦、各種係留ラインの特性計算について、日本造船学会誌 第594号、1978.12 pp.30-36
- 14) Ansari, K. A., How to design a multi-component mooring system, Ocean Industry, 1979.3 pp.60-68
- 15) 安藤 定雄、索・鎖の流体力について(その1部分模型)、西部造船会々報第50号、1975.5 pp.99-110
- 16) 小寺山 亘、係留浮体の運動と係留索張力について、西部造船会々報第53号、1976.11 pp.85-107
- 17) 栖原 寿郎、小寺山 亘、田才 福造、肥山 央、渡辺 邦夫、振動する係留鎖の挙動と張力、日本造船学会論文集 第148号、1980.11 pp.137-146
- 18) 栖原 寿郎、小寺山 亘、肥山 央、古賀 洋治、振動する係留鎖の挙動と張力(II)、日本造船学会論文集 第152号、1982.11 pp.503-512
- 19) 島田 潔、小林 正典、日根野 元裕、係留ラインの張力に対する動的影響について、西部造船会々報 第60号、1980.5 pp.113-127
- 20) 小保方 準、中嶋 俊夫、一点係留システムの基本計画手法について(その2) - 係留力の計算 -、日本造船学会論文集 第163号、1988.5 pp.252-260
- 21) Johansson, P. I., Non-linear dynamic response of a mooring line, Det norske Veritas Publication No.106, 1978.3 p.17
- 22) Larsen, C. M., Fylling, I. J., Dynamic behaviour of anchor lines, Norwegian Maritime Research Vol.10 No.3, 1982. pp.18-32
- 23) 吉田 宏一郎、米家 卓也、飯田 国広、有限要素法による水中線状構造の応答解析、日本造船学会論文集 第144号、1978.11 pp.201-210
- 24) 米家 卓也、大変位動的応答問題の一般的解析法について、日本海事協会誌 No.181, 1982. pp.40-69
- 25) 小田 一紀、富岡 健一、係留鎖の動的張力に関する基礎的研究、第27回海岸工学講演会論文集、1980. pp.275-279
- 26) 中嶋 俊夫、元良 誠三、藤野 正隆、特殊係留ラインの動的特性について、第5回海洋工学シンポジウム、1981.1 pp.111-122
- 27) Wilhelmy, V., Fjeld, S., Assessment of deep-water anchorings based on their dynamic behavior, OTC 4174, 1982.5 pp.105-115
- 28) Brinkmann, C. R., Dynamic interaction of a guyed tower with its guying system, Transaction of the ASME Vol.105, 1983.9 pp.290-295

- 29) 井上 義行、係留システムの設計方法、日本造船学会論文集 第145号、1979.5 pp.95-99
- 30) 井上義行、中川清七、海底影響を考慮した係留ライン特性と係留設計図表、日本造船学会論文集 第151号、1982.5 pp.147-156
- 31) 上田 茂、白石 悟、カタナリ理論による最適係留索の選定法および計算図表、港湾技研資料 No.379、1981.1 p.55
- 32) 小川 洋治、信川 寿、深海係留ラインの静的特性(第1報) -理論解析法について-、四国工業技術試験所報告 第14巻 第4号、1982.12 pp.136-143
- 33) 信川 寿、小川 洋治、松岡 敏、複合係留索による係留ラインの強度特性、四国工業技術試験所報告 第16巻 第2号、1984. pp.66-76
- 34) Mes,M.J.、Hand-held calculation program yields mooring line forces Petroleum Engineer International、1981.5 pp.28-37
- 35) Triantafyllou,M.S.、Preliminary design of mooring systems、Jour. of Ship Research、1982.3 pp.25-35
- 36) Triantafyllou,M.、Bliet,A.、Dynamic analysis of mooring lines using perturbation techniques、OCEANS 82 conference paper、1982. pp.496-501
- 37) Triantafyllou,M.S.、Bliet,A.、Burgess,J.、Shin,H.、Mooring dynamics for offshore applications Part 1. Theory、PB86-157252 Part 2. Applications、PB86-157260、MIT Sea Grant College Program report NA81AA-D00069、1986.1
- 38) Triantafyllou,M.S.、Bliet,A.、Shin,H.、Dynamic analysis as a tool for open-sea mooring system design、SNAME Transactions, Vol.93、1985.11 pp.303-324
- 39) 日本海事協会、係留システム設計指針、1983.12 p.314
- 40) API,API Bulletin on marine drilling riser analysis, API BUL 2J, First Ed. 1977.
- 41) 海洋構造物の深海係留に関する調査研究報告書、日本造船研究協会第187 研究部会研究資料No.362、1983.3
- 42) 海洋構造物の深海係留に関する調査研究報告書 3.3 複合索鎖 付録、日本造船研究協会第187 研究部会研究資料No.362、1983.3

- 43) Steele,K.M.、Performance of the LENA guyed tower, OTC 5255、1986.5 pp.289-298
- 44) Finn,L.D.、A new deepwater offshore platform—The guyed tower, OTC 2688 1976.5
- 45) Finn,L.D. and Young,K.E.、Field test of a guyed tower, OTC 3131、1978.5
- 46) 片山正敏、宇ノ木賢一、是松雅雄、大水深向け石油掘削・生産設備「ガイドタワープラットフォーム」の波浪中応答解析、三菱重工技報 Vol.17 No.3、1980.5
- 47) 片山正敏、宇ノ木賢一、是松雅雄、三和英一、大水深向け揺動型プラットフォームの波浪中応答、第5回海洋工学シンポジウム、1981.1
- 48) Finn,L.D.、Test guyed tower final report, unpublished 1977.1
- 49) 星野 守、二宮 勝也、松田 松雄、山下 正弘、西谷 晴光、沖縄国際海洋博覧会”アクアポリス” —設計・建造と試験研究概要—、三菱重工技報 Vol.13 No.4、1976.7
- 50) 海洋構造物の係留技術 - 現状と開発課題 -、ECOR日本委員会 係留部会、1986.8
- 51) 片山正敏、宇ノ木賢一、半潜水式海洋構造物の波浪中全体構造応答特性、日本造船学会論文集 第163号、1988.5 pp.375-386
- 52) 宇ノ木賢一、信川寿、為広正起、片山正敏、水中線状構造物の初期設計法に関する研究(その1) -伸びを考慮したカタナリ理論とその応用例-、日本造船学会論文集 第166号、1989.11 pp.363-372
- 53) 宇ノ木賢一、信川寿、為広正起、片山正敏、水中線状構造物の初期設計法に関する研究(その2) -代表的な水中線状構造物の初期設計法-、日本造船学会論文集 第167号、1990.5 pp.291-299
- 54) Ninomiya,K.、Katayama,M.、Unoki,K. and Ikegami,K.、Slewing motion analysis for single-point mooring system, Proc. of 5th International Offshore Mechanics and Arctic Engineering Symposium, Vol.1, ASME, 1986.4 pp.513-519

List of Tables

- Table 1 Effect of extensional rigidity
- Table 2 Catenary program package
- Table 3 Several mooring systems for offshore structures
- Table 4 Characteristics of mooring lines
- Table 5 Mooring characteristics
- Table 6 Characteristics of mooring lines with intermediate sinker
- Table 7 Model-prototype comparison for test guyed tower
- Table 8 Characteristics of mooring line
- Table 9 Output data list of MULT for test guyed tower (1/5)
- Table 9 Output data list of MULT for test guyed tower (2/5)
- Table 9 Output data list of MULT for test guyed tower (3/5)
- Table 9 Output data list of MULT for test guyed tower (4/5)
- Table 9 Output data list of MULT for test guyed tower (5/5)
- Table 10 Output data list of MULT for AQUAPOLICE (1/2)
- Table 10 Output data list of MULT for AQUAPOLICE (2/2)
- Table 11 Output data list of MULT for flexible riser (1/2)
- Table 11 Output data list of MULT for flexible riser (2/2)

List of Figures

- Fig.1 Line element
- Fig.2 Basic catenary profile
- Fig.3 Change of catenary due to horizontal displacement
- Fig.4 Change of catenary due to vertical displacement
- Fig.5 Line element under current force
- Fig.6 Several boundary conditions
- Fig.7 Marine hose
- Fig.8 Flow chart of CAT-1S
- Fig.9 Effect of extensional rigidity
- Fig.10 Dynamic change of catenary due to vertical displacement
- Fig.11 Dynamic change of catenary due to horizontal displacement
- Fig.12 General flow chart of MARSAP
- Fig.13 Static analysis part of MARSAP
- Fig.14 Dynamic analysis part of MARSAP
- Fig.15 Linearized frequency response analysis part of MARSAP
- Fig.16 Axial tensions of catenary mooring line
- Fig.17 Deflections of rigid riser (MARSAP-1)
- Fig.18 Bending stress of rigid riser (MARSAP-1)
- Fig.19 Deflections of rigid riser (MARSAP-2)
- Fig.20 Bending stress of rigid riser (MARSAP-2)
- Fig.21 Comparison of horizontal tensions between experimental and calculated values
- Fig.22 Horizontal tensions of catenary mooring line
- Fig.23 Axial tensions of mooring line with clump weight
- Fig.24 Dynamic horizontal tensions calculated with simplified dynamic analysis methods
- Fig.25 Comparison of dynamic tensions
- Fig.26 General design procedure for mooring system

- Fig.27 Approximate calculation results with CAT-1YS
- Fig.28 Exact calculation results with CAT-1S
- Fig.29 Flexible riser
- Fig.30 Several mooring characteristics
- Fig.31 Spring constant of mooring line with several α
- Fig.32 Plotter output of MULT for test guyed tower
- Fig.33 Axial tensions of mooring line for test guyed tower
- Fig.34 Characteristics of chain tension and displacement of mooring system with buoy
- Fig.35 Characteristics of mooring line with intermediate buoy
- Fig.36 Axial tensions of mooring line for AQUAPOLICE
- Fig.37 Mooring characteristics of towing line
- Fig.38 Boundary conditions for flexible riser
- Fig.39 Plotter output of MULT for flexible riser
- Fig.40 Mooring characteristics calculated with CAT-2XY (1/4 : $T_2=100\text{tf}$)
- Fig.41 Mooring characteristics calculated with CAT-2XY (2/4 : $T_2=75\text{tf}$)
- Fig.42 Mooring characteristics calculated with CAT-2XY (3/4 : $T_2=73\text{tf}$)
- Fig.43 Mooring characteristics calculated with CAT-2XY (4/4 : $T_2=72.739\text{tf}$)
- Fig.44 Typical calculation results with CAT-2XY

Table 1 Effect of extensional rigidity

LINE NO.	DESCRIPTION		WEIGHT IN WATER $w(\text{tf/m})$		RIGIDITY		EA (tf)**	
1	76 ϕ CHAIN		0.1155		52000			
2	95 ϕ WIRE ROPE		0.03325		50000			
3	140 ϕ FIBER ROPE		0.001541		2000			
4	140 ϕ FIBER ROPE+WEIGHT		0.1155		2000			
WATER DEPTH 40m、LINE LENGTH 300m、HORIZONTAL TENSION 100tf								
	LINE 1		LINE 2		LINE 3		LINE 4	
EA	SPRING C K_{hh} (tf/m)	ANCHOR DISTANCE L (m)	SPRING C K_{hh} (tf/m)	ANCHOR DISTANCE L (m)	SPRING C K_{hh} (tf/m)	ANCHOR DISTANCE L (m)	SPRING C K_{hh} (tf/m)	ANCHOR DISTANCE L (m)
whole line	38.943	296.56	117.31	297.81	6.564	312.57	5.845	311.26
lifted line	50.323	296.50	117.31	297.81	6.564	312.57	49.240	307.24
infinity ∞	50.372	295.97	413.88	297.20	$2. \times 10^5$	297.32	50.372	295.97
WATER DEPTH 500m、LINE LENGTH 1500m、HORIZONTAL TENSION 100tf								
	LINE 1		LINE 2		LINE 3		LINE 4	
EA	SPRING C K_{hh} (tf/m)	ANCHOR DISTANCE L (m)	SPRING C K_{hh} (tf/m)	ANCHOR DISTANCE L (m)	SPRING C K_{hh} (tf/m)	ANCHOR DISTANCE L (m)	SPRING C K_{hh} (tf/m)	ANCHOR DISTANCE L (m)
whole line	1.349	1337.8	3.547	1404.9	1.206	1497.8	0.6637	1423.4
lifted line	1.406	1337.0	3.547	1404.9	1.206	1497.8	1.367	1399.2
infinity ∞	1.408	1334.4	4.029	1401.5	1786.8	1414.2	1.408	1334.4

Table 4 Characteristics of mooring lines

	DESCRIPTION	S_2 (m)	w_2 (tf/m)	P_2 (tf)	S_1 (m)	w_1 (tf/m)	P_1 (tf)
a	UNIFORM LINE	0	0	0	1000	0.1	150
b	COMPOSITE LINE (L+H)	500	0.01	0	500	0.19	150
c	COMPOSITE LINE (H+L)	500	0.19	0	500	0.01	100
d	INTERMEDIATE SINKER (1/4)	250	0.01	90	750	0.01	100
e	INTERMEDIATE SINKER (2/4)	500	0.01	90	500	0.01	100
f	INTERMEDIATE SINKER (3/4)	750	0.01	90	250	0.01	100
g	INTERMEDIATE SINKER (4/4)	750	0.01	90	750	0.01	100

Total weight 100 tf (g is 105 tf)

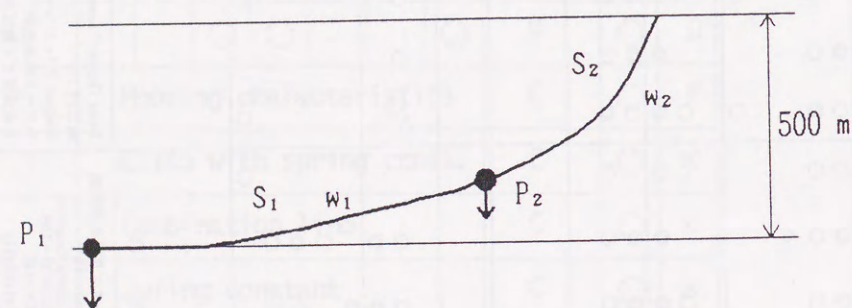


Table 5 Mooring characteristics

	DESCRIPTION	HORIZONTAL TENSION (tf)		SPRING CONSTANT		
		AXIAL 150tf	AXIAL 200tf	ORDER	C	
a	UNIFORM LINE	1 0 0	4	1 4 5	4	7
b	COMPOSITE LINE (L+H)	1 1 2	1	1 5 0	3	4
c	COMPOSITE LINE (H+L)	8 0	6	1 2 5	6	6
d	INTERMEDIATE SINKER (1/4)	7 8	7	1 2 5	6	4
e	INTERMEDIATE SINKER (2/4)	9 4	5	1 4 0	5	2
f	INTERMEDIATE SINKER (3/4)	1 1 2	1	1 5 7	2	3
g	INTERMEDIATE SINKER (4/4)	1 1 2	1	1 6 2	1	1
	ORDER	A	ORDER	B		

Table 6 Characteristics of mooring lines with intermediate sinker

α (S_2 /Water depth)	S_2 (m)	w_2 (tf/m)	P_2 (tf)	S_1 (m)	w_1 (tf/m)	P_1 (tf)
1.1	550	0.01	212.7	1450	0.01	100
1.3	650	0.01	113.9	1350	0.01	100
1.5	750	0.01	81.94	1250	0.01	100
1.7	850	0.01	64.27	1150	0.01	100
2.0	1000	0.01	47.74	1000	0.01	100

Table 7 Model-prototype comparison for test guyed tower

PARAMETER	PROTO TYPE	MODEL	
		DESIRED VALUE	ACTUAL VALUE
GEOMETRY			
WATER DEPTH(m)	457	91.4	89.3
LEG SPACING(m)	30.5	6.1	6.1
LEG DIA. (mm)	1829~2134	366~427	406
BRACE DIA. (mm)	762~914	152~203	219
CONDUCTORS(no.-m)	24-φ610	24-φ122	10-φ219
ENVIRONMENTAL			
DESIGN WAVE HEIGHT(m)	30.5	6.1	5.88
SIG. WAVE PERIOD(s)	15.0	6.7	5.0
DYNAMIC RESPONSE			
DECK WEIGHT(tf)	6804	54.4	63.0
STRUCTURE WEIGHT(tf/m)	37.2	1.46	2.23
STR. BUOYANCY(tf/m)	29.7	1.19	1.64
SPRING CONST. (tf/m)	134.0	5.4	10.4~14.9
SWAY PERIOD(s)	28.0	12.5	11.9~9.2
SWAY PERIOD/WAVE PERIOD	1.86	1.86	1.98~1.53

Table 8 Characteristics of mooring line

	PROTO TYPE	PRESENT METHOD
DIA. OF UPPER LINE(mm)	19	19
LENGTH OF UP. LINE(m)	204	188
WEIGHT OF INT. SINKER(tf)	6	4.6

Table 9 Output data list of MULT for test guyed tower (1/5)

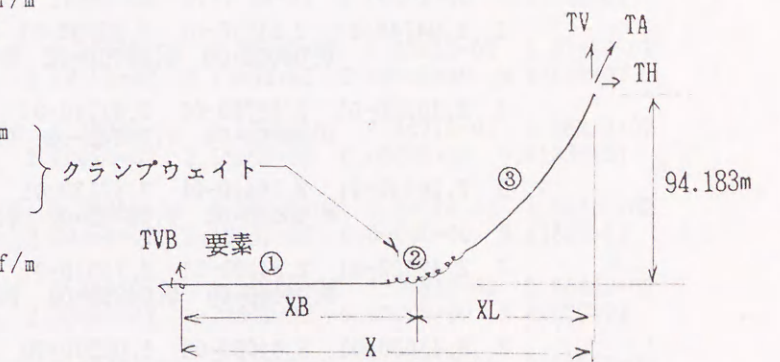
MULT.BAS 開始 14:18:13
EXXON'S TEST GUYED TOWER

要素数 (N<100) = 3
水深 ZA = 94.183 m
海底傾斜角 Q = 0 deg

水中重量 W(3) = .001391 tf/m
要素長さ S(3) = 204.216 m
集中重量 P(3) = 0 tf
伸び剛性 EA(3) = 2029 tf

水中重量 W(2) = .3937 tf/m
要素長さ S(2) = 15.24 m
集中重量 P(2) = 0 tf
伸び剛性 EA(2) = 0 tf
±∞相当

水中重量 W(1) = .001391 tf/m
要素長さ S(1) = 182.88 m
集中重量 P(1) = 5 tf
伸び剛性 EA(1) = 2029 tf



要素	TH(tf)	TV(tf)	TA(tf)	X(m)	XB(m)	XL(m)
持上り点の		TVB(tf)	SS(m)	SL(m)	YB(m)	YL(m)
3	7.8814D-03	1.3866D-01	1.3889D-01	3.2283D+02	3.0265D+02	2.0180D+01
		0.0000D+00	9.9688D+01	9.9685D+01	0.0000D+00	9.4183D+01
3	1.6206D-02	1.4631D-01	1.4721D-01	3.3090D+02	2.9715D+02	3.3747D+01
		0.0000D+00	1.0519D+02	1.0519D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
3	2.4977D-02	1.5397D-01	1.5598D-01	3.3687D+02	2.9165D+02	4.5223D+01
		0.0000D+00	1.1069D+02	1.1069D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
3	3.4196D-02	1.6162D-01	1.6520D-01	3.4165D+02	2.8615D+02	5.5494D+01
		0.0000D+00	1.1619D+02	1.1619D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
3	4.3861D-02	1.6927D-01	1.7486D-01	3.4561D+02	2.8065D+02	6.4959D+01
		0.0000D+00	1.2170D+02	1.2169D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
3	5.3974D-02	1.7693D-01	1.8498D-01	3.4899D+02	2.7515D+02	7.3839D+01
		0.0000D+00	1.2720D+02	1.2719D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
3	6.4535D-02	1.8458D-01	1.9553D-01	3.5192D+02	2.6965D+02	8.2274D+01
		0.0000D+00	1.3270D+02	1.3269D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
3	7.5542D-02	1.9223D-01	2.0654D-01	3.5451D+02	2.6415D+02	9.0357D+01
		0.0000D+00	1.3820D+02	1.3820D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
3	8.6996D-02	1.9988D-01	2.1800D-01	3.5680D+02	2.5865D+02	9.8155D+01
		0.0000D+00	1.4371D+02	1.4370D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
3	9.8898D-02	2.0754D-01	2.2990D-01	3.5887D+02	2.5315D+02	1.0572D+02
		0.0000D+00	1.4921D+02	1.4920D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
3	1.1125D-01	2.1519D-01	2.4224D-01	3.6073D+02	2.4765D+02	1.1309D+02
		0.0000D+00	1.5471D+02	1.5470D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
3	1.2404D-01	2.2284D-01	2.5504D-01	3.6243D+02	2.4215D+02	1.2028D+02
		0.0000D+00	1.6022D+02	1.6020D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
3	1.3729D-01	2.3019D-01	2.6328D-01	3.6399D+02	2.3665D+02	1.2734D+02
		0.0000D+00	1.6572D+02	1.6570D+02	0.0000D+00	9.4183D+01

Table 9 Output data list of MULT for test guyed tower (2/5)

3	1.5098D-01	2.3815D-01	2.8197D-01	3.6541D+02	2.3115D+02	1.3427D+02	0.0000D+00	1.7122D+02	1.7121D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
3	1.6512D-01	2.4580D-01	2.9611D-01	3.6673D+02	2.2565D+02	1.4109D+02	0.0000D+00	1.7673D+02	1.7671D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
3	1.7970D-01	2.5345D-01	3.1070D-01	3.6796D+02	2.2014D+02	1.4781D+02	0.0000D+00	1.8223D+02	1.8221D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
3	1.9474D-01	2.6111D-01	3.2573D-01	3.6909D+02	2.1464D+02	1.5445D+02	0.0000D+00	1.8773D+02	1.8771D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
3	2.1022D-01	2.6876D-01	3.4121D-01	3.7015D+02	2.0914D+02	1.6101D+02	0.0000D+00	1.9324D+02	1.9321D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
3	2.2614D-01	2.7641D-01	3.5713D-01	3.7114D+02	2.0364D+02	1.6750D+02	0.0000D+00	1.9874D+02	1.9871D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
3	2.4252D-01	2.8406D-01	3.7351D-01	3.7207D+02	1.9814D+02	1.7393D+02	0.0000D+00	2.0425D+02	2.0422D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	8.4308D-01	5.8406D-01	1.0256D+00	3.7889D+02	1.9743D+02	1.8145D+02	0.0000D+00	2.0507D+02	2.0498D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	1.4294D+00	8.8406D-01	1.6807D+00	3.7952D+02	1.9672D+02	1.8279D+02	0.0000D+00	2.0590D+02	2.0574D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	2.0169D+00	1.1841D+00	2.3388D+00	3.7982D+02	1.9602D+02	1.8381D+02	0.0000D+00	2.0673D+02	2.0650D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	2.6071D+00	1.4841D+00	2.9999D+00	3.8006D+02	1.9531D+02	1.8476D+02	0.0000D+00	2.0756D+02	2.0726D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	3.2002D+00	1.7841D+00	3.6639D+00	3.8028D+02	1.9460D+02	1.8568D+02	0.0000D+00	2.0839D+02	2.0803D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	3.7966D+00	2.0841D+00	4.3310D+00	3.8049D+02	1.9389D+02	1.8660D+02	0.0000D+00	2.0922D+02	2.0879D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	4.3962D+00	2.3841D+00	5.0010D+00	3.8069D+02	1.9318D+02	1.8751D+02	0.0000D+00	2.1005D+02	2.0955D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	4.9991D+00	2.6841D+00	5.6741D+00	3.8089D+02	1.9247D+02	1.8841D+02	0.0000D+00	2.1088D+02	2.1031D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	5.6053D+00	2.9841D+00	6.3501D+00	3.8108D+02	1.9177D+02	1.8932D+02	0.0000D+00	2.1171D+02	2.1107D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	6.2148D+00	3.2841D+00	7.0292D+00	3.8128D+02	1.9106D+02	1.9022D+02	0.0000D+00	2.1254D+02	2.1184D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	6.8277D+00	3.5841D+00	7.7112D+00	3.8148D+02	1.9035D+02	1.9112D+02	0.0000D+00	2.1337D+02	2.1260D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	7.4439D+00	3.8841D+00	8.3962D+00	3.8167D+02	1.8965D+02	1.9203D+02	0.0000D+00	2.1420D+02	2.1336D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	8.0634D+00	4.1841D+00	9.0843D+00	3.8187D+02	1.8894D+02	1.9293D+02	0.0000D+00	2.1503D+02	2.1412D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	8.6862D+00	4.4341D+00	9.7753D+00	3.8206D+02	1.8823D+02	1.9383D+02	0.0000D+00	2.1586D+02	2.1488D+02	0.0000D+00	9.4183D+01

Table 9 Output data list of MULT for test guyed tower (3/5)

2	9.3124D+00	4.7841D+00	1.0469D+01	3.8226D+02	1.8753D+02	1.9473D+02	0.0000D+00	2.1669D+02	2.1565D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	9.9419D+00	5.0841D+00	1.1166D+01	3.8245D+02	1.8682D+02	1.9563D+02	0.0000D+00	2.1753D+02	2.1641D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	1.0575D+01	5.3841D+00	1.1866D+01	3.8265D+02	1.8612D+02	1.9653D+02	0.0000D+00	2.1836D+02	2.1717D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	1.1211D+01	5.6841D+00	1.2570D+01	3.8284D+02	1.8541D+02	1.9743D+02	0.0000D+00	2.1919D+02	2.1793D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	1.1850D+01	5.9841D+00	1.3276D+01	3.8304D+02	1.8471D+02	1.9833D+02	0.0000D+00	2.2002D+02	2.1869D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
2	1.2493D+01	6.2841D+00	1.3985D+01	3.8324D+02	1.8401D+02	1.9923D+02	0.0000D+00	2.2086D+02	2.1946D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
クランプ完全持上り											
1	1.2521D+01	6.2968D+00	1.4015D+01	3.8325D+02	1.7481D+02	2.0844D+02	0.0000D+00	2.3006D+02	2.2860D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
1	1.2551D+01	6.3095D+00	1.4048D+01	3.8326D+02	1.6561D+02	2.1765D+02	0.0000D+00	2.3926D+02	2.3774D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
1	1.2582D+01	6.3222D+00	1.4081D+01	3.8328D+02	1.5641D+02	2.2687D+02	0.0000D+00	2.4847D+02	2.4689D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
1	1.2615D+01	6.3349D+00	1.4116D+01	3.8331D+02	1.4721D+02	2.3609D+02	0.0000D+00	2.5767D+02	2.5603D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
1	1.2649D+01	6.3476D+00	1.4153D+01	3.8334D+02	1.3802D+02	2.4532D+02	0.0000D+00	2.6688D+02	2.6518D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
1	1.2685D+01	6.3604D+00	1.4190D+01	3.8337D+02	1.2882D+02	2.5455D+02	0.0000D+00	2.7608D+02	2.7432D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
1	1.2722D+01	6.3731D+00	1.4229D+01	3.8341D+02	1.1962D+02	2.6379D+02	0.0000D+00	2.8529D+02	2.8346D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
1	1.2761D+01	6.3858D+00	1.4270D+01	3.8345D+02	1.1042D+02	2.7303D+02	0.0000D+00	2.9450D+02	2.9261D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
1	1.2802D+01	6.3985D+00	1.4312D+01	3.8350D+02	1.0122D+02	2.8228D+02	0.0000D+00	3.0371D+02	3.0175D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
1	1.2844D+01	6.4112D+00	1.4355D+01	3.8355D+02	9.2019D+01	2.9153D+02	0.0000D+00	3.1291D+02	3.1090D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
1	1.2887D+01	6.4240D+00	1.4400D+01	3.8361D+02	8.2819D+01	3.0079D+02	0.0000D+00	3.2212D+02	3.2004D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
1	1.2932D+01	6.4367D+00	1.4445D+01	3.8367D+02	7.3618D+01	3.1005D+02	0.0000D+00	3.3133D+02	3.2918D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
1	1.2979D+01	6.4494D+00	1.4493D+01	3.8373D+02	6.4417D+01	3.1931D+02	0.0000D+00	3.4054D+02	3.3833D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
1	1.3027D+01	6.4621D+00	1.4542D+01	3.8380D+02	5.5216D+01	3.2858D+02	0.0000D+00	3.4975D+02	3.4747D+02	0.0000D+00	9.4183D+01
1	1.3076D+01	6.4748D+00	1.4592D+01	3.8387D+02	4.6015D+01	3.3786D+02	0.0000D+00	3.5896D+02	3.5662D+02	0.0000D+00	9.4183D+01

Table 9 Output data list of MULT for test guyed tower (4/5)

```

1 1.3128D+01 6.4876D+00 1.4643D+01 3.8395D+02 3.6813D+01 3.4713D+02
  0.0000D+00 3.6817D+02 3.6576D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 1.3180D+01 6.5003D+00 1.4696D+01 3.8402D+02 2.7610D+01 3.5641D+02
  0.0000D+00 3.7739D+02 3.7490D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 1.3234D+01 6.5130D+00 1.4750D+01 3.8411D+02 1.8407D+01 3.6570D+02
  0.0000D+00 3.8660D+02 3.8405D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 1.3290D+01 6.5257D+00 1.4806D+01 3.8419D+02 9.2039D+00 3.7499D+02
  0.0000D+00 3.9581D+02 3.9319D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 1.3347D+01 6.5384D+00 1.4862D+01 3.8428D+02 1.0728D-14 3.8428D+02
  0.0000D+00 4.0503D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01

```

--->>> TB=P(1)

```

1 1.4478D+01 6.7884D+00 1.5990D+01 3.8590D+02 0.0000D+00 3.8590D+02
  2.5000D-01 4.0524D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 1.5598D+01 7.0384D+00 1.7113D+01 3.8723D+02 0.0000D+00 3.8723D+02
  5.0000D-01 4.0546D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 1.6711D+01 7.2884D+00 1.8231D+01 3.8834D+02 0.0000D+00 3.8834D+02
  7.5000D-01 4.0567D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 1.7817D+01 7.5384D+00 1.9346D+01 3.8929D+02 0.0000D+00 3.8929D+02
  1.0000D+00 4.0589D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 1.8919D+01 7.7884D+00 2.0459D+01 3.9012D+02 0.0000D+00 3.9012D+02
  1.2500D+00 4.0610D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 2.0017D+01 8.0384D+00 2.1571D+01 3.9085D+02 0.0000D+00 3.9085D+02
  1.5000D+00 4.0631D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 2.1113D+01 8.2884D+00 2.2681D+01 3.9150D+02 0.0000D+00 3.9150D+02
  1.7500D+00 4.0652D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 2.2206D+01 8.5384D+00 2.3791D+01 3.9209D+02 0.0000D+00 3.9209D+02
  2.0000D+00 4.0674D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 2.3297D+01 8.7884D+00 2.4899D+01 3.9263D+02 0.0000D+00 3.9263D+02
  2.2500D+00 4.0695D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 2.4387D+01 9.0384D+00 2.6008D+01 3.9313D+02 0.0000D+00 3.9313D+02
  2.5000D+00 4.0716D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 2.5476D+01 9.2884D+00 2.7116D+01 3.9359D+02 0.0000D+00 3.9359D+02
  2.7500D+00 4.0737D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 2.6564D+01 9.5384D+00 2.8225D+01 3.9403D+02 0.0000D+00 3.9403D+02
  3.0000D+00 4.0758D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 2.7652D+01 9.7884D+00 2.9333D+01 3.9444D+02 0.0000D+00 3.9444D+02
  3.2500D+00 4.0779D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 2.8739D+01 1.0038D+01 3.0442D+01 3.9483D+02 0.0000D+00 3.9483D+02
  3.5000D+00 4.0801D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 2.9826D+01 1.0288D+01 3.1551D+01 3.9520D+02 0.0000D+00 3.9520D+02
  3.7500D+00 4.0822D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 3.0913D+01 1.0538D+01 3.2660D+01 3.9555D+02 0.0000D+00 3.9555D+02
  4.0000D+00 4.0843D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01

```

Table 9 Output data list of MULT for test guyed tower (5/5)

```

1 3.2001D+01 1.0788D+01 3.3770D+01 3.9589D+02 0.0000D+00 3.9589D+02
  4.2500D+00 4.0864D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 3.3088D+01 1.1038D+01 3.4881D+01 3.9622D+02 0.0000D+00 3.9622D+02
  4.5000D+00 4.0885D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 3.4176D+01 1.1288D+01 3.5992D+01 3.9654D+02 0.0000D+00 3.9654D+02
  4.7500D+00 4.0907D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01
1 3.5264D+01 1.1538D+01 3.7104D+01 3.9685D+02 0.0000D+00 3.9685D+02
  5.0000D+00 4.0928D+02 4.0234D+02 0.0000D+00 9.4183D+01

```

<<<--- TB=P(1)

MULT.BAS 終了 14:21:39

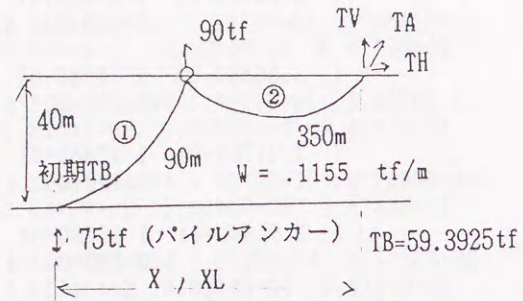
Table 10 Output data list of MULT for AQUAPOLICE (1/2)

MULT.BAS 開始 15:53:23
AQUAPOLICE INTERMEDIATE BUOY SYSTEM

要素数 (N<100) = 2
水深 ZA = 40 m
海底傾斜角 Q = 0 deg

水中重量 W(2) = .1155 tf/m
要素長さ S(2) = 350 m
集中重量 P(2) = -90 tf
伸び剛性 EA(2) = 52000 tf

水中重量 W(1) = .1155 tf/m
要素長さ S(1) = 90 m
集中重量 P(1) = 75 tf
伸び剛性 EA(1) = 52000 tf



要素番号 1 の持上り長さ 9.000000D+01m

要素	TH(tf)	TV(tf)	TA(tf)	X(m)	XB(m)	XL(m)
		TVB(tf)	SS(m)	SL(m)	YB(m)	YL(m)
--->>> TB=P(1)						
1	1.5015D+02	2.1773D+01	1.5172D+02	4.3256D+02	0.0000D+00	4.3256D+02
		6.0953D+01	4.4130D+02	4.4000D+02	0.0000D+00	4.0000D+01

持上り点 XM= 0.0000D+00m YM= 4.0000D+01m
要素番号 1 XM= 8.2614D+01m YM= 3.6158D+00m
接線角度 Q2= 2.5416D+01deg Q1= 2.2094D+01deg
要素番号 2 XM= 4.3256D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 8.2508D+00deg Q1=-7.0809D+00deg

1	1.6908D+02	2.3334D+01	1.7068D+02	4.3409D+02	0.0000D+00	4.3409D+02
		6.2514D+01	4.4146D+02	4.4000D+02	0.0000D+00	4.0000D+01

持上り点 XM= 0.0000D+00m YM= 4.0000D+01m
要素番号 1 XM= 8.3835D+01m YM= 6.4358D+00m
接線角度 Q2= 2.3326D+01deg Q1= 2.0291D+01deg
要素番号 2 XM= 4.3409D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 7.8574D+00deg Q1=-5.7719D+00deg

1	1.8760D+02	2.4895D+01	1.8925D+02	4.3523D+02	0.0000D+00	4.3523D+02
		6.4075D+01	4.4161D+02	4.4000D+02	0.0000D+00	4.0000D+01

持上り点 XM= 0.0000D+00m YM= 4.0000D+01m
要素番号 1 XM= 8.4747D+01m YM= 8.7141D+00m
接線角度 Q2= 2.1651D+01deg Q1= 1.8857D+01deg
要素番号 2 XM= 4.3523D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 7.5590D+00deg Q1=-4.7323D+00deg

1	2.0585D+02	2.6455D+01	2.0754D+02	4.3612D+02	0.0000D+00	4.3612D+02
		6.5636D+01	4.4177D+02	4.4000D+02	0.0000D+00	4.0000D+01

持上り点 XM= 0.0000D+00m YM= 4.0000D+01m
要素番号 1 XM= 8.5453D+01m YM= 1.0601D+01m
接線角度 Q2= 2.0272D+01deg Q1= 1.7685D+01deg
要素番号 2 XM= 4.3612D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 7.3234D+00deg Q1=-3.8823D+00deg

1	2.2391D+02	2.8016D+01	2.2566D+02	4.3684D+02	0.0000D+00	4.3684D+02
		6.7196D+01	4.4192D+02	4.4000D+02	0.0000D+00	4.0000D+01

持上り点 XM= 0.0000D+00m YM= 4.0000D+01m

Table 10 Output data list of MULT for AQUAPOLICE (2/2)

要素番号 1 XM= 8.6018D+01m YM= 1.2194D+01m
接線角度 Q2= 1.9112D+01deg Q1= 1.6704D+01deg
要素番号 2 XM= 4.3684D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 7.1318D+00deg Q1=-3.1719D+00deg

1	2.4184D+02	2.9577D+01	2.4364D+02	4.3744D+02	0.0000D+00	4.3744D+02
		6.8757D+01	4.4207D+02	4.4000D+02	0.0000D+00	4.0000D+01

持上り点 XM= 0.0000D+00m YM= 4.0000D+01m
要素番号 1 XM= 8.6480D+01m YM= 1.3558D+01m
接線角度 Q2= 1.8123D+01deg Q1= 1.5871D+01deg
要素番号 2 XM= 4.3744D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 6.9726D+00deg Q1=-2.5683D+00deg

1	2.5967D+02	3.1138D+01	2.6153D+02	4.3795D+02	0.0000D+00	4.3795D+02
		7.0318D+01	4.4222D+02	4.4000D+02	0.0000D+00	4.0000D+01

持上り点 XM= 0.0000D+00m YM= 4.0000D+01m
要素番号 1 XM= 8.6865D+01m YM= 1.4742D+01m
接線角度 Q2= 1.7267D+01deg Q1= 1.5152D+01deg
要素番号 2 XM= 4.3795D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 6.8378D+00deg Q1=-2.0483D+00deg

1	2.7743D+02	3.2698D+01	2.7935D+02	4.3840D+02	0.0000D+00	4.3840D+02
		7.1879D+01	4.4237D+02	4.4000D+02	0.0000D+00	4.0000D+01

持上り点 XM= 0.0000D+00m YM= 4.0000D+01m
要素番号 1 XM= 8.7192D+01m YM= 1.5779D+01m
接線角度 Q2= 1.6518D+01deg Q1= 1.4525D+01deg
要素番号 2 XM= 4.3840D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 6.7220D+00deg Q1=-1.5953D+00deg

1	2.9513D+02	3.4259D+01	2.9711D+02	4.3879D+02	0.0000D+00	4.3879D+02
		7.3439D+01	4.4252D+02	4.4000D+02	0.0000D+00	4.0000D+01

持上り点 XM= 0.0000D+00m YM= 4.0000D+01m
要素番号 1 XM= 8.7473D+01m YM= 1.6695D+01m
接線角度 Q2= 1.5858D+01deg Q1= 1.3973D+01deg
要素番号 2 XM= 4.3879D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 6.6213D+00deg Q1=-1.1968D+00deg

1	3.1279D+02	3.5820D+01	3.1483D+02	4.3915D+02	0.0000D+00	4.3915D+02
		7.5000D+01	4.4267D+02	4.4000D+02	0.0000D+00	4.0000D+01

持上り点 XM= 0.0000D+00m YM= 4.0000D+01m
要素番号 1 XM= 8.7718D+01m YM= 1.7511D+01m
接線角度 Q2= 1.5270D+01deg Q1= 1.3484D+01deg
要素番号 2 XM= 4.3915D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 6.5329D+00deg Q1=-8.4347D-01deg

<<<--- TB=P(1)

Table 11 Output data list of MULT for flexible riser (1/2)

MULT . B A S 開始 12:33:32
TEST FOR FLEXIBLE RISER

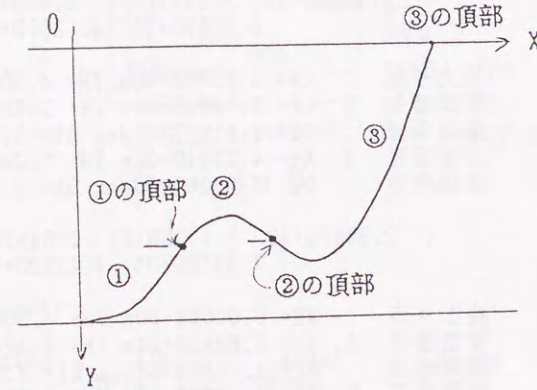
要素数 (N<100) = 3
水深 ZA = 225.66165 m
海底傾斜角 Q = 0 deg

水中重量 W(3) = .2 tf/m
要素長さ S(3) = 300 m
集中重量 P(3) = 0 tf
伸び剛性 EA(3) = 0 tf

水中重量 W(2) = -.2 tf/m
要素長さ S(2) = 100 m
集中重量 P(2) = 0 tf
伸び剛性 EA(2) = 0 tf

水中重量 W(1) = .1 tf/m
要素長さ S(1) = 400 m
集中重量 P(1) = 10 tf
伸び剛性 EA(1) = 0 tf

25m INPUT (400-25)/5+25=100m
要素番号 1 の持上り長さ 1.000000D+02m



要素	TH(tf)	TV(tf)	TA(tf)	X(m)	XB(m)	XL(m)
1	1.0000D+01	5.0000D+01	5.0990D+01	6.3597D+02	3.0000D+02	3.3597D+02
		0.0000D+00	5.0000D+02	5.0000D+02	0.0000D+00	2.2566D+02

持上り点 XM= 3.0000D+02m YM= 2.2566D+02m
要素番号 1 XM= 3.8814D+02m YM= 1.8424D+02m
接線角度 Q2= 4.5000D+01deg Q1= 0.0000D+00deg
要素番号 2 XM= 4.7627D+02m YM= 1.8424D+02m
接線角度 Q2=-4.5000D+01deg Q1= 4.5000D+01deg
要素番号 3 XM= 6.3597D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 7.8690D+01deg Q1=-4.5000D+01deg

1 3.4248D+01 5.7500D+01 6.6927D+01 7.2313D+02 2.2500D+02 4.9813D+02
0.0000D+00 5.7500D+02 5.7500D+02 0.0000D+00 2.2566D+02

持上り点 XM= 2.2500D+02m YM= 2.2566D+02m
要素番号 1 XM= 3.9316D+02m YM= 1.8354D+02m
接線角度 Q2= 2.7066D+01deg Q1= 0.0000D+00deg
要素番号 2 XM= 4.8973D+02m YM= 1.6294D+02m
接線角度 Q2=-4.1750D+00deg Q1= 2.7066D+01deg
要素番号 3 XM= 7.2313D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 5.9221D+01deg Q1=-4.1750D+00deg

1 5.6334D+01 6.5000D+01 8.6014D+01 7.4148D+02 1.5000D+02 5.9148D+02
0.0000D+00 6.5000D+02 6.5000D+02 0.0000D+00 2.2566D+02

持上り点 XM= 1.5000D+02m YM= 2.2566D+02m
要素番号 1 XM= 3.9245D+02m YM= 1.7268D+02m
接線角度 Q2= 2.3931D+01deg Q1= 0.0000D+00deg
要素番号 2 XM= 4.8370D+02m YM= 1.4730D+02m
接線角度 Q2= 5.0721D+00deg Q1= 2.3931D+01deg
要素番号 3 XM= 7.4148D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 4.9035D+01deg Q1= 5.0721D+00deg

1 7.9867D+01 7.2500D+01 1.0737D+02 7.5077D+02 7.5000D+01 6.7577D+02
0.0000D+00 7.2500D+02 7.2500D+02 0.0000D+00 2.2566D+02

Table 11 Output data list of MULT for flexible riser (2/2)

持上り点 XM= 7.5000D+01m YM= 2.2566D+02m
要素番号 1 XM= 3.9164D+02m YM= 1.6207D+02m
接線角度 Q2= 2.2143D+01deg Q1= 0.0000D+00deg
要素番号 2 XM= 4.8771D+02m YM= 1.3513D+02m
接線角度 Q2= 8.8952D+00deg Q1= 2.2143D+01deg
要素番号 3 XM= 7.5077D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 4.2232D+01deg Q1= 8.8952D+00deg

1 1.0549D+02 8.0000D+01 1.3239D+02 7.5678D+02 0.0000D+00 7.5678D+02
0.0000D+00 8.0000D+02 8.0000D+02 0.0000D+00 2.2566D+02

持上り点 XM= 0.0000D+00m YM= 2.2566D+02m
要素番号 1 XM= 3.9099D+02m YM= 1.5237D+02m
接線角度 Q2= 2.0766D+01deg Q1= 0.0000D+00deg
要素番号 2 XM= 4.8707D+02m YM= 1.2512D+02m
接線角度 Q2= 1.0735D+01deg Q1= 2.0766D+01deg
要素番号 3 XM= 7.5678D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 3.7175D+01deg Q1= 1.0735D+01deg

--->>> TB=P(1)

1 1.2321D+02 8.5000D+01 1.4969D+02 7.5948D+02 0.0000D+00 7.5948D+02
5.0000D+00 8.0000D+02 8.0000D+02 0.0000D+00 2.2566D+02

持上り点 XM= 0.0000D+00m YM= 2.2566D+02m
要素番号 1 XM= 3.9057D+02m YM= 1.4707D+02m
接線角度 Q2= 2.0064D+01deg Q1= 2.3238D+00deg
要素番号 2 XM= 4.8668D+02m YM= 1.1982D+02m
接線角度 Q2= 1.1470D+01deg Q1= 2.0064D+01deg
要素番号 3 XM= 7.5948D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 3.4601D+01deg Q1= 1.1470D+01deg

1 1.4075D+02 9.0000D+01 1.6707D+02 7.6127D+02 0.0000D+00 7.6127D+02
1.0000D+01 8.0000D+02 8.0000D+02 0.0000D+00 2.2566D+02

持上り点 XM= 0.0000D+00m YM= 2.2566D+02m
要素番号 1 XM= 3.9012D+02m YM= 1.4304D+02m
接線角度 Q2= 1.9557D+01deg Q1= 4.0638D+00deg
要素番号 2 XM= 4.8626D+02m YM= 1.1576D+02m
接線角度 Q2= 1.2032D+01deg Q1= 1.9557D+01deg
要素番号 3 XM= 7.6127D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 3.2596D+01deg Q1= 1.2032D+01deg

<<<<<< TB=P(1)

要素 TH(tf) TVB(tf) TA(tf) X(m) XB(m) XL(m)
TVB(tf) SS(m) SL(m) YB(m) YL(m)

1 1.4075D+02 9.0000D+01 1.6707D+02 7.6127D+02 0.0000D+00 7.6127D+02
1.0000D+01 8.0000D+02 8.0000D+02 0.0000D+00 2.2566D+02

持上り位置 XM= 0.0000D+00m YM= 2.2566D+02m
要素番号 1 XM= 3.9012D+02m YM= 1.4304D+02m
接線角度 Q2= 1.9557D+01deg Q1= 4.0638D+00deg
要素番号 2 XM= 4.8626D+02m YM= 1.1576D+02m
接線角度 Q2= 1.2032D+01deg Q1= 1.9557D+01deg
要素番号 3 XM= 7.6127D+02m YM= 0.0000D+00m
接線角度 Q2= 3.2596D+01deg Q1= 1.2032D+01deg

続けますか(Y/N) ?

MULT . B A S 終了 12:35:47

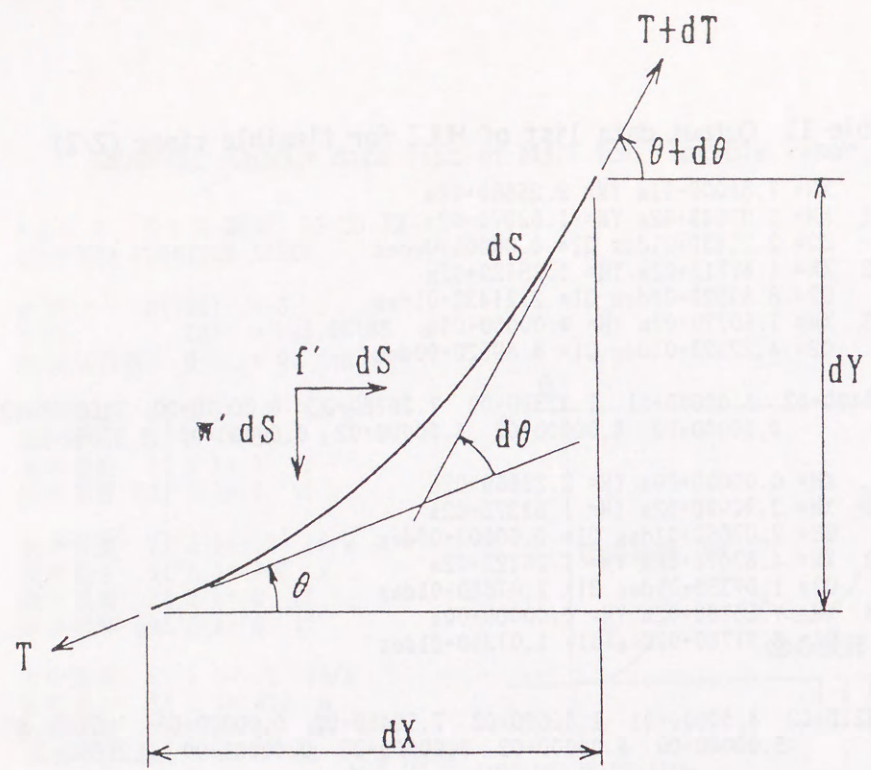


Fig.1 Line element

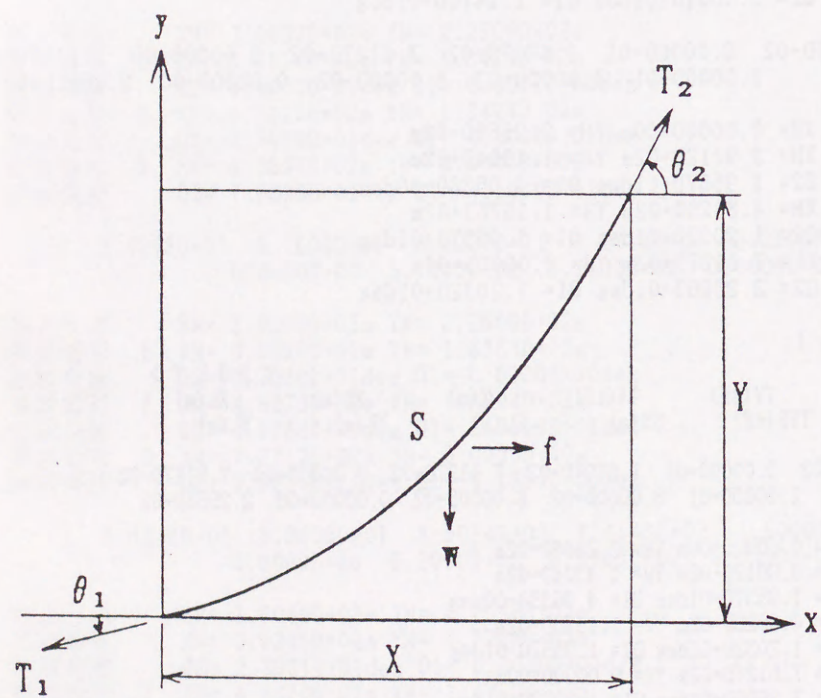


Fig.2 Basic catenary profile

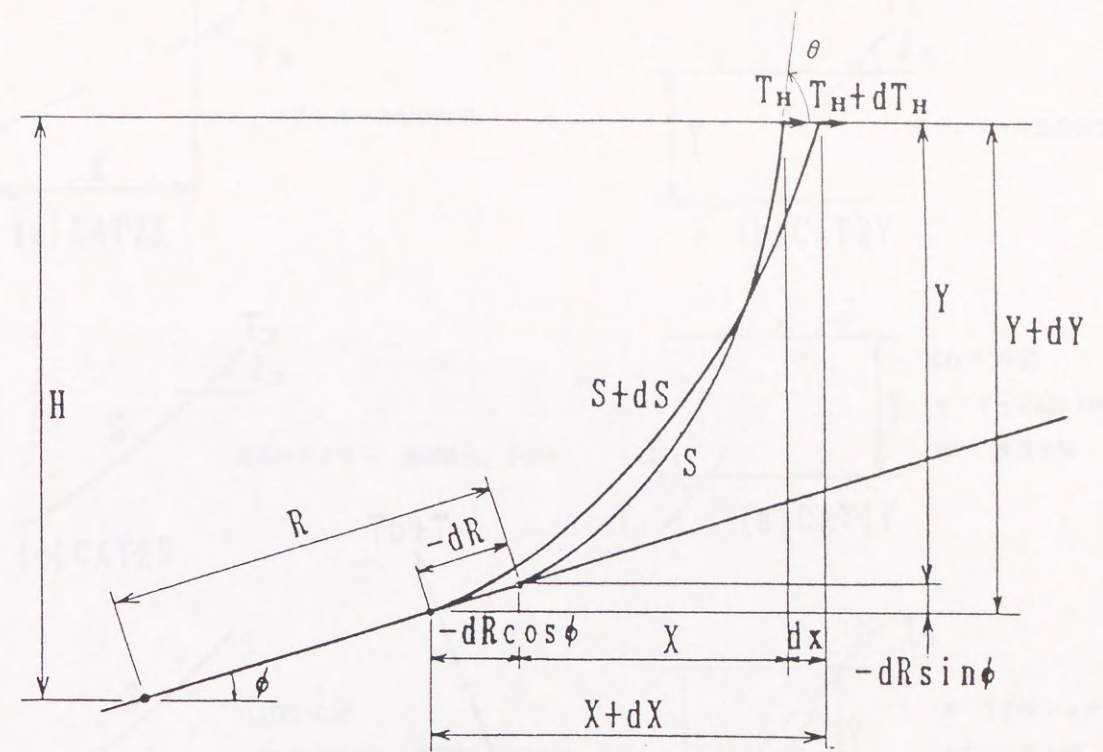


Fig.3 Change of catenary due to horizontal displacement

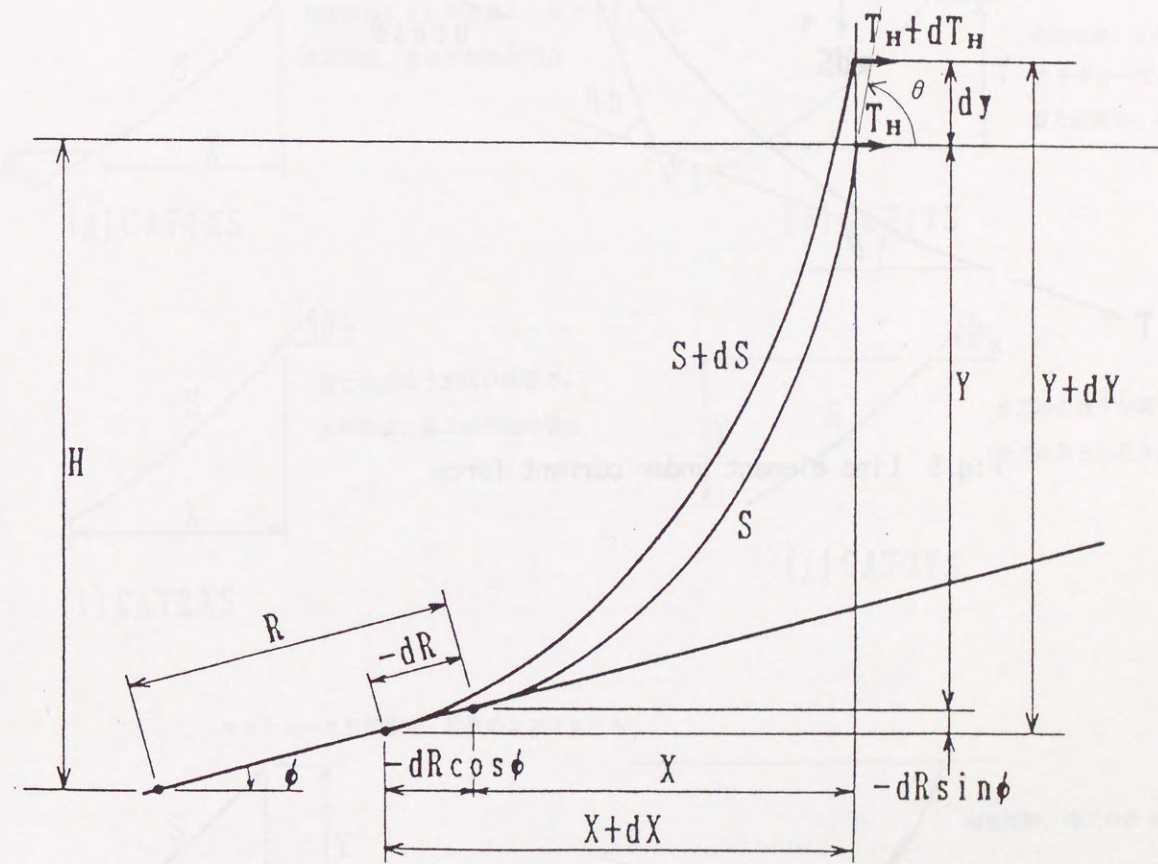


Fig.4 Change of catenary due to vertical displacement

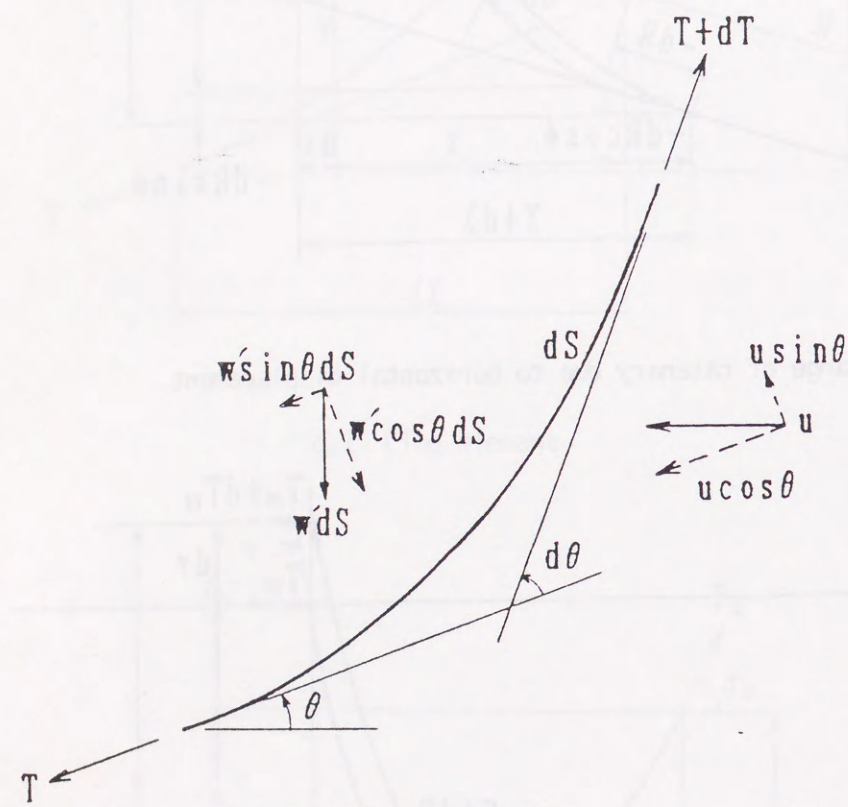


Fig.5 Line element under current force

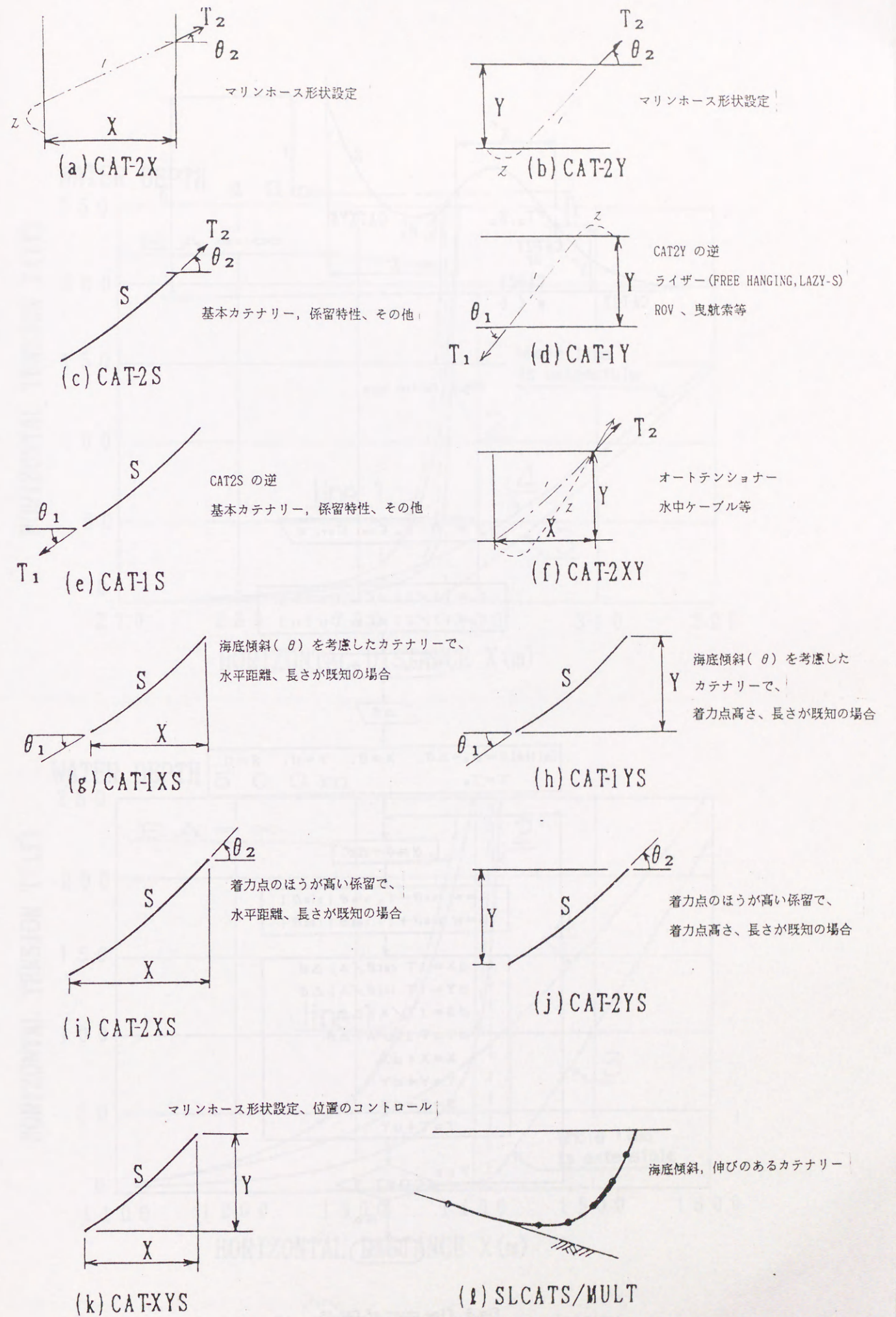


Fig.6 Several boundary conditions

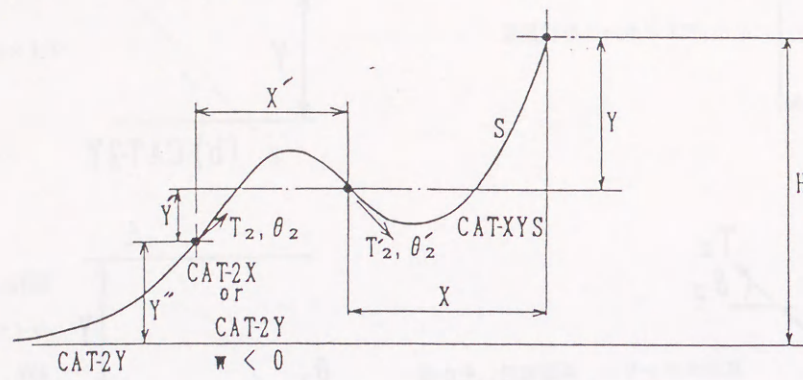


Fig.7 Marine hose

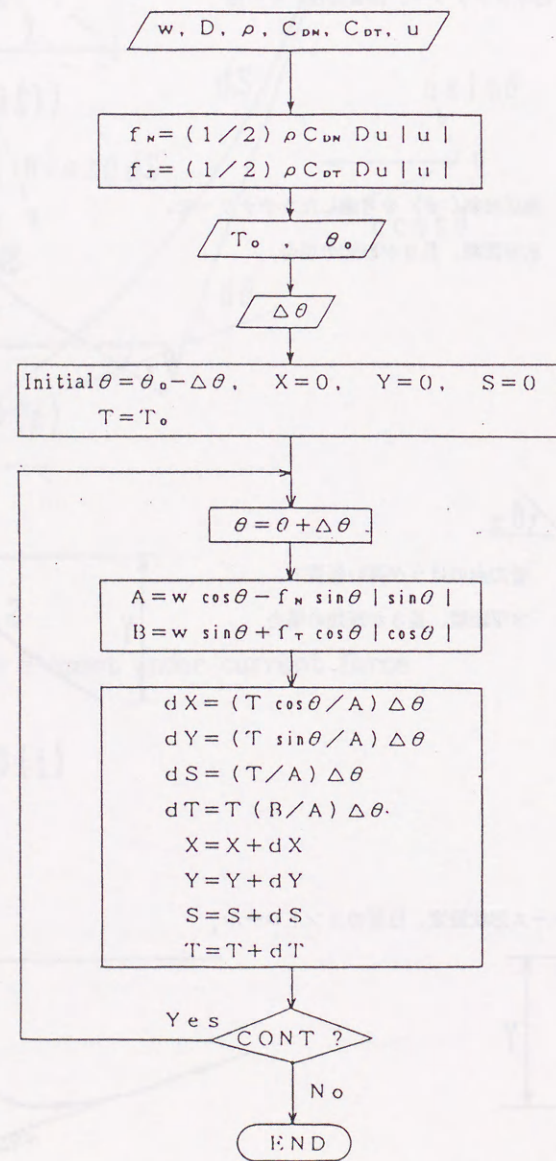


Fig.8 Flow chart of CAT-1S

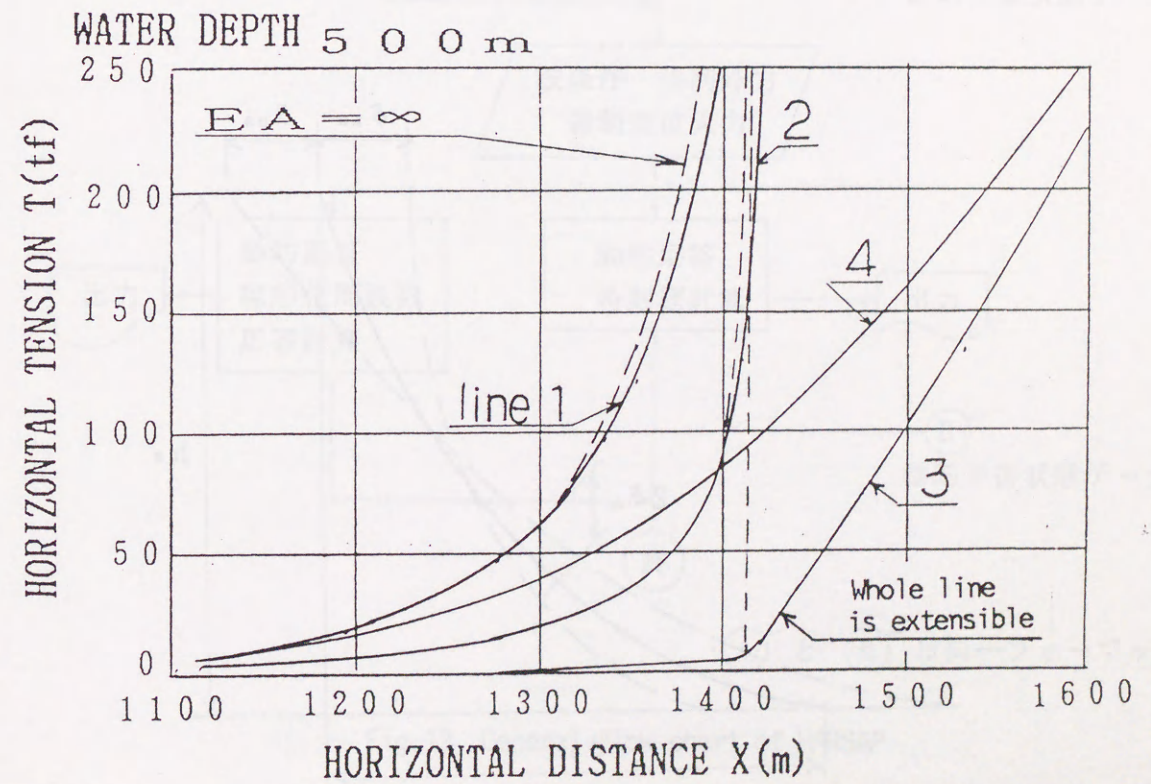
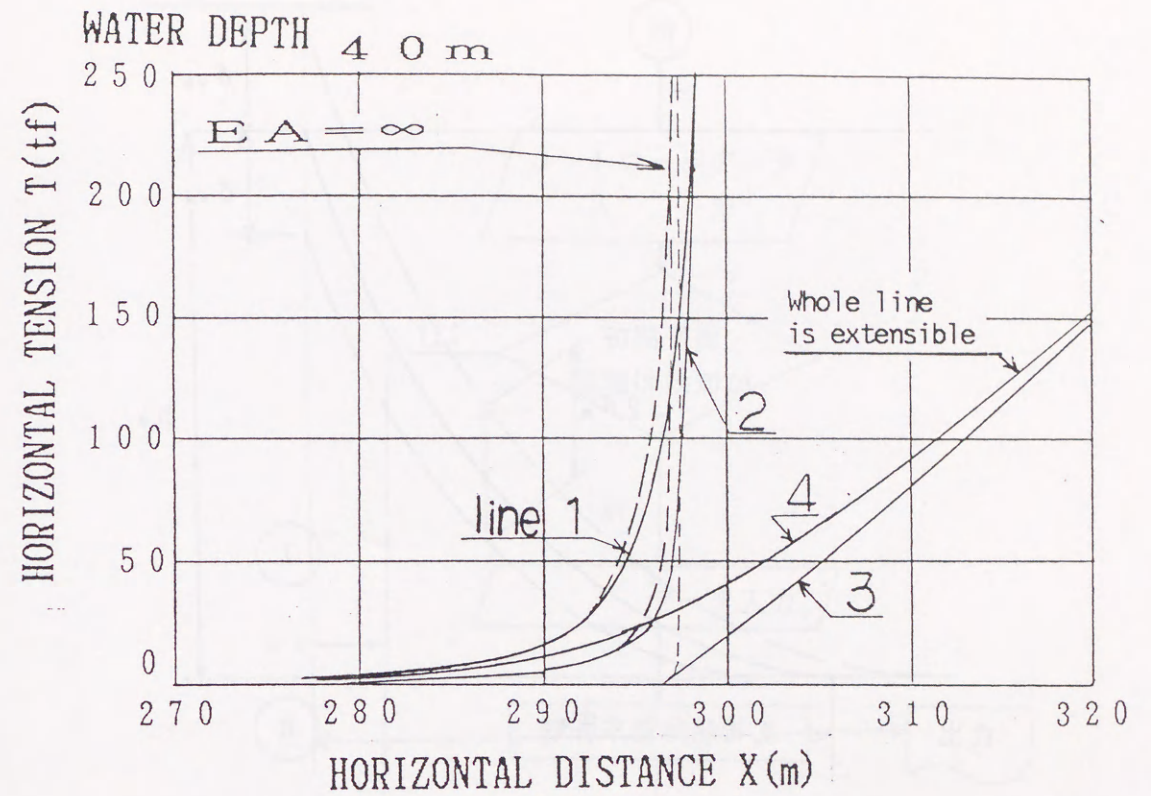


Fig.9 Effect of extensional rigidity

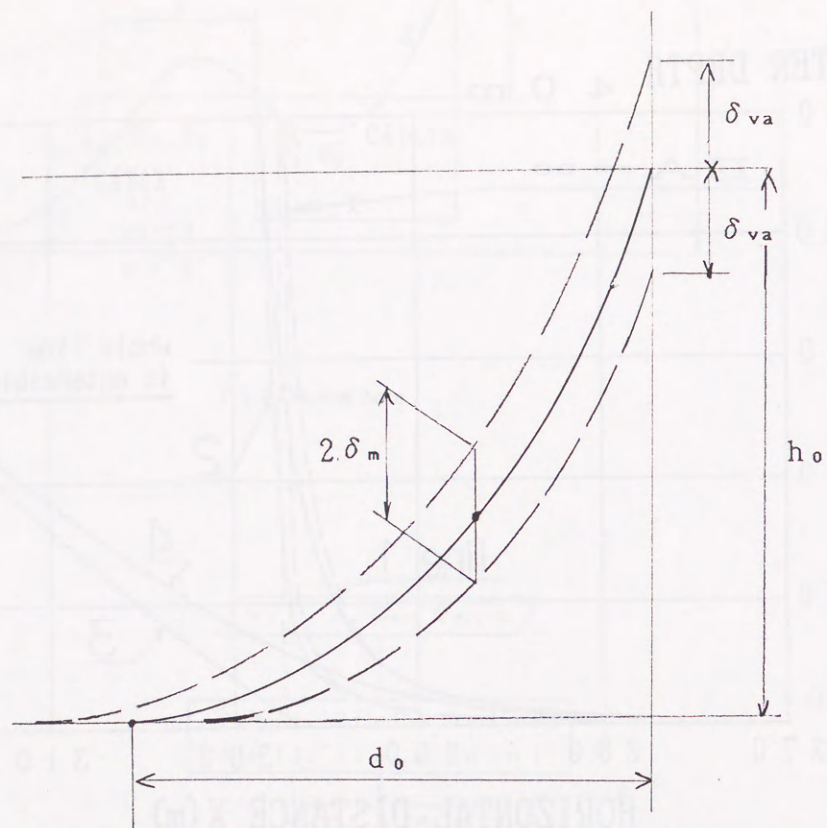


Fig.10 Dynamic change of catenary due to vertical displacement

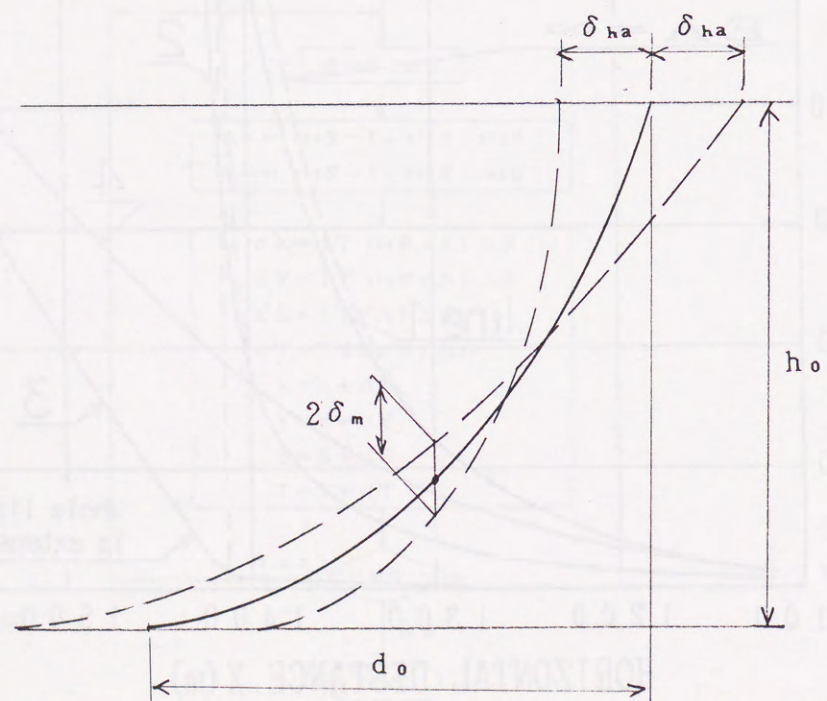
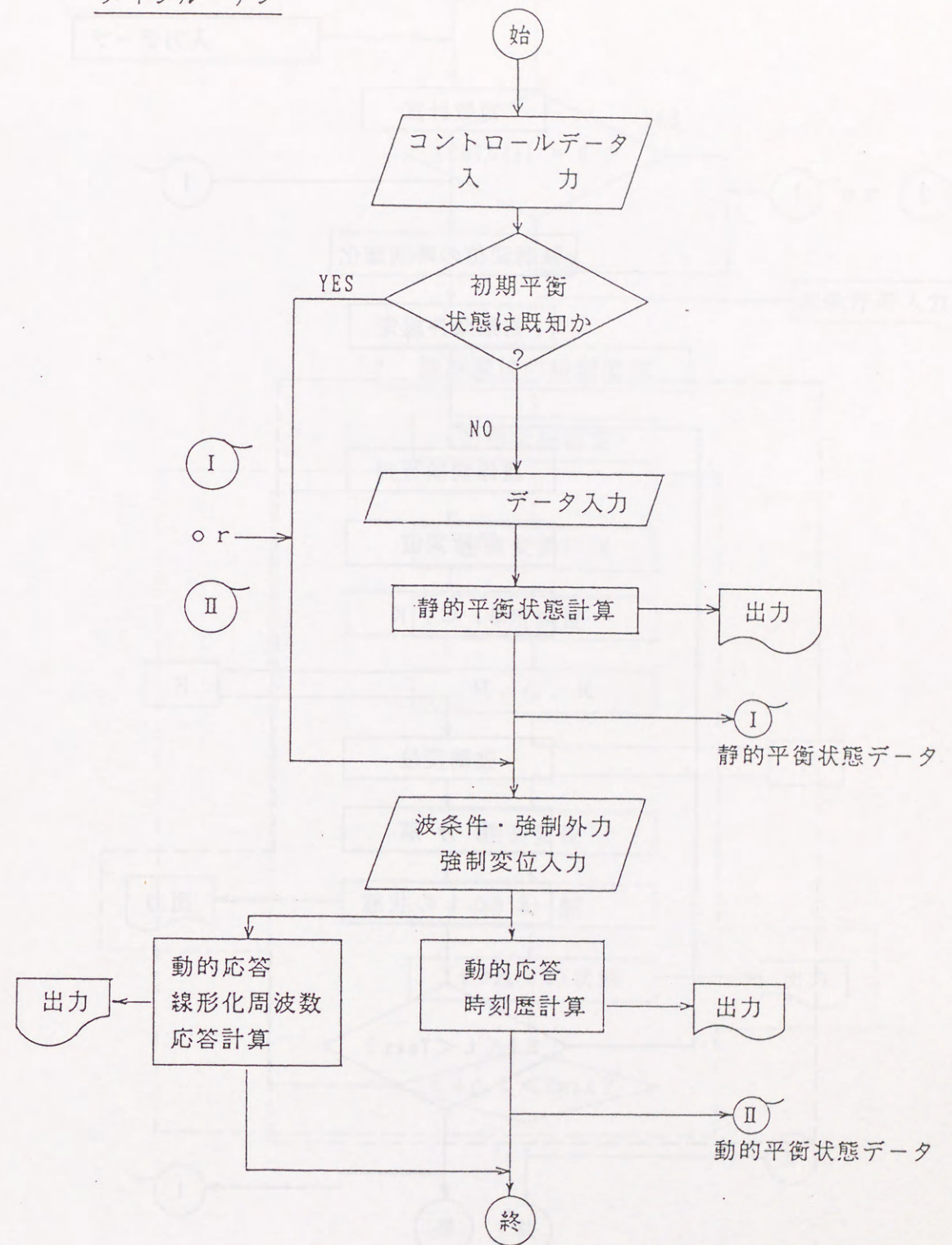


Fig.11 Dynamic change of catenary due to horizontal displacement

メインルーチン



・I と II は同一フォーマットとする

Fig.12 General flow chart of MARSAP

静的平衡状態計算

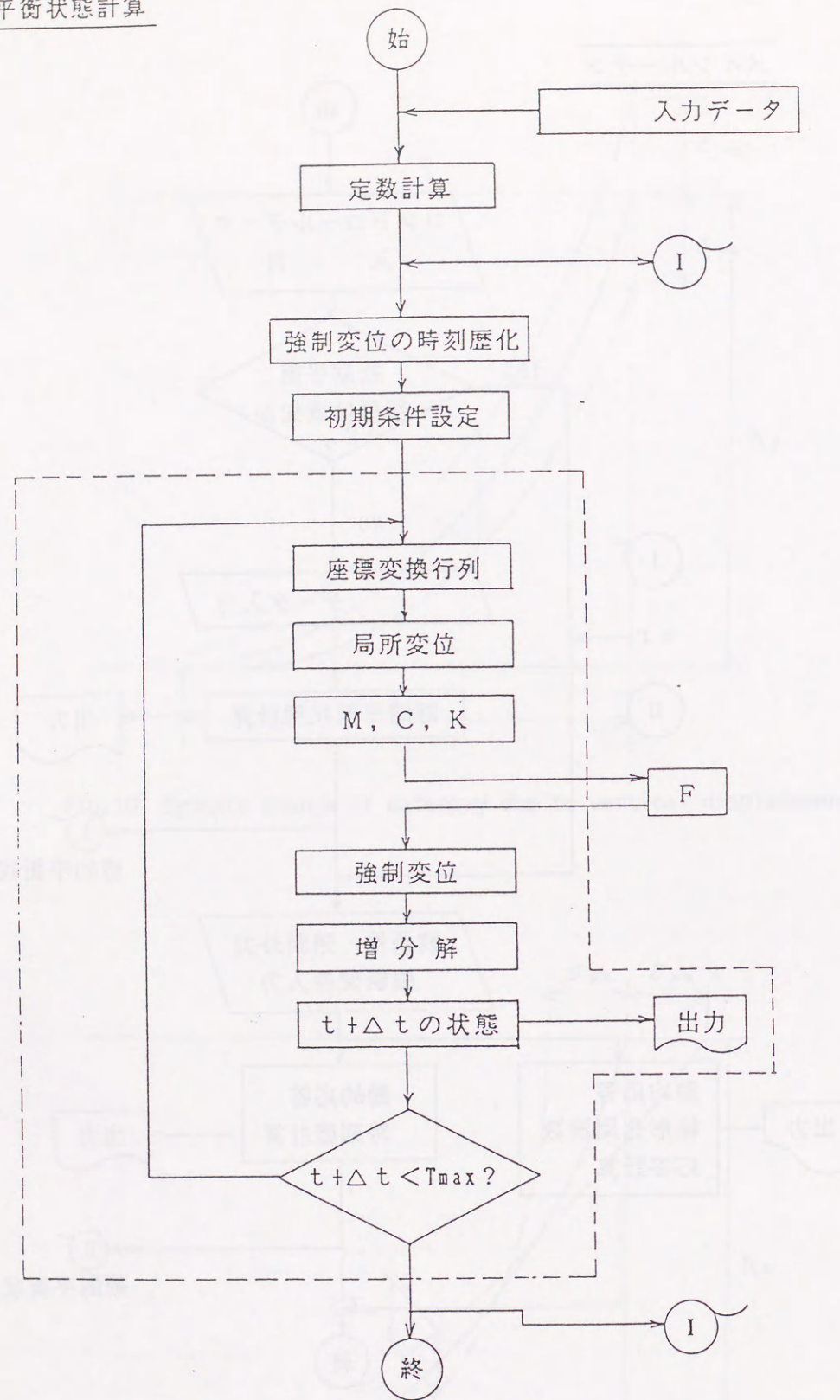


Fig.13 Static analysis part of MARSAP

動的応答計算

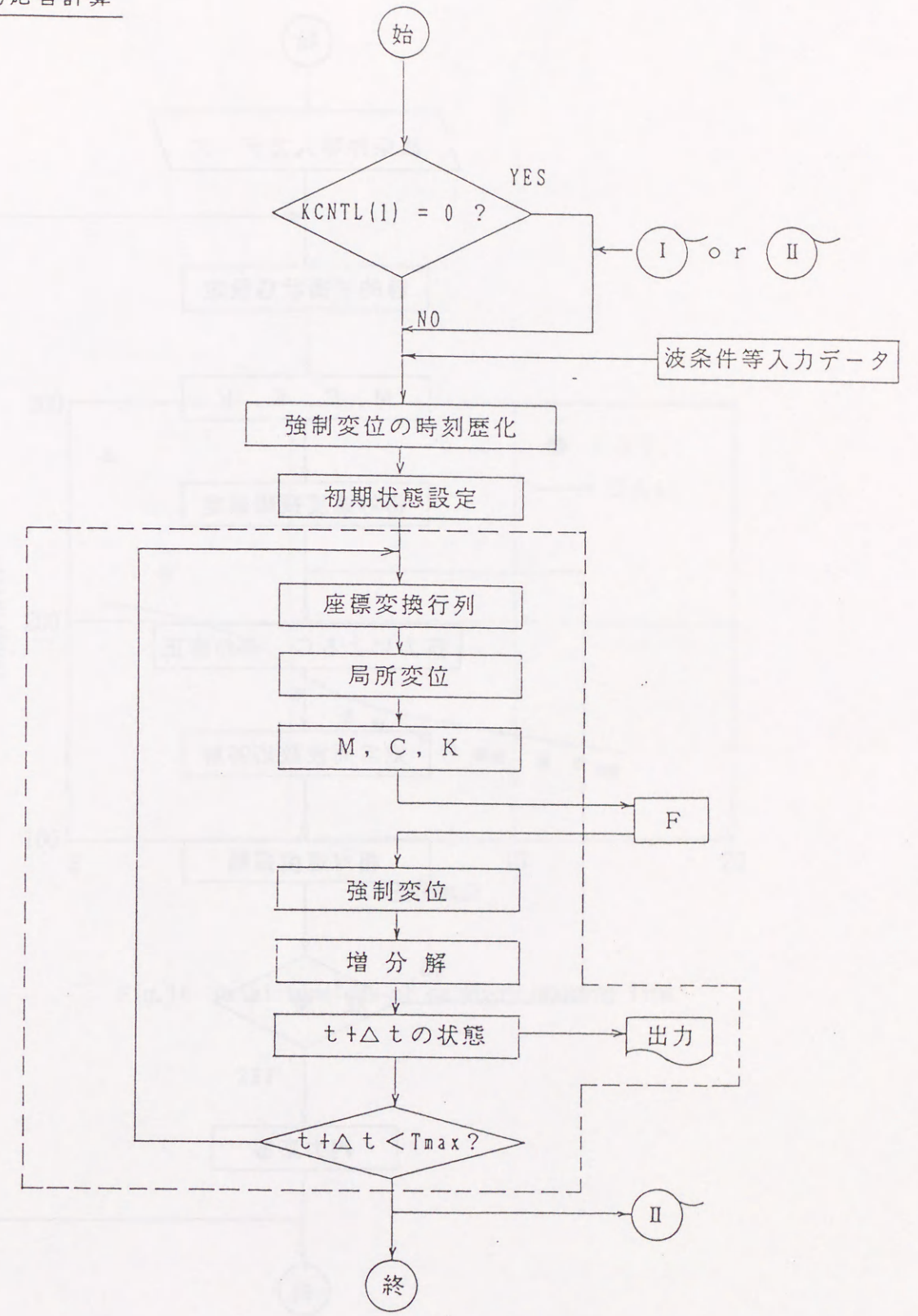


Fig.14 Dynamic analysis part of MARSAP

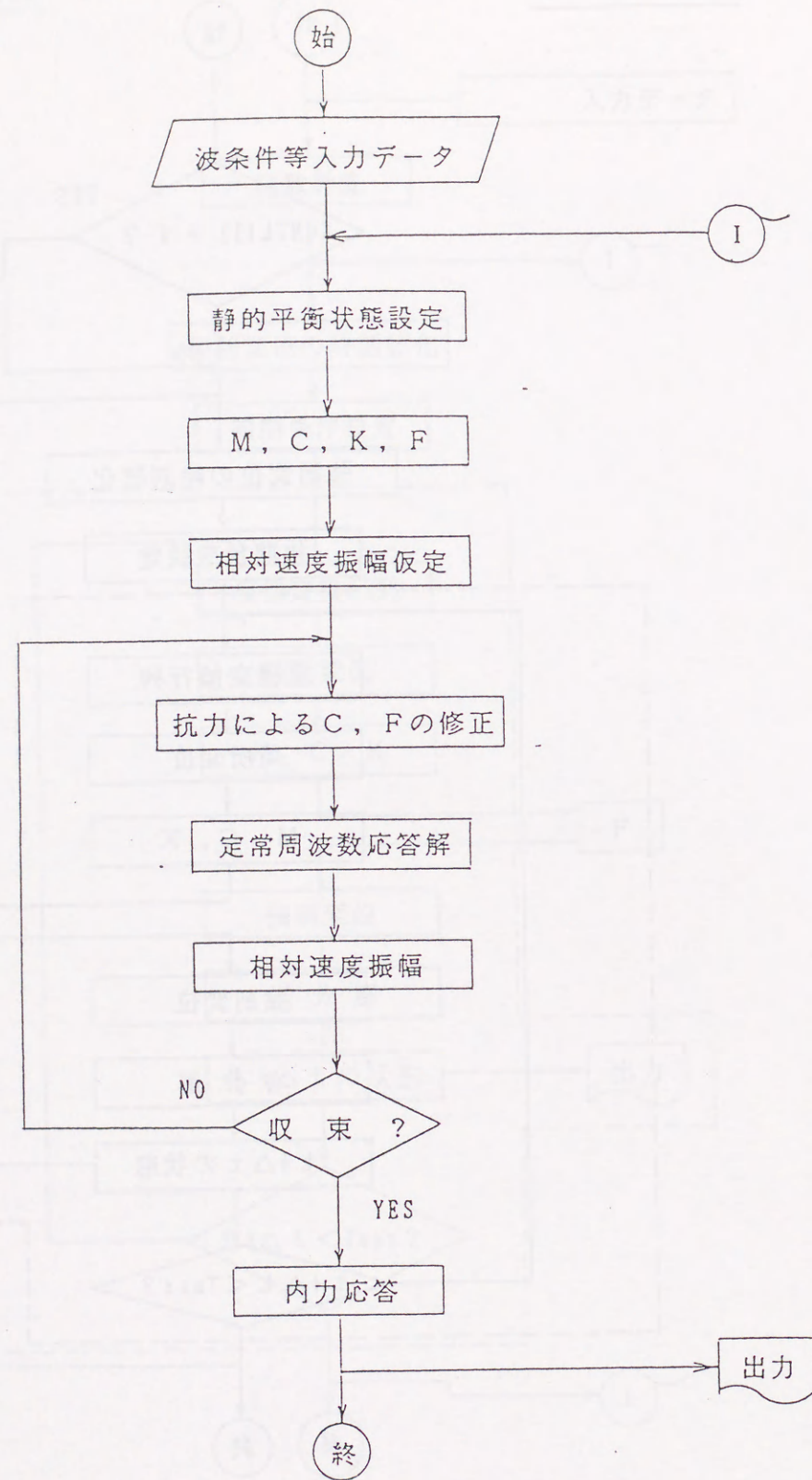


Fig.15 Linearized frequency response analysis part of MARSAP

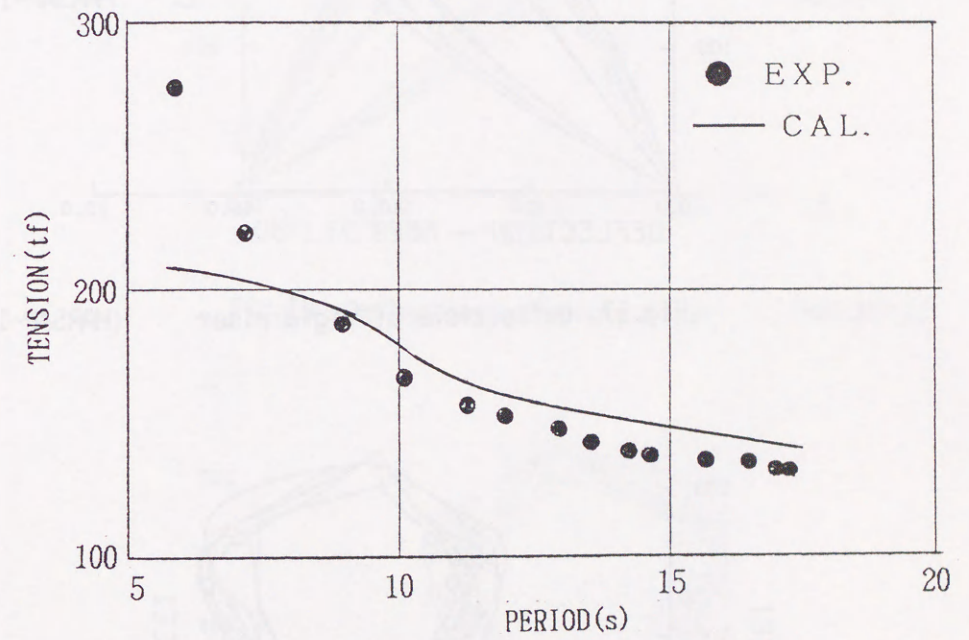


Fig.16 Axial tensions of catenary mooring line

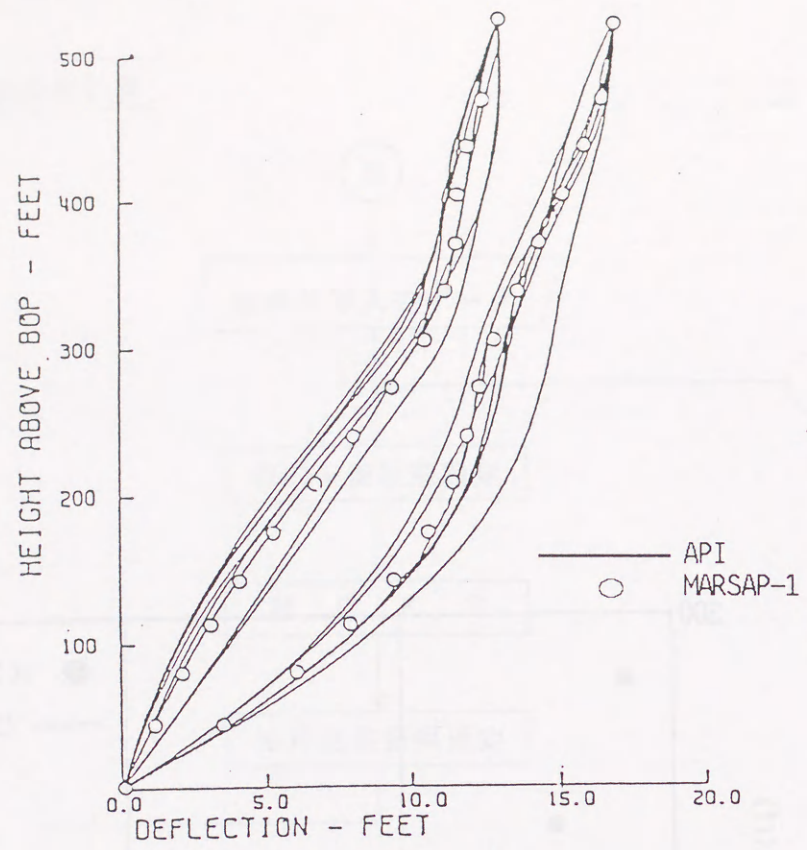


Fig.17 Deflections of rigid riser (MARSAP-1)

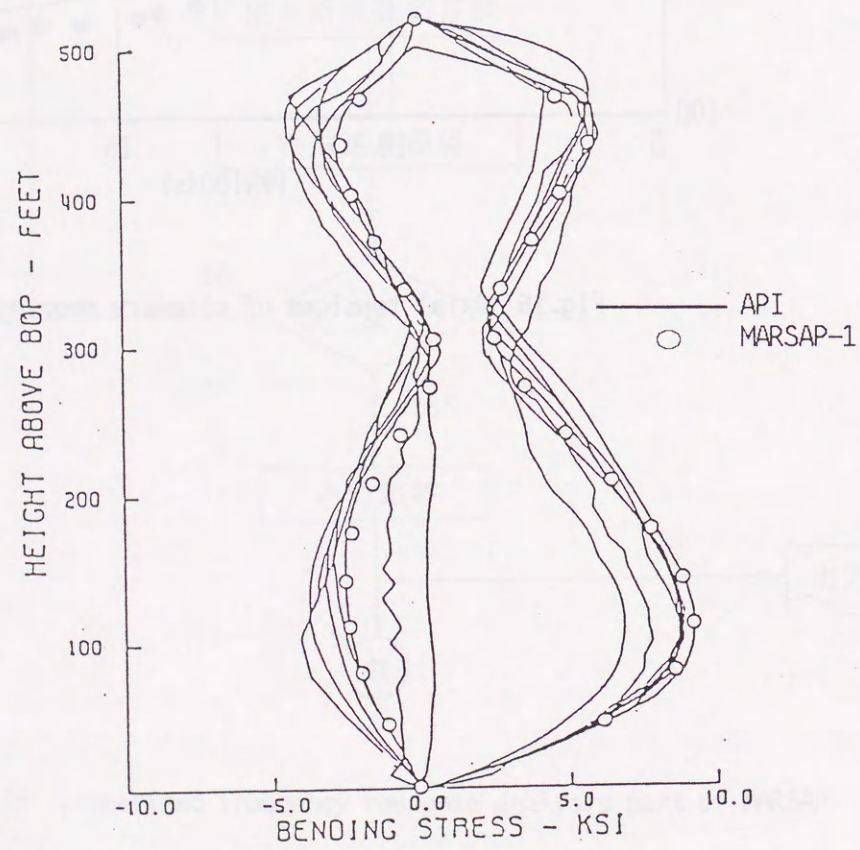


Fig.18 Bending stress of rigid riser (MARSAP-1)

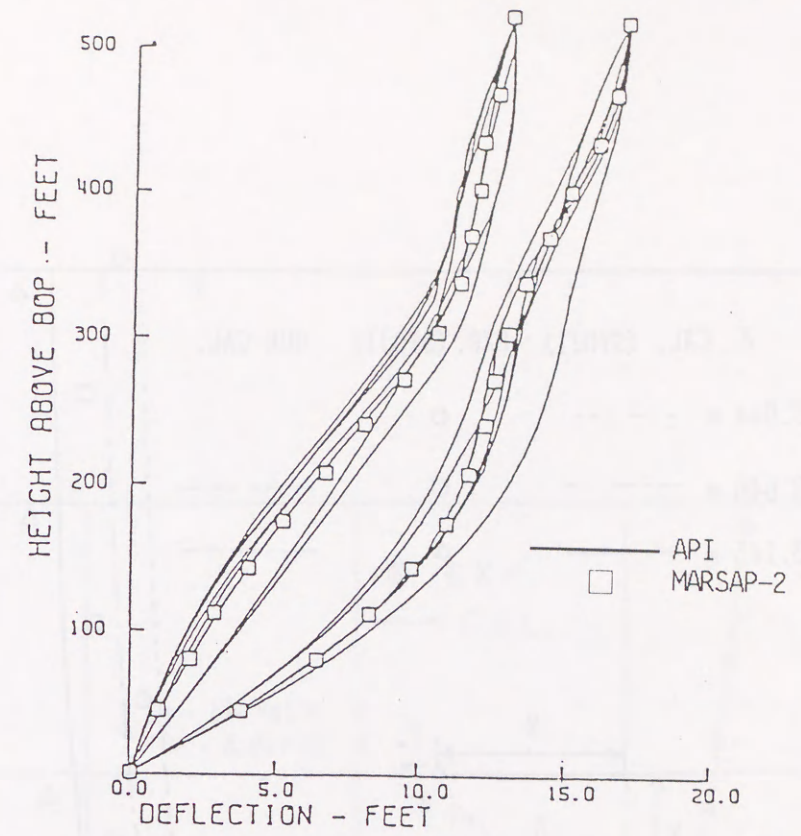


Fig.19 Deflections of rigid riser (MARSAP-2)

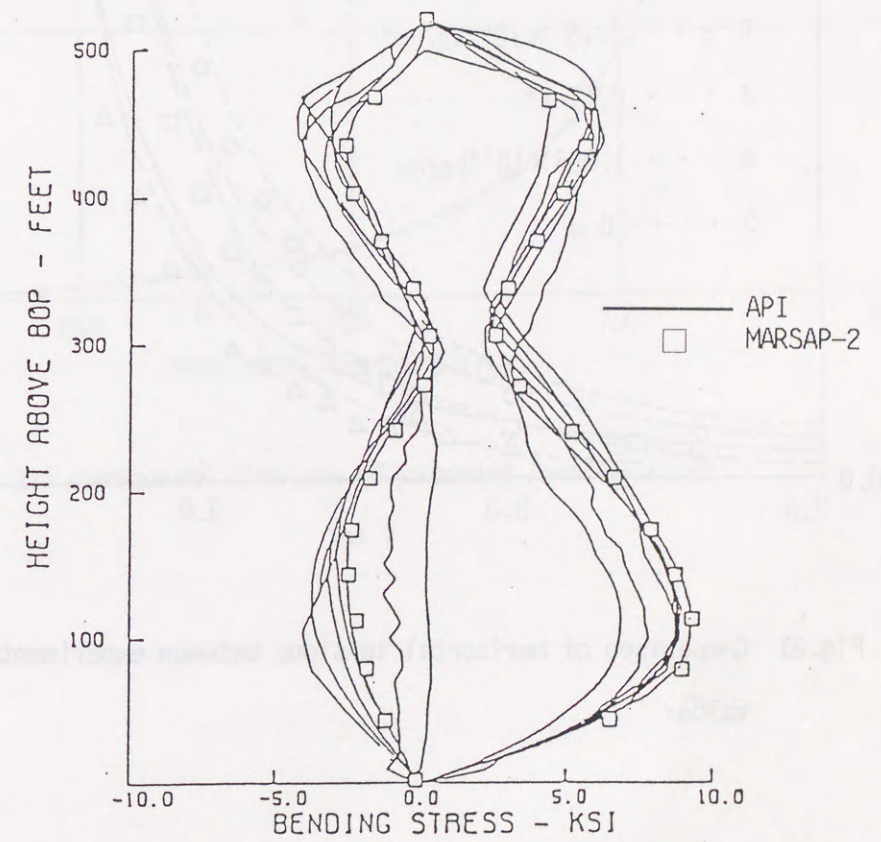


Fig.20 Bending stress of rigid riser (MARSAP-2)

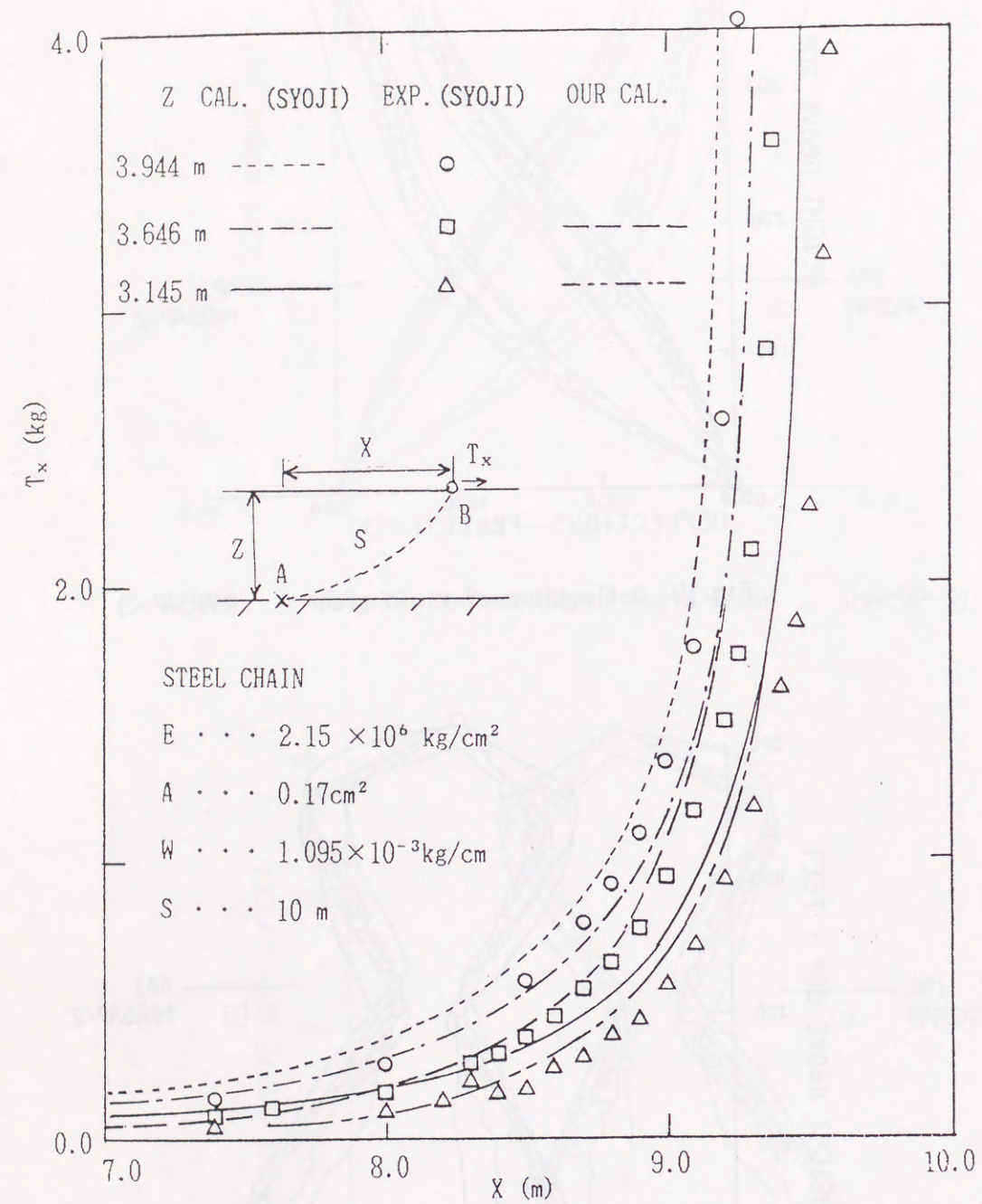


Fig.21 Comparison of horizontal tensions between experimental and calculated values

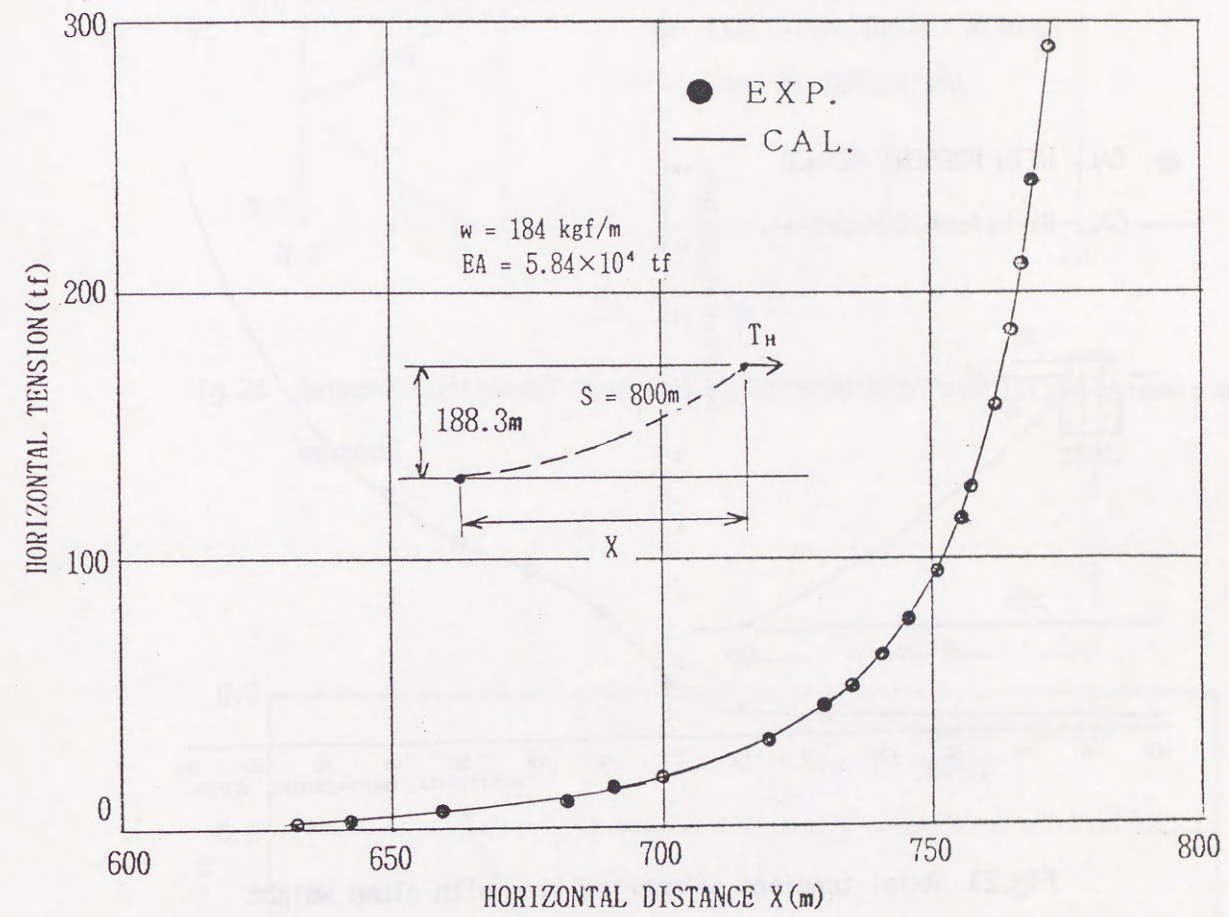


Fig.22 Horizontal tensions of catenary mooring line

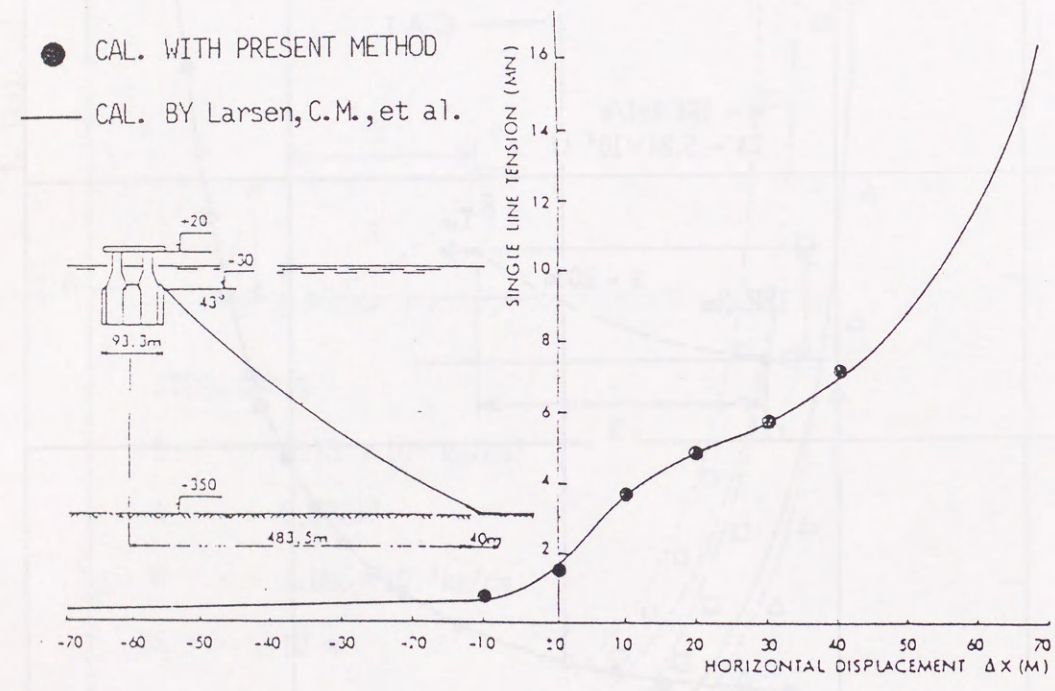


Fig.23 Axial tensions of mooring line with clump weight

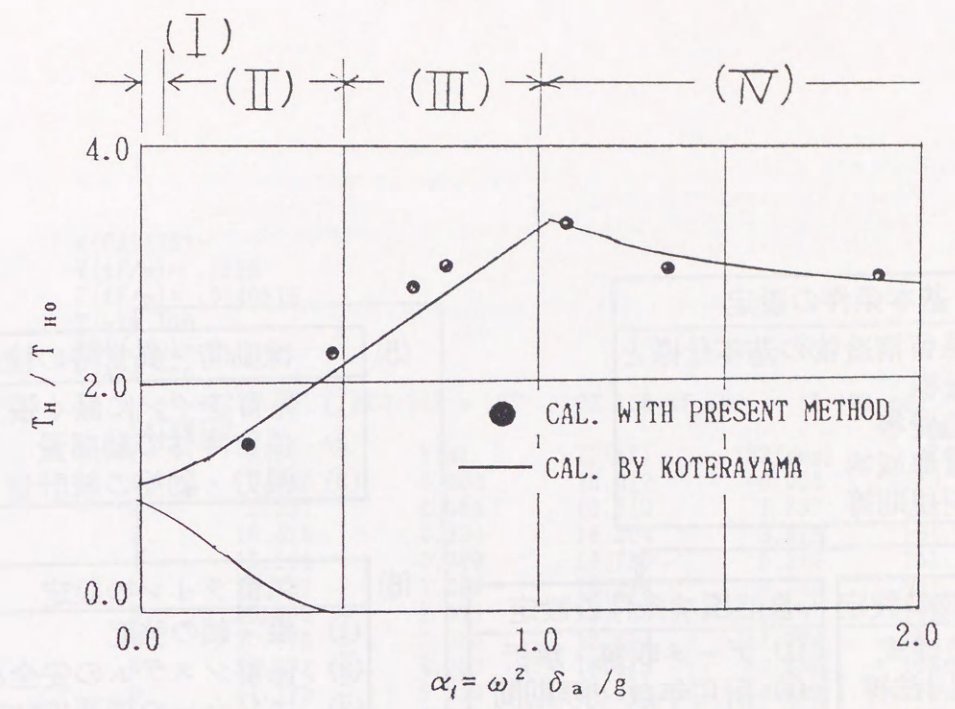


Fig.24 Dynamic horizontal tensions calculated with simplified dynamic analysis methods

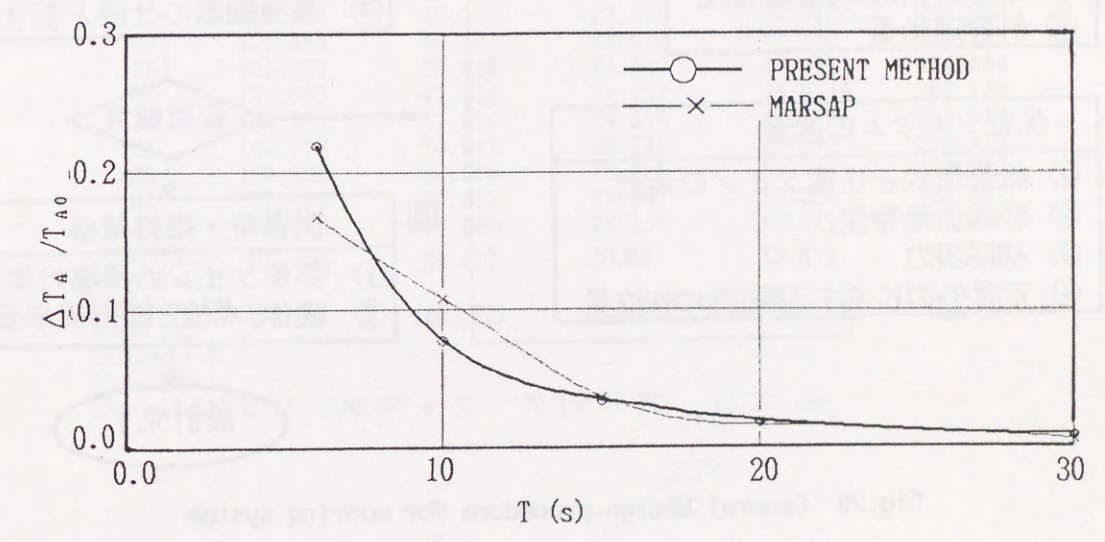


Fig.25 Comparison of dynamic tensions

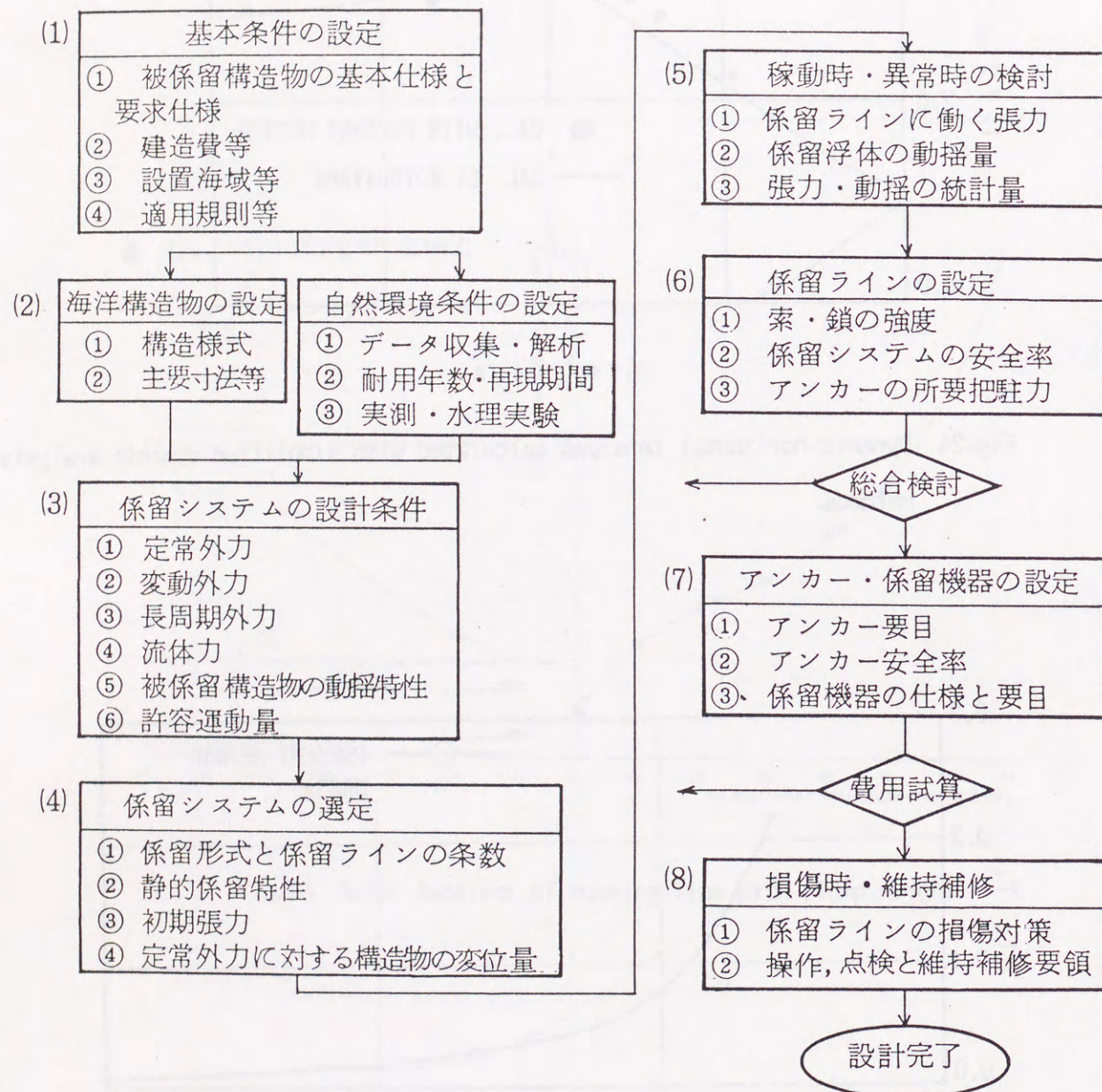


Fig.26 General design procedure for mooring system

<<CATIYS>>
 W(tf/m)= .1155
 F(tf/m)= .0140515
 Y(m)= 100
 TH1(deg)= 0
 S(m)= 200

T1	18.912	tf X1	163.977	m T2	28.158	tf TH2	55.121	deg
CATENARY	I	X(m)	Y(m)	T2(tf)	TH2(deg)	曲率半径 R(m)		
1	0.000	0.000	18.912	0.000	163.743			
2	5.231	0.084	18.849	1.837	162.640			
3	10.428	0.334	18.804	3.675	161.879			
4	15.594	-0.749	18.780	5.512	161.455			
5	20.737	1.329	18.774	7.349	161.364			
6	25.860	2.073	18.788	9.187	161.604			
7	30.970	2.984	18.822	11.024	162.179			
8	36.072	4.063	18.875	12.862	163.093			
9	41.170	5.313	18.948	14.699	164.354			
10	46.269	6.739	19.041	16.536	165.971			
11	51.376	8.345	19.154	18.374	167.960			
12	56.494	10.137	19.289	20.211	170.336			
13	61.630	12.122	19.446	22.048	173.122			
14	66.788	14.308	19.626	23.886	176.342			
15	71.973	16.705	19.830	25.723	180.027			
16	77.191	19.323	20.060	27.561	184.210			
17	82.449	22.176	20.315	29.398	188.935			
18	87.751	25.276	20.599	31.235	194.247			
19	93.103	28.642	20.912	33.073	200.204			
20	98.513	32.290	21.258	34.910	206.872			
21	103.986	36.242	21.637	36.747	214.326			
22	109.530	40.523	22.054	38.585	222.656			
23	115.151	45.158	22.510	40.422	231.968			
24	120.858	50.181	23.010	42.260	242.385			
25	126.659	55.626	23.557	44.097	254.054			
26	132.563	61.534	24.157	45.934	267.149			
27	138.579	67.954	24.814	47.772	281.877			
28	144.717	74.941	25.535	49.609	298.489			
29	150.988	82.558	26.326	51.446	317.285			
30	157.404	90.882	27.197	53.284	338.632			
31	163.977	100.000	28.158	55.121	362.980			
	167.055	96.410	30.047	52.611	368.788			

<<CATIYS>>
 W(tf/m)= .11
 F(tf/m)= .01 (98.2%) (103.7%) (93.7%) (104.8%) (98.4%)
 Y(m)= 100
 TH1(deg)= 0
 S(m)= 200

T1 18.912 tf X1 163.977 m T2 28.158 tf TH2 55.121 deg

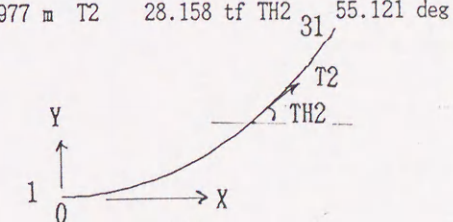


Fig.27 Approximate calculation results with CAT-1YS

```

***** C A T 1 S *****
***** 14:18:06/ *****
14:18:06/          CAT.EXE

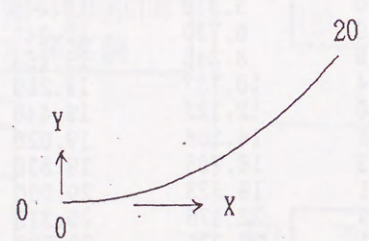
```

I	TH(deg)	X(m)	Y(m)	S(m)	T(tf)	R(m)
0	0.000	0.000	0.000	0.000	18.912	163.740
10	31.898	94.539	28.342	100.000	22.186	215.174
20	52.611	167.055	96.410	200.000	30.047	368.788

```

W(tf/m)= .1155      D(m)= .152      S(m)= 200
N= 20  BOTTOM      CDn= 1      Cdt= 0
YC= -1000.000m UC= -1.500000m/s
YC= 1000.000m UC= -1.500000m/s
Tension start(tf)= 18.912      TH start(deg)= 0
EA(tf)= 0      DS(m)= 10

```



```

I= 20 TH= 52.611deg X= 167.055m Y= 96.410m S= 200.000m
T= 30.047379tf R= 368.788m SD= 200.000m
DO YOU CONTINUE (Yes or return key/No/Continue)? █

```

```

*****
***** 14:19:00/ *****
*****

```

Fig.28 Exact calculation results with CAT-1S

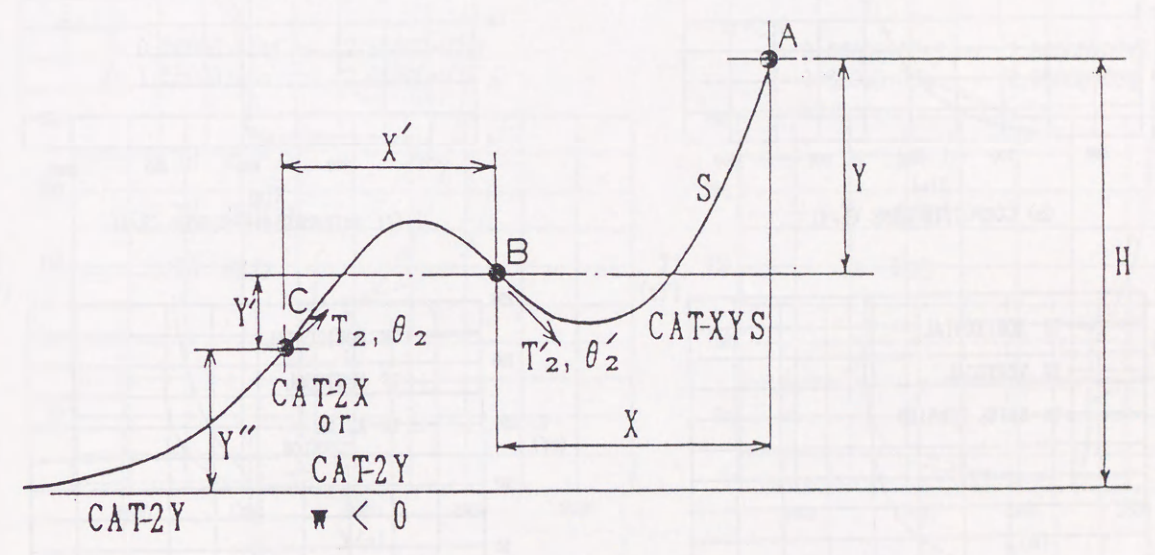


Fig.29 Flexible riser

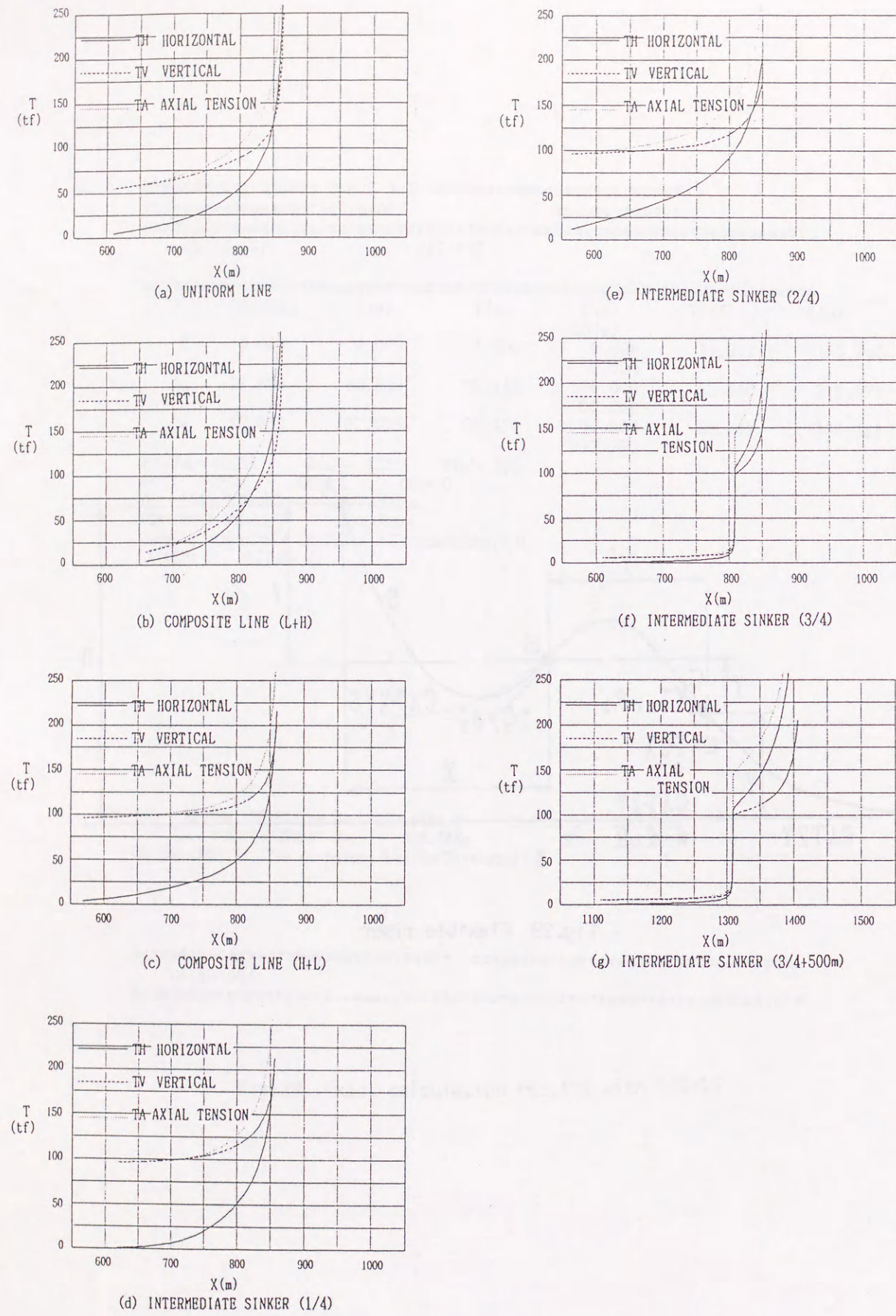


Fig. 30 Several mooring characteristics

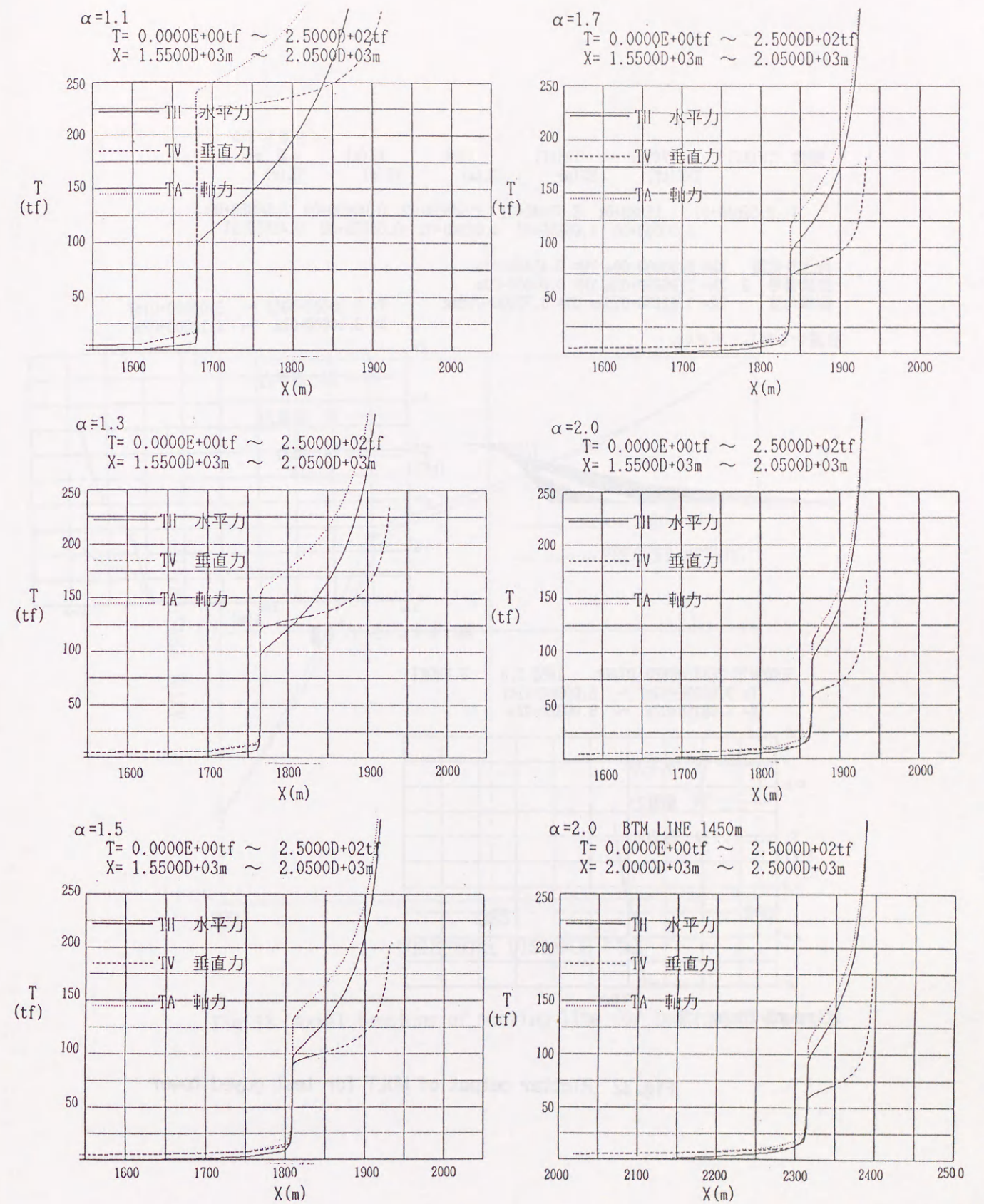


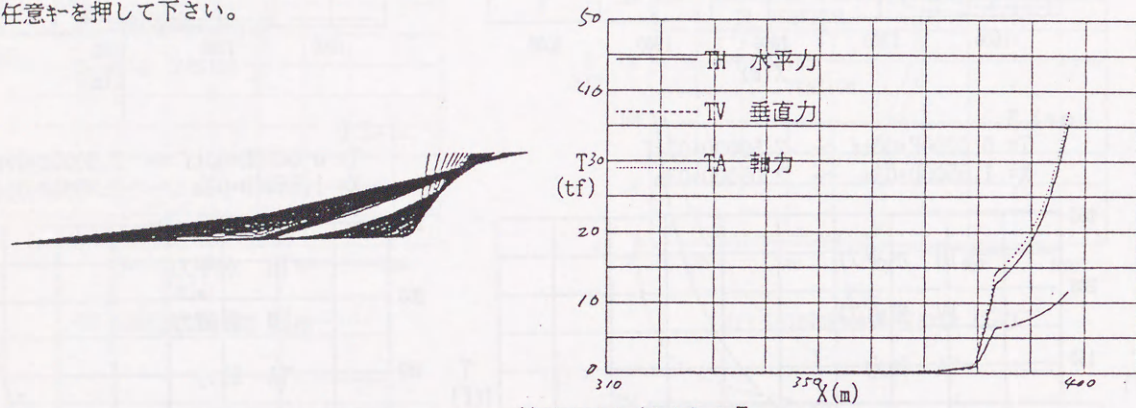
Fig. 31 Spring constant of mooring line with several α

要素	TH(tf)	TV(tf)	TA(tf)	X(m)	XB(m)	XL(m)
		TVB(tf)	SS(m)	SL(m)	YB(m)	YL(m)
1	3.5264D+01	1.1538D+01	3.7104D+01	3.9685D+02	0.0000D+00	3.9685D+02
		5.0000D+00	4.0928D+02	4.0234D+02	0.0000D+00	9.4183D+01

持上り位置 XH= 0.0000D+00m YH= 9.4183D+01m
 要素番号 3 XM= 3.9685D+02m YM= 0.0000D+00m
 接線角度 Q2= 1.8118D+01deg Q1= 1.7700D+01deg

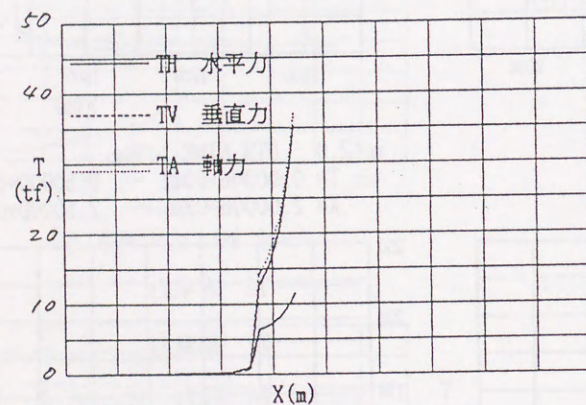
T= 0.0000E+00tf ~ 5.0000D+01tf
 X= 3.1000D+02m ~ 4.1000D+02m

任意キを押して下さい。



続けますか (Yb/N) ?

EXXON'S TEST GUYED TOWER 1989.2.8 U.UNOKI
 T= 0.0000E+00tf ~ 5.0000D+01tf
 X= 3.0815D+02m ~ 5.0932D+02m



続けますか (Yb/N) ?

Fig.32 Plotter output of MULT for test guyed tower

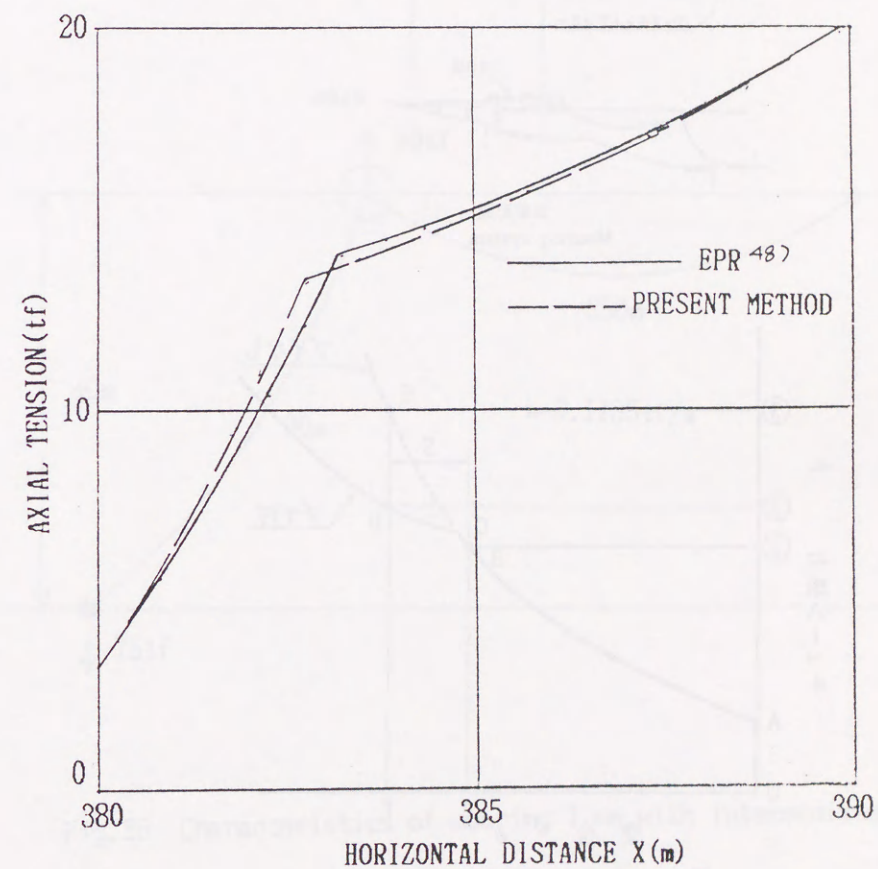
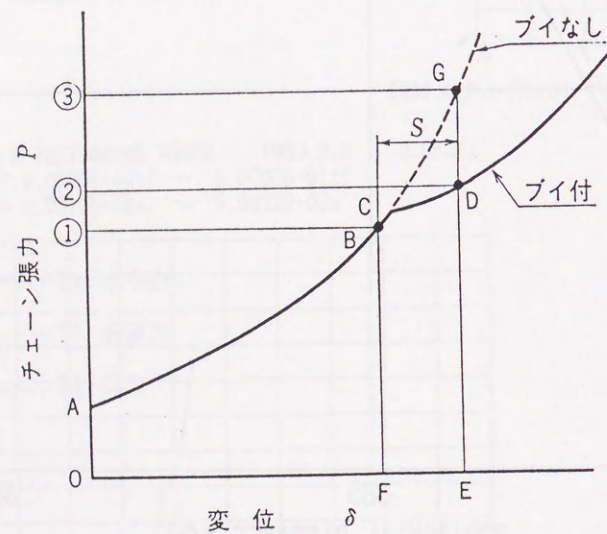
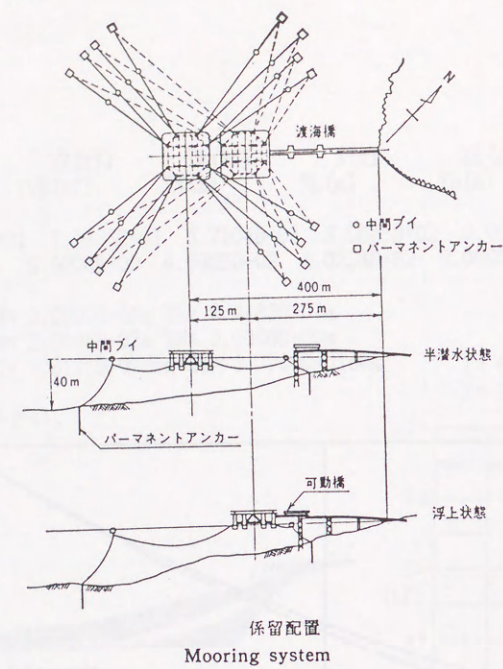


Fig.33 Axial tensions of mooring line for test guyed tower



- ①: 定常荷重時張力
- ②: ブイ付の最大張力
- ③: ブイなしの最大張力
- : O.A.C.D.E: ブイ方式の吸収エネルギー
- S: サージングによる変位

Fig.34 Characteristics of chain tension and displacement of mooring system with buoy

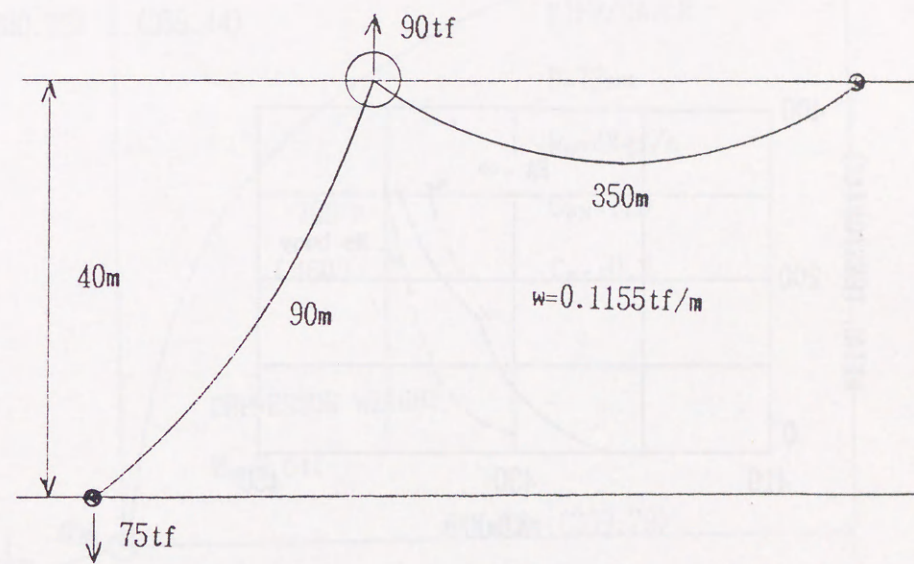


Fig.35 Characteristics of mooring line with intermediate buoy

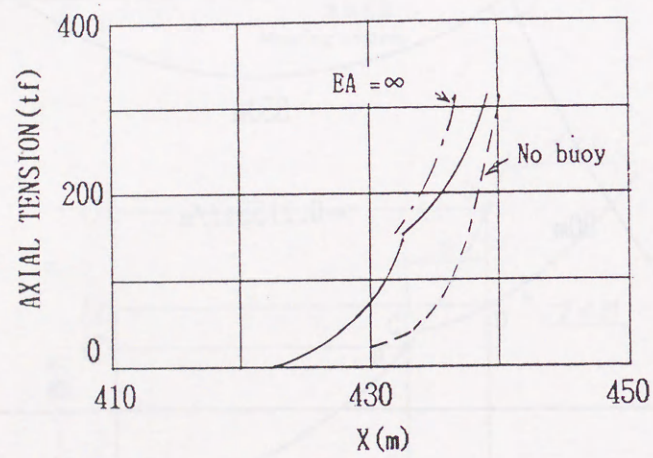
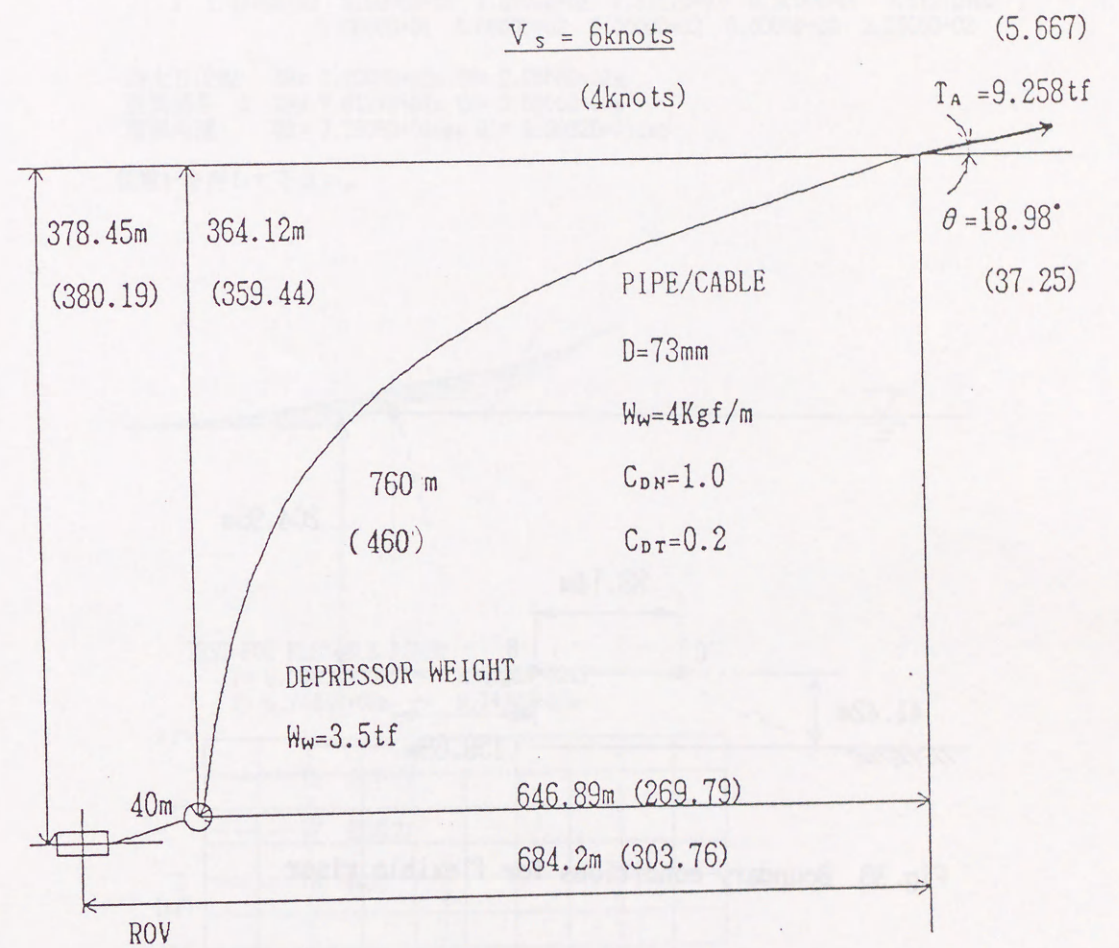


Fig.36 Axial tensions of mooring line for AQUAPOLICE



$D \times L = 0.6 \phi \times 2.0 \text{m}$ Note () shows in case of $V_s = 4 \text{ knots}$
 $W_a = 0.5 \text{tf}$ $A_L = 0.2827 \text{m}^2$ $A_T = A_V = 1.2 \text{m}^2$
 $W_w = 0.09 \text{tf}$ $C_{DL} = C_{DT} = C_{DV} = 1.0$

Fig.37 Mooring characteristics of towing line

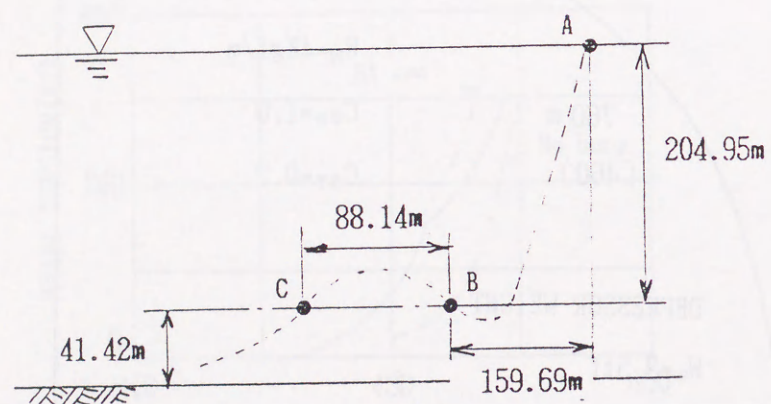


Fig.38 Boundary conditions for flexible riser

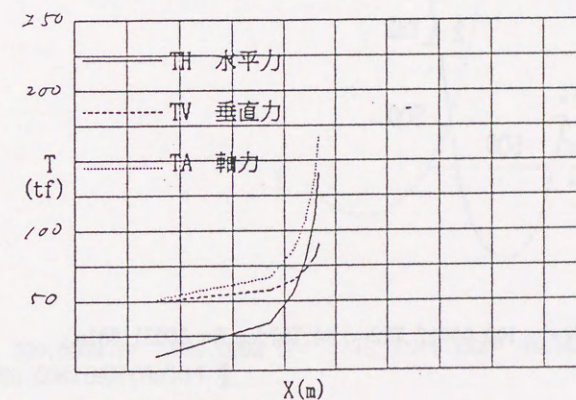
要素	TH(tf)	TV(tf)	TA(tf)	X(m)	XB(m)	XL(m)
		TVB(tf)	SS(m)	SL(m)	YB(m)	YL(m)
1	1.4075D+02	9.0000D+01	1.6707D+02	7.6127D+02	0.0000D+00	7.6127D+02
		1.0000D+01	8.0000D+02	8.0000D+02	0.0000D+00	2.2566D+02

持上り位置 XM= 0.0000D+00m YM= 2.2566D+02m
 要素番号 3 XM= 7.6127D+02m YM= 0.0000D+00m
 接線角度 Q2= 3.2596D+01deg Q1= 1.2032D+01deg

任意キを押して下さい。



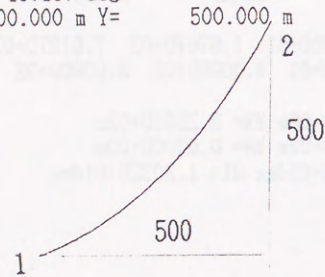
TEST FOR FLEXIBLE RISER
 T= 0.0000E+00tf ~ 2.5000D+02tf
 X= 5.7434D+02m ~ 9.7434D+02m



続けますか (Yb/N) ? ■

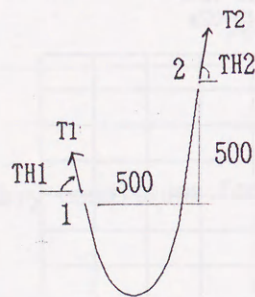
Fig.39 Plotter output of MULT for flexible riser

```
<<CAT2XY>>
W= 0.10000 tf/m F= 0.0000000 tf/m
T2= 100.000 tf TH2= 61.641 deg
T1= 50.000 tf TH1= 18.197 deg
S= 723.847 m X= 500.000 m Y= 500.000 m
```



X= 500.000m Y= 500.000m T2= 100.000tf TH2= 61.641deg R= 2105.288m
 .EXT SOLUTION IS EXIST ! PUSH ANY KEY

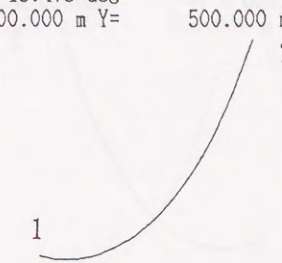
```
<<CAT2XY>>
W= 0.10000 tf/m F= 0.0000000 tf/m
T2= 100.000 tf TH2= 84.751 deg
T1= 50.000 tf TH1= -79.458 deg
S= 1487.368 m X= 500.000 m Y= 500.000 m
```



X= 500.000m Y= 500.000m T2= 100.000tf TH2= 84.751deg R= 10931.881m
 DO YOU CONTINUE(Yb/N)?

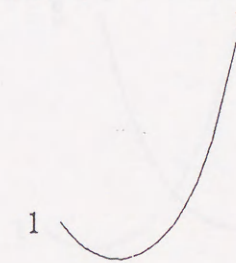
Fig.40 Mooring characteristics calculated with CAT-2XY (1/4 : T₂=100tf)

```
<<CAT2XY>>
W= 0.10000 tf/m F= 0.0000000 tf/m
T2= 75.000 tf TH2= 71.261 deg
T1= 25.000 tf TH1= -15.473 deg
S= 776.941 m X= 500.000 m Y= 500.000 m
```



X= 500.000m Y= 500.000m T2= 75.000tf TH2= 71.261deg R= 2334.615m
 .EXT SOLUTION IS EXIST ! PUSH ANY KEY

```
<<CAT2XY>>
W= 0.10000 tf/m F= 0.0000000 tf/m
T2= 75.000 tf TH2= 79.028 deg
T1= 25.000 tf TH1= -55.181 deg
S= 941.531 m X= 500.000 m Y= 500.000 m
```



X= 500.000m Y= 500.000m T2= 75.000tf TH2= 79.028deg R= 3940.582m
 DO YOU CONTINUE(Yb/N)?

Fig.41 Mooring characteristics calculated with CAT-2XY (2/4 : T₂= 75tf)


```

<<CAT2XY>>
W= 0.10000 tf/m F= 0.0000000 tf/m
T2= 73.000 tf TH2= 73.849 deg
T1= 23.000 tf TH1= -28.007 deg
S= 809.193 m X= 500.000 m Y= 500.000 m

```

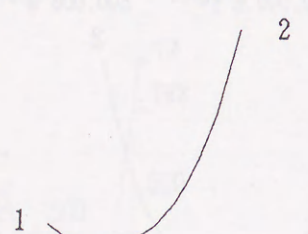


X= 500.000m Y= 500.000m T2= 73.000tf TH2= 73.849deg R= 2624.297m
 .EXT SOLUTION IS EXIST ! PUSH ANY KEY

```

<<CAT2XY>>
W= 0.10000 tf/m F= 0.0000000 tf/m
T2= 73.000 tf TH2= 76.882 deg
T1= 23.000 tf TH1= -43.919 deg
S= 870.489 m X= 500.000 m Y= 500.000 m

```



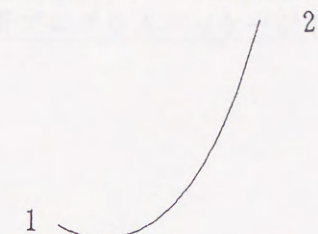
X= 500.000m Y= 500.000m T2= 73.000tf TH2= 76.882deg R= 3216.554m
 DO YOU CONTINUE(Yb/N)?

Fig.42 Mooring characteristics calculated with CAT-2XY (3/4 : T₂ = 73tf)

```

<<CAT2XY>>
W= 0.10000 tf/m F= 0.0000000 tf/m
T2= 72.739 tf TH2= 74.632 deg
T1= 22.739 tf TH1= -32.031 deg
S= 821.985 m X= 500.000 m Y= 500.000 m

```

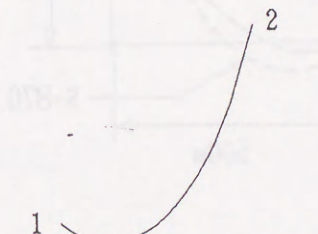


X= 500.000m Y= 500.000m T2= 72.739tf TH2= 74.632deg R= 2744.680m
 .EXT SOLUTION IS EXIST ! PUSH ANY KEY

```

<<CAT2XY>>
W= 0.10000 tf/m F= 0.0000000 tf/m
T2= 72.739 tf TH2= 76.159 deg
T1= 22.739 tf TH1= -40.071 deg
S= 852.648 m X= 500.000 m Y= 500.000 m

```



X= 500.000m Y= 500.000m T2= 72.739tf TH2= 76.159deg R= 3040.600m
 DO YOU CONTINUE(Yb/N)?

Fig.43 Mooring characteristics calculated with CAT-2XY (4/4 : T₂ = 72.739tf)

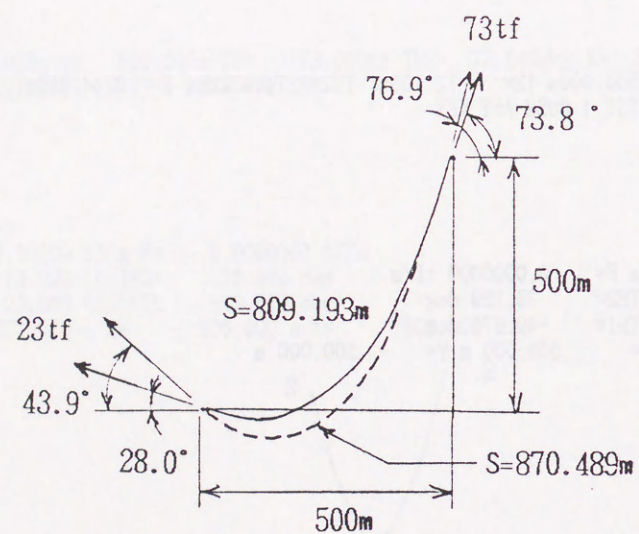


Fig.44 Typical calculation results with CAT-2XY

付 録

カテナリー解析プログラムパッケージのソースリスト

Line	Code	Source Line
0000	0000	PROGRAM CAT2XY
0001	0001	-----
0002	0002	-----
0003	0003	-----
0004	0004	-----
0005	0005	-----
0006	0006	-----
0007	0007	-----
0008	0008	-----
0009	0009	-----
0010	0010	-----
0011	0011	-----
0012	0012	-----
0013	0013	-----
0014	0014	-----
0015	0015	-----
0016	0016	-----
0017	0017	-----
0018	0018	-----
0019	0019	-----
0020	0020	-----
0021	0021	-----
0022	0022	-----
0023	0023	-----
0024	0024	-----
0025	0025	-----
0026	0026	-----
0027	0027	-----
0028	0028	-----
0029	0029	-----
0030	0030	-----
0031	0031	-----
0032	0032	-----
0033	0033	-----
0034	0034	-----
0035	0035	-----
0036	0036	-----
0037	0037	-----
0038	0038	-----
0039	0039	-----
0040	0040	-----
0041	0041	-----
0042	0042	-----
0043	0043	-----
0044	0044	-----
0045	0045	-----
0046	0046	-----
0047	0047	-----
0048	0048	-----
0049	0049	-----
0050	0050	-----
0051	0051	-----
0052	0052	-----
0053	0053	-----
0054	0054	-----
0055	0055	-----
0056	0056	-----
0057	0057	-----
0058	0058	-----
0059	0059	-----
0060	0060	-----
0061	0061	-----
0062	0062	-----
0063	0063	-----
0064	0064	-----
0065	0065	-----
0066	0066	-----
0067	0067	-----
0068	0068	-----
0069	0069	-----
0070	0070	-----
0071	0071	-----
0072	0072	-----
0073	0073	-----
0074	0074	-----
0075	0075	-----
0076	0076	-----
0077	0077	-----
0078	0078	-----
0079	0079	-----
0080	0080	-----
0081	0081	-----
0082	0082	-----
0083	0083	-----
0084	0084	-----
0085	0085	-----
0086	0086	-----
0087	0087	-----
0088	0088	-----
0089	0089	-----
0090	0090	-----
0091	0091	-----
0092	0092	-----
0093	0093	-----
0094	0094	-----
0095	0095	-----
0096	0096	-----
0097	0097	-----
0098	0098	-----
0099	0099	-----
0100	0100	-----

カテナリー解析プログラム パッケージ

CATPAC1	CATPAC2	CATPAC3
1...CAT2X -112-	1...SLCAT -153-	1...BANE -160-
2...CAT2Y -114-	2...MULT -145-	2...SPRING -164-
3...CAT2S -115-		
4...CAT1Y -117-		
5...CAT2XY -118-		
6...CAT1XS -120-		
7...CAT1YS -123-		
8...CAT2XS -125-		
9...CAT2YS -127-		
10...CATXYS -130-		
11...CAT1S -136-		
12...SLCATS -140-		

```

Offset  Data  Source Line
0030  0006  10 REM *****
0030  0006  20 REM *      M A I N      P R O G R A M      *
0030  0006  30 REM *      for カテナリー計算(統合化)      *
0030  0006  40 REM *      CATPAC1.BAS      (C) K.UNOKI      *
0030  0006  50 REM *
0030  0006  60 REM *****
0030  0006  70 CLEAR:CLS:DEFDBL A-H,O-Z
0043  0006  71 DEF FNA(X)=-W*TAN(X/2!)+F-SQR(W*W+F*F)
0096  001E  72 DEF FNB(X)=-W*TAN(X/2!)+F+SQR(W*W+F*F)
00E9  0026  75 DIM XO(10),X1(10),SC(10),XI(10),XE(10)
00E9  01DE  76 DIM AT1(10),AX1(10),AT2(10),ATH(10)
00E9  033E  77 DIM UC(20),YC(20),YO(10),Y1(10),AS1(10)
00E9  0596  78 DIM AT(150),AX(150),UT(150),BT(150)
00E9  1876  79 KEY OFF:VIEW PRINT 1 TO 24
00F7  1876  80 LOCATE 1,10:PRINT"|
      |"
010F  1876  90 LOCATE 2,10:PRINT"|      カテナリー解析プログラム パッケージ      << メニュー
      >>      |"
0127  1876  100 LOCATE 3,10:PRINT"|=
      =====|"
013F  1876  110 LOCATE 4,10:PRINT"| T2 Q2 T1 Q1 X Y S (CATPAC
      1)      |"
0157  1876  120 LOCATE 5,10:PRINT"| ** **      **      <CAT2X>.....
      .....1 |"
016F  1876  130 LOCATE 6,10:PRINT"| ** **      **      <CAT2Y>.....
      .....2 |"
0187  1876  140 LOCATE 7,10:PRINT"| ** **      **      <CAT2S>.....
      .....3 |"
019F  1876  150 LOCATE 8,10:PRINT"|      ** **      **      <CAT1Y>.....
      .....4 |"
01B7  1876  160 LOCATE 9,10:PRINT"| **      ** **      <CAT2XY>....
      .....5 |"
01CF  1876  170 LOCATE 10,10:PRINT"|      ** **      **      <CAT1XS>...
      .....6 |"
01E4  1876  180 LOCATE 11,10:PRINT"|      **      ** **      <CAT1YS>...
      .....7 |"
01FC  1876  190 LOCATE 12,10:PRINT"|      **      **      **      <CAT2XS>...
      .....8 |"
0214  1876  200 LOCATE 13,10:PRINT"|      **      ** **      <CAT2YS>...
      .....9 |"
022C  1876  210 LOCATE 14,10:PRINT"|      ** ** **      <CATXYS>...
      .....10 |"
0244  1876  211 LOCATE 15,10:PRINT"|      ** **      **      <CAT1S>....
      .....11 |"
025C  1876  212 LOCATE 16,10:PRINT"| カテナリー特性 (海底傾斜、伸び) <SLCATS>...
      .....12 |"
0274  1876  250 LOCATE 17,10:PRINT"|      終了.....
      .....13 |"
028C  1876  252 LOCATE 18,10:PRINT"|
      |"
02A4  1876  260 PRINT:PA=3.14159265358979#
02B9  187E  270 LOCATE 20,12:INPUT"上の中から番号を選んで入力して下さい。";
      X
02D7  1886  280 IXX=INT(X)

```

```
Offset Data Source Line
02E6 188A 290 IF IXX>=14 OR IXX<1 THEN GOTO 270
0307 188A 300 IF IXX=1 THEN NA$="CAT2X" :GOSUB 20000:GOSUB 500
0324 188E 310 IF IXX=2 THEN NA$="CAT2Y" :GOSUB 20000:GOSUB 1500
0341 188E 320 IF IXX=3 THEN NA$="CAT2S" :GOSUB 20000:GOSUB 2500
035E 188E 330 IF IXX=4 THEN NA$="CAT1Y" :GOSUB 20000:GOSUB 4000
037B 188E 340 IF IXX=5 THEN NA$="CAT2XY" :GOSUB 20000:GOSUB 5500
0398 188E 350 IF IXX=6 THEN NA$="CAT1XS" :GOSUB 20000:GOSUB 7000
03B5 188E 360 IF IXX=7 THEN NA$="CAT1YS" :GOSUB 20000:GOSUB 8500
03D2 188E 370 IF IXX=8 THEN NA$="CAT2XS" :GOSUB 20000:GOSUB 10000
03EF 188E 380 IF IXX=9 THEN NA$="CAT2YS" :GOSUB 20000:GOSUB 11500
040C 188E 390 IF IXX=10 THEN NA$="CATXYS" :GOSUB 20000:GOSUB 13000
0429 188E 430 IF IXX=11 THEN NA$="CAT1S" :GOSUB 20000:GOSUB 16000
0446 188E 431 IF IXX=12 THEN NA$="SLCATS" :GOSUB 20000:GOSUB 18000
0463 188E 433 IF IXX=13 THEN VIEW PRINT 1 TO 24:CLS 1:END
0480 188E 440 END
0483 188E 441 REM
0483 188E 442 REM
0483 188E 443 REM
0483 188E 449 REM*****
****
0483 188E 500 REM PROGRAM CATENARY(2-X) corded by K.UNOKI
**
0483 188E 510 REM*****
****
0483 188E 550 INPUT"PRINT OUT (Y/Nb)";PR$:IF PR$="" THEN PR$="N"
04A8 1892 560 INPUT"T2(tf)=";T2
04BA 189A 570 INPUT"TH2(deg)=";TH2:TH2=TH2/180!*PA
04DF 18A2 580 INPUT"W(tf/m)=";W
04F1 18A2 590 INPUT"F(tf/m)=";F
0503 18A2 600 INPUT"X(m)=";X
0515 18A2 610 INPUT"IS DATA OK(Yb/N)";O$:IF O$="N" THEN GOTO 560
0533 18A6 620 C=T2*(F*SIN(TH2)+W*COS(TH2))
055C 18AE 630 INPUT"ホトム角度、はさみうち用スタートTH1(deg)=";X0:X0=X0/180!*PA
0581 18B6 640 INPUT"ホトム角度、はさみうち用イントTH1(deg)=";X1:X1=X1/180!*PA
05A6 18BE 650 TH1=X0:GOSUB 960:F0=XT-X
05C1 18D6 660 TH1=X1:GOSUB 960:F1=XT-X
05DC 18DE 670 E=1E-09
05E5 18E6 680 I=I+1
05F3 18EA 690 X2=(X0*F1-X1*F0)/(F1-F0) : PRINT X2*180!/PA ;XT
0646 18F2 700 TH1=X2:GOSUB 960:F2=XT-X
0661 18FA 710 IF ABS(X2-X3)<=E THEN 800
0678 1902 720 X3=X2
0681 1902 730 IF F0*F2<0 THEN 770
0692 1902 740 F0=F2
069B 1902 750 X0=X2
06A4 1902 760 GOTO 680
06A7 1902 770 F1=F2
06B0 1902 780 X1=X2
06B9 1902 790 GOTO 680
06BC 1902 800 S=C/(W*W+F*F)*((W*SIN(TH2)-F*COS(TH2))/(W*COS(TH2)+F*SIN(TH
2)))
0728 190A 810 S=S-C/(W*W+F*F)*((W*SIN(TH1)-F*COS(TH1))/(W*COS(TH1)+F*SIN(
TH1)))
0799 190A 820 T1=T2+F*XT-W*YT
```

```
Offset Data Source Line
07BF 191A 830 SCREEN 2,0:PRINT"<<CAT2X>>":PRINT USING"W=#####.#### tf/
m";W;
07E5 191A 840 PRINT USING" F=#####.#### tf/m";F
07F4 191A 850 PRINT USING"T2=#####.### tf";T2;
0803 191A 860 PRINT USING" TH2=#####.### deg";TH2/PA*180!
0821 191A 870 PRINT USING"T1=#####.### tf";T1;
0830 191A 880 PRINT USING" TH1=#####.### deg";TH1/PA*180!
084E 191A 890 PRINT USING"S=#####.### m";S;
085D 191A 900 PRINT USING" X=#####.### m";XT;
086C 191A 910 PRINT USING" Y=#####.### m";YT
087B 191A 915 IF PR$<>"N" THEN LPRINT"***** C A T
2 X *****"
0895 191A 920 GOSUB 1070
0898 191A 930 INPUT"DO YOU CONTINUE(Yb/N)";C$:SCREEN 0,0
08B2 191E 940 IF C$<>"N" THEN GOSUB 20000:GOTO 560
08C6 191E 950 RETURN 70:REM TO MAIN
08CA 191E 960 B2=W*COS(TH2)+F*SIN(TH2)
08ED 1926 970 B1=W*COS(TH1)+F*SIN(TH1)
0910 192E 980 C2=-W*TAN(TH2/2!)+F-SQR(W*W+F*F)
0965 1936 990 D2=-W*TAN(TH2/2!)+F+SQR(W*W+F*F)
09BA 193E 1000 C1=-W*TAN(TH1/2!)+F-SQR(W*W+F*F)
0A0F 1946 1010 D1=-W*TAN(TH1/2!)+F+SQR(W*W+F*F)
0A64 194E 1020 G2=ABS(C2/D2)
0A76 1956 1030 G1=ABS(C1/D1)
0A88 195E 1040 XT=C/(W*W+F*F)*(-F*(1!/B2-1!/B1)+W/SQR(W*W+F*F)*(LOG(G2)-L
OG(G1)))
0B0D 195E 1050 YT=C/(W*W+F*F)*( W*(1!/B2-1!/B1)+F/SQR(W*W+F*F)*(LOG(G2)-L
OG(G1)))
0B8C 195E 1060 RETURN
0B8D 195E 1070 IF PR$<>"Y" THEN GOTO 1080 ELSE LPRINT" CATENARY":LPRIN
T" I X(m) Y(m) T2(tf) TH2(deg)
R(m)"
0BB3 195E 1080 THS=TH1:THE=TH2:DHS=(THE-THS)/21!
0BDA 1976 1090 TH=THS:GOSUB 1220:XS=XX:YS=YY
0BF8 199E 1100 TH=THS-DHS
0C07 199E 1110 FOR I=1 TO 22
0C10 199E 1120 TH=TH+DHS:GOSUB 1220:XP=XX-XS:YP=YY-YS
0C3F 19AE 1130 TT=C/D: RR=TT/D
0C5D 19C6 1140 LOCATE 21,1 :PRINT USING"X=#####.###m Y=#####.###m T2=##
###.###tf TH2=####.###deg R=#####.###m";XP;YP;TT;TH/PA*180!;R
R
0C9F 19C6 1150 XD=(XP/S*255)*1.5+400
0CBA 19CE 1160 YD=(-YP/S*255)*1.5+400
0CD8 19D6 1170 IF I<>1 THEN LINE-(XD,YD) ELSE PSET (XD,YD)
0D2F 19D6 1180 IF PR$<>"Y" THEN GOTO 1200
0D3D 19D6 1190 LPRINT USING"#####.### #####.### #####.###
#####.### #####.###";I;XP;YP;TT;TH/PA*180!;RR
0D79 19D6 1200 NEXT I
0D95 19D6 1210 IF PR$<>"Y" THEN RETURN ELSE INPUT"ハート コピ-をとりますか";
DA$: RETURN
0DB7 19DA 1220 REM CATENARY PATTERN
0DB7 19DA 1230 G=FNA(TH):H=FNB(TH)
0DDE 19EA 1240 G=ABS(G/H)
0DEF 19EA 1250 D=W*COS(TH)+F*SIN(TH)
```

Offset	Data	Source Line
0E12	19EA	1260 V=W*W+F*F
0E30	19F2	1270 XX=C/V*(-F/D+W/SQR(V)*LOG(G))
0E6F	19F2	1280 IF ABS(W)<=E THEN GOTO 1310
0E80	19F2	1290 YY=C/V*(W/D+F/SQR(V)*LOG(G))
0EBC	19F2	1300 RETURN
0EBD	19F2	1310 G=TAN(TH/2!):G=ABS(G)
0EDA	19F2	1320 YY=C/F/F*LOG(G)
0EFC	19F2	1330 RETURN
0EFD	19F2	1331 REM
0EFD	19F2	1332 REM
0EFD	19F2	1333 REM
0EFD	19F2	1499 REM*****
0EFD	19F2	1500 REM PROGRAM CATENARY(2-Y) corded by K.UNOKI
0EFD	19F2	1510 REM*****
0EFD	19F2	1550 INPUT"PRINT OUT (Y/Nb)";PR\$:IF PR\$="" THEN PR\$="N"
0F22	19F2	1560 INPUT"T2(tf)=";T2
0F34	19F2	1570 INPUT"TH2(deg)=";TH2:TH2=TH2/180!*PA
0F59	19F2	1580 INPUT"W(tf/m)=";W
0F6B	19F2	1590 INPUT"F(tf/m)=";F
0F7D	19F2	1600 INPUT"Y(m)=";Y
0F8F	19FA	1610 INPUT"IS DATA OK(Yb/N)";O\$:IF O\$="N" THEN GOTO 1560
0FAD	19FA	1620 C=T2*(F*SIN(TH2)+W*COS(TH2))
0FD6	19FA	1630 INPUT"ホトム角度、はさみうち用スタートTH1(deg)=";X0:X0=X0/180!*PA
OFFB	19FA	1640 INPUT"ホトム角度、はさみうち用イント`TH1(deg)=";X1:X1=X1/180!*PA
1020	19FA	1650 TH1=X0:GOSUB 1960:F0=YT-Y
103B	19FA	1660 TH1=X1:GOSUB 1960:F1=YT-Y
1056	19FA	1670 E=1E-09
105F	19FA	1680 I=I+1
106D	19FA	1690 X2=(X0*F1-X1*F0)/(F1-F0) : PRINT X2*180!/PA ;YT
10C0	19FA	1700 TH1=X2:GOSUB 1960:F2=YT-Y
10DB	19FA	1710 IF ABS(X2-X3)<=E THEN 1800
10F2	19FA	1720 X3=X2
10FB	19FA	1730 IF F0*F2<0 THEN 1770
110C	19FA	1740 F0=F2
1115	19FA	1750 X0=X2
111E	19FA	1760 GOTO 1680
1121	19FA	1770 F1=F2
112A	19FA	1780 X1=X2
1133	19FA	1790 GOTO 1680
1136	19FA	1800 S=C/(W*W+F*F)*((W*SIN(TH2)-F*COS(TH2))/(W*COS(TH2)+F*SIN(TH2)))
11A2	19FA	1810 S=S-C/(W*W+F*F)*((W*SIN(TH1)-F*COS(TH1))/(W*COS(TH1)+F*SIN(TH1)))
1213	19FA	1820 T1=T2+F*XT-W*YT
1239	19FA	1830 SCREEN 2,0:PRINT"<<CAT2Y>>":PRINT USING"W= #####.##### tf/m";W;
125F	19FA	1840 PRINT USING" F= #####.##### tf/m";F
126E	19FA	1850 PRINT USING"T2= #####.### tf";T2;
127D	19FA	1860 PRINT USING" TH2= #####.### deg";TH2/PA*180!

Offset	Data	Source Line
129B	19FA	1870 PRINT USING"T1= #####.### tf";T1;
12AA	19FA	1880 PRINT USING" TH1= #####.### deg";TH1/PA*180!
12C8	19FA	1890 PRINT USING"S= #####.### m";S;
12D7	19FA	1900 PRINT USING" X= #####.### m";XT;
12E6	19FA	1910 PRINT USING" Y= #####.### m";YT
12F5	19FA	1915 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT"***** C A T 2 Y *****"
130F	19FA	1920 GOSUB 1070
1312	19FA	1930 INPUT"DO YOU CONTINUE(Yb/N)";C\$:SCREEN 0,0
132C	19FA	1940 IF C\$<>"N" THEN GOSUB 20000:GOTO 1560
1340	19FA	1950 RETURN 70:REM TO MAIN
1344	19FA	1960 B2=W*COS(TH2)+F*SIN(TH2)
1367	19FA	1970 B1=W*COS(TH1)+F*SIN(TH1)
138A	19FA	1980 C2=-W*TAN(TH2/2!)+F-SQR(W*W+F*F)
13DF	19FA	1990 D2=-W*TAN(TH2/2!)+F+SQR(W*W+F*F)
1434	19FA	2000 C1=-W*TAN(TH1/2!)+F-SQR(W*W+F*F)
1489	19FA	2010 D1=-W*TAN(TH1/2!)+F+SQR(W*W+F*F)
14DE	19FA	2020 G2=ABS(C2/D2)
14F0	19FA	2030 G1=ABS(C1/D1)
1502	19FA	2040 XT=C/(W*W+F*F)*(-F*(1!/B2-1!/B1)+W/SQR(W*W+F*F)*(LOG(G2)-LOG(G1)))
1587	19FA	2050 YT=C/(W*W+F*F)*(W*(1!/B2-1!/B1)+F/SQR(W*W+F*F)*(LOG(G2)-LOG(G1)))
1606	19FA	2060 RETURN
1607	19FA	2061 REM
1607	19FA	2062 REM
1607	19FA	2063 REM
1607	19FA	2500 REM*****
1607	19FA	2510 REM PROGRAM CATENARY corded by K.UNOKI
1607	19FA	2520 REM Revised by K.UNOKI } ADDED RHO
1607	19FA	2530 REM CAT2S 7 PLOT OUT
1607	19FA	2540 REM*****
1607	19FA	2550 REM
1607	19FA	2580 S\$="*****"+ "*****"
1615	19FE	2590 PAI=3.14159265358979#
161E	1A06	2600 DR=PAI/180!
162D	1A0E	2610 IT=0
1636	1A12	2620 INPUT"PRINT OUT (Y/Nb)";P\$:IF P\$="" THEN P\$="N"
165B	1A16	2622 PR\$=P\$
1664	1A16	2630 INPUT"COMMENT";C0\$
1676	1A1A	2640 INPUT"T2(tf)=";T2
1688	1A1A	2650 INPUT"THETA2(deg)=";TH2:TH2=TH2*DR
16A7	1A1A	2660 INPUT"W(tf/m)=";W
16B9	1A1A	2670 INPUT"F(tf/m)=";F
16CB	1A1A	2680 INPUT"S(m)=";S
16DD	1A1A	2690 INPUT"IS DATA OK(Yb/N)";O\$:PRINT:IF O\$="N" THEN GOTO 2640
1709	1A1A	2700 C=T2*(F*SIN(TH2)+W*COS(TH2))
1732	1A1A	2710 A1=T2*(W*SIN(TH2)-F*COS(TH2))
175B	1A22	2720 A2=S*(W*W+F*F):IF (A1<A2) AND (IT=0) THEN GOTO 3210
17A0	1A2A	2730 A3=W/C*(A1-A2)+F
17C1	1A32	2740 A4=W-F/C*(A1-A2)
17E2	1A3A	2750 IF ABS(A4)<1E-08 THEN TH1=SGN(A3)*PAI/2! : GOTO 2770
180E	1A3A	2760 TH1=ATN(A3/A4)

Offset	Data	Source Line
1823	1A3A	2770 T1=C/(F*SIN(TH1)+W*COS(TH1))
184C	1A3A	2780 IF T1<=0! THEN TH1=TH1+PAI
1865	1A3A	2790 B2=W*COS(TH2)+F*SIN(TH2)
1888	1A3A	2800 B1=W*COS(TH1)+F*SIN(TH1)
18AB	1A3A	2810 C2=-W*TAN(TH2/2!)+F-SQR(W*W+F*F)
1900	1A3A	2820 D2=-W*TAN(TH2/2!)+F+SQR(W*W+F*F)
1955	1A3A	2830 C1=-W*TAN(TH1/2!)+F-SQR(W*W+F*F)
19AA	1A3A	2840 D1=-W*TAN(TH1/2!)+F+SQR(W*W+F*F)
19FF	1A3A	2850 G2=ABS(C2/D2)
1A11	1A3A	2860 G1=ABS(C1/D1)
1A23	1A3A	2870 X=C/(W*W+F*F)*(-F*(1!/B2-1!/B1)+W/SQR(W*W+F*F))*(LOG(G2)-LOG(G1))
1AA8	1A3A	2880 IF ABS(W)<=1E-08 THEN GOTO 3250
1AB9	1A3A	2890 Y=C/(W*W+F*F)*(W*(1!/B2-1!/B1)+F/SQR(W*W+F*F))*(LOG(G2)-LOG(G1))
1B38	1A3A	2900 RHO=W*COS(TH1)+F*SIN(TH1):RHO=C/RHO/RHO:REM RADIUS OF CURVATURE
1B6D	1A42	2910 T1=C/(F*SIN(TH1)+W*COS(TH1)):IF IT=1 THEN GOTO 2940
1BA4	1A42	2920 IF IT=1 THEN X1=X:Y1=Y:T2=T1:TH2=TH1:S=S2:IT=2:GOTO 2700
1BEC	1A52	2930 IF IT=2 THEN X=X+X1:Y=Y+Y1
1C16	1A52	2940 IF P\$="Y" AND IT=1 THEN LPRINT S\$:LPRINT C\$:LPRINT S\$
1C62	1A52	2950 SCREEN 2,0:PRINT"<<CAT2S>>":PRINT USING"W= #####.##### tf/m";W;
1C88	1A52	2960 PRINT USING" F= #####.##### tf/m";F
1C97	1A52	2970 PRINT USING"T2= #####.##### tf";T2;
1CA6	1A52	2980 PRINT USING" TH2= #####.##### deg";TH2/DR
1CBE	1A52	2990 PRINT USING"T1= #####.##### tf";T1;
1CCD	1A52	3000 PRINT USING" TH1= #####.##### deg";TH1/DR
1CE5	1A52	3010 PRINT USING"S= #####.##### m";S;
1CF4	1A52	3020 PRINT USING" X= #####.##### m";X;
1D03	1A52	3030 PRINT USING" Y= #####.##### m";Y
1D12	1A52	3040 PRINT USING"RHO= #####.##### m";RHO:PRINT
1D2D	1A52	3050 IF P\$<>"Y" THEN GOTO 3160
1D3B	1A52	3055 LPRINT"***** C A T 2 S ***** *****"
1D47	1A52	3060 LPRINT:LPRINT USING"W= #####.##### tf/m";W;
1D62	1A52	3070 LPRINT USING" F= #####.##### tf/m";F
1D71	1A52	3080 LPRINT USING"T2= #####.##### tf";T2;
1D80	1A52	3090 LPRINT USING" TH2= #####.##### deg";TH2/DR
1D98	1A52	3100 LPRINT USING"T1= #####.##### tf";T1;
1DA7	1A52	3110 LPRINT USING" TH1= #####.##### deg";TH1/DR
1DBF	1A52	3120 LPRINT USING"S= #####.##### m";S;
1DCE	1A52	3130 LPRINT USING" X= #####.##### m";X;
1DDD	1A52	3140 LPRINT USING" Y= #####.##### m";Y
1DEC	1A52	3150 LPRINT USING"RHO= #####.##### m";RHO:LPRINT
1E07	1A52	3160 GOSUB 1070:REM PLOT CATENARY
1E0A	1A52	3165 INPUT"ハ-ト` ヌヒ°-をとりますか";DAS
1E1C	1A52	3170 SCREEN 0,0:IF IT=1 THEN GOTO 2920
1E32	1A52	3180 INPUT"DO YOU CONTINUE(Yb/N)";C\$
1E44	1A52	3190 IF C\$<>"N" THEN GOSUB 20000:GOTO 2610
1E58	1A52	3200 RETURN 70:REM TO MAIN
1E5C	1A52	3210 S1=A1/(W*W+F*F)
1E80	1A5A	3220 IT=1
1E89	1A5A	3230 S2=S-S1

Offset	Data	Source Line
1E98	1A5A	3240 S=S1:GOTO 2720
1EA4	1A5A	3250 REM W=0
1EA4	1A5A	3260 G2=ABS(TAN(TH2/2!))
1EBC	1A5A	3270 G1=ABS(TAN(TH1/2!))
1ED4	1A5A	3280 Y=C/(F*F)*(LOG(G2)-LOG(G1))
1F04	1A5A	3290 GOTO 2910
1F07	1A5A	3291 REM
1F07	1A5A	3292 REM
1F07	1A5A	3293 REM
1F07	1A5A	3999 REM*****
1F07	1A5A	4000 REM PROGRAM CATENARY(1-Y) corded by K.UNOKI
1F07	1A5A	4010 REM*****
1F07	1A5A	4060 RD=180!/PA
1F16	1A62	4070 INPUT"PRINT OUT (Y/Nb)";PR\$:IF PR\$="" THEN PR\$="N"
1F3B	1A62	4080 INPUT"T1(tf)=";T1
1F4D	1A62	4090 INPUT"TH1(deg)=";TH1:TH1=TH1/RD
1F6C	1A62	4100 INPUT"W(tf/m)=";W
1F7E	1A62	4110 INPUT"F(tf/m)=";F
1F90	1A62	4120 INPUT"Y(m)=";Y
1FA2	1A62	4130 INPUT"IS DATA OK(Yb/N)";O\$:IF O\$="N" THEN GOTO 4070
1FC0	1A62	4140 C=T1*(F*SIN(TH1)+W*COS(TH1))
1FE9	1A62	4150 FOR II=1 TO 10:SC(II)=10!:NEXT II
2024	1A66	4160 JC=0:IA=0
2033	1A6E	4170 GOTO 4680
2036	1A6E	4180 REM CONTINUE
2036	1A6E	4190 FOR N=1 TO IA
2048	1A72	4200 PRINT"SOLUTION NO.";N
205A	1A76	4210 I=0: TH2=X0(N):GOSUB 4560:F0=YY:REM PRINT TH2*RD:YY
2087	1A76	4220 TH2=X1(N):GOSUB 4560:F1=YY:REM PRINT TH2*RD:YY
20AB	1A76	4230 E=1E-09
20B4	1A76	4240 I=I+1:REM IF I>500 THEN PRINT"IS'NT CONVERGE !!":GOTO 430
20C2	1A76	4250 X2=(X0(N)*F1-X1(N)*F0)/(F1-F0):REM PRINT X2*RD:YT
2109	1A76	4260 TH2=X2:GOSUB 4560:F2=YY
211E	1A76	4270 IF ABS(X2-X3)<=E THEN 4360
2135	1A76	4280 X3=X2
213E	1A76	4290 IF F0*F2<0 THEN 4330
214F	1A76	4300 F0=F2
2158	1A76	4310 X0(N)=X2
2170	1A76	4320 GOTO 4240
2173	1A76	4330 F1=F2
217C	1A76	4340 X1(N)=X2
2194	1A76	4350 GOTO 4240
2197	1A76	4360 S=C/(W*W+F*F)*((W*SIN(TH2)-F*COS(TH2))/(W*COS(TH2)+F*SIN(TH2)))
2203	1A76	4370 S=S-C/(W*W+F*F)*((W*SIN(TH1)-F*COS(TH1))/(W*COS(TH1)+F*SIN(TH1)))
2274	1A76	4380 T2=T1-F*XT+W*YT:IF S<0! THEN PRINT"S<0 THEN NEGLECT":GOTO 4490
22B4	1A76	4390 SCREEN 2,0:PRINT"<<CAT1Y>>":PRINT USING"W= #####.##### tf/m";W;
22DA	1A76	4400 PRINT USING" F= #####.##### tf/m";F

Offset	Data	Source Line
22E9	1A76	4410 PRINT USING "T2= #####.### tf";T2;
22F8	1A76	4420 PRINT USING " TH2= #####.### deg";TH2*RD
2310	1A76	4430 PRINT USING "T1= #####.### tf";T1;
231F	1A76	4440 PRINT USING " TH1= #####.### deg";TH1*RD
2337	1A76	4450 PRINT USING "S= #####.### m";S;
2346	1A76	4460 PRINT USING " X= #####.### m";XT;
2355	1A76	4470 PRINT USING " Y= #####.### m";YT
2364	1A76	4475 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT"***** C A T 1 Y *****"
237E	1A76	4480 GOSUB 1070
2381	1A76	4490 IF N=IA THEN GOTO 4530 ELSE PRINT"NEXT SOLUTION IS EXIST ! PUSH ANY KEY"
239B	1A76	4500 A\$=INKEY\$:IF A\$="" THEN GOTO 4500
23AD	1A7A	4510 PRINT"CALCULATION IS CONTINUING."
23B9	1A7A	4520 NEXT N
23D5	1A7A	4530 INPUT"DO YOU CONTINUE(Yb/N)";C\$:SCREEN 0,0
23EF	1A7A	4540 IF C\$<>"N" THEN GOSUB 20000:GOTO 4080
2403	1A7A	4550 RETURN 70:REM TO MAIN
2407	1A7A	4560 B2=W*COS(TH2)+F*SIN(TH2)
242A	1A7A	4570 B1=W*COS(TH1)+F*SIN(TH1)
244D	1A7A	4580 C2=-W*TAN(TH2/2!)+F-SQR(W*W+F*F)
24A2	1A7A	4590 D2=-W*TAN(TH2/2!)+F+SQR(W*W+F*F)
24F7	1A7A	4600 C1=-W*TAN(TH1/2!)+F-SQR(W*W+F*F)
254C	1A7A	4610 D1=-W*TAN(TH1/2!)+F+SQR(W*W+F*F)
25A1	1A7A	4620 G2=ABS(C2/D2)
25B3	1A7A	4630 G1=ABS(C1/D1)
25C5	1A7A	4640 XT=C/(W*W+F*F)*(-F*(1!/B2-1!/B1)+W/SQR(W*W+F*F)*(LOG(G2)-L OG(G1)))
264A	1A7A	4650 YT=C/(W*W+F*F)*(W*(1!/B2-1!/B1)+F/SQR(W*W+F*F)*(LOG(G2)-L OG(G1)))
26C9	1A7A	4660 YY=YT-Y
26D8	1A7A	4670 RETURN
26D9	1A7A	4680 DX=.1:TH2=-PA/2!-.1:YY=0!
2703	1A82	4690 FOR J=1 TO 33
270C	1A82	4700 TI=TH2:FI=TH1:TH2=TH2+DX :IC=5:IF (ABS(TH2))>=PA/2!) THEN TH2=SGN(TH2)*89.99/RD
2767	1A96	4710 YI=YY:GOSUB 4560 :YE=YY:TE=TH2:FE=TH1:REM PRINT TE*RD;YY
278E	1AB6	4720 CX\$="TH20= ####.### deg TH21= ####.### deg TH10= ####.### deg TH11= ####.### deg"
2797	1ABA	4730 IF (YE*YI)<0! THEN IA=IA+1:X0(IA)=TI:X1(IA)=TE: PRINT USING CX\$;X0(IA)*RD;X1(IA)*RD;FI* RD;FE*RD:JC=7
2824	1ABA	4740 NEXT J
2840	1ABE	4750 IF (JC=7) THEN GOTO 4190
284E	1ABE	4760 IF (JC<>7) THEN PRINT"NO SOLUTION !!":GOTO 4080
286B	1ABE	4761 REM
286B	1ABE	4762 REM
286B	1ABE	4763 REM
286B	1ABE	5499 REM***** **
286B	1ABE	5500 REM PROGRAM CATENARY CAT2XY corded by K.UNOKI **
286B	1ABE	5510 REM***** **

Offset	Data	Source Line
286B	1ABE	5560 INPUT"PRINT OUT (Y/Nb)";PR\$:IF PR\$="" THEN PR\$="N"
2890	1ABE	5570 INPUT"T2(tf)=";T2
28A2	1ABE	5580 INPUT"W(tf/m)=";W
28B4	1ABE	5590 INPUT"F(tf/m)=";F
28C6	1ABE	5600 INPUT"X(m)=";X
28D8	1ABE	5610 INPUT"Y(m)=";Y
28EA	1ABE	5620 INPUT"IS DATA OK(Yb/N)";O\$:IF O\$="N" THEN GOTO 5560
2908	1ABE	5630 FOR II=1 TO 10:SC(II)=10!:NEXT II
2943	1ABE	5640 T1=T2+F*X-W*Y :RD=180!/PA:JC=0 :KC=0 :IA=0
298D	1AC2	5650 CC\$="T1=T2+F*X-W*Y= #####.### #####.### #####.### = #####.###"
2996	1AC6	5660 IF T1=<0! THEN PRINT "DATA SHOULD BE CHANGED." PRINT USING CC\$;T2;F*X;-W*Y;T1:GOTO 5570
29E9	1AC6	5670 GOTO 6220
29EC	1AC6	5680 FOR N=1 TO IA
29FE	1ACA	5690 TH2=X0(N):GOSUB 6040:F0=Z
2A22	1AD2	5700 TH2=X1(N):GOSUB 6040:F1=Z
2A46	1AD2	5710 E=1E-09
2A4F	1AD2	5720 I=I+1
2A5D	1AD2	5730 X2=(X0(N)*F1-X1(N)*F0)/(F1-F0) :REM PRINT X2*RD;XT;YT
2AA4	1AD2	5740 TH2=X2:GOSUB 6040:F2=Z
2AB9	1AD2	5750 IF ABS(X2-X3)<=E THEN 5840
2AD0	1AD2	5760 X3=X2
2AD9	1AD2	5770 IF F0*F2<0 THEN 5810
2AEA	1AD2	5780 F0=F2
2AF3	1AD2	5790 X0(N)=X2
2B0B	1AD2	5800 GOTO 5720
2B0E	1AD2	5810 F1=F2
2B17	1AD2	5820 X1(N)=X2
2B2F	1AD2	5830 GOTO 5720
2B32	1AD2	5840 S=C/(W*W+F*F)*((W*SIN(TH2)-F*COS(TH2))/(W*COS(TH2)+F*SIN(T H2)))
2B9E	1AD2	5850 S=S-C/(W*W+F*F)*((W*SIN(TH1)-F*COS(TH1))/(W*COS(TH1)+F*SIN (TH1)))
2C0F	1AD2	5860 T1=T2+F*XT-W*YT
2C35	1AD2	5870 SCREEN 2,0:PRINT"<<CAT2XY>>":PRINT USING"W= #####.##### t f/m";W;
2C5B	1AD2	5880 PRINT USING" F= ####.##### tf/m";F
2C6A	1AD2	5890 PRINT USING"T2= #####.### tf";T2;
2C79	1AD2	5900 PRINT USING" TH2= #####.### deg";TH2*RD
2C91	1AD2	5910 PRINT USING" T1= #####.### tf";T1;
2CA0	1AD2	5920 PRINT USING" TH1= #####.### deg";TH1*RD
2CB8	1AD2	5930 PRINT USING"S= #####.### m";S;
2CC7	1AD2	5940 PRINT USING" X= #####.### m";XT;
2CD6	1AD2	5950 PRINT USING" Y= #####.### m";YT
2CE5	1AD2	5955 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT"***** C A T 2 X Y *****"
2CFF	1AD2	5960 GOSUB 1070
2D02	1AD2	5970 IF N=IA THEN GOTO 6010 ELSE PRINT"NEXT SOLUTION IS EXIST ! PUSH ANY KEY"
2D1C	1AD2	5980 A\$=INKEY\$:IF A\$="" THEN GOTO 5980
2D2E	1AD2	5990 PRINT"CALCULATION IS CONTINUING."
2D3A	1AD2	6000 NEXT N
2D56	1AD2	6010 INPUT"DO YOU CONTINUE(Yb/N)";C\$:SCREEN 0,0

Offset	Data	Source Line
2D70	1AD2	6020 IF C\$<>"N" THEN GOSUB 20000:GOTO 5570
2D84	1AD2	6030 RETURN 70:REM TO MAIN
2D88	1AD2	6040 C=T2*(F*SIN(TH2)+W*COS(TH2))
2DB1	1AD2	6050 P=C/T1:Q1=W*W+F*F-P*P
2DEF	1AE2	6060 IF (Q1<0) THEN Q1=0
2E02	1AE2	6070 Q=(P*F+SQR(W*W*Q1))/(F*F+W*W):SG=-1!
2E53	1AF2	6080 IF KC=8 THEN Q=(P*F-SGN(SC(N))*SQR(W*W*Q1))/(F*F+W*W):SG=1!
2ECF	1AF2	6090 TH1=ATN(Q/SQR(1!-Q*Q))
2EF8	1AF2	6100 B2=W*COS(TH2)+F*SIN(TH2)
2F1B	1AF2	6110 B1=W*COS(TH1)+F*SIN(TH1)
2F3E	1AF2	6120 C2=-W*TAN(TH2/2!)+F-SQR(W*W+F*F)
2F93	1AF2	6130 D2=-W*TAN(TH2/2!)+F+SQR(W*W+F*F)
2FE8	1AF2	6140 C1=-W*TAN(TH1/2!)+F-SQR(W*W+F*F)
303D	1AF2	6150 D1=-W*TAN(TH1/2!)+F+SQR(W*W+F*F)
3092	1AF2	6160 G2=ABS(C2/D2)
30A4	1AF2	6170 G1=ABS(C1/D1)
30B6	1AF2	6180 XT=C/(W*W+F*F)*(-F*(1!/B2-1!/B1)+W/SQR(W*W+F*F))*(LOG(G2)-LOG(G1))
313B	1AF2	6190 YT=C/(W*W+F*F)*(W*(1!/B2-1!/B1)+F/SQR(W*W+F*F))*(LOG(G2)-LOG(G1))
31BA	1AF2	6200 XX=XT-X:YY=YT-Y:Z=SGN(XX)*SQR(XX*XX+YY*YY)
3207	1AF2	6210 RETURN
3208	1AF2	6220 DX=.1:TH2=-1.670796:TH1=0!:XX=0!:YY=0!
322F	1AF2	6230 FOR J=1 TO 33
3238	1AF2	6240 TI=TH2:FI=TH1:TH2=TH2+DX:IC=5:IF (ABS(TH2))>=PA/2!) THEN TH2=SGN(TH2)*PA/2!* .99999
3294	1AF2	6250 C=T2*(F*SIN(TH2)+W*COS(TH2)):P=C/T1
32CB	1AF2	6260 Q1=W*W+F*F-P*P
32F9	1AF2	6270 IF Q1<0! THEN Q1=0!
330C	1AF2	6280 XI=XX:YI=YY:GOSUB 6070:XE=XX:YE=YY:TE=TH2:FE=TH1
3345	1B02	6290 CX\$="TH20= ####.### deg TH21= ####.### deg TH10= ####.### deg TH11= ####.### deg"
334E	1B02	6300 IF ((XE*XI)<0!) AND ((YE*YI)<=.001) THEN IA=IA+1:XO(IA)=TI:X1(IA)=TE:PRINT USING CX\$:XO(IA)*RD:X1(IA)*RD:FI*RD:FE*RD:JC=7:SC(IA)=SG
3408	1B02	6310 NEXT J
3424	1B02	6320 IF (JC=7) AND (KC=8) THEN GOTO 5680
344B	1B02	6330 IF (JC<>7) THEN PRINT"NO SOLUTION !!":IF KC=8 THEN GOTO 5570
3473	1B02	6340 KC=8:PRINT"SEARCHING ANOTHER SOLUTION.":N=IA+1:GOTO 6220
349A	1B02	6341 REM
349A	1B02	6342 REM
349A	1B02	6343 REM
349A	1B02	7000 REM*****
349A	1B02	7010 REM*** P R O G R A M CATBASX.BAS **
349A	1B02	7020 REM*** CAT1XS corded by K.UNOKI (Rev.A) 8.9 **
349A	1B02	7030 REM*****
349A	1B02	7040 REM
349A	1B02	7070 REM

Offset	Data	Source Line
349A	1B02	7090 E=1E-09
34A3	1B02	7100 INPUT"PRINT OUT(Yb/N)":PR\$:IF PR\$="" THEN PR\$="Y"
34C8	1B02	7110 INPUT"CHECK WRITE(Y/Nb)":PQ\$:IF PQ\$="" THEN PQ\$="N"
34ED	1B06	7120 INPUT"W(tf/m)=";W
34FF	1B06	7130 INPUT"F(tf/m)=";F
3511	1B06	7140 INPUT"X(m)=";X
3523	1B06	7150 INPUT"TH1(deg)=";TH1:TH1=TH1/180!*PA
3548	1B06	7160 INPUT"S(m)=";S
355A	1B06	7170 INPUT"ホトム張力きざみ (テフォルト可) DT(tf)=";DT
356C	1B0E	7180 INPUT"ホトム張力スタート(テフォルト可) T1(tf)=";TS
357E	1B16	7190 INPUT"ホトム張力イント(テフォルト可) T1(tf)=";TE
3590	1B16	7200 INPUT"IS DATA OK(Yb/N)":D\$
35A2	1B1A	7210 IF D\$="N" THEN 7120
35B0	1B1A	7220 REM ASUME T1
35B0	1B1A	7230 IF ABS(DT)<=E THEN DT=SQR(W*W+F*F)*S*50:IMAX=11:T1=-DT:J=0:GOTO 7250
3614	1B1E	7240 T1=TS-DT:J=0:IMAX=INT((TE-TS)/DT)
364C	1B1E	7250 PRINT"ITERATION ";IMAX
365E	1B1E	7260 FOR I= 1 TO IMAX
3670	1B22	7270 T1=T1+DT:IF ABS(T1)<=E THEN T1=.0001
3698	1B22	7280 IF I<>1 THEN CH1=X-X1
36B5	1B2A	7290 GOSUB 7890
36B8	1B2A	7300 PRINT".":IF PQ\$="Y" THEN PRINT USING"T1 ####.### tf X ## ###.### m X1 ####.### m DX ####.### m":T1;X;X1;CH2
36F3	1B32	7310 IF I<>1 AND CH1*CH2<0! THEN J=J+1:YO(J)=T1-DT:Y1(J)=T1
375C	1B32	7320 NEXT I
3778	1B32	7330 PRINT USING"### ANSWERS":J:IF J=0 THEN GOTO 7120
3791	1B32	7340 FOR I=1 TO J
37A3	1B36	7350 PRINT USING"YO ####.### tf Y1 ####.### tf":YO(I);Y1(I)
37CA	1B36	7360 NEXT I
37E3	1B36	7370 PRINT
37EF	1B36	7380 FOR N=1 TO J
3801	1B3A	7390 T1=YO(N):GOSUB 7890:F0=CH2
3825	1B3A	7400 T1=Y1(N):GOSUB 7890:F1=CH2
3849	1B3A	7410 Y2=(YO(N)*F1-Y1(N)*F0)/(F1-F0)
3890	1B42	7420 T1=Y2:GOSUB 7890:F2=CH2
38A5	1B42	7430 IF ABS(Y2-Y3)<=E THEN 7520:REM SOLUTION
38BC	1B4A	7440 Y3=Y2
38C5	1B4A	7450 IF F0*F2<0 THEN 7490
38D6	1B4A	7460 F0=F2
38DF	1B4A	7470 YO(N)=Y2
38F7	1B4A	7480 GOTO 7410
38FA	1B4A	7490 F1=F2
3903	1B4A	7500 Y1(N)=Y2
391B	1B4A	7510 GOTO 7410
391E	1B4A	7520 GOSUB 7890
3921	1B4A	7530 IF ABS(W)<=E THEN GOTO 8070
3932	1B4A	7540 Y1=C/(W*W+F*F)*(W/D2-W/D1+F/SQR(W*W+F*F))*(LOG(G2)-LOG(G1))
39AD	1B4A	7550 T2=C/(F*SIN(TH2)+W*COS(TH2))
39D6	1B4A	7560 PRINT:SCREEN 2,0:PRINT"<<CAT1XS>>"
39F9	1B4A	7570 PRINT"W(tf/m)=";W
3A0B	1B4A	7580 PRINT"F(tf/m)=";F
3A1D	1B4A	7590 PRINT"X(m)=";X


```

Offset Data Source Line
3A2F 1B4A 7600 PRINT"TH1(deg)=";TH1/PA*180!
3A50 1B4A 7610 PRINT"S(m)=";S
3A62 1B4A 7620 PRINT USING"T1 #####.### tf Y1 #####.### m T2 #####.### t
f TH2 #####.### deg";T1;Y1;T2;TH2/PA*180!
3A92 1B4A 7630 IF PR$<"Y" THEN 7710
3AA0 1B4A 7640 LPRINT:LPRINT"<<CAT1XS>>"
3AB8 1B4A 7650 LPRINT"W(tf/m)=";W
3ACA 1B4A 7660 LPRINT"F(tf/m)=";F
3ADC 1B4A 7670 LPRINT"X(m)=";X
3AEE 1B4A 7680 LPRINT"TH1(deg)=";TH1/PA*180!
3BOF 1B4A 7690 LPRINT"S(m)=";S
3B21 1B4A 7700 LPRINT USING"T1 #####.### tf Y1 #####.### m T2 #####.###
tf TH2 #####.### deg";T1;Y1;T2;TH2/PA*180! :LPRINT" CATENARY
":LPRINT" I X(m) Y(m) T2(tf) TH2(
deg) R(m)"
3B69 1B4A 7710 THS=TH1:THE=TH2:DHS=(THE-THS)/30!
3B90 1B4A 7720 TH=THS:GOSUB 1220:XS=XX:YS=YY
3BAE 1B4A 7730 TH=THS-DHS
3BBD 1B4A 7740 FOR I=1 TO 31
3BC6 1B4A 7750 TH=TH+DHS:GOSUB 1220:XP=XX-XS:YP=YY-YS
3BF5 1B4A 7760 TT=C/D:RR=TT/D
3C13 1B4A 7770 LOCATE 21,1 :PRINT USING"X=#####.###m Y=#####.###m T2=##
###.###tf TH2=#####.###deg R=#####.###m";XP;YP;TT;TH/PA*180!;R
R
3C55 1B4A 7780 XD=(XP/S*255)*1.5+400
3C70 1B4A 7790 YD=(-YP/S*255)*1.5+400
3C8E 1B4A 7800 IF I<>1 THEN LINE-(XD,YD) ELSE PSET (XD,YD)
3CE5 1B4A 7810 IF PR$<"Y" THEN GOTO 7830
3CF3 1B4A 7820 LPRINT USING"#####.### #####.### #####.### #####.###
#####.### #####.###";I;XP;YP;TT;TH/PA*180!;RR
3D2F 1B4A 7830 NEXT I
3D4B 1B4A 7840 INPUT"ハト` コヒ`をとりまですか";DA$
3D5D 1B4A 7850 NEXT N
3D79 1B4A 7860 INPUT"NEXT(Yb/N)";P$
3D8B 1B4A 7870 IF P$="N" THEN SCREEN 0,0:GOTO 8050
3DA4 1B4A 7880 SCREEN 0,0:GOSUB 20000:GOTO 7100
3DB2 1B4A 7890 REM MAIN CALCULATION
3DB2 1B4A 7900 D1=F*SIN(TH1)+W*COS(TH1) :C=T1*D1
3DE1 1B4A 7910 A=S*(W*W+F*F)/T1/D1+(W*SIN(TH1)-F*COS(TH1))/D1
3E45 1B52 7920 WA=W-A*F
3E5A 1B5A 7930 IF ABS(WA)<=E THEN TH2=SGN(A*W+F)*PA/2!:GOTO 7970
3E92 1B5A 7940 TH2=ATN((A*W+F)/(W-A*F))
3EC3 1B5A 7950 T2=C/(F*SIN(TH2)+W*COS(TH2))
3EEC 1B5A 7960 IF T2<0! THEN TH2=PA+TH2
3F03 1B5A 7970 D2=F*SIN(TH2)+W*COS(TH2)
3F26 1B5A 7980 G1=FNA(TH1)
3F38 1B5A 7990 H1=FNB(TH1) :G1=ABS(G1/H1)
3F58 1B62 8000 G2=FNA(TH2)
3F6A 1B62 8010 H2=FNB(TH2) :G2=ABS(G2/H2)
3F8A 1B6A 8020 X1=C/(W*W+F*F)*(-F/D2+F/D1+W/SQR(W*W+F*F))*(LOG(G2)-LOG(G1)
))
4006 1B6A 8030 CH2=X-X1
4015 1B6A 8040 RETURN
4016 1B6A 8050 CLS:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT" B Y E - B Y E ! ! "

```

```

Offset Data Source Line
4046 1B6A 8060 RETURN 70:REM TO MAIN
404A 1B6A 8070 REM W=0
404A 1B6A 8080 G2=ABS(TAN(TH2/2!))
4062 1B6A 8090 G1=ABS(TAN(TH1/2!))
407A 1B6A 8100 Y1=C/(F*F)*(LOG(G2)-LOG(G1))
40AA 1B6A 8110 GOTO 7550
40AD 1B6A 8111 REM
40AD 1B6A 8112 REM
40AD 1B6A 8113 REM
40AD 1B6A 8500 REM*****
*
40AD 1B6A 8510 REM*** P R O G R A M CATBAS.BAS **
*
40AD 1B6A 8520 REM*** CAT1YS corded by K.UNOKI (Rev.4) 8.9 **
*
40AD 1B6A 8530 REM*****
*
40AD 1B6A 8540 REM
40AD 1B6A 8590 E=1E-09
40B6 1B6A 8600 INPUT"PRINT OUT(Yb/N)";PR$ :IF PR$="" THEN PR$="Y"
40DB 1B6A 8610 INPUT"CHECK WRITE(Y/Nb)";PQ$ :IF PQ$="" THEN PQ$="N"
4100 1B6A 8620 INPUT"W(tf/m)=";W
4112 1B6A 8630 INPUT"F(tf/m)=";F
4124 1B6A 8640 INPUT"Y(m)=";Y
4136 1B6A 8650 INPUT"TH1(deg)=";TH1:TH1=TH1/180!*PA
415B 1B6A 8660 INPUT"S(m)=";S
416D 1B6A 8670 INPUT"ホトム張力きざみ (テ`フォルト可) DT(tf)=";DT
417F 1B6A 8680 INPUT"ホトム張力スタート(テ`フォルト可) T1(tf)=";TS
4191 1B6A 8690 INPUT"ホトム張力エント(テ`フォルト可) T1(tf)=";TE
41A3 1B6A 8700 INPUT"IS DATA OK(Yb/N)";D$
41B5 1B6A 8710 IF D$="N" THEN 8620
41C3 1B6A 8720 REM ASUME T1
41C3 1B6A 8730 IF ABS(DT)<=E THEN DT=SQR(W*W+F*F)*S*50 :IMAX=11:T1=-DT:J=
0:GOTO 8750
4227 1B6A 8740 T1=TS-DT:J=0:IMAX=INT((TE-TS)/DT)
425F 1B6A 8750 PRINT"ITERATION ";IMAX
4271 1B6A 8760 FOR I= 1 TO IMAX
4283 1B6E 8770 T1=T1+DT :IF ABS(T1)<=E THEN T1=.0001
42AB 1B6E 8780 IF I<>1 THEN CH1=Y-Y1
42C8 1B6E 8790 GOSUB 9380
42CB 1B6E 8800 PRINT".":IF PQ$="Y" THEN PRINT USING"T1 #####.### tf Y ##
###.### m Y1 #####.### m DY #####.### m";T1;Y;Y1;CH2
8810 IF I<>1 AND CH1*CH2<0! THEN J=J+1:X0(J)=T1-DT:X1(J)=T1
8820 NEXT I
436F 1B6E 8830 PRINT USING"### ANSWERS";J :IF J=0 THEN GOTO 8620
438B 1B6E 8840 FOR I=1 TO J
43A4 1B6E 8850 PRINT USING"X0 #####.### tf X1 #####.### tf";X0(I);X1(I)
43B6 1B72 8860 NEXT I
43DD 1B72 8870 PRINT
43F6 1B72 8880 FOR N=1 TO J
4402 1B72 8890 T1=X0(N):GOSUB 9380:F0=CH2
4414 1B76 8900 T1=X1(N):GOSUB 9380:F1=CH2
4438 1B76 8910 X2=(X0(N)*F1-X1(N)*F0)/(F1-F0)
445C 1B76 8920 T1=X2:GOSUB 9380:F2=CH2
44A3 1B76

```

Offset	Data	Source Line
44B8	1B76	8930 IF ABS(X2-X3)<=E THEN 9020 :REM SOLUTION
44CF	1B76	8940 X3=X2
44D8	1B76	8950 IF F0*F2<0 THEN 8990
44E9	1B76	8960 F0=F2
44F2	1B76	8970 X0(N)=X2
450A	1B76	8980 GOTO 8910
450D	1B76	8990 F1=F2
4516	1B76	9000 X1(N)=X2
452E	1B76	9010 GOTO 8910
4531	1B76	9020 GOSUB 9380
4534	1B76	9030 X1=C/(W*W+F*F)*(-F/D2+F/D1+W/SQR(W*W+F*F))*(LOG(G2)-LOG(G1))
45B0	1B76	9040 T2=C/(F*SIN(TH2)+W*COS(TH2))
45D9	1B76	9050 PRINT:SCREEN 2,0:PRINT"<<CAT1YS>>"
45FC	1B76	9060 PRINT"W(tf/m)=";W
460E	1B76	9070 PRINT"F(tf/m)=";F
4620	1B76	9080 PRINT"Y(m)=";Y
4632	1B76	9090 PRINT"TH1(deg)=";TH1/PA*180!
4653	1B76	9100 PRINT"S(m)=";S
4665	1B76	9110 PRINT USING"T1 #####.### tf X1 #####.### m T2 #####.### t f TH2 #####.### deg";T1;X1;T2;TH2/PA*180!
4695	1B76	9120 IF PR\$<>"Y" THEN 9200
46A3	1B76	9130 LPRINT:LPRINT"<<CAT1YS>>"
46BB	1B76	9140 LPRINT"W(tf/m)=";W
46CD	1B76	9150 LPRINT"F(tf/m)=";F
46DF	1B76	9160 LPRINT"Y(m)=";Y
46F1	1B76	9170 LPRINT"TH1(deg)=";TH1/PA*180!
4712	1B76	9180 LPRINT"S(m)=";S
4724	1B76	9190 LPRINT USING"T1 #####.### tf X1 #####.### m T2 #####.### tf TH2 #####.### deg";T1;X1;T2;TH2/PA*180! :LPRINT" CATENARY ":LPRINT" I X(m) Y(m) T2(tf) TH2(deg) R(m)"
476C	1B76	9200 THS=TH1:THE=TH2:DHS=(THE-THS)/30!
4793	1B76	9210 TH=THS:GOSUB 1220:XS=XX:YS=YY
47B1	1B76	9220 TH=THS-DHS
47C0	1B76	9230 FOR I=1 TO 31
47C9	1B76	9240 TH=TH+DHS:GOSUB 1220:XP=XX-XS:YP=YY-YS
47F8	1B76	9250 TT=C/D: RR=TT/D
4816	1B76	9260 LOCATE 21,1 :PRINT USING"X#####.###m Y#####.###m T2## #####.###tf TH2#####.###deg R#####.###m";XP;YP;TT;TH/PA*180!;R
4858	1B76	9270 XD=(XP/S*255)*1.5+400
4873	1B76	9280 YD=(-YP/S*255)*1.5+400
4891	1B76	9290 IF I<>1 THEN LINE-(XD,YD) ELSE PSET (XD,YD)
48E8	1B76	9300 IF PR\$<>"Y" THEN GOTO 9320
48F6	1B76	9310 LPRINT USING"#####.### #####.### #####.### #####.### #####.### #####.###";I;XP;YP;TT;TH/PA*180!;RR
4932	1B76	9320 NEXT I
494E	1B76	9330 INPUT"ハ-ト` コピ-をとりますか";DA\$
4960	1B76	9340 NEXT N
497C	1B76	9350 INPUT"NEXT(Yb/N)";P\$
498E	1B76	9360 IF P\$="N" THEN SCREEN 0,0:GOTO 9550
49A7	1B76	9370 SCREEN 0,0:GOSUB 20000:GOTO 8600
49B5	1B76	9380 REM MAIN CALCULATION

Offset	Data	Source Line
49B5	1B76	9390 D1=F*SIN(TH1)+W*COS(TH1) :C=T1*D1
49E4	1B76	9400 A=S*(W*W+F*F)/T1/D1+(W*SIN(TH1)-F*COS(TH1))/D1
4A48	1B76	9410 WA=W-A*F
4A5D	1B76	9420 IF ABS(WA)<=E THEN TH2=SGN(A*W+F)*PA/2!:GOTO 9460
4A95	1B76	9430 TH2=ATN((A*W+F)/(W-A*F))
4AC6	1B76	9440 T2=C/(F*SIN(TH2)+W*COS(TH2))
4AEF	1B76	9450 IF T2<0! THEN TH2=PA+TH2
4B06	1B76	9460 D2=F*SIN(TH2)+W*COS(TH2)
4B29	1B76	9470 IF ABS(W)<=E THEN GOTO 9570
4B3A	1B76	9480 G1=FNA(TH1)
4B4C	1B76	9490 H1=FNB(TH1) :G1=ABS(G1/H1)
4B6C	1B76	9500 G2=FNA(TH2)
4B7E	1B76	9510 H2=FNB(TH2) :G2=ABS(G2/H2)
4B9E	1B76	9520 Y1=C/(W*W+F*F)*(W/D2-W/D1+F/SQR(W*W+F*F))*(LOG(G2)-LOG(G1))
4C19	1B76	9530 CH2=Y-Y1
4C28	1B76	9540 RETURN
4C29	1B76	9550 CLS:PRINT:PRINT:PRINT" B Y E - B Y E ! !"
4C59	1B76	9560 RETURN 70:REM TO MAIN
4C5D	1B76	9570 REM W=0
4C5D	1B76	9580 G2=ABS(TAN(TH2/2!))
4C75	1B76	9590 G1=ABS(TAN(TH1/2!))
4C8D	1B76	9600 Y1=C/(F*F)*(LOG(G2)-LOG(G1))
4CBD	1B76	9610 GOTO 9530
4CC0	1B76	9611 REM
4CC0	1B76	9612 REM
4CC0	1B76	9613 REM
4CC0	1B76	10000 REM*****
4CC0	1B76	10010 REM*** P R O G R A M BASCATX.BAS *
4CC0	1B76	10020 REM*** CAT2XS corded by K.UNOKI (Rev.A) 8.9 *
4CC0	1B76	10030 REM*****
4CC0	1B76	10040 REM
4CC0	1B76	10090 E=1E-09
4CC9	1B76	10100 INPUT"PRINT OUT(Yb/N)";PR\$:IF PR\$="" THEN PR\$="Y"
4CEE	1B76	10110 INPUT"CHECK WRITE(Y/Nb)";PQ\$:IF PQ\$="" THEN PQ\$="N"
4D13	1B76	10120 INPUT"W(tf/m)=";W
4D25	1B76	10130 INPUT"F(tf/m)=";F
4D37	1B76	10140 INPUT"X(m)=";X
4D49	1B76	10150 INPUT"TH2(deg)=";TH2:TH2=TH2/180!*PA
4D6E	1B76	10160 INPUT"S(m)=";S
4D80	1B76	10170 INPUT"トップ張力きざみ (テ`フォルト可) DT(tf)=";DT
4D92	1B76	10180 INPUT"トップ張力スタート (テ`フォルト可) T1(tf)=";TS
4DA4	1B76	10190 INPUT"トップ張力エント` (テ`フォルト可) T1(tf)=";TE
4DB6	1B76	10200 INPUT"IS DATA OK(Yb/N)";D\$
4DC8	1B76	10210 IF D\$="N" THEN 10120
4DD6	1B76	10220 REM ASUME T2
4DD6	1B76	10230 IF ABS(DT)<=E THEN DT=SQR(W*W+F*F)*S*50:IMAX=11:T2=-DT:J=0:GOTO 10250
4E3A	1B76	10240 T2=TS-DT:J=0:IMAX=INT((TE-TS)/DT)
4E72	1B76	10250 PRINT"ITERATION ";IMAX

Offset	Data	Source Line
4E84	1B76	10260 FOR I= 1 TO IMAX
4E96	1B7A	10270 T2=T2+DT :IF ABS(T1)<=E THEN T2=.0001
4EBF	1B7A	10280 IF I<>1 THEN CH1=X-X1
4EDC	1B7A	10290 GOSUB 10900
4EDF	1B7A	10300 PRINT".":IF PQ\$="Y" THEN PRINT USING"T2 #####.### tf X # #####.### m X1 #####.### m DX #####.### m":T2;X;X1;CH2
4F1A	1B7A	10310 IF I<>1 AND CH1*CH2<0! THEN J=J+1:Y0(J)=T2-DT:Y1(J)=T2
4F83	1B7A	10320 NEXT I
4F9F	1B7A	10330 PRINT USING"### ANSWERS";J :IF J=0 THEN GOTO 10120
4FB8	1B7A	10340 FOR I=1 TO J
4FCA	1B7E	10350 PRINT USING"Y0 #####.### tf Y1 #####.### tf":Y0(I);Y1(I)
4FF1	1B7E	10360 NEXT I
500A	1B7E	10370 PRINT
5016	1B7E	10380 FOR N=1 TO J
5028	1B82	10390 T2=Y0(N):GOSUB 10900:F0=CH2
504C	1B82	10400 T2=Y1(N):GOSUB 10900:F1=CH2
5070	1B82	10410 Y2=(Y0(N)*F1-Y1(N)*F0)/(F1-F0)
50B7	1B82	10420 T2=Y2:GOSUB 10900:F2=CH2
50CC	1B82	10430 IF ABS(Y2-Y3)<=E THEN 10520 :REM SOLUTION
50E3	1B82	10440 Y3=Y2
50EC	1B82	10450 IF F0*F2<0 THEN 10490
50FD	1B82	10460 F0=F2
5106	1B82	10470 Y0(N)=Y2
511E	1B82	10480 GOTO 10410
5121	1B82	10490 F1=F2
512A	1B82	10500 Y1(N)=Y2
5142	1B82	10510 GOTO 10410
5145	1B82	10520 GOSUB 10900
5148	1B82	10530 IF ABS(W)<=E THEN GOTO 11080
5159	1B82	10540 Y1=C/(W*W+F*F)*(W/D2-W/D1+F/SQR(W*W+F*F)*(LOG(G2)-LOG(G1)))
51D4	1B82	10550 T1=C/(F*SIN(TH1)+W*COS(TH1))
51FD	1B82	10560 PRINT:SCREEN 2,0:PRINT"<<CAT2XS>>"
5220	1B82	10570 PRINT"W(tf/m)=";W
5232	1B82	10580 PRINT"F(tf/m)=";F
5244	1B82	10590 PRINT"X(m)=";X
5256	1B82	10600 PRINT"TH2(deg)=";TH2/PA*180!
5277	1B82	10610 PRINT"S(m)=";S
5289	1B82	10620 PRINT USING"T1 #####.### tf Y1 #####.### m T2 #####.### tf TH1 #####.### deg";T1;Y1;T2;TH1/PA*180!
52B9	1B82	10630 IF PR\$<>"Y" THEN 10710
52C7	1B82	10640 LPRINT:LPRINT"<<CAT2XS>>"
52DF	1B82	10650 LPRINT"W(tf/m)=";W
52F1	1B82	10660 LPRINT"F(tf/m)=";F
5303	1B82	10670 LPRINT"X(m)=";X
5315	1B82	10680 LPRINT"TH2(deg)=";TH2/PA*180!
5336	1B82	10690 LPRINT"S(m)=";S
5348	1B82	10700 LPRINT USING"T1 #####.### tf Y1 #####.### m T2 #####.### tf TH1 #####.### deg";T1;Y1;T2;TH1/PA*180! :LPRINT" CATENARY ":LPRINT" I X(m) Y(m) T2(tf) TH2(deg) R(m)"
5390	1B82	10710 THS=TH1:THE=TH2:DHS=(THE-THS)/30!
53B7	1B82	10720 TH=THS:GOSUB 1220:XS=XX:YS=YY
53D5	1B82	10730 TH=THS-DHS

Offset	Data	Source Line
53E4	1B82	10740 FOR I=1 TO 31
53ED	1B82	10750 TH=TH+DHS:GOSUB 1220:XP=XX:XS=YP=YY-YS
541C	1B82	10760 TT=C/D :RR=TT/D
543A	1B82	10770 LOCATE 21,1 :PRINT USING"X=#####.###m Y=#####.###m T2=# #####.###tf TH2=#####.###deg R=#####.###m";XP;YP;TT;TH/PA*180!; RR
547C	1B82	10780 XD=(XP/S*255)*1.5+400
5497	1B82	10790 YD=(-YP/S*255)*1.5+400
54B5	1B82	10800 IF I<>1 THEN LINE-(XD,YD) ELSE PSET (XD,YD)
550C	1B82	10810 IF PR\$<>"Y" THEN GOTO 10830
551A	1B82	10820 LPRINT USING"#####.### #####.### #####.### #####.### #####.###";I;XP;YP;TT;TH/PA*180!;RR
5556	1B82	10830 NEXT I
5572	1B82	10840 INPUT"ハト` コピ-をとりますか";DA\$
5584	1B82	10850 NEXT N
55A0	1B82	10860 PRINT
55AC	1B82	10870 INPUT"NEXT(Yb/N)";P\$
55BE	1B82	10880 IF P\$="N" THEN SCREEN 0,0:GOTO 11060
55D7	1B82	10890 SCREEN 0,0:GOSUB 20000:GOTO 10100
55E5	1B82	10900 REM MAIN CALCULATION
55E5	1B82	10910 D2=F*SIN(TH2)+W*COS(TH2) :C=T2*D2
5614	1B82	10920 A=-S*(W*W+F*F)/T2/D2+(W*SIN(TH2)-F*COS(TH2))/D2
5680	1B82	10930 WA=W-A*F
5695	1B82	10940 IF ABS(WA)<=E THEN TH1=SGN(A*W+F)*PA/2!:GOTO 10980
56CD	1B82	10950 TH1=ATN((A*W+F)/(W-A*F))
56FE	1B82	10960 T1=C/(F*SIN(TH1)+W*COS(TH1))
5727	1B82	10970 IF T1<0! THEN TH1=PA+TH1
573E	1B82	10980 D1=F*SIN(TH1)+W*COS(TH1)
5761	1B82	10990 G1=FNA(TH1)
5773	1B82	11000 H1=FNB(TH1) :G1=ABS(G1/H1)
5793	1B82	11010 G2=FNA(TH2)
57A5	1B82	11020 H2=FNB(TH2) :G2=ABS(G2/H2)
57C5	1B82	11030 X1=C/(W*W+F*F)*(-F/D2+F/D1+W/SQR(W*W+F*F)*(LOG(G2)-LOG(G1)))
5841	1B82	11040 CH2=X-X1
5850	1B82	11050 RETURN
5851	1B82	11060 CLS:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT" B Y E - B Y E ! !"
5881	1B82	11070 RETURN 70:REM TO MAIN
5885	1B82	11080 REM W=0
5885	1B82	11090 G2=ABS(TAN(TH2/2!))
589D	1B82	11100 G1=ABS(TAN(TH1/2!))
58B5	1B82	11110 Y1=C/(F*F)*(LOG(G2)-LOG(G1))
58E5	1B82	11120 GOTO 10550
58E8	1B82	11121 REM
58E8	1B82	11122 REM
58E8	1B82	11123 REM
58E8	1B82	11500 REM***** ** 11510 REM*** P R O G R A M BASCAT.BAS *
58E8	1B82	** 11520 REM*** CAT2YS corded by K.UNOKI (Rev.A) 8.9 *
58E8	1B82	** 11530 REM***** **

Offset	Data	Source Line
58E8	1B82	11540 REM
58E8	1B82	11590 E=1E-09
58F1	1B82	11600 INPUT"PRINT OUT(Yb/N)";PR\$:IF PR\$="" THEN PR\$="Y"
5916	1B82	11610 INPUT"CHECK WRITE(Y/Nb)";PQ\$:IF PQ\$="" THEN PQ\$="N"
593B	1B82	11620 INPUT"W(tf/m)=";W
594D	1B82	11630 INPUT"F(tf/m)=";F
595F	1B82	11640 INPUT"Y(m)=";Y
5971	1B82	11650 INPUT"TH2(deg)=";TH2:TH2=TH2/180!*PA
5996	1B82	11660 INPUT"S(m)=";S
59A8	1B82	11670 INPUT"トップ張力きざみ(テフォルト可) DT(tf)=";DT
59BA	1B82	11680 INPUT"トップ張力スタート(テフォルト可) T1(tf)=";TS
59CC	1B82	11690 INPUT"トップ張力エント(テフォルト可) T1(tf)=";TE
59DE	1B82	11700 INPUT"IS DATA OK(Yb/N)";D\$
59FO	1B82	11710 IF D\$="N" THEN 11620
59FE	1B82	11720 REM ASUME T2
59FE	1B82	11730 IF ABS(DT)<=E THEN DT=SQR(W*W+F*F)*S*50 :IMAX=11:T2=-DT:J=0:GOTO 11750
5A62	1B82	11740 T2=TS-DT:J=0:IMAX=INT((TE-TS)/DT)
5A9A	1B82	11750 PRINT"ITERATION ";IMAX
5AAC	1B82	11760 FOR I= 1 TO IMAX
5ABE	1B86	11770 T2=T2+DT :IF ABS(T2)<=E THEN T2=.0001
5AE6	1B86	11780 IF I<>1 THEN CH1=Y-Y1
5B03	1B86	11790 GOSUB 12380
5B06	1B86	11800 PRINT". ";:IF PQ\$="Y" THEN PRINT USING"T2 #####.### tf Y # #####.### m Y1 #####.### m DY #####.### m";T2;Y;Y1;CH2
5B41	1B86	11810 IF I<>1 AND CH1*CH2<0! THEN J=J+1:X0(J)=T2-DT:X1(J)=T2
5BAA	1B86	11820 NEXT I
5BC6	1B86	11830 PRINT USING"### ANSWERS";J :IF J=0 THEN GOTO 11620
5BDF	1B86	11840 FOR I=1 TO J
5BF1	1B8A	11850 PRINT USING"X0 #####.### tf X1 #####.### tf";X0(I);X1(I)
5C18	1B8A	11860 NEXT I
5C31	1B8A	11870 PRINT
5C3D	1B8A	11880 FOR N=1 TO J
5C4F	1B8E	11890 T2=X0(N):GOSUB 12380:F0=CH2
5C73	1B8E	11900 T2=X1(N):GOSUB 12380:F1=CH2
5C97	1B8E	11910 X2=(X0(N)*F1-X1(N)*F0)/(F1-F0)
5CDE	1B8E	11920 T2=X2:GOSUB 12380:F2=CH2
5CF3	1B8E	11930 IF ABS(X2-X3)<=E THEN 12020 :REM SOLUTION
5D0A	1B8E	11940 X3=X2
5D13	1B8E	11950 IF F0*F2<0 THEN 11990
5D24	1B8E	11960 F0=F2
5D2D	1B8E	11970 X0(N)=X2
5D45	1B8E	11980 GOTO 11910
5D48	1B8E	11990 F1=F2
5D51	1B8E	12000 X1(N)=X2
5D69	1B8E	12010 GOTO 11910
5D6C	1B8E	12020 GOSUB 12380
5D6F	1B8E	12030 X1=C/(W*W+F*F)*(-F/D2+F/D1+W/SQR(W*W+F*F)*(LOG(G2)-LOG(G1)))
5DEB	1B8E	12040 T1=C/(F*SIN(TH1)+W*COS(TH1))
5E14	1B8E	12050 PRINT:SCREEN 2,0:PRINT"<<CAT2YS>>"
5E37	1B8E	12060 PRINT"W(tf/m)=";W
5E49	1B8E	12070 PRINT"F(tf/m)=";F
5E5B	1B8E	12080 PRINT"Y(m)=";Y

Offset	Data	Source Line
5E6D	1B8E	12090 PRINT"TH2(deg)=";TH2/PA*180!
5E8E	1B8E	12100 PRINT"S(m)=";S
5EA0	1B8E	12110 PRINT USING"T1 #####.### tf X1 #####.### m T2 #####.### tf TH1 #####.### deg";T1;X1;T2;TH1/PA*180!
5ED0	1B8E	12120 IF PR\$<>"Y" THEN 12200
5EDE	1B8E	12130 LPRINT:LPRINT"<<CAT2YS>>"
5EF6	1B8E	12140 LPRINT"W(tf/m)=";W
5F08	1B8E	12150 LPRINT"F(tf/m)=";F
5F1A	1B8E	12160 LPRINT"Y(m)=";Y
5F2C	1B8E	12170 LPRINT"TH2(deg)=";TH2/PA*180!
5F4D	1B8E	12180 LPRINT"S(m)=";S
5F5F	1B8E	12190 LPRINT USING"T1 #####.### tf X1 #####.### m T2 #####.### tf TH1 #####.### deg";T1;X1;T2;TH1/PA*180! :LPRINT" CATENAR Y":LPRINT" I X(m) Y(m) T2(tf) TH2 (deg) R(m)"
5FA7	1B8E	12200 THS=TH1:THE=TH2:DHS=(THE-THS)/30!
5FCE	1B8E	12210 TH=THS:GOSUB 1220:XS=XX:YS=YY
5FEC	1B8E	12220 TH=THS-DHS
5FFB	1B8E	12230 FOR I=1 TO 31
6004	1B8E	12240 TH=TH+DHS:GOSUB 1220:XP=XX-XS:YP=YY-YS
6033	1B8E	12250 TT=C/D : RR=TT/D
6051	1B8E	12260 LOCATE 21,1 :PRINT USING"X=#####.###m Y=#####.###m T2=# #####.###tf TH2=#####.###deg R=#####.###m";XP;YP;TT;TH/PA*180!; RR
6093	1B8E	12270 XD=(XP/S*255)*1.5+400
60AE	1B8E	12280 YD=(-YP/S*255)*1.5+400
60CC	1B8E	12290 IF I<>1 THEN LINE-(XD,YD) ELSE PSET (XD,YD)
6123	1B8E	12300 IF PR\$<>"Y" THEN GOTO 12320
6131	1B8E	12310 LPRINT USING"#####.### #####.### #####.### #####.###";I;XP;YP;TT;TH/PA*180!;RR
616D	1B8E	12320 NEXT I
6189	1B8E	12330 INPUT"ハート コピ-をとりますか";DA\$
619B	1B8E	12340 NEXT N
61B7	1B8E	12350 INPUT"NEXT(Yb/N)";P\$
61C9	1B8E	12360 IF P\$="N" THEN SCREEN 0,0:GOTO 12550
61E2	1B8E	12370 SCREEN 0,0:GOSUB 20000:GOTO 11600
61F0	1B8E	12380 REM MAIN CALCULATION
61F0	1B8E	12390 D2=F*SIN(TH2)+W*COS(TH2) :C=T2*D2
621F	1B8E	12400 A=-S*(W*W+F*F)/T2/D2+(W*SIN(TH2)-F*COS(TH2))/D2
628B	1B8E	12410 WA=W-A*F
62A0	1B8E	12420 IF ABS(WA)<=E THEN TH1=SGN(A*W+F)*PA/2!:GOTO 12460
62D8	1B8E	12430 TH1=ATN((A*W+F)/(W-A*F))
6309	1B8E	12440 T1=C/(F*SIN(TH1)+W*COS(TH1))
6332	1B8E	12450 IF T1<0! THEN TH1=PA+TH1
6349	1B8E	12460 D1=F*SIN(TH1)+W*COS(TH1)
636C	1B8E	12470 IF ABS(W)<=E THEN GOTO 12570
637D	1B8E	12480 G1=FNA(TH1)
638F	1B8E	12490 H1=FNB(TH1) :G1=ABS(G1/H1)
63AF	1B8E	12500 G2=FNA(TH2)
63C1	1B8E	12510 H2=FNB(TH2) :G2=ABS(G2/H2)
63E1	1B8E	12520 Y1=C/(W*W+F*F)*(W/D2-W/D1+F/SQR(W*W+F*F)*(LOG(G2)-LOG(G1)))
645C	1B8E	12530 CH2=Y-Y1
646B	1B8E	12540 RETURN

Offset	Data	Source Line
646C	1B8E	12550 CLS:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT" B Y E - B Y E ! !"
649C	1B8E	12560 RETURN 70:REM TO MAIN
64A0	1B8E	12570 REM W=0
64A0	1B8E	12580 G2=ABS(TAN(TH2/2!))
64B8	1B8E	12590 G1=ABS(TAN(TH1/2!))
64D0	1B8E	12600 Y1=C/(F*F)*(LOG(G2)-LOG(G1))
6500	1B8E	12610 GOTO 12530
6503	1B8E	12611 REM
6503	1B8E	12612 REM
6503	1B8E	12613 REM
6503	1B8E	13000 REM*****
6503	1B8E	13010 REM*** P R O G R A M CAT2D.BAS
6503	1B8E	13020 REM*** S U B CATXYS.BAS
6503	1B8E	13030 REM*** CATXYS corded by K.UNOKI (Rev.A) 8.11
6503	1B8E	13040 REM*****
6503	1B8E	13050 REM
6503	1B8E	13100 E=1E-09 : E1=.0001
6515	1B96	13110 FOR I=1 TO 150
651E	1B96	13120 AT(I)=0!:AX(I)=0!:UT(I)=0!:BT(I)=0!
6557	1B96	13130 NEXT I
6570	1B96	13140 INPUT"PRINT OUT(Yb/N)":PR\$:IF PR\$="" THEN PR\$="Y"
6595	1B96	13150 INPUT"CHECK WRITE(Y/Nb)":PQ\$:IF PQ\$="" THEN PQ\$="N"
65BA	1B96	13160 INPUT"W(tf/m)=":W:IC=0
65D5	1B96	13170 INPUT"F(tf/m)=":F
65E7	1B96	13180 INPUT"X(m)=":X
65F9	1B96	13190 INPUT"Y(m)=":Y
660B	1B96	13200 INPUT"S(m)=":S : ES=.0001
6626	1B9E	13210 INPUT"ホトム角度 (テフォルト可) θ start(deg)=":T11:T11=T11/180!
6663	1BA6	13220 INPUT"ホトム角度 (テフォルト可) θ end (deg)=":T22:T22=T22/180!
66A5	1BAE	13230 INPUT" θ の分割数+1 IMAX=":IIMAX
66B7	1BB2	13240 IF IIMAX<3 THEN IIMAX=41
66CD	1BB2	13250 IMAX=IIMAX : PRINT"IMAX=":IMAX
66E7	1BB2	13260 INPUT"IS DATA OK(Yb/N)":D\$
66F9	1BB2	13270 IF D\$="N" THEN 13160
6707	1BB2	13280 IF PR\$="Y" THEN LPRINT"***** C A T X Y S ***
6746	1BB2	13290 DTH1=(T22-T11)/(IMAX-1):TH1=T11-DTH1:JJ=0
677F	1BBE	13300 FOR II=1 TO IMAX
6791	1BC2	13310 TH1=TH1+DTH1:TS=0!:TE=S*SQR(W*W+F*F)*10!:DT=(TE-TS)/20!:T1=-DT:J=0
6803	1BC2	13320 FOR I= 1 TO 21
680C	1BC2	13330 T1=T1+DT :IF ABS(T1)<=E THEN T1=.0001
6834	1BC2	13340 IF I<>1 THEN CH1=Y-Y1
6851	1BC2	13350 GOSUB 14060
6854	1BC2	13360 PRINT".":IF PQ\$="Y" THEN PRINT USING"TH1####.###deg T1##
		#####.###tf X1#####.###m Y1#####.###m DY#####.###m":TH1/P

Offset	Data	Source Line
68A4	1BCA	A*180!:T1;XH;Y1;CH2
6939	1BCA	13370 IF I<>1 AND CH1*CH2<0! AND SQR(XH*XH+Y*Y)<=S THEN J=J+1:X
6955	1BCA	I(J)=T1-DT:XE(J)=T1
6985	1BCA	13380 NEXT I
6997	1BCE	13390 PRINT USING"### ANSWERS TH1 #####.###deg":J;TH1/PA*180!
69BE	1BCE	:IF J=0 THEN GOTO 14010
69D7	1BCE	13400 FOR I=1 TO J
69EC	1BD2	13410 PRINT USING"T start #####.### tf T end #####.### tf":XI(I);XE(I)
69FE	1BD6	13420 NEXT I
6A22	1BD6	13430 IK=0:PRINT
6A46	1BD6	13440 FOR N=1 TO J
6A8D	1BD6	13450 T1=XI(N):GOSUB 14060:F0=CH2
6AA2	1BD6	13460 T1=XE(N):GOSUB 14060:F1=CH2
6AB0	1BD6	13470 X2=(XI(N)*F1-XE(N)*F0)/(F1-F0)
6ACD	1BD6	13480 T1=X2:GOSUB 14060:F2=CH2
6AE4	1BD6	13490 IK=IK+1
6AED	1BD6	13500 IF IK>=100 THEN PRINT"ITERATION OVER 100":GOTO 14000
6AFE	1BD6	13510 IF ABS(X2-X3)<=E THEN 13600 :REM SOLUTION
6B07	1BD6	13520 X3=X2
6B1F	1BD6	13530 IF F0*F2<0 THEN 13570
6B22	1BD6	13540 F0=F2
6B2B	1BD6	13550 XI(N)=X2
6B43	1BD6	13560 GOTO 13470
6B46	1BD6	13570 F1=F2
6B49	1BD6	13580 XE(N)=X2
6BC5	1BD6	13590 GOTO 13470
6C12	1BDE	13600 GOSUB 14060
6C7B	1BDE	13610 X1=C/(W*W+F*F)*(-F/D2+F/D1+W/SQR(W*W+F*F)*(LOG(G2)-LOG(G1)))
6C98	1BDE	13620 T2=C/(F*SIN(TH2)+W*COS(TH2)) :XEN=SQR(X1*X1+Y*Y)
6CA6	1BDE	13630 IF IC<>1 AND XEN<=S THEN JJ=JJ+1:AT(JJ)=TH1:AX(JJ)=X1:UT(JJ)=T1
6CC7	1BDE	13640 IF XEN>S THEN PRINT"LENGTH IS OVER <S>!!":GOTO 14000
6CF7	1BDE	13650 IF IC=1 THEN GOTO 13690
6D05	1BDE	13660 PRINT"TH1(deg)=":TH1/PA*180!
6D28	1BDE	13670 PRINT USING"TH1#####.### tf X1#####.### m T2#####.###
6D3A	1BDE	tf TH2 #####.### deg":T1;X1:T2;TH2/PA*180!
6D4C	1BDE	13680 IF IC<>1 THEN GOTO 13760
6D5E	1BDE	13690 PRINT:SCREEN 2,0:PRINT"<<CATXYS>>"
6D70	1BDE	13700 PRINT"W(tf/m)=":W;
6D82	1BDE	13710 PRINT"F(tf/m)=":F
6DC3	1BDE	13720 PRINT"X(m)=":X;
6DEA	1BDE	13730 PRINT"Y(m)=":Y;
6E02	1BDE	13740 PRINT"S(m)=":S
6E14	1BDE	13750 PRINT USING"TH1#####.### tf TH1 #####.### deg T2#####.###
6E26	1BDE	## tf TH2 #####.### deg":T1;TH1/PA*180!:T2;TH2/PA*180!
6E38	1BDE	13760 IF PR\$>"Y" OR IC<>1 THEN 13840
6E4A	1BDE	13770 LPRINT:LPRINT"<<CATXYS>>"
		13780 LPRINT"W(tf/m)=":W;
		13790 LPRINT"F(tf/m)=":F
		13800 LPRINT"X(m)=":X;
		13810 LPRINT"Y(m)=":Y;
		13820 LPRINT"S(m)=":S

Offset	Data	Source Line
6E5C	1BDE	13830 LPRINT USING "T1#####.### tf TH1 #####.### deg T2#####. ### tf TH2 #####.### deg";T1; TH1/PA*180!;T2;TH2/PA*180! : LPRI NT" CATENARY":LPRINT" I X(m) Y(m) T2(t f) TH2(deg) S(m) R(m)"
6EB5	1BDE	13840 IF IC=1 THEN 13860
6EC3	1BDE	13850 GOTO 14000
6EC6	1BDE	13860 THS=TH1:THE=TH2:DHS=(THE-THS)/30!
6EED	1BDE	13870 TH=THS:GOSUB 14330:XS=XX:YS=YY:SST=SS
6F14	1BEE	13880 TH=THS-DHS
6F23	1BEE	13890 FOR I=1 TO 31
6F2C	1BEE	13900 TH=TH+DHS:GOSUB 14330:XP=XX-XS:YP=YY-YS:SP=SS-SST
6F6A	1BF6	13910 TT=C/D: RR=TT/D
6F88	1BF6	13920 LOCATE 21,1 :PRINT USING "X=#####.###m Y=#####.###m T2=# #####.###tf TH2=#####.###deg R=#####.###m";XP;YP;TT;TH/PA*180!; RR:PRINT USING "S=#####.###m";SP
6FD9	1BF6	13930 XD=(XP/S*255)*1.5+400
6FF4	1BF6	13940 YD=(-YP/S*255)*1.5+400
7012	1BF6	13950 IF I<>1 THEN LINE-(XD,YD) ELSE PSET (XD,YD)
7069	1BF6	13960 IF PR\$<>"Y" THEN GOTO 13980
7077	1BF6	13970 LPRINT USING " ## #####.### #####.### #####.### ## #####.### #####.### #####.###";I;XP;YP;TT;TH/PA*180!;SP;RR
70B9	1BF6	13980 NEXT I
70D5	1BF6	13990 INPUT"ハ-ト` コビ°-をとりますか";DA\$:GOTO 14030
70EA	1BF6	14000 NEXT N
7106	1BF6	14010 NEXT II
7122	1BF6	14020 GOTO 14480
7125	1BF6	14030 INPUT"NEXT(Yb/N)";P\$
7137	1BF6	14040 IF P\$="N" THEN SCREEN 0,0:GOTO 14250
7150	1BF6	14050 SCREEN 0,0:GOSUB 20000:GOTO 13100
715E	1BF6	14060 REM MAIN CALCULATION
715E	1BF6	14070 DD\$=INKEY\$:IF DD\$<>" " THEN RETURN 70:REM TO MAIN
7177	1BFA	14080 D1=F*SIN(TH1)+W*COS(TH1) :C=T1*D1:IF ABS(D1)<=E THEN RET URN
71B9	1BFA	14090 A=S*(W*W+F*F)/T1/D1+(W*SIN(TH1)-F*COS(TH1))/D1
721D	1BFA	14100 WA=W-A*F
7232	1BFA	14110 IF ABS(WA)<=E THEN TH2=SGN(A*W+F)*PA/2!:GOTO 14150
726A	1BFA	14120 TH2=ATN((A*W+F)/(W-A*F))
729B	1BFA	14130 T2=C/(F*SIN(TH2)+W*COS(TH2))
72C4	1BFA	14140 IF T2<0! THEN TH2=PA+TH2
72DB	1BFA	14150 D2=F*SIN(TH2)+W*COS(TH2)
72FE	1BFA	14160 IF ABS(W)<=E THEN GOTO 14280
730F	1BFA	14170 G1=FNA(TH1)
7321	1BFA	14180 H1=FNB(TH1) :G1=ABS(G1/H1)
7341	1BFA	14190 G2=FNA(TH2)
7353	1BFA	14200 H2=FNB(TH2) :G2=ABS(G2/H2)
7373	1BFA	14210 Y1=C/(W*W+F*F)*(W/D2-W/D1+F/SQR(W*W+F*F))*(LOG(G2)-LOG(G1))
73EE	1BFA	14220 XH=C/(W*W+F*F)*(-F/D2+F/D1+W/SQR(W*W+F*F))*(LOG(G2)-LOG(G1))
746A	1BFA	14230 CH2=Y-Y1
7479	1BFA	14240 RETURN
747A	1BFA	14250 CLS:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT" B Y E - B Y E ! !"
74AA	1BFA	14260 IF PR\$="Y" THEN LPRINT"***** *****":LPRINT"*****";TIMES:"/";DAT

Offset	Data	Source Line
74E9	1BFA	E\$;"*****"
74ED	1BFA	14270 RETURN 70:REM TO MAIN
74ED	1BFA	14280 REM W=0
7505	1BFA	14290 G2=ABS(TAN(TH2/2!))
751D	1BFA	14300 G1=ABS(TAN(TH1/2!))
754D	1BFA	14310 Y1=C/(F*F)*(LOG(G2)-LOG(G1))
7550	1BFA	14320 GOTO 14220
7550	1BFA	14330 REM CATENARY PATTERN
7550	1BFA	14340 G=FNA(TH):H=FNB(TH)
7577	1BFA	14350 IF ABS(W)<=E THEN G=0!:GOTO 14370
7594	1BFA	14360 G=ABS(G/H)
75A5	1BFA	14370 D=W*COS(TH)+F*SIN(TH):IF ABS(D)<=E THEN PRINT"D=0 THEN ST OP !!":STOP
75E7	1BFA	14380 V=W*W+F*F
7605	1BFA	14390 SS=C/V*(W*SIN(TH)-F*COS(TH))/D
763F	1BFA	14400 IF ABS(W)<=E THEN GOTO 14440
7650	1BFA	14410 XX=C/V*(-F/D+W/SQR(V))*LOG(G)
768F	1BFA	14420 YY=C/V*(W/D+F/SQR(V))*LOG(G)
76CB	1BFA	14430 RETURN
76CC	1BFA	14440 G=TAN(TH/2!):G=ABS(G)
76E9	1BFA	14450 XX=C/V*(-F/D)
770C	1BFA	14460 YY=C/F/F*LOG(G)
772E	1BFA	14470 RETURN
772F	1BFA	14480 FOR K=1 TO JJ
7741	1BFE	14490 AX(K)=AX(K)-X
7760	1C02	14500 IF ABS(AT(K))<=E THEN BT(K)=SGN(AX(K))*PA/2!:GOTO 14520
77A7	1C02	14510 BT(K)=ATN(AX(K)/S/AT(K))
77E1	1C02	14520 PRINT USING" T1#####.###tf TH1 #####.###deg X##### .###m CHK ##.#####^";UT(K);AT(K)/PA*180!;AX(K);BT(K)
782F	1C02	14530 NEXT K
784B	1C02	14540 PRINT"RESULT OF SORT"
7857	1C02	14550 FOR K=1 TO JJ
7869	1C06	14560 WW=AX(K) :VV=AT(K) :UU=UT(K) :PP=BT(K)
78AB	1C26	14570 FOR KK=K TO JJ
78BD	1C2A	14580 IF PP>=BT(KK) THEN 14600
78DA	1C2E	14590 GOTO 14620
78DD	1C2E	14600 WW=AX(KK):VV=AT(KK) :UU=UT(KK) :PP=BT(KK)
791F	1C2E	14610 I1=KK
7928	1C32	14620 NEXT KK
7944	1C32	14630 AX(I1)=AX(K)
796B	1C32	14640 AT(I1)=AT(K) :UT(I1)=UT(K) :BT(I1)=BT(K)
79B8	1C32	14650 AX(K)=WW :AT(K)=VV :UT(K)=UU :BT(K)=PP
79FA	1C32	14660 NEXT K
7A16	1C32	14670 FOR K=1 TO JJ
7A28	1C36	14680 PRINT USING" T1#####.###tf TH1 #####.###deg X##### .###m CHK ##.#####^";UT(K);AT(K)/PA*180!;AX(K);BT(K)
7A76	1C36	14690 NEXT K
7A8F	1C36	14700 FOR K=1 TO JJ-1
7AA7	1C3A	14710 BB=AX(K)*AX(K+1)
7ADD	1C42	14720 IF ABS(AX(K))<=ES AND ABS(AX(K+1))<=ES THEN IC=1:GOTO 147 70:REM 620
7B3D	1C42	14730 IF BB<=E THEN IMAX=5:DTH1=(AT(K+1)-AT(K))/(IMAX-1):TH1=AT (K)-DTH1:JJ=0:GOTO 14810
7BBA	1C42	14740 NEXT K

Offset	Data	Source Line
7BD6	1C42	14750 PRINT"NO SOLUTION":GOTO 13100
7BE5	1C42	14760 GOTO 14030
7BE8	1C42	14770 TH1=(AT(K)+AT(K+1))/2!:T1=(UT(K)+UT(K+1))/2!
7C46	1C42	14780 IF T1>0! AND TH1>PA*1.5 THEN TH1=TH1-2!*PA
7C82	1C42	14790 GOSUB 14060
7C85	1C42	14800 GOTO 13610
7C88	1C42	14810 UNO=DTH1/PA*180!:PRINT"DTH1(deg)=";UNO
7CAE	1C4A	14820 IF ABS(UNO)<=E THEN IMAX=IIMAX:PRINT"SUB XYSCAT":GOTO 14840
7CD7	1C4A	14830 GOTO 13300
7CDA	1C4A	14831 REM
7CDA	1C4A	14832 REM
7CDA	1C4A	14833 REM
7CDA	1C4A	14840 BEEP:BEEP:BEEP REM*****
7CE3	1C4A	14850 REM*** S U B XYSCAT.BAS
7CE3	1C4A	14860 REM*** corded by K.UNOKI (Rev.)
7CE3	1C4A	14870 REM*****
7CE3	1C4A	14880 INPUT"トップ°角度 (テ`フォルト可) θ start(deg)=";T11:T11=T11/180! *PA:IF ABS(T11)<=E THEN T11=0!
7D20	1C4A	14890 INPUT"トップ°角度 (テ`フォルト可) θ end (deg)=";T22:T22=T22/180! *PA:IF ABS(T22)<=E THEN T22=2!*PA
7D62	1C4A	14900 INPUT"θ の分割数+1 IMAX=";IIMAX
7D74	1C4A	14910 IF IIMAX<3 THEN IIMAX=41
7D8A	1C4A	14920 IMAX=IIMAX : PRINT"IMAX=";IMAX
7DA4	1C4A	14930 DTH2=(T22-T11)/(IMAX-1):TH2=T11-DTH2:JJ=0
7DDD	1C52	14940 FOR II=1 TO IMAX
7DEF	1C56	14950 TH2=TH2+DTH2:TS=0!:TE=S*SQR(W*W+F*F)*10!:DT=(TE-TS)/20!:T2=-DT:J=0
7E61	1C56	14960 FOR I= 1 TO 21
7E6A	1C56	14970 T2=T2+DT :IF ABS(T2)<=E THEN T2=.0001
7E92	1C56	14980 IF I<>1 THEN CH1=Y-Y1
7EAF	1C56	14990 GOSUB 15350
7EB2	1C56	15000 PRINT".":IF PQ\$="Y" THEN PRINT USING"TH2 ####.## deg T2# #####.### tf X1#####.### m Y1#####.### m DY#####.### m";TH2/PA*180!;T2;XH;Y1;CH2
7F02	1C56	15010 IF I<>1 AND CH1*CH2<0! AND SQR(XH*XH+Y*Y)<=S THEN J=J+1:X I(J)=T2-DT:XE(J)=T2
7F97	1C56	15020 NEXT I
7FB3	1C56	15030 PRINT USING"### ANSWERS TH2 ####.###deg";J;TH2/PA*180! :IF J=0 THEN GOTO 15330
7FE3	1C56	15040 FOR I=1 TO J
7FF5	1C5A	15050 PRINT USING"T start #####.### tf T end #####.### tf";XI(I);XE(I)
801C	1C5A	15060 NEXT I
8035	1C5A	15070 IK=0:PRINT
804A	1C5A	15080 FOR N=1 TO J
805C	1C5E	15090 T2=XI(N):GOSUB 15350:F0=CH2
8080	1C5E	15100 T2=XE(N):GOSUB 15350:F1=CH2
80A4	1C5E	15110 X2=(XI(N)*F1-XE(N)*F0)/(F1-F0)
80EB	1C5E	15120 T2=X2:GOSUB 15350:F2=CH2

Offset	Data	Source Line
8100	1C5E	15130 IK=IK+1
810E	1C5E	15140 IF IK>=100 THEN PRINT"ITERATION OVER 100":GOTO 15320
812B	1C5E	15150 IF ABS(X2-X3)<=E THEN 15240 :REM SOLUTION
8142	1C5E	15160 X3=X2
814B	1C5E	15180 F0=F2
8154	1C5E	15190 XI(N)=X2
816C	1C5E	15200 GOTO 15110
816F	1C5E	15210 F1=F2
8178	1C5E	15220 XE(N)=X2
8190	1C5E	15230 GOTO 15110
8193	1C5E	15240 GOSUB 15350
8196	1C5E	15250 X1=C/(W*W+F*F)*(-F/D2+F/D1+W/SQR(W*W+F*F))*(LOG(G2)-LOG(G1)))
8212	1C5E	15260 T1=C/(F*SIN(TH1)+W*COS(TH1)):XEN=SQR(X1*X1+Y*Y)
825F	1C5E	15270 IF IC<>1 AND XEN<=S THEN JJ=JJ+1:AT(JJ)=TH2:AX(JJ)=X1:UT(JJ)=T2
82C8	1C5E	15280 IF XEN>S THEN PRINT"LENGTH IS OVER <S>!!":GOTO 15320
82E5	1C5E	15290 IF IC=1 THEN GOTO 13690
82F3	1C5E	15300 PRINT"TH2(deg)=";TH2/PA*180!
8314	1C5E	15310 PRINT USING"T1#####.### tf X1#####.### m T2#####.### tf TH1 #####.### deg";T1;X1;T2;TH1/PA*180!
8344	1C5E	15320 NEXT N
8360	1C5E	15330 NEXT II
837C	1C5E	15340 GOTO 15590
837F	1C5E	15350 REM MAIN CALCULATION
837F	1C5E	15360 DD\$=INKEY\$:IF DD\$<>" " THEN RETURN 70:REM TO MAIN
8398	1C5E	15370 D2=F*SIN(TH2)+W*COS(TH2) :C=T2*D2:IF ABS(D2)<=E THEN RETURN
83DA	1C5E	15380 A=-S*(W*W+F*F)/T2/D2+(W*SIN(TH2)-F*COS(TH2))/D2
8446	1C5E	15390 WA=W-A*F
845B	1C5E	15400 IF ABS(WA)<=E THEN TH1=SGN(A*W+F)*PA/2!:GOTO 15440
8493	1C5E	15410 TH1=ATN((A*W+F)/(W-A*F))
84C4	1C5E	15420 T1=C/(F*SIN(TH1)+W*COS(TH1))
84ED	1C5E	15430 IF T1<0! THEN TH1=PA+TH1
8504	1C5E	15440 D1=F*SIN(TH1)+W*COS(TH1)
8527	1C5E	15450 IF ABS(W)<=E THEN GOTO 15540
8538	1C5E	15460 G1=FNA(TH1)
854A	1C5E	15470 H1=FNB(TH1) :G1=ABS(G1/H1)
856A	1C5E	15480 G2=FNA(TH2)
857C	1C5E	15490 H2=FNB(TH2) :G2=ABS(G2/H2)
859C	1C5E	15500 Y1=C/(W*W+F*F)*(W/D2-W/D1+F/SQR(W*W+F*F))*(LOG(G2)-LOG(G1))
8617	1C5E	15510 XH=C/(W*W+F*F)*(-F/D2+F/D1+W/SQR(W*W+F*F))*(LOG(G2)-LOG(G1)))
8693	1C5E	15520 CH2=Y-Y1
86A2	1C5E	15530 RETURN
86A3	1C5E	15540 REM W=0
86A3	1C5E	15550 G2=ABS(TAN(TH2/2!))
86BB	1C5E	15560 G1=ABS(TAN(TH1/2!))
86D3	1C5E	15570 Y1=C/F/F*(LOG(G2)-LOG(G1))
8703	1C5E	15580 GOTO 15510
8706	1C5E	15590 FOR K=1 TO JJ
8718	1C62	15600 AX(K)=AX(K)-X
8737	1C62	15610 IF ABS(AT(K))<=E THEN BT(K)=SGN(AX(K))*PA/2!:GOTO 15630

Offset	Data	Source Line
877E	1C62	15620 BT(K)=ATN(AX(K)/S/AT(K))
87B8	1C62	15630 PRINT USING" T2#####.###tf TH2 #####.###deg X##### .###m CHK ##.####^";UT(K);AT(K)/PA*180!;AX(K);BT(K)
8806	1C62	15640 NEXT K
8822	1C62	15650 PRINT"RESULT OF SORT"
882E	1C62	15660 FOR K=1 TO JJ
8840	1C66	15670 WW=AX(K) :VV=AT(K) :UU=UT(K) :PP=BT(K)
8882	1C66	15680 FOR KK=K TO JJ
8894	1C6A	15690 IF PP>=BT(KK) THEN 15710
88B1	1C6A	15700 GOTO 15730
88B4	1C6A	15710 WW=AX(KK) :VV=AT(KK) :UU=UT(KK) :PP=BT(KK)
88F6	1C6A	15720 I1=KK
88FF	1C6A	15730 NEXT KK
891B	1C6A	15740 AX(I1)=AX(K)
8942	1C6A	15750 AT(I1)=AT(K) :UT(I1)=UT(K) :BT(I1)=BT(K)
898F	1C6A	15760 AX(K)=WW :AT(K)=VV :UT(K)=UU :BT(K)=PP
89D1	1C6A	15770 NEXT K
89ED	1C6A	15780 FOR K=1 TO JJ
89FF	1C6E	15790 PRINT USING" T2#####.###tf TH2 #####.###deg X##### .###m CHK ##.####^";UT(K);AT(K)/PA*180!;AX(K);BT(K)
8A4D	1C6E	15800 NEXT K
8A66	1C6E	15810 FOR K=1 TO JJ-1
8A7E	1C72	15820 BB=AX(K)*AX(K+1)
8AB4	1C72	15830 IF ABS(AX(K))<=ES AND ABS(AX(K+1))<=ES THEN IC=1:GOTO 158 80:REM 2240
8B14	1C72	15840 IF BB<=E THEN IMAX=5:DTH2=(AT(K+1)-AT(K))/(IMAX-1):TH2=AT (K)-DTH2:JJ=0:GOTO 15960
8B91	1C72	15850 NEXT K
8BAD	1C72	15860 PRINT"NO SOLUTION":GOTO 13100
8BBC	1C72	15870 GOTO 14030
8BBF	1C72	15880 TH2=(AT(K)+AT(K+1))/2!:T2=(UT(K)+UT(K+1))/2!
8C1D	1C72	15890 IF T2>0! AND TH2>PA*1.5 THEN TH2=TH2-2!*PA
8C59	1C72	15900 GOSUB 15350
8C5C	1C72	15910 GOTO 15250
8C5F	1C72	15920 INPUT"TH2 Start(deg)";THS:THS=THS/180!*PA
8C84	1C72	15930 INPUT"TH2 End (deg)";THE:THE=THE/180!*PA
8CA9	1C72	15940 TH2=THS:IMAX=5:DTH2=(THE-THS)/(IMAX-1):TH2=TH2-DTH2:JJ=0
8CF3	1C72	15950 GOTO 14940
8CF6	1C72	15960 UNO=DTH2/PA*180!:PRINT"DHT2(deg)";UNO:IF ABS(UNO)<=E TH EN GOTO 15920
8D2C	1C72	15970 GOTO 14940
8D2F	1C72	15971 REM
8D2F	1C72	15972 REM
8D2F	1C72	15973 REM
8D2F	1C72	16000 REM*****
8D2F	1C72	16010 REM*** CATENARY INTEGRAL **
8D2F	1C72	16020 REM*** CORDED BY K.UNOKI **
8D2F	1C72	16030 REM*** CAT1S Rev.A **
8D2F	1C72	16040 REM*****

Offset	Data	Source Line
8D2F	1C72	16070 CC\$="*****"+ "*****"
8D3E	1C72	16080 CLS 1:E=1E-08
8D4D	1C72	16090 INPUT"COMMENT":C0\$
8D5F	1C72	16100 INPUT"PRINT OUT(Yb/N)";P\$: IF P\$="" THEN P\$="Y"
8D84	1C72	16110 INPUT"W(tf/m) =" ;W
8D96	1C72	16120 INPUT"D(m) =" ;D
8DA8	1C72	16130 INPUT"S(m) =" ;SMAX
8DBA	1C7A	16140 INPUT"S max(m) for plot scale =" ;SPAX:IF ABS(SPAX)<=1E-0 8 THEN SPAX=SMAX
8DE4	1C82	16150 INPUT"N(top- btm+)" ;N:DS=SMAX/N:NB=N
8E0F	1C8E	16160 INPUT"CDn(-)" ;CDN
8E21	1C96	16170 INPUT"CDt(-)" ;CDT
8E33	1C9E	16180 INPUT"NU(Pt. for current. max 20)";NU
8E45	1CA2	16190 III=1*SGN(NB):IF III>0 THEN PRINT"SGN(YC)=+" ELSE PRINT"S GN(YC)=-"
8E76	1CA6	16200 FOR I= 0 TO NU-1
8E8E	1CAA	16210 PRINT"YC(";I;") (m)=" ;:INPUT YC(I)
8EC5	1CAA	16220 PRINT"UC(";I;") (m/s)=" ;:INPUT UC(I)
8EFC	1CAA	16230 NEXT I
8F18	1CAA	16240 INPUT"張力 (tf) =" ;T0
8F2A	1CB2	16250 INPUT"角度 (deg)=" ;THO :THO=THO/180!*PA
8F4F	1CBA	16260 INPUT"EA(tf) =" ;EA:IF ABS(EA)<=1E-08 THEN IEA=1 E LSE IEA=0
8F86	1CC6	16265 INPUT"出力間隔(テールト10)";NP:IF NP<=0 THEN NP=10
8FAA	1CCA	16270 INPUT"IS DATA OK(Yb/N)";C\$
8FBC	1CCA	16280 IF C\$="N" THEN GOTO 16100
8FCA	1CCA	16290 SCREEN 2,0:PRINT"W(tf/m)=" ;W;
8FE7	1CCA	16300 PRINT" D(m)=" ;D;
8FF9	1CCA	16310 PRINT" S(m)=" ;SMAX
900B	1CCA	16320 PRINT"N=" ;N ;:IF N>0! THEN PRINT" BOTTOM "; ELSE PRINT" TO P " ;
9042	1CCA	16330 PRINT" CDn=" ;CDN;
9054	1CCA	16340 PRINT" Cdt=" ;CDT
9066	1CCA	16350 FOR I= 0 TO NU-1
907E	1CCE	16360 PRINT USING"YC=#####.###m UC=#####.#####m/s";YC(I),UC(I)
90A5	1CCE	16370 NEXT I
90BE	1CCE	16380 PRINT"Tension start(tf)";T0;
90D0	1CCE	16390 PRINT" TH start(deg)";THO/PA*180!
90F1	1CCE	16400 PRINT"EA(tf)";EA;
9103	1CCE	16410 PRINT" DS(m)";DS ;:IF DS<0! THEN PRINT" TOP TENSION WAS DEFINED !"
912B	1CCE	16415 IF P\$<>"N" THEN LPRINT"***** C A T 1 S ***** *****":LPRINT"*****";TIMES\$;"/";DAT ES\$;"*****"
916A	1CCE	16420 REM INITIAL
916A	1CCE	16430 Y=0!
9173	1CCE	16440 GOSUB 17390
9176	1CCE	16450 GN=.5*.1046*CDN*D*U*ABS(U)
919B	1CDE	16460 FT=.5*.1046*CDT*D*U*ABS(U)
91C0	1CE6	16470 TH=THO:A=W*COS(TH)-GN*SIN(TH)*ABS(SIN(TH)):B=W*SIN(TH)+FT *COS(TH)*ABS(COS(TH))
9228	1CEE	16480 X=0!:S=0!:SD=0!:T=T0:I=0:IF ABS(A)<=E THEN RR=0! ELSE RR=

Offset	Data	Source Line
		T/A
927B	1CFE	16490 IF (ABS(T)<=E) AND (ABS(B)>E) THEN DT=A/B
92B5	1CFE	16500 IF (ABS(T)<=E) AND (ABS(B)<=E) THEN DT=0!
92E8	1CFE	16510 IF (ABS(T)>E) THEN DT=A/T*DS/2!
9315	1CFE	16520 IF P\$="Y" THEN LPRINT CC\$:LPRINT " ";TIMES\$;"/";DATES\$;" CAT.EXE":LPRINT CO\$:LPRINT CC\$
936C	1CFE	16530 IF P\$="Y" THEN LPRINT " I TH(deg) X(m) Y(m) S(m) T(tf) R(m)"
9386	1CFE	16540 IF P\$="Y" THEN LPRINT " SD(m)"
93A0	1CFE	16550 REM LOOP START
93A0	1CFE	16560 LOCATE 20,1:PRINT USING "I=##### TH=####.###deg X=#####. ###m Y=#####.###m S=#####.###m";I;TH/PA*180!;X;Y;ABS(S)
93E8	1CFE	16570 PRINT USING " T=#####.#####tf R=##### #.###m SD=#####.###m";T;RR;ABS(SD)
9409	1CFE	16580 IF P\$<>"Y" THEN GOTO 16640
9417	1CFE	16590 IC=I-INT(I/NP)*NP
9436	1CFE	16600 IF I=INT(ABS(N)) THEN GOTO 16620
944D	1CFE	16610 IF IC<>0 THEN GOTO 16640
9458	1CFE	16620 LPRINT USING "#####.###.###.###.###.###.###.### ###.###.###.###.###.###.###.###";I;TH/PA*180!;X;Y;ABS(S);T;RR
94A0	1CFE	16630 LPRINT USING " ###.###";ABS(SD)
94B5	1CFE	16640 IF I=INT(ABS(N)) THEN GOTO 16950
94CC	1CFE	16650 GOSUB 17000
94CF	1CFE	16660 ST\$=INKEY\$:IF ST\$="" THEN GOTO 16670 ELSE GOSUB 17050
94E7	1D02	16670 DDS=DS/20!
94F6	1D0A	16680 FOR L=1 TO 20
94FF	1D0A	16690 XX=TH+.5*DT
9514	1D0A	16700 A=W*COS(XX)-GN*SIN(XX)*ABS(SIN(XX))
9545	1D0A	16710 B=W*SIN(XX)+FT*COS(XX)*ABS(COS(XX))
9576	1D0A	16720 IF T<=E AND ABS(B)>=E THEN DT=A/B :GOTO 16750
95B0	1D0A	16730 IF T<=E AND ABS(B)<E THEN DT=0! :GOTO 16750
95E3	1D0A	16740 IF T>E THEN DT=A/T*DDS
9607	1D0A	16750 IF T<E AND ABS(B)>=E THEN T=0! : DTE=B*DDS :GOTO 16780
964B	1D12	16760 IF T<E AND ABS(B)<E THEN PRINT"CAL. IS NOT AVAILABLE ! CH ANGE T or TH !":GOTO 16950
9681	1D12	16770 IF ABS(A)<E THEN DTE=B*DDS ELSE DTE=T*B/A*DT
96BF	1D12	16780 TH=TH-INT(TH/2!/PA)*2!*PA
96ED	1D12	16790 TH=TH+DT
96FB	1D12	16800 T=T+DTE
9709	1D12	16810 IF IEA=1 THEN DSD=DDS : GOTO 16830
9723	1D1A	16820 DSD=DDS*(1!+T/EA)
973E	1D1A	16830 DX=DSD*COS(XX)
9750	1D1A	16840 DY=DSD*SIN(XX)
9762	1D22	16850 IF ABS(A)<=E THEN RR=0! ELSE RR=T/A
978E	1D22	16860 X=X+DX
979C	1D22	16870 Y=Y+DY
97AA	1D22	16880 S=S+DDS
97B8	1D22	16890 SD=SD+DSD
97C6	1D22	16900 GOSUB 17390
97C9	1D22	16910 GN=.5*.1046*CDN*D*U*ABS(U)
97EE	1D22	16920 FT=.5*.1046*CDT*D*U*ABS(U)
9813	1D22	16930 NEXT L

Offset	Data	Source Line
982F	1D26	16940 I=I+1:GOTO 16560
9840	1D26	16950 INPUT"DO YOU CONTINUE (Yes or return key/No/Continue)";Q\$
9852	1D2A	16960 IF Q\$<>"N" AND Q\$<>"C" THEN SCREEN 0,0:GOSUB 20000:GOTO 1 6070
9884	1D2A	16970 IF P\$="Y" THEN LPRINT CC\$:LPRINT " ";TIMES\$;"/";DATES\$;L PRINT CC\$
98C9	1D2A	16980 IF Q\$="C" THEN GOTO 17090
98D7	1D2A	16990 SCREEN 0,0
98DF	1D2A	16995 RETURN 70:REM TO MAIN
98E3	1D2A	17000 REM PLOT
98E3	1D2A	17010 XD=X/SPAX*255*1.5+400
98FE	1D2A	17020 YD=-Y/SPAX*255*1.5+400
991C	1D2A	17030 IF I<>0 THEN LINE-(XD,YD) ELSE PSET(XD,YD)
9970	1D2A	17040 RETURN
9971	1D2A	17050 REM
9971	1D2A	17060 INPUT"CONTINUE (Yb/N)";CB\$
9983	1D2E	17070 IF CB\$<>"N" THEN RETURN
9992	1D2E	17080 SCREEN 0,0
999A	1D2E	17085 RETURN 70:REM TO MAIN
999E	1D2E	17090 REM CONTINUE
999E	1D2E	17100 SCREEN 0,0 :GOSUB 20000
99A9	1D2E	17110 PRINT" ***** CONTINUE CALCULATION *****"
99B5	1D2E	17120 INPUT"PRINT OUT (Yb/N)";P\$: IF P\$="" THEN P\$="Y"
99DA	1D2E	17130 INPUT"W(tf/m) =" ;W
99EC	1D2E	17140 INPUT"D(m) =" ;D
99FE	1D2E	17150 INPUT"S(m) =" ;SMAX
9A10	1D2E	17160 III=1*SGN(NB)
9A1C	1D2E	17170 IF III>0 THEN PRINT" SGN(N)= +" ELSE PRINT" SGN(N)= -"
9A42	1D2E	17180 INPUT" N=" ;N:N=SGN(NB)*ABS(N):DS=SMAX/N
9A7D	1D2E	17190 INPUT"CDn(-) =" ;CDN
9A8F	1D2E	17200 INPUT"CDt(-) =" ;CDT
9AA1	1D2E	17210 INPUT"EA(tf) =" ;EA:IF ABS(EA)<=1E-08 THEN IEA=1 E LSE IEA=0
9AD8	1D2E	17212 INPUT"ADD WEIGHT(+)/BUOYANCY(-) (tf)=" ;PW
9AEA	1D36	17214 TC=T*COS(TH)
9AFC	1D3E	17216 TS=T*SIN(TH)+PW
9B14	1D3E	17218 T=SQR(TC*TC+TS*TS):TH=ATN(TS/TC)
9B51	1D3E	17220 INPUT"DATA OK (Yb/N)";C\$
9B63	1D3E	17230 IF C\$="N" THEN GOTO 17120
9B71	1D3E	17240 I=0:SCREEN 2,0:PRINT"W(tf/m)=" ;W;
9B97	1D3E	17250 PRINT" D(m)=" ;D;
9BA9	1D3E	17260 PRINT" S(m)=" ;SMAX
9BBB	1D3E	17270 PRINT"N=" ;N ;IF N>0! THEN PRINT" BOTTOM " ; ELSE PRINT" TO P " ;
9BF2	1D3E	17280 PRINT" CDn=" ;CDN;
9C04	1D3E	17290 PRINT" CDt=" ;CDT
9C16	1D3E	17300 PRINT"U(m/s)=" ;U;
9C28	1D3E	17302 PRINT" ADD WEIGHT(+)/BUOYANCY(-) (tf)=" ;PW
9C3A	1D3E	17310 PRINT"Tension start(tf)=" ;T;
9C4C	1D3E	17320 PRINT" TH start(deg)=" ;TH/PA*180!
9C6D	1D3E	17330 PRINT"EA(tf)=" ;EA;
9C7F	1D3E	17340 PRINT" DS(m)=" ;DS ;IF DS<0! THEN PRINT" TOP TENSION WAS DEFINED !"
9CA7	1D3E	17350 GOSUB 17390

Offset	Data	Source Line
9CAA	1D3E	17360 GN=.5*.1046*CDN*D*U*ABS(U)
9CCF	1D3E	17370 FT=.5*.1046*CDT*D*U*ABS(U)
9CF4	1D3E	17380 GOTO 16530
9CF7	1D3E	17390 REM CURRENT
9CF7	1D3E	17400 FOR ICU=0 TO NU-2
9D0F	1D42	17410 IF(YC(ICU)>Y) OR (Y>=YC(ICU+1)) THEN GOTO 17440
9D5E	1D46	17420 U=(UC(ICU+1)*(Y-YC(ICU))+UC(ICU)*(YC(ICU+1)-Y))/(YC(ICU+1)-YC(ICU))
9DCE	1D46	17430 RETURN
9DCF	1D46	17440 NEXT ICU
9DEB	1D46	17450 U=0!
9DF4	1D46	17460 LOCATE 22,1:PRINT"CHK : CURRENT DATA IS NOT DEFINED ! THE N ASUMMED TO BE 0.0"
9E0C	1D46	17462 LOCATE 22,1:PRINT"
9E24	1D46	17470 RETURN
9E25	1D46	17471 REM
9E25	1D46	17472 REM
9E25	1D46	17473 REM
9E25	1D46	18000 REM*****
9E25	1D46	18010 REM*** P R O G R A M SLCATS.BAS *
9E25	1D46	18020 REM*** corded by K.UNOKI (Rev.2)7.31 *
9E25	1D46	18030 REM*****
9E25	1D46	18040 REM
9E25	1D46	18090 E=.0001:NB=20 :NC=200
9E40	1D4A	18100 VIEW PRINT 1 TO 22:CLS 1
9E4C	1D4A	18105 T1=0!:INPUT"PRINT OUT(Y/Nb)";PR\$:IF PR\$="" THEN PR\$="N"
9E7A	1D4A	18110 INPUT"CHECK WRITE(Y/Nb)";PQ\$:IF PQ\$="" THEN PQ\$="N"
9E9F	1D4A	18120 INPUT"W(tf/m)=";W
9EB1	1D4A	18130 INPUT"F(tf/m)=";F
9EC3	1D4A	18140 INPUT"ZA(m)=";ZA
9ED5	1D52	18150 INPUT"S(m)=";SI
9EE7	1D5A	18160 INPUT"TH(deg)=";TH:TH=TH/180!*PA
9F0C	1D5A	18170 INPUT"EA(tf)=";EA
9F1E	1D5A	18180 INPUT"IS DATA OK(Yb/N)";D\$
9F30	1D5A	18190 IF D\$="N" THEN 18120
9F3E	1D5A	18191 PRINT " DELTA(m) DEL1(m) DEL2(m) T2(tf) TH2(deg) T1(tf) TH1(deg)"
9F4A	1D5A	18192 PRINT " S lift(m) Non-Elon. S lift(m) TH(tf) TV(tf)"
9F56	1D5A	18193 VIEW PRINT 12 TO 22
9F5F	1D5A	18200 IF PR\$<>"Y" THEN 18310
9F6D	1D5A	18210 LPRINT
9F79	1D5A	18220 LPRINT"***** SLCATS *****"
9F85	1D5A	18230 LPRINT"*****;TIMES\$;"/";DATES\$;****"
9FA9	1D5A	18240 LPRINT"W(tf/m)=";W
9FBB	1D5A	18250 LPRINT"F(tf/m)=";F
9FCD	1D5A	18260 LPRINT"ZA(m)=";ZA
9FDF	1D5A	18270 LPRINT"S(m)=";SI
9FF1	1D5A	18280 LPRINT"TH(deg)=";TH/PA*180!

Offset	Data	Source Line
A012	1D5A	18290 LPRINT"EA(tf)=";EA
A024	1D5A	18300 LPRINT: LPRINT " DELTA(m) DEL1(m) DEL2(m) T2(tf) TH2(deg) T1(tf) TH1(deg)"
A03C	1D5A	18302 LPRINT " S lift(m) Non-Elon. S lift(m) TH(tf) TV(tf)"
A048	1D5A	18310 IF ABS(TH)>=PA/2!-.00001 THEN SOMAX=0!:GOTO 18560
A076	1D62	18320 SOMAX=(SI-ZA)/(1-SIN(TH))
A099	1D62	18330 IF SOMAX<=0! THEN PRINT"S is too short":GOTO 18120
A0B3	1D62	18340 DSO=SOMAX/NB:SO=SOMAX+DSO:T1=0!
A0DB	1D72	18350 FOR K=1 TO NB+1
A0F4	1D76	18360 SO=SO-DSO
A102	1D76	18370 S1=SI-SO
A111	1D76	18380 YS=ZA-SO*SIN(TH)
A129	1D76	18390 Y=YS : YSD1=Y
A13A	1D7E	18400 S=S1
A143	1D7E	18410 TH1=TH
A14C	1D7E	18415 DMAX=W*S*100:DT=DMAX/NC:T1=.00001-DT
A17E	1D86	18420 GOSUB 18800
A181	1D86	18430 IF J=0 THEN PRINT "No solution"
A198	1D86	18440 IF J=0 AND PR\$<>"N" THEN LPRINT"No solution"
A1CA	1D86	18450 IF J=0 THEN GOTO 18560
A1D5	1D86	18452 B1=1!:IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 18454
A1EF	1D86	18453 B1=1!+AT1(1)/EA
A204	1D86	18454 YSD=ZA-SO*B1*SIN(TH)
A222	1D8E	18456 IF ABS((YSD-YSD1)/SI)<=E THEN GOTO 18460
A23F	1D8E	18458 Y=YSD:YSD1=Y:GOTO 18400
A253	1D8E	18460 FOR L=1 TO 1
A25C	1D8E	18470 T1=AT1(L)
A274	1D8E	18480 T2=AT2(L)
A28C	1D8E	18490 X1=AX1(L)
A2A4	1D8E	18500 TH2=ATH(L)
A2BC	1D8E	18510 SUP=AS1(L)
A2D4	1D96	18512 SUN=S
A2DD	1D9E	18515 DELTA1=SO*COS(TH)*B1:DELTA2=AX1(L):REM PRINT "DELTA2=";DELTA1
A30D	1DAE	18520 IF T2<=0! THEN GOTO 18540
A318	1DAE	18530 GOSUB 19410
A31B	1DAE	18540 NEXT L
A337	1DAE	18550 NEXT K
A353	1DAE	18560 THMAX=ATN(ZA/SQR(SI*SI-ZA*ZA))
A386	1DB6	18570 DTH=(THMAX-TH)/NB:THO=TH
A3AD	1DBE	18580 SO=0
A3B6	1DBE	18590 S1=SI
A3BF	1DBE	18600 S=S1
A3C8	1DBE	18610 Y=ZA
A3D1	1DBE	18620 FOR K=1 TO NB
A3E3	1DC2	18630 THO=THO+DTH:TH1=THO:IF TH1>=THMAX THEN GOTO 18770
A406	1DC2	18635 DMAX=W*S*100:DT=DMAX/NC:T1=.00001-DT
A438	1DC2	18640 GOSUB 18800
A43B	1DC2	18650 IF J=0 THEN PRINT "No solution"
A452	1DC2	18660 IF J=0 AND PR\$<>"N" THEN LPRINT"No solution"
A484	1DC2	18670 IF J=0 THEN GOTO 18780
A48F	1DC2	18680 FOR L=1 TO 1
A498	1DC2	18690 DELTA1=0! : DELTA2=AX1(L)

Offset	Data	Source Line
A4B9	1DC2	18700 T1=AT1(L)
A4D1	1DC2	18710 T2=AT2(L)
A4E9	1DC2	18720 X1=AX1(L)
A501	1DC2	18730 TH2=ATH(L)
A519	1DC2	18735 SUP=AS1(L)
A531	1DC2	18737 SUN=S
A53A	1DC2	18740 IF T2<=0! THEN GOTO 18760
A545	1DC2	18750 GOSUB 19410
A548	1DC2	18760 NEXT L
A564	1DC2	18770 NEXT K
A580	1DC2	18780 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT"*****";TIME\$;"/";DATE\$;"** *"
A5B2	1DC2	18790 GOTO 19370
A5B5	1DC2	18800 REM SUBROUTINE CATBAS
A5B5	1DC2	18810 J=0
A5BE	1DC2	18820 FOR I= 1 TO NC+10
A5D6	1DC6	18825 A\$=INKEY\$:IF A\$="" THEN 18830 ELSE RETURN 70
A5EF	1DC6	18830 T1=T1+DT :IF ABS(T1)<=E THEN T1=.0001
A617	1DC6	18840 REM :IF I=1 THEN T1=DT*.00001
A617	1DC6	18850 IF I<>1 THEN CH1=Y-Y1
A634	1DC6	18860 GOSUB 19150
A637	1DC6	18870 IF PQ\$="Y" THEN PRINT USING"T1 #####.### ,CH2 #####.###, TH2 #####.###";T1;CH2;TH2/PA*180!
A66F	1DC6	18880 IF PQ\$="Y" AND PR\$<>"N" THEN LPRINT USING"T1 #####.### ,C H2 #####.###,TH2 #####.###";T1;CH2;TH2/PA*180!
A6C0	1DC6	18890 IF I<>1 AND CH1*CH2<0! THEN J=J+1:X0(J)=T1-DT:X1(J)=T1 :GOTO 18910
A72C	1DC6	18895 IF I<>1 AND ABS(CH2/SI)<E THEN J=J+1:X0(J)=T1-DT:X1(J)=T1 :GOTO 18910
A79E	1DC6	18900 NEXT I
A7BA	1DC6	18910 IF J=0 THEN RETURN
A7C6	1DC6	18920 FOR N=1 TO 1
A7CF	1DC6	18930 T1=X0(N):GOSUB 19150:F0=CH2
A7F3	1DC6	18940 T1=X1(N):GOSUB 19150:F1=CH2
A817	1DC6	18950 X2=(X0(N)*F1-X1(N)*F0)/(F1-F0)
A85E	1DC6	18960 T1=X2:GOSUB 19150:F2=CH2
A873	1DC6	18970 IF ABS(X2-X3)<=E THEN 19060 :REM SOLUTION
A88A	1DC6	18975 IF ABS(CH2/SI)<=E THEN 19060 :REM SOLUTION
A8A1	1DC6	18980 X3=X2
A8AA	1DC6	18990 IF F0*F2<0 THEN 19030
A8BB	1DC6	19000 F0=F2
A8C4	1DC6	19010 X0(N)=X2
A8DC	1DC6	19020 GOTO 18950
A8DF	1DC6	19030 F1=F2
A8E8	1DC6	19040 X1(N)=X2
A900	1DC6	19050 GOTO 18950
A903	1DC6	19060 GOSUB 19150
A906	1DC6	19070 X1=C/(W*W+F*F)*(-F/D2+F/D1+W/SQR(W*W+F*F))*(LOG(G2)-LOG(G1)))
A982	1DC6	19072 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 19080
A993	1DC6	19073 BX2=W*COS(TH2)+F*SIN(TH2):BX1=W*COS(TH1)+F*SIN(TH1)
A9DD	1DD6	19074 X1=X1+C*C*F/EA/(W*W+F*F)/2!*(-1!/BX2/BX2+1!/BX1/BX1)
AA46	1DD6	19080 T2=C/(F*SIN(TH2)+W*COS(TH2))
AA6F	1DD6	19081 SSS=S:IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 19089

Offset	Data	Source Line
AA89	1DDE	19082 SSS=SSS+C*C/2!/EA/(W*W+F*F)*((W*SIN(TH2)-F*COS(TH2))/D2/D 2-(W*SIN(TH1)-F*COS(TH1))/D1/D1+(LOG(G2)-LOG(G1))/SQR(W*W+F*F))
AB5F	1DDE	19089 AS1(N)=SSS
AB77	1DDE	19090 AT1(N)=T1
AB8F	1DDE	19100 AX1(N)=X1
ABA7	1DDE	19110 AT2(N)=T2
ABBF	1DDE	19120 ATH(N)=TH2
ABD7	1DDE	19130 NEXT N
ABF3	1DDE	19140 RETURN
ABF4	1DDE	19150 REM MAIN CALCULATION
ABF4	1DDE	19160 D1=F*SIN(TH1)+W*COS(TH1) :C=T1*D1
AC23	1DDE	19170 A=S*(W*W+F*F)/T1/D1+(W*SIN(TH1)-F*COS(TH1))/D1
AC87	1DDE	19180 WA=W-A*F
AC9C	1DDE	19190 IF ABS(WA)<=E THEN TH2=SGN(A*W+F)*PA/2!:GOTO 19230
ACD4	1DDE	19200 TH2=ATN((A*W+F)/(W-A*F))
AD05	1DDE	19210 T2=C/(F*SIN(TH2)+W*COS(TH2))
AD2E	1DDE	19220 IF TH2<0! AND T2<0! THEN TH2=PA+TH2
AD5C	1DDE	19230 D2=F*SIN(TH2)+W*COS(TH2)
AD7F	1DDE	19240 IF ABS(W)<=1E-09 THEN GOTO 19320
AD90	1DDE	19250 G1=FNA(TH1)
ADA2	1DDE	19260 H1=FNB(TH1) :G1=ABS(G1/H1)
ADC2	1DDE	19270 G2=FNA(TH2)
ADD4	1DDE	19280 H2=FNB(TH2) :G2=ABS(G2/H2)
ADF4	1DDE	19290 Y1=C/(W*W+F*F)*(W/D2-W/D1+F/SQR(W*W+F*F))*(LOG(G2)-LOG(G1))
AE6F	1DDE	19292 IF ABS(EA)<=E THEN 19300
AE80	1DDE	19294 Y1=Y1+C*F/EA/(W*W+F*F)*S+W/2!/EA/(W*W+F*F)*(T2*T2-T1*T1)
AEF1	1DDE	19300 CH2=Y-Y1
AF00	1DDE	19310 RETURN
AF01	1DDE	19320 REM W=0
AF01	1DDE	19330 G2=ABS(TAN(TH2/2!))
AF19	1DDE	19340 G1=ABS(TAN(TH1/2!))
AF31	1DDE	19350 Y1=C/(F*F)*(LOG(G2)-LOG(G1))
AF61	1DDE	19352 IF ABS(EA)<=E THEN 19360
AF72	1DDE	19354 Y1=Y1+C*F/EA/(W*W+F*F)*S+W/2!/EA/(W*W+F*F)*(T2*T2-T1*T1)
APE3	1DDE	19360 GOTO 19300
APE6	1DDE	19370 INPUT"Do you continue(Yb/N)";C\$
AFF8	1DDE	19380 IF C\$<>"N" THEN GOTO 18100
B006	1DDE	19390 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT" B Y E - B Y E ! !"
B030	1DDE	19400 RETURN 70:REM TO MAIN
B034	1DDE	19410 THH=T2*COS(TH2)
B046	1DE6	19420 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 19435
B057	1DE6	19430 DELTA2=DELTA2+THH/EA*SUN
B06F	1DE6	19435 DELTA=DELTA1+DELTA2
B07E	1DEE	19440 IF DELTA<0! THEN RETURN
B08A	1DEE	19450 PRINT USING" #####.### #####.### #####.### #####.### ## #####.### #####.### #####.###";DELTA;DELTA1;DELTA2;T2;TH2/PA*18 0!;T1;TH1/PA*180! #####.### #####.### #####.###
B0DD	1DEE	19455 PRINT USING" #####.### #####.### #####.### #####.###";SUP;SUN;T2*COS(TH2);T2*SIN(TH2)
B114	1DEE	19460 IF PR\$<>"Y" THEN GOTO 19480
B122	1DEE	19470 LPRINT USING" #####.### #####.### #####.### #####.### ## #####.### #####.### #####.###";DELTA;DELTA1;DELTA2;T2;TH2/P A*180!;T1;TH1/PA*180!

```
Offset Data Source Line
B175 1DEE 19472 LPRINT USING" #####.### #####.###
#####.### #####.###";SUP;SUN;T2*COS(TH2);T2*SIN(TH2)
B1AC 1DEE 19480 RETURN
B1AD 1DEE 19490 REM
B1AD 1DEE 19500 REM
B1AD 1DEE 19510 REM
B1AD 1DEE 20000 REM*****
B1AD 1DEE 20010 REM** CRT CONTROL ***
B1AD 1DEE 20020 REM*****
B1AD 1DEE 20030 CLS
B1B3 1DEE 20035 VIEW PRINT 1 TO 24
B1BC 1DEE 20040 LOCATE 24,65:PRINT NA$
B1D4 1DEE 20045 VIEW PRINT 1 TO 22
B1DD 1DEE 20050 LOCATE 1,1
B1E6 1DEE 20060 RETURN
B1E7 1DEE 42730 REM*****
*****
B1E7 1DEE 42740 REM** END OF CATENARY PROGRAM PACKAGE K.U
NOKI ***
B1E7 1DEE 42750 REM*****
*****
B1E7 1DEE
B1EA 1DEE
```

50326 Bytes Available
25426 Bytes Free

0 Warning Error(s)
0 Severe Error(s)

```
Offset Data Source Line
0030 0006 10 REM *****
0030 0006 20 REM * MAIN PROGRAM *
0030 0006 30 REM * for カテナリ-計算(統合化) *
0030 0006 40 REM * CATPAC2.BAS (C) K.UNOKI *
0030 0006 50 REM *
0030 0006 60 REM *****
0030 0006 70 CLEAR:CLS:DEFDBL A-H,O-Z
0043 0006 80 DIM W(100),S(100),P(100),EA(100),IE(100),TU(100),TL(101),Y(1
00),X(100),SS(100),SL1(100),XM(100),YM(100),QU(100),QL(101),SG(
101),PX(101,6),PY(101,6)
0043 5DAA 90 DIM ATH(100),ATV(100),ATA(100),ATX(100)
0043 6A4A 100 KEY OFF:VIEW PRINT 1 TO 24
0051 6A4A 110 LOCATE 10,10:PRINT"|
|
0066 6A4A 120 LOCATE 11,10:PRINT"| カテナリ-解析プログラム のメニュー << メニュー
- >> |
007E 6A4A 130 LOCATE 12,10:PRINT"|=====
=====|"
0096 6A4A 140 LOCATE 13,10:PRINT"| CATPAC2
|
00AE 6A4A 150 LOCATE 14,10:PRINT"| <SLCAT>....
.....1|"
00C6 6A4A 160 LOCATE 15,10:PRINT"| <MULT>.....
.....2|"
00DE 6A4A 170 LOCATE 16,10:PRINT"| 終了.....
.....3|"
00F6 6A4A 180 LOCATE 17,10:PRINT"|
|
010E 6A4A 190 PRINT:PA=3.14159265358979#
0123 6A52 200 LOCATE 20,12:INPUT"上の中から番号を選んで入力して下さい。";
X
0141 6A5A 210 IXX=INT(X)
0150 6A5E 220 IF IXX>=4 OR IXX<1 THEN GOTO 200
0171 6A5E 230 IF IXX=1 THEN NA$="SLCAT" :GOSUB 3630
018B 6A62 240 IF IXX=2 THEN NA$="MULT" :GOSUB 270
01A5 6A62 250 IF IXX=3 THEN VIEW PRINT 1 TO 24:CLS 1:END
01C2 6A62 260 END
01C5 6A62 270 REM*****
01C5 6A62 280 REM 任意要素数(<100)の複合係留ライン特性計算プログラム
01C5 6A62 290 REM 流体力なし :海底傾斜あり: 伸び考慮
01C5 6A62 300 REM [[MULT.BAS]] REV.A
01C5 6A62 310 REM (C) 宇ノ木 賢一 1989.1.31
01C5 6A62 320 REM*****
01C5 6A62 330 DEFDBL A-H,O-Z
01C5 6A62 340 SCREEN 2,0:CLS :E=.0000001:N1=5:N2=5:IKU=0 :TBTI=0!
0200 6A7E 350 LOCATE 10,13:PRINT"*****
*****"
0218 6A7E 360 LOCATE 11,13:PRINT"* 任意要素数(<100)の複合係留ライン特性計算プ
rogram *"
0230 6A7E 370 LOCATE 12,13:PRINT"* [[MULT.BAS]] Rev.A
*"
0248 6A7E 380 LOCATE 13,13:PRINT"* (C) 宇ノ木 賢一
*"
025D 6A7E 390 LOCATE 14,13:PRINT"*****
*****"
```

Offset	Data	Source Line

0275	6A7E	400 PRINT
0281	6A7E	410 INPUT"プリンターに出力しますか(Yb/N)=";P\$:IF P\$="" THEN P\$="Y"
02A6	6A82	420 INPUT"プロッターに出力しますか(Yb/N)=";D\$:IF D\$="" THEN D\$="Y"
02CB	6A86	430 INPUT"コメント";CO\$
02DD	6A8A	440 INPUT"要素数(N<100)=";N
02EF	6A8E	450 INPUT"水深 ZA(m)=";ZA:H=ZA
0309	6A9E	460 INPUT"海底傾斜角 Q(deg)=";Q:PRINT:Q=Q*3.14159265358979#/180!
033C	6AA6	470 FOR I= N TO 1 STEP -1
034E	6AAA	480 PRINT"水中重量 W(";I;")(tf/m)=";:INPUT W(I)
0385	6AAE	490 PRINT"要素長さ S(";I;")(m)=";:INPUT S(I)
03BC	6AAE	500 PRINT"集中重量 P(";I;")(tf)=";:INPUT P(I)
03F3	6AAE	510 PRINT"伸び剛性 EA(";I;")(tf)=";:INPUT EA(I)
042A	6AAE	520 PRINT;:INPUT"OK(Yb/N)";OO\$:IF OO\$<>"N" THEN GOTO 530 ELSE GOTO 480
0457	6AB2	530 IF EA(I)<=E THEN IE(I)=1
0484	6AB2	540 NEXT I
04BC	6AB2	550 INPUT"着地要素の指定をしますか(Y/Nb)";T\$
04CE	6AB6	560 IF T\$<>"Y" THEN GOTO 600
04DC	6AB6	570 INPUT"要素番号 NU ";NU
04EE	6ABA	580 PRINT USING"要素###の持上り長さ SB(m)";NU::INPUT SB
050F	6AC2	590 PRINT USING"要素###が完全に持上った時の初期垂直張力(海底) TBTI(tf)";NU::INPUT TBTI
0530	6AC2	600 PRINT USING"出力間隔を変更しますか N1=### N2=### ";N1,N2
0545	6AC2	610 INPUT"(Y/Nb)";CH\$:IF CH\$<>"Y" THEN GOTO 640
0563	6AC6	620 INPUT" N1=";N1
0575	6AC6	630 INPUT" N2=";N2
0587	6AC6	640 INPUT"OK(Yb/N)";OK\$
0599	6ACA	650 IF OK\$="N" THEN GOTO 440
05A7	6ACA	660 IF T\$="Y" THEN DS=(S(NU)-SB)/N1
05E1	6AD2	670 IF P\$="Y" THEN GOSUB 2420
05F2	6AD2	680 TS=0!
05FB	6ADA	690 FOR KU=1 TO N
060D	6ADE	700 TS=TS+S(KU)
0628	6AE2	710 NEXT KU
0641	6AE2	720 IF T\$="Y" THEN GOTO 820
064F	6AE2	730 HH=(ZA-TS*SIN(Q))/(1!-SIN(Q))
0678	6AEA	740 SI=0!
0681	6AF2	750 FOR KU=N TO 1 STEP -1
0693	6AF6	760 SI=SI+S(KU)
06AE	6AF6	770 IF SI>HH THEN NU=KU:GOTO 820
06C8	6AF6	780 NEXT KU
06FA	6AF6	790 PRINT"ト-ル長さが短すぎる!"
0706	6AF6	800 IF P\$="Y" THEN LPRINT"ト-ル長さが短すぎる!"
0720	6AF6	810 GOTO 1060
0723	6AF6	820 TH=ABS(W(N)*TS/10!):THB=0!
0753	6B06	830 KEY OFF:CLS:LOCATE 1,65:PRINT"< M U L T >"
0776	6B06	840 PRINT" 要素 TH(tf) TV(tf) TA(tf) X(m) XB(m) XL(m)"
0782	6B06	850 PRINT" TVB(tf) SS(m) SL(m) YB(m) YL(m)"
078E	6B06	860 VIEW PRINT 4 TO 23
0797	6B06	870 IF P\$="Y" THEN LPRINT" 要素 TH(tf) TV(tf) TA(tf)

Offset	Data	Source Line
07B1	6B06	880 IF P\$="Y" THEN LPRINT" X(m) XB(m) XL(m) TVB(tf) SS(m) SL(m) YB(m) YL(m)"
07CB	6B06	890 FOR J=NU TO 1 STEP -1
07DD	6B0A	900 IF T\$="Y" AND J=NU AND ABS(DS)>=E THEN GOTO 950
0818	6B0E	910 IF T\$="Y" AND J=NU AND ABS(DS)<E THEN GOTO 970
0853	6B0E	920 IF J=NU THEN SB=S(J)-(SI-HH):DS=(SI-HH)/N1:GOTO 950
08A4	6B0E	930 SB=0!
08AD	6B0E	940 DS=S(J)/N1
08D2	6B0E	950 III=0:NN=N1
08E4	6B16	960 GOSUB 1850
08E7	6B16	970 SB=S(J):DS=0!:III=1:NN=N2
091A	6B16	980 TBT=P(J)/N2:IF J=NU THEN TBT=(P(J)-TBTI)/N2+TBTI
096E	6B1E	990 IF TBT<=E THEN GOTO 1050
097C	6B1E	1000 REM PRINT"--->>> TB=P(";J;)"
097C	6B1E	1010 IF P\$="Y" THEN LPRINT"--->>> TB=P(";J;)"
09A2	6B1E	1020 GOSUB 1850
09A5	6B1E	1030 REM PRINT"<<<--- TB=P(";J;)"
09A5	6B1E	1040 IF P\$="Y" THEN LPRINT"<<<--- TB=P(";J;)"
09CB	6B1E	1050 NEXT J
0A03	6B1E	1060 GOSUB 3000
0A06	6B1E	1070 LOCATE 23,1:INPUT"続けますか(Yb/N) ";C\$
0A24	6B22	1080 IF C\$<>"N" THEN VIEW PRINT 1 TO 23:GOTO 340
0A3E	6B22	1090 IF P\$="Y" THEN LPRINT:LPRINT" M U L T . B A S 終了";" ";T IME\$;" ";DATE\$
0A7C	6B22	1100 SCREEN 0,0:VIEW PRINT 1 TO 23:KEY ON:RETURN 70
0A97	6B22	1110 REM SUB A *****
0A97	6B22	1120 FOR L1=J TO N
0AA9	6B26	1130 IF III=0 THEN TB=TH*TAN(Q):GOTO 1160
0AC9	6B2E	1140 IF III=1 AND J=1 THEN TB=TBT:GOTO 1160
0AF9	6B2E	1150 TB=TH*TAN(Q)+TBT
0B11	6B2E	1160 IF L1=J THEN TUV=TB:GOTO 1190
0B2B	6B3A	1170 SG(J)=1!
0B43	6B3A	1180 TUV=SG(L1)*SQR(TL(L1)*TL(L1)-TH*TH)+P(L1)
0B90	6B3A	1190 TU(L1)=SQR(TUV*TUV+TH*TH)
0BC9	6B3A	1200 IF L1=J THEN TLV=TUV+W(L1)*SB ELSE TLV=TUV+W(L1)*S(L1)
0C24	6B42	1210 TL(L1+1)=SQR(TLV*TLV+TH*TH):IF TLV<=0! THEN SG(L1+1)=-1! E LSE SG(L1+1)=1!
0C9C	6B42	1220 B1=1!:B2=1!:REM PRINT"T2=";TL(L1+1);"T1=";TU(L1)
0CAB	6B52	1230 IF IE(L1)<>1 THEN B1=1!+TU(L1)/2!/EA(L1):B2=1!+TL(L1+1)/2! /EA(L1)
0D23	6B52	1240 Y(L1)=(TL(L1+1)*B2-TU(L1)*B1)/W(L1):REM PRINT"Y=";Y(L1)
0D7E	6B52	1250 NEXT L1
0D9A	6B52	1260 CY=0!
0DA3	6B5A	1270 FOR L2=J TO N
0DB5	6B5E	1280 CY=CY+Y(L2)
0DD0	6B62	1290 NEXT L2
0DE9	6B62	1300 S1=0!
0DF2	6B6A	1310 FOR LM=1 TO J
0E04	6B6E	1320 IF IE(LM)=1 THEN BB=1! ELSE BB=1!+TH/COS(Q)/EA(LM)
0E5F	6B7A	1330 IF LM=J THEN S1=S1+(S(LM)-SB)*BB ELSE S1=S1+S(LM)*BB
0EB5	6B7A	1340 NEXT LM
0ED1	6B7A	1350 HD=ZA-S1*SIN(Q)

Offset	Data	Source Line
0EE9	6B82	1360 AA\$=INKEY\$:IF AA\$="" THEN GOTO 1370 ELSE RETURN 1060
0F02	6B86	1370 CHK=CX-HD:REM PRINT USING "CHK=####.####^";CHK
0F11	6B8E	1380 RETURN
0F12	6B8E	1390 REM SUB B *****

0F12	6B8E	1400 FOR L=J TO N
0F24	6B92	1410 IF III=0 THEN TB=TH*TAN(Q):GOTO 1440
0F44	6B92	1420 IF III=1 AND J=1 THEN TB=TBT:GOTO 1440
0F74	6B92	1430 TB=TH*TAN(Q)+TBT
0F8C	6B92	1440 REM PRINT "TB=";TB
0F8C	6B92	1450 IF L=J THEN TUV=TB:GOTO 1470
0FA6	6B96	1460 TUV=SG(L)*SQR(TL(L)*TL(L)-TH*TH)+P(L)
OFF3	6B96	1470 TU(L)=SQR(TUV*TUV+TH*TH)
102C	6B96	1480 IF L=J THEN TLV=TUV+W(L)*SB ELSE TLV=TUV+W(L)*S(L)
1087	6B96	1490 TL(L+1)=SQR(TLV*TLV+TH*TH)
10C6	6B96	1500 Q1=ATN(TUV/TH):QU(L)=Q1
10F2	6B9E	1510 Q2=ATN(TLV/TH):QL(L+1)=Q2
1128	6BA6	1520 TEMP=LOG(TAN(Q2)+1!/COS(Q2))-LOG(TAN(Q1)+1!/COS(Q1))
1173	6BAE	1530 X(L)=TH*TEMP/W(L)
119E	6BAE	1540 IF IE(L)=1 THEN GOTO 1560
11B9	6BAE	1550 X(L)=X(L)+TH*TH/W(L)/EA(L)*(TAN(Q2)-TAN(Q1))
1211	6BAE	1560 Y(L)=TH/W(L)*(1!/COS(Q2)-1!/COS(Q1))
125C	6BAE	1570 IF IE(L)=1 THEN GOTO 1590
1277	6BAE	1580 Y(L)=Y(L)+TH*TH/2!/W(L)/EA(L)*(1!/COS(Q2)/COS(Q2)-1!/COS(Q1)/COS(Q1))
12FA	6BAE	1590 SS(L)=TH/W(L)*(TAN(Q2)-TAN(Q1)):SL1(L)=SS(L)
1347	6BAE	1600 IF IE(L)=1 THEN GOTO 1620
1362	6BAE	1610 SS(L)=SS(L)+TH*TH/2!/W(L)/EA(L)*(SIN(Q2)/COS(Q2)/COS(Q2)-SIN(Q1)/COS(Q1)/COS(Q1)+TEMP)
13F4	6BAE	1620 REM IF SS(L)<=0! THEN SS(L)=-SS(L)
13F4	6BAE	1630 NEXT L
1410	6BAE	1640 XX=0!:YY=0!:SSS=0!:SL=0!
142B	6BCE	1650 TA=TL(N+1):TV=TLV
1452	6BDE	1660 FOR L=J TO N
1464	6BE2	1670 XX=XX+X(L):XM(L)=XX
148C	6BE2	1680 YY=YY+Y(L):YM(L)=YY
14B4	6BE2	1690 SSS=SSS+SS(L)
14CF	6BE2	1700 SL=SL+SL1(L)
14EA	6BE2	1710 NEXT L
1506	6BE2	1720 XT=0!
150F	6BEA	1730 FOR M=1 TO J
1521	6BEE	1740 IF IE(M)=1 THEN BB=1! ELSE BB=1!+TH/COS(Q)/EA(M)
157C	6BF2	1750 IF M=J THEN XT=XT+(S(M)-SB)*BB*COS(Q) ELSE XT=XT+S(M)*BB*COS(Q)
15E9	6BF2	1760 NEXT M
1605	6BF2	1770 XP=XX+XT
1614	6BFA	1780 YT=ZA-XT*TAN(Q)
162C	6C02	1790 FOR KCU=J TO N
163E	6C06	1800 XM(KCU)=XM(KCU)+XT:IF ABS(XM(KCU))<=.001 THEN XM(KCU)=0!
1677	6C0A	1810 YM(KCU)=YT-YM(KCU):IF ABS(YM(KCU))<=.001 THEN YM(KCU)=0!
16AC	6C0A	1820 NEXT KCU
16C8	6C0A	1830 RETURN
16C9	6C0A	1840 REM SUB C *****

Offset	Data	Source Line
16C9	6C0A	1850 FOR K=1 TO NN
16DB	6C0E	1860 IF III=0 THEN SB=SB+DS
16F4	6C0E	1870 TH=TH:IK=0
1705	6C12	1880 DTH=TH :DTHO=DTH
1716	6C22	1890 TH=ABS(TH)
1721	6C22	1900 THO=TH
172A	6C2A	1910 GOSUB 1120
172D	6C2A	1920 CHKO=CHK
1736	6C32	1930 TH=TH+DTH:REM PRINT"TH=";TH;"CHK=";CHK
1744	6C32	1940 GOSUB 1120 :IF ABS(CHK)<=E THEN GOTO 1990
1758	6C32	1950 CHK1=CHK
1761	6C3A	1960 IF CHKO*CHK1<=0 THEN GOTO 1990
1772	6C3A	1970 IF (CHK1-CHKO)*CHK1>0 THEN DTH=-DTHO/2!:DTHO=DTH:LOCATE 5,1:PRINT"TH=";TH;"CHK=";CHK:IK=IK+1:IF IK>5 THEN RETURN 1060 ELSE GOTO 1890
17EF	6C3A	1980 CHKO=CHK1:THO=TH:GOTO 1930
1804	6C3A	1990 TH1=TH
180D	6C42	2000 XO=THO:X1=TH1:REM PRINT USING"XO=###.####^ X1=###.####^";XO,X1
181F	6C52	2010 II=0
1828	6C56	2020 TH=XO:GOSUB 1120 :FO=CHK
183D	6C5E	2030 TH=X1:GOSUB 1120 :F1=CHK
1852	6C66	2040 II=II+1:IF ABS(F1-FO)<=E THEN GOTO 2160
1877	6C66	2050 X2=(XO*F1-X1*FO)/(F1-FO)
18AA	6C6E	2060 TH=X2:GOSUB 1120 :F2=CHK
18BF	6C76	2070 IF ABS(X2-X3)<=E THEN GOTO 2160
18D6	6C7E	2080 X3=X2
18DF	6C7E	2090 IF FO*F2<0 THEN 2130
18F0	6C7E	2100 FO=F2
18F9	6C7E	2110 X0=X2
1902	6C7E	2120 GOTO 2040
1905	6C7E	2130 F1=F2
190E	6C7E	2140 X1=X2
1917	6C7E	2150 GOTO 2040
191A	6C7E	2160 TH=X2
1923	6C7E	2170 GOSUB 1400 :IF TH<THB THEN GOTO 2370
1934	6C7E	2180 ZAYY=ZA-YY:IF ABS(ZAYY)<=.001 THEN ZAYY=0!
195D	6C86	2190 LOCATE 5,1
1969	6C86	2200 PRINT USING" ###.####^ ###.####^ ###.####^ ###.####^";J,TH,TV,TA,XP,XT,XX
199C	6C86	2210 PRINT USING" ###.####^ ###.####^ ###.####^"; TB,SSS,SL,ZAYY,YY:THB=TH:PRINT
19D8	6C86	2220 IF P\$="Y" THEN LPRINT USING" ###.####^ ###.####^ ###.####^";J,TH,TV,TA,XP,XT,XX
1A19	6C86	2230 IF P\$="Y" THEN LPRINT USING" ###.####^ ###.####^"; TB,SSS,SL,ZAYY,YY:LPRINT
1A5A	6C86	2240 LOCATE 8,1
1A66	6C86	2250 PRINT USING" 持上り位置 XM=###.####^m YM=###.####^m";XT,YT
1A7B	6C86	2260 IF P\$="Y" THEN LPRINT USING" 持上り点 XM=###.####^m YM=###.####^m";XT,YT

Offset	Data	Source Line
1A9E	6C86	2270 FOR KKU=J TO N
1AB0	6C8A	2280 LOCATE 9,1
1ABC	6C8A	2290 PRINT USING" 要素番号### XM=##.####^m YM=##.####^m" ;KKU,XM(KKU),YM(KKU)
1AEA	6C8A	2300 IF P\$="Y" THEN LPRINT USING" 要素番号### XM=##.####^m YM=##.####^m";KKU,XM(KKU),YM(KKU)
1B26	6C8A	2310 PRINT USING" 接線角度 Q2=##.####deg Q1=##.####deg" deg";QL(KKU+1)*180!/3.14159265358979#,QU(KKU)*180!/3.1415926535 8979#
1B6F	6C8A	2320 IF P\$="Y" THEN LPRINT USING" 接線角度 Q2=##.####deg Q1=##.####deg";QL(KKU+1)*180!/3.14159265358979#,QU(KKU)*1 80!/3.14159265358979#
1BC6	6C8A	2330 NEXT KKU
1BE2	6C8A	2340 IKU=IKU+1
1BF0	6C8A	2350 ATH(IKU)=TH:ATV(IKU)=TV:ATA(IKU)=TA:ATX(IKU)=XP
1C32	6C8A	2360 PRINT:IF P\$="Y" THEN LPRINT
1C59	6C8A	2370 IF III=1 AND J<>NU THEN TBT=TBT+P(J)/N2
1CA5	6C8A	2380 IF III=1 AND J=NU THEN TBT=TBT+(P(J)-TBTI)/N2
1CF8	6C8A	2390 GOSUB 2570
1CFB	6C8A	2400 NEXT K
1D17	6C8E	2410 RETURN
1D18	6C8E	2420 REM SUB LPRINT ***** *****
1D18	6C8E	2430 LPRINT "M U L T . B A S 開始";" ";TIME\$;" ";DATE\$:LPRINT CO\$:LPRINT
1D54	6C8E	2440 LPRINT"要素数 (N<100) =" ;N
1D66	6C8E	2450 LPRINT"水深 ZA =" ;ZA;" m"
1D7E	6C8E	2460 LPRINT"海底傾斜角 Q =" ;Q*180!/3.14159265358979#;" deg "
1D9F	6C8E	2470 LPRINT
1DAB	6C8E	2480 FOR I= N TO 1 STEP -1
1DBD	6C92	2490 LPRINT"水中重量 W(";I;")=" ;W(I);" tf/m"
1DEF	6C92	2500 LPRINT"要素長さ S(";I;")=" ;S(I);" m"
1E21	6C92	2510 LPRINT"集中重量 P(";I;")=" ;P(I);" tf"
1E53	6C92	2520 LPRINT"伸び剛性 EA(";I;")=" ;EA(I);" tf"
1E85	6C92	2530 LPRINT
1E91	6C92	2540 NEXT I
1EC9	6C92	2550 LPRINT USING"要素番号 ### の持上り長さ ##.####^m";NU, SB+DS:LPRINT
1EF3	6C92	2560 RETURN
1EF4	6C92	2570 REM PLOT DATA ***** *****
1EF4	6C92	2580 PX(J,1)=XT :PY(J,1)=YT
1F1A	6C92	2590 FOR KI= J TO N
1F2C	6C96	2600 DQ=(QL(KI+1)-QU(KI))/5!
1F68	6CA2	2610 Q11=QU(KI):Q22=Q11+DQ
1F8E	6CB2	2620 FOR IN=2 TO 6
1F97	6CB2	2630 GOSUB 2780
1F9A	6CB2	2640 PX(KI,IN)=PX(KI,IN-1)+DDX
1FF5	6CBE	2650 PY(KI,IN)=PY(KI,IN-1)-DDY
2050	6CC6	2660 Q11=Q22:Q22=Q11+DQ
2068	6CC6	2670 NEXT IN
2084	6CC6	2680 PX(KI+1,1)=PX(KI,6)
20B2	6CC6	2690 PY(KI+1,1)=PY(KI,6)

Offset	Data	Source Line
20E0	6CC6	2700 NEXT KI
20FC	6CC6	2710 IF D\$="Y" THEN GOSUB 2870
210D	6CC6	2720 REM FOR MI= J TO N
210D	6CC6	2730 REM FOR IM= 1 TO 6
210D	6CC6	2740 REM PRINT USING" I### J### X ##.#####^m Y ##.##### ^m";MI,IM,PX(MI,IM),PY(MI,IM)
210D	6CC6	2750 REM NEXT IM
210D	6CC6	2760 REM NEXT MI
210D	6CC6	2770 RETURN
210E	6CC6	2780 REM**PLOT SUB***** ***
210E	6CC6	2790 TEMI=LOG(TAN(Q22)+1!/COS(Q22))-LOG(TAN(Q11)+1!/COS(Q11))
2159	6CCE	2800 DDX=TH*TEMI/W(KI)
217D	6CCE	2810 IF IE(KI)=1 THEN GOTO 2830
2198	6CCE	2820 DDX=DDX+TH*TH/W(KI)/EA(KI)*(TAN(Q22)-TAN(Q11))
21E3	6CCE	2830 DDY=TH/W(KI)*(1!/COS(Q22)-1!/COS(Q11))
2228	6CCE	2840 IF IE(KI)=1 THEN GOTO 2860
2243	6CCE	2850 DDY=DDY+TH*TH/2!/W(KI)/EA(KI)*(1!/COS(Q22)/COS(Q22)-1!/COS (Q11)/COS(Q11))
22B7	6CCE	2860 RETURN
22B8	6CCE	2870 REM DRAWING *****
22B8	6CCE	2880 FOR MI= J TO N
22CA	6CD2	2890 XS=PX(MI,1)/TS*600+10
22F4	6CDE	2900 YS=PY(MI,1)/TS*400+500 :YSS=ZA/TS*400+500
233C	6CEE	2910 IF MI=J THEN LINE (10!,YSS)-(XS,YS)
237D	6CEE	2920 IF MI<>J THEN PSET (XS,YS)
23AD	6CEE	2930 FOR IM= 1 TO 6
23B6	6CEE	2940 XE=PX(MI,IM)/TS*600+10
23F1	6CFA	2950 YE=PY(MI,IM)/TS*400+500
242C	6D02	2960 LINE -(XE,YE)
2450	6D02	2970 NEXT IM
246C	6D02	2980 NEXT MI
2488	6D02	2990 RETURN
2489	6D02	3000 REM PLOT OF MOOR.CHARA***** ****
2489	6D02	3010 PRINT"任意キ-を押して下さい。"
2495	6D02	3020 A\$=INKEY\$:IF A\$="" THEN GOTO 3020
24A7	6D06	3030 CLS:LOCATE 4,7:PRINT CO\$
24C5	6D06	3040 X00=(TS-ZA)/(1!/COS(Q)-SIN(Q))
24F3	6D0E	3050 LINE (100,200)-(700,600),,B
2512	6D0E	3060 LINE (110,245)-(200,245):LOCATE 9,17:PRINT"TH 水平力"
2547	6D0E	3070 LINE (110,304)-(200,304),,,&HF8F8:LOCATE 11,17:PRINT"TV"+ " 垂直力"
2583	6D0E	3080 LINE (110,368)-(200,368),,,&H4444:LOCATE 13,17:PRINT"TA"+ " 軸力"
25BF	6D0E	3090 FOR IS=1 TO 9
25C8	6D0E	3100 KLM=600-IS*40
25DD	6D16	3110 KLY=60*IS+100
25F2	6D1A	3120 LINE (100,KLM)-(700,KLM),,,&H5555
260F	6D1A	3130 LINE (KLY,200)-(KLY,600),,,&H5555
262D	6D1A	3140 NEXT IS
2646	6D1A	3150 CU=ATA(IKU):IF CU>2000 THEN YBT=CU
2671	6D2A	3160 IF CU<=2000 AND CU>1000 THEN YBT=2000
269F	6D2A	3170 IF CU<=1000 AND CU>500 THEN YBT=1000

Offset	Data	Source Line
26CD	6D2A	3180 IF CU<=500 AND CU>250 THEN YBT=500
26FB	6D2A	3190 IF CU<=250 AND CU>100 THEN YBT=250
2729	6D2A	3200 IF CU<=100 AND CU>50 THEN YBT=100
2757	6D2A	3210 IF CU<=50 AND CU>20 THEN YBT=50
2785	6D2A	3220 IF CU<=20 AND CU>10 THEN YBT=20
27B3	6D2A	3230 IF CU<=10 THEN YBT=10
27C9	6D2A	3240 CX=(ATX(IKU)-X00)/10!:IF CX>200 THEN XBT=2000
2803	6D3A	3250 IF CX<=200 AND CX>100 THEN XBT=2000
2830	6D3A	3260 IF CX<=100 AND CX>50 THEN XBT=1000
285D	6D3A	3270 IF CX<=50 AND CX>25 THEN XBT=500
288A	6D3A	3280 IF CX<=25 AND CX>20 THEN XBT=250
28B7	6D3A	3290 IF CX<=20 AND CX>10 THEN XBT=200
28E4	6D3A	3300 IF CX<=10 AND CX>5 THEN XBT=100
2911	6D3A	3310 IF CX<=5 AND CX>2 THEN XBT=50
293E	6D3A	3320 IF CX<=2 AND CX>1 THEN XBT=20
296B	6D3A	3330 IF CX<=1 AND CX>.5 THEN XBT=10
2998	6D3A	3340 IF CX<=.5 AND CX>.1 THEN XBT=5
29C5	6D3A	3350 IF CX<=.1 THEN XBT=1
29DC	6D3A	3360 XOS=(INT(X00/XBT*10)+1)*XBT/10!
2A0D	6D42	3370 XOE=XOS+XBT
2A1C	6D4A	3380 LOCATE 22,1:PRINT"TAmax(tf)";YBT;:INPUT CEE\$:IF CEE\$<>" THEN YBT=VAL(CEE\$)
2A62	6D4E	3390 LOCATE 22,1:PRINT" "
2A7A	6D4E	3400 LOCATE 22,1:PRINT"Xstart(m)";XOS;:INPUT CEE\$:IF CEE\$<>" THEN XOS=VAL(CEE\$)
2AC0	6D4E	3410 LOCATE 22,1:PRINT" "
2AD8	6D4E	3420 LOCATE 22,1:PRINT"Xend (m)";XOE;:INPUT CEE\$:IF CEE\$<>" THEN XOE=VAL(CEE\$)
2B1E	6D4E	3430 LOCATE 22,1:PRINT" ":LOCATE 22,1
2B44	6D4E	3440 XBT=XOE-XOS
2B53	6D4E	3450 LOCATE 5,10:PRINT USING" T=##.###^tf ~ ##.###^tf" ;0,YBT
2B73	6D4E	3460 LOCATE 6,10:PRINT USING" X=##.###^m ~ ##.###^m"; XOS,XOE
2B94	6D4E	3470 LOCATE 13,6:PRINT "T"
2BAC	6D4E	3480 LOCATE 14,4:PRINT "(tf)"
2BC4	6D4E	3490 LOCATE 22,27:PRINT "X(m)"
2BDC	6D4E	3500 FOR MI=1 TO IKU-1
2BF4	6D52	3510 XS=(ATX(MI)-XOS)/XBT*600+100:XE=(ATX(MI+1)-XOS)/XBT*600+10 0
2C62	6D52	3520 YSH=600-ATH(MI)/YBT*400:YEH=600-ATH(MI+1)/YBT*400
2CC1	6D62	3530 YSV=600-ATV(MI)/YBT*400:YEV=600-ATV(MI+1)/YBT*400
2D20	6D72	3540 YSA=600-ATA(MI)/YBT*400:YEA=600-ATA(MI+1)/YBT*400
2D7F	6D82	3550 LINE (XS,YSH)-(XE,YEH)
2DBC	6D82	3560 LINE (XS,YSV)-(XE,YEV),,,&HF8F8
2DFC	6D82	3570 LINE (XS,YSA)-(XE,YEA),,,&H4444
2E3C	6D82	3580 NEXT MI
2E58	6D82	3590 RETURN
2E59	6D82	3600 REM***** *****
2E59	6D82	3610 REM FINAL VERSION (C)K.UNOKI

Offset	Data	Source Line
2E59	6D82	3620 REM***** *****
2E59	6D82	3630 REM***** *****
2E59	6D82	3640 REM* BASCAT/INC PRGRM NAME SLCAT.Rev 8 (C)K. UNOKI **
2E59	6D82	3650 REM***** *****
2E59	6D82	3660 REM** SPRING CONSTANT (.UNOKI ***
2E59	6D82	3670 REM** SPRING.BAS REV.1 ***
2E59	6D82	3680 REM** REV.3 ***
2E59	6D82	3690 REM***** *****
2E59	6D82	3700 DEFDBL A-H,O-Z
2E59	6D82	3710 CLS
2E5F	6D82	3720 MM=20! : DELTA=0! :II=0 :K=0 : IU=0 : D0=0! :IR=1
2E99	6D9E	3730 PA=3.14159265358979#:E=1E-12 :G=9.80665
2EB4	6DA6	3740 INPUT"続けますか(Y/N)";CON\$:IF CON\$="" THEN CON\$="Y"
2ED9	6DAA	3750 IF CON\$<>"N" THEN GOTO 3760 ELSE VIEW PRINT 1 TO 22:CLS:RE TURN 70
2EFA	6DAA	3760 VIEW PRINT 1 TO 22:CLS 1:LOCATE 1,1
2FOC	6DAA	3770 INPUT "PRINT OUT(Y/Nb)";PR\$:IF PR\$="" THEN PR\$="N"
2F31	6DAE	3780 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT:LPRINT
2F54	6DAE	3790 INPUT"コメント";A\$
2F66	6DAE	3800 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT"***** ";A\$
2F86	6DAE	3810 INPUT"単位長さ当たりの水中重量(tf/m)";W
2F98	6DB6	3820 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT"単位長さ当たりの水中重量(tf/m)";W
2FB8	6DB6	3830 INPUT"ライン長さ(m)";S
2FCA	6DBE	3840 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT"ライン長さ(m)";S
2FEA	6DBE	3850 INPUT"アンカ点深さ(m)";ZA
2FFC	6DBE	3860 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT"アンカ点深さ(m)";ZA
301C	6DBE	3870 INPUT"軸剛性 EA 0:剛 (tf)";EA:IF ABS(EA)<=E THEN K=1
3047	6DC6	3880 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT"軸剛性 EA (tf)";EA
3067	6DC6	3890 INPUT"海底傾斜角度(-90,90) (deg)";TI: IF ABS(TI)>=89.9 9999 THEN TI=SGN(TI)*89.9999
3099	6DCE	3900 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT USING"海底傾斜角度(-90,90) (deg) =###.###";TI
30B6	6DCE	3910 INPUT"IS DATA OK(Y/N)";D\$:IF D\$="" THEN GOTO 3760
30D4	6DCE	3920 DR=3.14159265358979#/180!
30DD	6DD6	3930 TI=TI*DR : TI0=TI
30F3	6DDE	3940 CSX=COS(TI)
30FF	6DE6	3950 SSX=SIN(TI)
310B	6DEE	3960 X0=(S-ZA)*CSX/(1!-SSX)
3131	6DEE	3970 PRINT" No DELTA(m) TH(tf) TV(tf) T A(tf) Rmin(m) " 313D 6DEE 3980 VIEW PRINT 10 TO 22 3146 6DEE 3990 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT" No DELTA(m) TH(tf) TV(tf) TA(tf) Rmin(m) " 3160 6DEE 4000 PRINT"X0=";X0;" M" 3178 6DEE 4010 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT"X0=";X0;" M" 319E 6DEE 4020 Z0=(ZA-S*SSX)/(1!-SSX)

Offset	Data	Source Line
31C5	6DF6	4030 DS=(S-Z0)/20!
31DA	6DF6	4040 PRINT"S=";S;"Z0=";Z0
31F8	6DF6	4050 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT"S=";S;"Z0=";Z0
3224	6DF6	4060 SD=Z0 +DS
3233	6DFE	4070 GOSUB 4200
3236	6DFE	4080 SD=SD+DS
3244	6DFE	4090 IF SD >=S THEN GOTO 4100 ELSE GOTO 4070
3254	6DFE	4100 ZAS=SQR(S*S-ZA*ZA)
3278	6E06	4110 TM=ATN(ABS(ZA)/ZAS) : IF ZA<0! THEN MM=2*MM
32AA	6E0E	4120 DT=(TM-TI)/MM
32C7	6E16	4130 PRINT"TM=";TM;"TI=";TI
32E5	6E16	4140 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT"TM=";TM;"TI=";TI
3311	6E16	4150 SD=S : FL=0 :TI=TI+DT
3331	6E1E	4160 GOSUB 4200 :REM IF (TI>TM-2!*DT) AND (FL=0) THEN DT=.1*DT :FL=1
3334	6E1E	4170 TI=TI + DT :REM PRINT "DT=";DT
3342	6E1E	4180 IF TI > TM-DT THEN GOTO 3720 ELSE GOTO 4160
3358	6E1E	4190 REM
3358	6E1E	4200 CSX=COS(TI)
3364	6E1E	4210 SSX=SIN(TI)
3370	6E1E	4220 TSX=TAN(TI)
337C	6E26	4230 X1X=(S-SD)*CSX
3391	6E2E	4240 Z1X=ZA-(S-SD)*SSX
33AC	6E36	4250 H=Z1X:IO=0
33BE	6E3A	4260 A1X=0!:A2X=H/CSX-SD*TSX:A3X=H*H-SD*SD
3407	6E52	4270 A\$=INKEY\$:IF A\$="" THEN GOTO 4280 ELSE GOTO 3720
341F	6E52	4280 REM PRINT "H=";H;"cs=";CSX;"sd=";SD;"ts=";TSX;"A=";AXM
341F	6E52	4290 IF K=1 THEN GOTO 4380
342D	6E52	4300 A1X=W*SD/EA*TSX*(W*SD/EA*TSX-2!/CSX)
3474	6E52	4310 A2X=(1!/CSX-W*SD/EA*TSX)*(H-W*SD*SD/2!/EA)-SD*TSX
34DA	6E52	4320 A3X=(H-W*SD*SD/2!/EA)*(H-W*SD*SD/2!/EA)-SD*SD
3517	6E52	4330 IF ABS(TSX)<=E THEN GOTO 4380
3528	6E52	4340 AXX=A2X*A2X-A1X*A3X
3547	6E5A	4350 IF AXX<0! THEN PRINT"!!!虚根!!!":GOTO 3720
3561	6E5A	4360 AXM=(-A2X+SQR(AXX))/A1X:TH=W*AXM:TV=W*SD+TH*TSX
35AF	6E62	4370 GOTO 4390
35B2	6E62	4380 AXM=-A3X/2!/A2X:TH=W*AXM:TV=W*SD+TH*TSX
35F8	6E62	4390 B1X=1!:IF K=0 THEN B1X=1!+TH/CSX/EA
3629	6E6A	4400 HD=ZA-(S-SD)*SSX*B1X:CHK=ABS((H-HD)/S)
3660	6E6A	4410 IF CHK<=E THEN GOTO 4460
366E	6E6A	4420 IF (H<HD AND SSX>0!) OR (H>HD AND SSX<0!) THEN PRINT"H err or":RETURN
36BB	6E6A	4430 IO=IO+1
36C9	6E6A	4440 IF IO>100 THEN PRINT"!!! 100 OVER !!!":GOTO 3720
36E6	6E6A	4450 H=(HD+H)/2!:GOTO 4260
36FF	6E6A	4460 TA = SQR(TH*TH + TV*TV)
3723	6E6A	4470 TH2=ATN(TV/TH)
3738	6E72	4480 G2=(TAN(TH2/2!)+1!)/(TAN(TH2/2!)-1!):G2=ABS(G2)
3773	6E7A	4490 G1=(TAN(TI /2!)+1!)/(TAN(TI /2!)-1!):G1=ABS(G1):REM PRINT USING"G2##.#####^ G1##.#####^ A##.#####^";G2;G1;A XM
37AE	6E82	4500 L#=AXM*(LOG(G2)-LOG(G1))
37CE	6E8A	4510 IF K=1 THEN GOTO 4530
37DC	6E8A	4520 L#=L#+TH*TH/W/EA*(TAN(TH2)-TSX)

Offset	Data	Source Line
380B	6E8A	4530 IF G1>9.999999E+37 OR G2>9.999999E+37 THEN IU=IU+1:PRINT " *** ACCURACY OF LOG IS'NT GUARANTEED ***":IF PR\$<>"N" THEN LPRI NT"*** ACCURACY OF LOG IS'NT GUARANTEED ***"
3864	6E8A	4540 IF IU>11 THEN RETURN
3873	6E8A	4550 REM DO=DELTA
3873	6E8A	4560 DELTA=X1X*B1X+ L# : REM - XO
3888	6E8A	4570 REM IF K=0 THEN DELTA=DELTA+TH/EA*SD
3888	6E8A	4580 IF DELTA>=DO THEN DO=DELTA
3899	6E8A	4590 IF DELTA<DO THEN RETURN
38A8	6E8A	4600 IF AXM<=0! THEN RETURN
38B4	6E8A	4610 IF IR=1 THEN II=II+1 ELSE RETURN
38D1	6E8A	4620 GOSUB 4700:PRINT USING" ####.#####.###.#####.###.### #####.###.#####.###.#####.###.#####.###.###.#####.###.### ";II,DELTA,TH,TV,TA,TH /W
390B	6E8A	4630 PRINT USING" DEL1=##.###^m DEL2=##.###^m "+" φ=##.###^deg H=##.###^m";X1X*B1X,L#,TI/DR,H
3944	6E8A	4640 REM PRINT USING" RL =##.###^m";RRL
3944	6E8A	4650 PRINT USING" Khh=##.###^t/m Kvh=##.###^t/m Khv =##.###^t/m Kvv=##.###^t/m";DTHX,DTVX,DTHY,DTVY
3965	6EAA	4660 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT USING" ####.#####.###.#####. ###.#####.###.#####.###.#####.###.#####.###.###.#####. ";II,DELTA,TH,T V,TA,TH/W
39AA	6EAA	4670 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT USING" DEL1=##.###^m DEL2 =##.###^m φ=##.###^deg H=##.###^m";X1X*B1X,L#,TI /DR,H
39EB	6EAA	4680 IF PR\$<>"N" THEN LPRINT USING" Khh=##.###^t/m Kvh =##.###^t/m Khv=##.###^t/m Kvv=##.###^t/m";DTHX,DTVX,D THY,DTVY
3A1A	6EAA	4690 RETURN
3A1B	6EAA	4700 REM*** MAIN CAL. OF SPRING CONSTANT ****
3A1B	6EAA	4710 RL=S-SD
3A2A	6EB2	4720 IF RL<=0! THEN GOSUB 5360:RETURN
3A39	6EB2	4730 REM ***** MAIN CAL. FOR dφ=0 *****
3A39	6EB2	4740 REM
3A39	6EB2	4750 CT=COS(TI)
3A45	6EBA	4760 ST=SIN(TI)
3A51	6EC2	4770 TT=TAN(TI)
3A5D	6ECA	4780 CQ=COS(TH2)
3A69	6ED2	4790 SQ=SIN(TH2)
3A75	6EDA	4800 TQ=TAN(TH2)
3A81	6EE2	4810 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 4830
3A92	6EE2	4820 IF ABS(EA)>E THEN GOSUB 5850:RETURN
3AA7	6EE2	4830 A5=-TH/W*SQ/CQ/CQ
3ACD	6EEA	4840 A5=A5+TH/W*ST/CQ/CQ
3AEE	6EEA	4850 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 4880
3AFF	6EEA	4860 A5=A5-TH*TH/EA/W*SQ/CQ/CQ/CQ
3B30	6EEA	4870 A5=A5+TH*TH*ST/2!/W/EA*((2!-CQ*CQ)/CQ/CQ/CQ+1!/CQ)
3B93	6EEA	4880 A6=(1!/CQ-1!/CT)/W
3BB6	6EF2	4890 A6=A6-ST/W*(TQ-TT)
3BD6	6EF2	4900 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 4930
3BE7	6EF2	4910 A6=A6+TH/W/EA*(1!/CQ/CQ-1!/CT/CT)
3C2C	6EF2	4920 A6=A6-TH*ST/W/EA*(SQ/CQ/CQ-ST/CT/CT+LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1 !/CT))
3CB7	6EF2	4930 DQ=A6/A5

Offset	Data	Source Line
3CC6	6EF2	4940 DXO=(LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))/W+TH/CQ/W*DQ
3D22	6EFA	4950 DXO=DXO-(TQ-TT)/W*CT-TH/W/CQ/CQ*DQ*CT
3D6A	6EFA	4960 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 4990
3D7B	6EFA	4970 DXO=DXO-TH/W/EA*(SQ/CQ/CQ-ST/CT/CT+LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))*CT
3E04	6EFA	4980 DXO=DXO-TH*TH/2!/EA/W*((2!-CQ*CQ)/CQ/CQ/CQ+1!/CQ)*DQ*CT
3E6F	6EFA	4990 DTHX=DXO
3E78	6EFA	5000 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 5020
3E89	6EFA	5010 DTHX=DTHX+2!*TH/EA/W*(TQ-TT)+TH*TH/W/EA/CQ/CQ*DQ
3EE4	6EFA	5020 DTHX=1!/DTHX
3EF0	6EFA	5030 DTVX=DTHX*(TQ+TH/CQ/CQ*DQ)
3F16	6EFA	5040 XX=TH/W*(LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))
3F5D	6EFA	5050 YY=TH/W*(1!/CQ-1!/CT)
3F86	6EFA	5060 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 5090
3F97	6EFA	5070 XX=XX+TH*TH/EA/W*(TQ-TT)
3FC3	6EFA	5080 YY=YY+TH*TH/2!/W/EA*(1!/CQ/CQ-1!/CT/CT)
4011	6EFA	5090 SS=TH/W*(TQ-TT)
402C	6F02	5100 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 5120
403D	6F02	5110 SS=SS+TH*TH/2!/EA/W*((TQ/CQ-TT/CT)+LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))
40BF	6F02	5120 REM
40BF	6F02	5130 B4=(LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))/W
4100	6F0A	5140 B4=B4-CT/W*(TQ-TT)
4120	6F0A	5150 B5=TH/W/CQ
4135	6F12	5160 B5=B5-TH/W*CT/CQ/CQ
4158	6F12	5170 B6=0!:B7=0!
4167	6F22	5180 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 5230
4178	6F22	5190 B6=B6+2!*TH/EA/W*(TQ-TT)
41A5	6F22	5200 B6=B6-CT*TH/EA/W*(SQ/CQ/CQ-ST/CT/CT+LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))
422E	6F22	5210 B7=B7+TH*TH/EA/W/CQ/CQ
4254	6F22	5220 B7=B7-CT*TH*TH/2!/W/EA*((2!-CQ*CQ)/CQ/CQ/CQ+1!/CQ)
42B9	6F22	5230 DQ1=- (B4+B6)/(B5+B7)
42DC	6F2A	5240 DY0=(1!/CQ-1!/CT)/W+TH/W*TQ/CQ*DQ1
4322	6F32	5250 DY0=DY0-(TQ-TT)/W*ST-TH/W/CQ/CQ*DQ1*ST
436A	6F32	5260 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 5290
437B	6F32	5270 DY0=DY0-TH/W/EA*(SQ/CQ/CQ-ST/CT/CT+LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))*ST
4406	6F32	5280 DY0=DY0-TH*TH/2!/EA/W*((2!-CQ*CQ)/CQ/CQ/CQ+1!/CQ)*DQ1*ST
4471	6F32	5290 DTHY=DY0
447A	6F32	5300 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 5320
448B	6F32	5310 DTHY=DTHY+TH/EA/W*(1!/CQ/CQ-1!/CT/CT)+TH*TH/EA/W*TQ/CQ/CQ*DQ1
44FF	6F32	5320 DTHY=1!/DTHY
450B	6F32	5330 DTVY=DTHY*(TQ+TH/CQ/CQ*DQ1)
4531	6F32	5340 RRL=RL:AX=XX+RRL*CT:AY=YY+RRL*ST
4564	6F4A	5350 RETURN
4565	6F4A	5360 REM ***** MAIN CAL. FOR dφ <> 0 *****
4565	6F4A	5370 H=ZA:REM A=2!:IF ABS(EA)>=E THEN A=A-W*W*S*S/EA/EA
456E	6F4A	5380 REM B=-2!*W*S/TH:IF ABS(EA)>=E THEN B=B+W*S/TH*(2!*W*H/EA+W*W*S*S/EA/EA)
456E	6F4A	5390 REM C=2!+W*W/TH*TH*(S*S-H*H):IF ABS(EA)>=E THEN C=C+W*W/TH/TH*(-W*W*S*S*S/4!/EA/EA-W*H*S*S/EA)
456E	6F4A	5400 REM A4=4!-A*A

Offset	Data	Source Line
456E	6F4A	5410 REM A3=- (8!*W*S/TH+2!*A*B)
456E	6F4A	5420 REM A2=4!*W*W*S*S/TH/TH+8!-B*B-2!*A*C
456E	6F4A	5430 REM A1=- (8!*W*S/TH+2!*B*C)
456E	6F4A	5440 REM A0=4!*(W*W*S*S/TH/TH+1!)-C*C:REM PRINT USING"A4##.### #^^^A3##.###^^^A2##.###^^^A1##.###^^^A0##.###^^^";A4,A3,A2,A1,A0
456E	6F4A	5450 REM ZAA=ABS(ZA):SAA=SQR(ZAA*(ZAA+2!*TH/W)):T1A=SQR(SAA*SAA-ZA*ZA):X1=ATN(ZA/T1A)
456E	6F4A	5460 REM DX0=(4!*(A4/A1)*X1*X1*X1+3!*(A3/A1)*X1*X1+2!*(A2/A1)*X1+1)
456E	6F4A	5470 REM X11=X1-((A0/A1)+X1+(A4/A1)*X1*X1*X1+(A3/A1)*X1*X1*X1+(A2/A1)*X1*X1)/DX0
456E	6F4A	5480 REM I=I+1:REM PRINT USING"I=##### X1=##.#####^^^ X11=##.#####^^^";I,X1/PA*180!,X11/PA*180!
456E	6F4A	5490 REM IF ABS(X1-X11)<=E THEN GOTO 41990 ELSE X1=X11:GOTO 41980
456E	6F4A	5500 REM IF I>100 THEN PRINT"ITERATION OVER":RETURN ELSE GOTO 41940
456E	6F4A	5510 X1=TAN(TH2):X2=TAN(TI)
4586	6F4A	5520 REM PRINT"Q=";ATN(X1)/PA*180!;"TI=";ATN(X2)/PA*180!
4586	6F4A	5530 Y5=SQR(X1*X1+1!):Z=SQR(X2*X2+1!)
45BB	6F5A	5540 XL1=LOG(X1+Y5):XL2=LOG(X2+Z)
45E5	6F6A	5550 A11=TH:IF ABS(EA)>=E THEN A11=TH*(1!+TH/EA*Y5)
4622	6F72	5560 A12=-TH:IF ABS(EA)>=E THEN A12=-TH*(1!+TH/EA*Z)
4665	6F7A	5570 A21=Y5/X1
4674	6F82	5580 A22=-Z/X2
4686	6F8A	5590 B1=- (Y5-Z):IF ABS(EA)>=E THEN B1=B1-TH/EA*(Y5*Y5-Z*Z)
46DB	6F8A	5600 B2=- (X1-X2)/TH
46F3	6F8A	5610 DD=A11*A22-A21*A12
4713	6F92	5620 DYH=(B1*A22-B2*A12)/DD
4739	6F9A	5630 DZH=(B2*A11-B1*A21)/DD
475F	6FA2	5640 DTHX=XL1-XL2+TH*(1!/X1*DYH-1!/X2*DZH):IF ABS(EA)>=E THEN DTHX=DTHX+TH/EA*(X1-X2)
47C6	6FA2	5650 DTVX=W/DTHX
47D2	6FA2	5660 DTVX=DTHX*(X1+TH*Y5/X1*DYH)
47F6	6FA2	5670 XX=TH/W*(XL1-XL2):IF ABS(EA)>=E THEN XX=XX+TH*TH/W/EA*(X1-X2)
4851	6FA2	5680 YY=TH/W*(Y5-Z):IF ABS(EA)>=E THEN YY=YY+TH*TH/2!/W/EA*(Y5*Y5-Z*Z)
48C7	6FA2	5690 SS=TH/W*(X1-X2):IF ABS(EA)>=E THEN SS=SS+TH*TH/2!/W/EA*(X1*Y5-X2*Z+XL1-XL2)
494B	6FA2	5700 REM Q=ATN(X1):TI=ATN(X2)
494B	6FA2	5710 A11=TH/W/X1
4960	6FA2	5720 A12=-TH/W/X2
497D	6FA2	5730 A21=Y5/X1
498C	6FA2	5740 A22=-Z/X2
499E	6FA2	5750 B1=- (XL1-XL2)/W:IF ABS(EA)>=E THEN B1=B1-TH/W/EA*(X1-X2)
49F5	6FA2	5760 B2=- (X1-X2)/TH
4A0D	6FA2	5770 DD=A11*A22-A21*A12
4A2D	6FA2	5780 DYV=(B1*A22-B2*A12)/DD
4A53	6FAA	5790 DZV=(B2*A11-B1*A21)/DD
4A79	6FB2	5800 DTHY=Y5-Z+TH*(DYV-DZV):IF ABS(EA)>=E THEN DTHY=DTHY+TH/EA*(Y5*Y5-Z*Z)+TH*TH/W/EA*(Y5*DYV-Z*DZV)
4B1E	6FB2	5810 DTHY=W/DTHY

Offset	Data	Source Line
4B2A	6FB2	5820 DTVY=DTHY*(X1+TH*Y5/X1*DYV)
4B4E	6FB2	5830 AX=XX:AY=YY:RRL=0!
4B69	6FB2	5840 RETURN
4B6A	6FB2	5850 REM ***** ELONGATED BOTTOM LINE *****
4B6A	6FB2	5860 XMC=1!+TH/CT/EA
4B85	6FBA	5870 A5=-TH/W*SQ/CQ/CQ
4B8B	6FBA	5880 A5=A5+TH/W*ST*XMC/CQ/CQ
4BD2	6FBA	5890 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 5910
4BE3	6FBA	5900 A5=A5-TH*TH/EA/W*SQ/CQ/CQ/CQ
4C14	6FBA	5910 A6=(1!/CQ-1!/CT)/W
4C37	6FBA	5920 A6=A6-ST*XMC/W*(TQ-TT)
4C5D	6FBA	5930 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 5960
4C6E	6FBA	5940 A6=A6+TH/W/EA*(1!/CQ/CQ-1!/CT/CT)
4CB3	6FBA	5950 A6=A6+ST/EA*(S-TH/W*(TQ-TT))
4CE3	6FBA	5960 DQ=A6/A5
4CF2	6FBA	5970 DX0=(LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))/W+TH/CQ/W*DQ
4D4E	6FBA	5980 DX0=DX0-(TQ-TT)/W*CT*XMC-TH/W/CQ/CQ*DQ*CT*XMC
4DA3	6FBA	5990 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 6020
4DB4	6FBA	6000 DX0=DX0+2!*TH/W/EA*(TQ-TT)
4DE1	6FBA	6010 DX0=DX0+(S-TH/W*(TQ-TT))/EA
4E0B	6FBA	6020 DTHX=DX0
4E14	6FBA	6030 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 6050
4E25	6FBA	6040 DTHX=DTHX+TH*TH/W/EA/CQ/CQ*DQ
4E51	6FBA	6050 DTHX=1!/DTHX
4E5D	6FBA	6060 DTVX=DTHX*(TQ+TH/CQ/CQ*DQ)
4E83	6FBA	6070 XX=TH/W*(LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))
4ECA	6FBA	6080 YY=TH/W*(1!/CQ-1!/CT)
4EF3	6FBA	6090 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 6110
4F04	6FBA	6100 XX=XX+TH*TH/EA/W*(TQ-TT)
4F30	6FBA	6110 YY=YY+TH*TH/2!/EA/W*(1!/CQ/CQ-1!/CT/CT)
4F7E	6FBA	6120 SS=TH/W*(TQ-TT)
4F99	6FBA	6130 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 6150
4FAA	6FBA	6140 SS=SS+TH*TH/2!/EA/W*((TQ/CQ-TT/CT)+LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))
502C	6FBA	6150 REM
502C	6FBA	6160 B4=(LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))/W
506D	6FBA	6170 B4=B4-CT*XMC/W*(TQ-TT)
5093	6FBA	6180 B5=-TH/W/CQ
50B0	6FBA	6190 B5=B5+TH/W*CT*XMC/CQ/CQ
50D7	6FBA	6200 B6=0!:B7=0!
50E6	6FBA	6210 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 6250
50F7	6FBA	6220 B6=B6+(S-TH/W*(TQ-TT))/EA
5121	6FBA	6230 B6=B6+2!*TH/EA/W*(TQ-TT)
514E	6FBA	6240 B7=B7-TH*TH/EA/W/CQ/CQ
5176	6FBA	6250 DQ1=(B4+B6)/(B5+B7)
5196	6FBA	6260 DY0=(TQ-TT)/W+TH/W*SQ/CQ/CQ*DQ1
51D0	6FBA	6270 DY0=DY0-(TQ-TT)/W*ST*XMC-TH/W/CQ/CQ*DQ1*ST*XMC
5225	6FBA	6280 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 6310
5236	6FBA	6290 DY0=DY0+TH/W/EA*(1!/CQ/CQ-1!/CT/CT)+(S-TH/W*(TQ-TT))*TT/EA
52AC	6FBA	6300 DY0=DY0+TH*TH/EA/W*SQ/CQ/CQ/CQ*DQ1
52E1	6FBA	6310 DTHY=DY0
52EA	6FBA	6320 DTHY=1!/DTHY
52F6	6FBA	6330 DTVY=DTHY*(TQ+TH/CQ/CQ*DQ1)
531C	6FBA	6340 RRL=RL*XMC:AX=XX+RRL*CT:AY=YY+RRL*ST

Offset	Data	Source Line
5355	6FBA	6350 RETURN
5356	6FBA	6360 REM*****
5356	6FBA	6370 REM** END OF CATENARY PROGRAM PACKAGE K.UN OKI ***
5356	6FBA	6380 REM*****
5356	6FBA	
5359	6FBA	

50326 Bytes Available
36859 Bytes Free

0 Warning Error(s)
0 Severe Error(s)

Offset	Data	Source Line
0CD4	6B4E	840 XXX=XXX*H
0CE2	6B4E	850 XXI=XXI*H : XXJ=XXJ*H
0CFE	6B4E	860 SP=H*TH*SQR(Y*Y-1!):SR=H*F2
0D35	6B5E	870 IF SR<S AND SP<S THEN GOTO 930
0D59	6B5E	880 LX=14:GOSUB 1330
0D65	6B62	890 XKI=DTHX:XX1=DTHX:XXX=XX:XX1=XX:AX1=XX:XXI=0!:XXJ=0!:XX2=0! :AX2=0!
0DA4	6B92	900 EA1=EA:EA=0!:LX=18:GOSUB 1330:XKK=DTHX :EA=EA1
0DD3	6B9A	910 GOTO 1010
0DD6	6B9A	920 REM
0DD6	6B9A	930 XX1=XXB-H*TH*SQR(Y*Y-1!)
0E02	6B9A	940 IF ABS(EA)>=E THEN XX1=XX1+(S-H*TH*SQR(Y*Y-1!))*(TH/EA)+H*E A*(SQR(1!+2!/EA)-1!)
0E7F	6B9A	950 AX1=XX1+S
0E8E	6B9A	960 IF ABS(EA)>=E THEN AX1=AX1-H*EA*(SQR(1!+2!/EA)-1!)
0ED3	6B9A	970 XX2=XBB-H*F2
0EE8	6B9A	980 IF ABS(EA)>=E THEN XX2=XX2+(S-H*F2)*(TH/EA)+H*EA*(SQR(1!+2! /EA)-1!)
0F4C	6B9A	990 AX2=XX2+S
0F5B	6B9A	1000 IF ABS(EA)>=E THEN AX2=AX2-H*EA*(SQR(1!+2!/EA)-1!)
0FA0	6B9A	1010 LOCATE 1,1:PRINT USING"単位長さ水中重量W=###.###^tf/m " ;W;
0FB8	6B9A	1020 PRINT USING"水深H=###.###^m ";H;
0FC7	6B9A	1030 PRINT USING"ライン長さS=###.###^m ";S
0FD6	6B9A	1040 PRINT USING" EA ###.###^tf TH ###.###^tf TV ###.###^tf";EA*W*H,TH*W*H,TH*W*H*TTQ
101E	6B9A	1050 PRINT USING" XKK(剛) ###.###^tf/m XKI(伸び) ###.### ###.###^tf/m XKI/XKK ###.###%;XKK,XKI,XKI/XKK*100!:REM XKI :伸びを考慮した水平ばね XKK:軸剛性無限大の水平ばね
1048	6B9A	1060 PRINT USING" 海底での伸びを考慮したばね XK1 ###.### ###.###^tf/m XK1/XKI ###.###%;XK1,XK1/XKI*100!
106B	6B9A	1070 PRINT "水平距離(海底ラインの伸び無視) 同 米家 "
1077	6B9A	1080 PRINT USING" XXX ###.###^m XXI ###.###^m m XXI/XXX ###.###%;XXX,XXI,XXI/XXX*100!:REM XXI:伸びを考
10A1	6B9A	1090 PRINT "海底での伸びを考慮した水平距離 "
10AD	6B9A	1100 REM XX1:海底部の伸びを考慮した水平距離,正解値 XX2:同米家
10AD	6B9A	1110 PRINT USING" xxx ###.###^m xxi ###.###^m m xxi/xxx ###.###%;XX1,XX2,XX2/XX1*100!
10D7	6B9A	1120 PRINT "同上アソカ点からの水平距離"
10E3	6B9A	1130 PRINT USING" axx ###.###^m axi ###.###^m m axi/axx ###.###%;AX1,AX2,AX2/AX1*100!
110D	6B9A	1140 IF ABS(XXI)<=E THEN XJI=0! ELSE XJI=XXJ/XXI*100!
113F	6BA2	1150 PRINT USING" NK係留設計指針式(ミスリ) XXJ ###.###^m m XXJ/XXI ###.###%;XXJ,XJI
1154	6BA2	1160 PRINT:PRINT
1169	6BA2	1170 IF P\$<>"Y" THEN GOTO 1320
1177	6BA2	1180 LPRINT"単位長さあたり水中重量 W(tf/m)=";W
1189	6BA2	1190 LPRINT"水深 H(m)=";H
119B	6BA2	1200 LPRINT"ライン長さ S(m)=";S
11AD	6BA2	1210 LPRINT USING" EA ###.###^tf TH ###.###^tf f TV ###.###^tf";EA*W*H,TH*W*H,TH*W*H*TTQ
11F5	6BA2	1220 LPRINT USING" XKK(剛) ###.###^tf/m XKI(伸び) ###.### ###.###^tf/m XKI/XKK ###.###%;XKK,XKI,XKI/XKK*100!

Offset	Data	Source Line
121F	6BA2	1230 LPRINT USING" 海底での伸びを考慮したばね XK1 ###.### ###.###^tf/m XK1/XKI ###.###%;XK1,XK1/XKI*100!
1242	6BA2	1240 LPRINT "水平距離(海底ラインの伸び無視) 同 米家 "
124E	6BA2	1250 LPRINT USING" XXX ###.###^m XXI ###.###^m m XXI/XXX ###.###%;XXX,XXI,XXI/XXX*100!
1278	6BA2	1260 LPRINT "海底での伸びを考慮した水平距離 "
1284	6BA2	1270 LPRINT USING" xxx ###.###^m xxi ###.###^m m xxi/xxx ###.###%;XX1,XX2,XX2/XX1*100!
12AE	6BA2	1280 LPRINT "同上アソカ点からの水平距離"
12BA	6BA2	1290 LPRINT USING" axx ###.###^m axi ###.###^m m axi/axx ###.###%;AX1,AX2,AX2/AX1*100!
12E4	6BA2	1300 LPRINT USING" NK係留設計指針式(ミスリ) XXJ ###.###^m m XXJ/XXI ###.###%;XXJ,XJI
12F9	6BA2	1310 LPRINT:LPRINT
130E	6BA2	1320 GOTO 340
1311	6BA2	1330 REM LIFT UP CONDITION
1311	6BA2	1340 EA=EA*W*H:TH=TH*W*H :E2=1E-10
1346	6BAA	1350 A=2!:IF ABS(EA)>=E THEN A=A-W*W*S/EA/EA
1389	6BAA	1360 B=-2!*W*S/TH:IF ABS(EA)>=E THEN B=B+W*S/TH*(2!*W*H/EA+W*W* S*S/EA/EA)
140C	6BB2	1370 C=2!*W*W/TH/TH*(S*S-H*H):IF ABS(EA)>=E THEN C=C+W*W/TH/TH* (-W*W*S*S*S/4!/EA/EA-W*H*S*S/EA)
14CD	6BBA	1380 A4=4!-A*A
14E1	6BC2	1390 A3=-8!*W*S/TH+2!*A*B
1512	6BCA	1400 A2=4!*W*W*S*S/TH/TH+8!-B*B-2!*A*C
1568	6BD2	1410 A1=-8!*W*S/TH+2!*B*C
1599	6BDA	1420 A0=4!*(W*W*S*S/TH/TH+1!)-C*C :REM PRINT USING"A4###.###^ ^A3###.###^A2###.###^A1###.###^A0###.###^";A4,A3,A2 ,A1,A0
15DA	6BE2	1430 X1=1000!:I=0
15EC	6BE6	1440 DX0=(4!*(A4/A1)*X1*X1*X1+3!*(A3/A1)*X1*X1+2!*(A2/A1)*X1+1)
164C	6BEE	1450 X11=X1-((A0/A1)+X1+(A4/A1)*X1*X1*X1+(A3/A1)*X1*X1+1*(A 2/A1)*X1)/DX0
16C3	6BF6	1460 I=I+1:REM PRINT USING"I=##### X1=###.###^ X11=# #.#####";I,X1,X11
16D1	6BF6	1470 IF ABS(X1-X11)<=E2 THEN GOTO 1490 ELSE X1=X11:GOTO 1480
16F4	6BF6	1480 IF I>100 THEN PRINT"ITERATION OVER": RETURN ELSE GOTO 1440
1712	6BF6	1490 X2=X1-W*S/TH
172D	6BFE	1500 Y5=SQR(X1*X1+1!):Z=SQR(X2*X2+1!)
1762	6C0E	1510 XL1=LOG(X1+Y5):XL2=LOG(X2+Z)
178C	6C1E	1520 A11=TH:IF ABS(EA)>=E THEN A11=TH*(1!+TH/EA*Y5)
17C9	6C26	1530 A12=-TH:IF ABS(EA)>=E THEN A12=-TH*(1!+TH/EA*Z)
180C	6C2E	1540 A21=Y5/X1
181B	6C36	1550 A22=-Z/X2
182D	6C3E	1560 B1=-Y5-Z:IF ABS(EA)>=E THEN B1=B1-TH/EA*(Y5*Y5-Z*Z)
1882	6C46	1570 B2=-X1-X2)/TH
189A	6C4E	1580 DD=A11*A22-A21*A12
18BA	6C56	1590 DYH=(B1*A22-B2*A12)/DD
18E0	6C5E	1600 DZH=(B2*A11-B1*A21)/DD
1906	6C66	1610 DTHX=XL1-XL2+TH*(1!/X1*DYH-1!/X2*DZH):IF ABS(EA)>=E THEN D THX=DTHX+TH/EA*(X1-X2)
196D	6C66	1620 DTHX=W/DTHX
1979	6C66	1630 DTVX=DTHX*(X1+TH*Y5/X1*DYH)
199D	6C6E	1640 XX=TH/W*(XL1-XL2):IF ABS(EA)>=E THEN XX=XX+TH*TH/W/EA*(X1-

Offset	Data	Source Line
		X2)
19F8	6C6E	1650 YY=H
1A01	6C76	1660 SS=TH/W*(X1-X2):IF ABS(EA)>=E THEN SS=SS+TH*TH/2!/W/EA*(X1*Y5-X2*Z+XL1-XL2)
1A85	6C7E	1670 Q=ATN(X1):TI=ATN(X2):TTQ=X1
1AA7	6C8E	1680 A11=TH/W/X1
1ABC	6C8E	1690 A12=-TH/W/X2
1AD9	6C8E	1700 A21=Y5/X1
1AE8	6C8E	1710 A22=-Z/X2
1AFA	6C8E	1720 B1=-(XL1-XL2)/W:IF ABS(EA)>=E THEN B1=B1-TH/W/EA*(X1-X2)
1B51	6C8E	1730 B2=-(X1-X2)/TH
1B69	6C8E	1740 DD=A11*A22-A21*A12
1B89	6C8E	1750 DYV=(B1*A22-B2*A12)/DD
1BAF	6C96	1760 DZV=(B2*A11-B1*A21)/DD
1BD5	6C9E	1770 DTHY=Y5-Z+TH*(DYV-DZV):IF ABS(EA)>=E THEN DTHY=DTHY+TH/EA*(Y5*Y5-Z*Z)+TH*TH/W/EA*(Y5*DYV-Z*DZV)
1C7A	6CA6	1780 DTHY=W/DTHY
1C86	6CA6	1790 DTVY=DTHY*(X1+TH*Y5/X1*DYV):LOCATE LX,1
1CB9	6CAE	1800 PRINT USING"Qt=##.###^deg Qb=##.###^deg Khh=##.###^tf/m KvH=##.###^tf/m";Q/PA*180!,TI/PA*180!,DTHX,DTVX
1CFA	6CAE	1810 PRINT USING"Khv=##.###^tf/m Kvv=##.###^tf/m XX=##.###^m YY=##.###^m";DTHY,DTVY,XX,YY
1D1B	6CAE	1820 TA=SQR(TH*TH+TH*TH*TTQ*TTQ)
1D40	6CB6	1830 PRINT USING"SS=##.###^m TH=##.###^tf TV=##.###^tf TA=##.###^tf";SS,TH,TH*TTQ,TA
1D69	6CB6	1840 IF P\$<>"Y" THEN GOTO 1880
1D77	6CB6	1850 LPRINT USING"Qt=##.###^deg Qb=##.###^deg Khh=##.###^tf/m KvH=##.###^tf/m";Q/PA*180!,TI/PA*180!,DTHX,DTVX
1DB8	6CB6	1860 LPRINT USING"Khv=##.###^tf/m Kvv=##.###^tf/m XX=##.###^m YY=##.###^m";DTHY,DTVY,XX,YY
1DD9	6CB6	1870 LPRINT USING"SS=##.###^m TH=##.###^tf TV=##.###^tf TA=##.###^tf";SS,TH,TH*TTQ,TA :LPRINT
1E0E	6CB6	1880 TH=TH/W/H
1E22	6CB6	1890 EA=EA/W/H
1E36	6CB6	1900 RETURN
1E37	6CB6	4000 REM*****
1E37	6CB6	4010 REM** SPRING CONSTANT UNOKI **
1E37	6CB6	4020 REM** SPRING.BAS REV.1 **
1E37	6CB6	4030 REM** REV.5 **
1E37	6CB6	4040 REM*****
1E37	6CB6	4050 DEFDBL A-H,0-Z
1E37	6CB6	4060 B\$=""
1E40	6CBA	4070 CLS:PA=3.14159265358979#:E=.00001:G=9.80665:IS=1
1E6A	6CC6	4080 LOCATE 1,1:PRINT B\$:LOCATE 1,1:INPUT"水中重量W(tf/m)=";W:IF ABS(W)<=E THEN 4080
1EA8	6CC6	4090 LOCATE 1,1:PRINT B\$:LOCATE 1,1:INPUT"空中重量W1(tf/m)=";W1:IF ABS(W1)<=E THEN 4090
1EE6	6CCE	4100 LOCATE 1,1:PRINT B\$:LOCATE 1,1:INPUT"剛性EA(tf)=";EA

Offset	Data	Source Line
1F17	6CCE	4110 LOCATE 1,1:PRINT B\$:LOCATE 1,1:INPUT"海底部の伸びを考慮し
1F5B	6CD2	4120 LOCATE 1,1:PRINT B\$:LOCATE 1,1:INPUT"ホトム角度θ1(deg)=";TI:TI=TI/180!*PA
1F9F	6CD2	4130 LOCATE 1,1:PRINT B\$:LOCATE 1,1:INPUT"ライン長さS(m)=";S
1FD0	6CD2	4140 LOCATE 1,1:PRINT B\$:LOCATE 1,1:INPUT"アンカ点深さZA(m)=";ZA
2001	6CDA	4150 LOCATE 1,1:PRINT B\$:LOCATE 1,1:INPUT"水平張力TH(tf)=";TH:IF ABS(TH)<=E THEN 4150
203F	6CDA	4160 LOCATE 1,1:PRINT B\$:LOCATE 1,1:INPUT"呼び径D(m)=";D
2070	6CE2	4170 LOCATE 1,1:PRINT B\$:LOCATE 1,1:INPUT"抗力係数CD(-)=";CD
20A1	6CEA	4180 LOCATE 1,1:PRINT B\$:LOCATE 1,1:INPUT"質量力係数CM(-)=";CM
20D2	6CF2	4190 LOCATE 1,1:PRINT B\$:LOCATE 1,1:INPUT"加振周期Tw(sec)=";TW
2103	6CFA	4200 LOCATE 1,1:PRINT B\$:LOCATE 1,1:INPUT"水平加振振幅(m)=";DHA
2134	6D02	4210 LOCATE 1,1:PRINT B\$:LOCATE 1,1:INPUT"垂直加振振幅(m)=";DVA
2165	6D0A	4220 LOCATE 1,1:PRINT B\$:LOCATE 1,1:INPUT"PRINT OUT(Y/Nb)";P\$:IF P\$="" THEN P\$="N"
21A9	6D0A	4230 LOCATE 1,1:PRINT B\$:LOCATE 1,1:INPUT"DATA OK(Yb/N)";D\$:IF D\$<>"N" THEN GOTO 4240 ELSE GOTO 4080
21E9	6D0A	4240 GOSUB 4300 :REM MAIN CAL.
21EC	6D0A	4250 GOSUB 5150 :REM PRINT OUT
21EF	6D0A	4260 GOSUB 6280 :REM DYNAMIC ANALYSIS
21F2	6D0A	4270 GOSUB 6930 :REM PRINT OUT
21F5	6D0A	4280 GOSUB 5630 :REM CONTINUE ?
21F8	6D0A	4290 RETURN 70
21FC	6D0A	4300 REM ***** MAIN CAL. FOR dφ=0 *****
21FC	6D0A	4310 REM
21FC	6D0A	4320 CT=COS(TI)
2208	6D12	4330 ST=SIN(TI)
2214	6D1A	4340 TT=TAN(TI):IF ABS(EA)<=E OR K\$<>"Y" THEN EM=1! ELSE EM=1!+TH/CT/EA
2273	6D2A	4350 SA=SQR(ZA*(ZA+2!*TH/W)):T1=W*SA:Q1=ATN(T1/TH):Q5=Q1
22C1	6D4A	4360 CQ=COS(Q1):SQ=SIN(Q1):TQ=TAN(Q1)
22DF	6D62	4370 F1=TH/W*(1!/CQ-1!/CT)+(S-TH/W*(TQ-TT))*ST*EM-ZA
233F	6D62	4380 IF ABS(EA)>E THEN F1=F1+TH*TH/2!/W/EA*(1!/CQ/CQ-1!/CT/CT)
239F	6D62	4390 F2=TH/W*SQ/CQ/CQ-TH/W/CQ/CQ*ST*EM
23D8	6D62	4400 IF ABS(EA)>E THEN F2=F2+TH*TH/W/EA*SQ/CQ/CQ/CQ
2419	6D62	4410 GG=F1/F2:Q2=Q1-GG :CG=ABS((Q2-Q1)/Q5)
244C	6D7A	4420 IF CG<=E THEN Q=Q2 :GOTO 4440
2466	6D7A	4430 Q1=Q2:GOTO 4360
2472	6D7A	4440 CQ=COS(Q)
247E	6D7A	4450 SQ=SIN(Q)
248A	6D7A	4460 TQ=TAN(Q) :REM PRINT"Q=";Q/PA*180!;"TI=";TI/PA*180!
2496	6D7A	4470 RL=S-TH/W*(TQ-TT) :REM PRINT"RL=";RL
24B7	6D82	4480 IF RL<=0! THEN GOSUB 5660:RETURN
24C6	6D82	4490 IF ABS(EA)<=E OR K\$<>"Y" THEN GOTO 4510
24F2	6D82	4500 IF ABS(EA)>E AND K\$="Y" THEN GOSUB 7230:RETURN
2522	6D82	4510 A5=-TH/W*SQ/CQ/CQ
2548	6D8A	4520 A5=A5+TH/W*ST/CQ/CQ
2569	6D8A	4530 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 4560
257A	6D8A	4540 A5=A5-TH*TH/EA/W*SQ/CQ/CQ/CQ
25AB	6D8A	4550 A5=A5+TH*TH*ST/2!/W/EA*((2!-CQ*CQ)/CQ/CQ/CQ+1!/CQ)
260E	6D8A	4560 A6=(1!/CQ-1!/CT)/W
2631	6D92	4570 A6=A6-ST/W*(TQ-TT)

Offset	Data	Source Line
2651	6D92	4580 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 4610
2662	6D92	4590 A6=A6+TH/W/EA*(1!/CQ/CQ-1!/CT/CT)
26A7	6D92	4600 A6=A6-TH*ST/W/EA*(SQ/CQ/CQ-ST/CT/CT+LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))
2732	6D92	4610 DQ=A6/A5
2741	6D9A	4620 DX0=(LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))/W+TH/CQ/W*DQ
279D	6D9A	4630 DX0=DX0-(TQ-TT)/W*CT-TH/W/CQ/CQ*DQ*CT
27E5	6D9A	4640 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 4670
27F6	6D9A	4650 DX0=DX0-TH/W/EA*(SQ/CQ/CQ-ST/CT/CT+LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))*CT
287F	6D9A	4660 DX0=DX0-TH*TH/2!/EA/W*((2!-CQ*CQ)/CQ/CQ/CQ+1!/CQ)*DQ*CT
28EA	6D9A	4670 DTHX=DX0
28F3	6D9A	4680 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 4700
2904	6D9A	4690 DTHX=DTHX+2!*TH/EA/W*(TQ-TT)+TH*TH/W/EA/CQ/CQ*DQ
295F	6D9A	4700 DTHX=1!/DTHX
296B	6D9A	4710 DTVX=DTHX*(TQ+TH/CQ/CQ*DQ)
2991	6D9A	4720 XX=TH/W*(LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))
29D8	6D9A	4730 YY=TH/W*(1!/CQ-1!/CT)
2A01	6D9A	4740 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 4770
2A12	6D9A	4750 XX=XX+TH*TH/EA/W*(TQ-TT)
2A3E	6D9A	4760 YY=YY+TH*TH/2!/W/EA*(1!/CQ/CQ-1!/CT/CT)
2A8C	6D9A	4770 SS=TH/W*(TQ-TT)
2AA7	6D9A	4780 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 4800
2AB8	6D9A	4790 SS=SS+TH*TH/2!/EA/W*((TQ/CQ-TT/CT)+LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))
2B3A	6D9A	4800 REM
2B3A	6D9A	4810 B4=(LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))/W
2B7B	6DA2	4820 B4=B4-CT/W*(TQ-TT)
2B9B	6DA2	4830 B5=TH/W/CQ
2BB0	6DAA	4840 B5=B5-TH/W*CT/CQ/CQ
2BD3	6DAA	4850 B6=0!:B7=0!
2BE2	6DBA	4860 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 4910
2BF3	6DBA	4870 B6=B6+2!*TH/EA/W*(TQ-TT)
2C20	6DBA	4880 B6=B6-CT*TH/EA/W*(SQ/CQ/CQ-ST/CT/CT+LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))
2CA9	6DBA	4890 B7=B7+TH*TH/EA/W/CQ/CQ
2CCF	6DBA	4900 B7=B7-CT*TH*TH/2!/W/EA*((2!-CQ*CQ)/CQ/CQ/CQ+1!/CQ)
2D34	6DBA	4910 DQ1=- (B4+B6)/(B5+B7)
2D57	6DC2	4920 DY0=(1!/CQ-1!/CT)/W+TH/W*TQ/CQ*DQ1
2D9D	6DCA	4930 DY0=DY0-(TQ-TT)/W*ST-TH/W/CQ/CQ*DQ1*ST
2DE5	6DCA	4940 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 4970
2DF6	6DCA	4950 DY0=DY0-TH/W/EA*(SQ/CQ/CQ-ST/CT/CT+LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))*ST
2E81	6DCA	4960 DY0=DY0-TH*TH/2!/EA/W*((2!-CQ*CQ)/CQ/CQ/CQ+1!/CQ)*DQ1*ST
2EEC	6DCA	4970 DTHY=DY0
2EF5	6DCA	4980 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 5000
2F06	6DCA	4990 DTHY=DTHY+TH/EA/W*(1!/CQ/CQ-1!/CT/CT)+TH*TH/EA/W*TQ/CQ/CQ*DQ1
2F7A	6DCA	5000 DTHY=1!/DTHY
2F86	6DCA	5010 DTVY=DTHY*(TQ+TH/CQ/CQ*DQ1)
2FAC	6DCA	5020 RRL=RL:AX=XX+RRL*CT:AY=YY+RRL*ST
2FDF	6DE2	5030 SH=SS*.5:IF IS=0 THEN SH=S0*.5:REM DVA,DHAに対し、基準のS0 中央点
3008	6DF2	5040 TQH=(TQ+TT)/2!

Offset	Data	Source Line
301D	6DFA	5050 CQH=1!/SQR(1!+TQH*TQH)
303C	6E02	5060 SH1=TH/W*(TQ-TQH)
3057	6E0A	5070 IF ABS(EA)<=E THEN SHX=0!:GOTO 5090
3074	6E12	5080 SHX=TH*TH/2!/EA/W*((TQ/CQ-TQH/CQH)+LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TQH+1!/CQH)) :SH1=SH1+SHX
30FE	6E12	5090 DSH=ABS(SH-SH1)/SS:IF DSH<=E THEN GOTO 5110
3123	6E1A	5100 TQH=TQ-(SH-SHX)*W/TH :GOTO 5050
3147	6E1A	5110 YM=TH/W*(1!/CQ-1!/CQH)
3170	6E22	5120 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 5140
3181	6E22	5130 YM=YM+TH*TH/2!/W/EA*(1!/CQ/CQ-1!/CQH/CQH)
31CF	6E22	5140 RETURN
31D0	6E22	5150 REM ***** PRINT OUT *****
31D0	6E22	5160 LOCATE 22,1:PRINT B\$:LOCATE 2,1
31F5	6E22	5170 PRINT USING " Qt=##.###^deg ";Q/PA*180!;
3213	6E22	5180 PRINT USING " Qb=##.###^deg ";TI/PA*180!;
3231	6E22	5190 PRINT USING " Khh=##.###^t/m ";DTHX;
3240	6E22	5200 PRINT USING " Kvh=##.###^t/m ";DTVX
324F	6E22	5210 PRINT USING " Khv=##.###^t/m ";DTHY;
325E	6E22	5220 PRINT USING " Kvv=##.###^t/m ";DTVY;
326D	6E22	5230 PRINT USING " TH=##.###^t ";TH;
327C	6E22	5240 PRINT USING " TV=##.###^t ";TH*TQ
3294	6E22	5250 TA=SQR(TH*TH+TH*TH*TQ*TQ)
32B9	6E22	5260 PRINT USING " TA=##.###^t ";TA;
32C8	6E22	5270 PRINT USING " X=##.###^m ";XX;
32D7	6E22	5280 PRINT USING " Y=##.###^m ";YY;
32E6	6E22	5290 PRINT USING " AX=##.###^m ";AX;
32F5	6E22	5300 PRINT USING " AY=##.###^m ";AY;
3304	6E22	5310 PRINT USING " S=##.###^m ";SS;
3313	6E22	5320 PRINT USING " SB=##.###^m ";RRL
3322	6E22	5330 PRINT
332E	6E22	5340 IF P\$="N" THEN RETURN
333D	6E22	5350 LPRINT"水中重量W(tf/m)=";W;" 空中重量W1(tf/m)=";W1
335B	6E22	5360 LPRINT"アカ点深さZA(m)=";ZA;
336D	6E22	5370 LPRINT" 軸剛性EA(tf)=";EA
337F	6E22	5380 LPRINT"水平張力TH(tf)=";TH;
3391	6E22	5390 LPRINT" 呼径D(m)=";D
33A3	6E22	5400 LPRINT" 抗力係数CD(-)=";CD;
33B5	6E22	5410 LPRINT" 質量力係数CM(-)=";CM
33C7	6E22	5420 LPRINT" 加振周期Tw(sec)=";TW;
33D9	6E22	5430 LPRINT" 水平加振振幅(m)=";DHA;
33EB	6E22	5440 LPRINT" 垂直加振振幅(m)=";DVA
33FD	6E22	5450 LPRINT USING " Qt=##.#####^deg ";Q/PA*180!;
341B	6E22	5460 LPRINT USING " Qb=##.#####^deg ";TI/PA*180!
3439	6E22	5470 LPRINT USING " Khh=##.#####^tf/m";DTHX;
3448	6E22	5480 LPRINT USING " Kvh=##.#####^tf/m";DTVX
3457	6E22	5490 LPRINT USING " Khv=##.#####^tf/m";DTHY;
3466	6E22	5500 LPRINT USING " Kvv=##.#####^tf/m";DTVY
3475	6E22	5510 LPRINT USING " TH=##.#####^tf ";TH;
3484	6E22	5520 LPRINT USING " TV=##.#####^tf ";TH*TQ
349C	6E22	5530 LPRINT USING " TA=##.#####^tf ";TA;
34AB	6E22	5540 LPRINT USING " X=##.#####^m ";XX
34BA	6E22	5550 LPRINT USING " Y=##.#####^m ";YY;
34C9	6E22	5560 LPRINT USING " AX=##.#####^m ";AX
34D8	6E22	5570 LPRINT USING " AY=##.#####^m ";AY;

Offset	Data	Source Line
34E7	6E22	5580 LPRINT USING" S=##.#####^ m ";SS
34F6	6E22	5590 LPRINT USING" SB=##.#####^ m ";RRL
3505	6E22	5600 LPRINT
3511	6E22	5610 RETURN
3512	6E22	5620 REM ***** CONTINUE ? *****
3512	6E22	5630 INPUT"CONTINUE(Yb/N)";C0\$
3524	6E26	5640 IF C0\$<>"N" THEN RETURN 4080
3536	6E26	5650 RETURN 70
353A	6E26	5660 REM ***** MAIN CAL. FOR dφ<>0 *****
353A	6E26	5670 H=ZA:A=2!:IF ABS(EA)>=E THEN A=A-W*W*S*S/EA/EA
3586	6E26	5680 B=-2!*W*S/TH:IF ABS(EA)>=E THEN B=B+W*S/TH*(2!*W*H/EA+W*W*S*S/EA/EA)
3609	6E26	5690 C=2!+W*W/TH/TH*(S*S-H*H):IF ABS(EA)>=E THEN C=C+W*W/TH/TH*(-W*W*S*S*S*S/4!/EA/EA-W*H*S*S/EA)
36CA	6E26	5700 A4=4!-A*A
36DE	6E26	5710 A3=- (8!*W*S/TH+2!*A*B)
370F	6E26	5720 A2=4!*W*W*S*S/TH/TH+8!-B*B-2!*A*C
3765	6E26	5730 A1=- (8!*W*S/TH+2!*B*C)
3796	6E26	5740 A0=4!*(W*W*S*S/TH/TH+1!)-C*C :REM PRINT USING"A4##.###^ ^A3##.###^ ^A2##.###^ ^A1##.###^ ^A0##.###^ ^";A4,A3,A2,A1,A0
37D7	6E26	5750 ZAA=ABS(ZA):SAA=SQR(ZAA*(ZAA+2!*TH/W)):T1A=SQR(SAA*SAA-ZA*ZA):X1=ATN(ZA/T1A)*10!
3841	6E3E	5760 DX0=(4!*(A4/A1)*X1*X1*X1+3!*(A3/A1)*X1*X1+2!*(A2/A1)*X1+1)
38A1	6E3E	5770 X11=X1-((A0/A1)+X1+(A4/A1)*X1*X1*X1+(A3/A1)*X1*X1*X1+(A2/A1)*X1*X1)/DX0
3918	6E3E	5780 I=I+1:REM PRINT USING"I=##### X1=##.#####^ X11=# #.#####^";I,X1/PA*180!,X11/PA*180!
3926	6E3E	5790 IF ABS(X1-X11)<=E THEN GOTO 5810 ELSE X1=X11:GOTO 5800
3949	6E3E	5800 IF I>100 THEN PRINT"ITERATION OVER": RETURN ELSE GOTO 5760
3967	6E3E	5810 X2=X1-W*S/TH
3982	6E3E	5820 REM PRINT"Q=";ATN(X1)/PA*180!;"TI=";ATN(X2)/PA*180!
3982	6E3E	5830 Y5=SQR(X1*X1+1!):Z=SQR(X2*X2+1!)
39B7	6E3E	5840 XL1=LOG(X1+Y5):XL2=LOG(X2+Z)
39E1	6E3E	5850 A11=TH:IF ABS(EA)>=E THEN A11=TH*(1!+TH/EA*Y5)
3A1E	6E3E	5860 A12=-TH:IF ABS(EA)>=E THEN A12=-TH*(1!+TH/EA*Z)
3A61	6E3E	5870 A21=Y5/X1
3A70	6E3E	5880 A22=-Z/X2
3A82	6E3E	5890 B1=- (Y5-Z):IF ABS(EA)>=E THEN B1=B1-TH/EA*(Y5*Y5-Z*Z)
3AD7	6E3E	5900 B2=- (X1-X2)/TH
3AEF	6E3E	5910 DD=A11*A22-A21*A12
3B0F	6E3E	5920 DYH=(B1*A22-B2*A12)/DD
3B35	6E3E	5930 DZH=(B2*A11-B1*A21)/DD
3B5B	6E3E	5940 DTHX=XL1-XL2+TH*(1!/X1*DYH-1!/X2*DZH):IF ABS(EA)>=E THEN DTHX=DTHX+TH/EA*(X1-X2)
3BC2	6E3E	5950 DTHX=W/DTHX
3BCE	6E3E	5960 DTVX=DTHX*(X1+TH*Y5/X1*DYH)
3BF2	6E3E	5970 XX=TH/W*(XL1-XL2):IF ABS(EA)>=E THEN XX=XX+TH*TH/W/EA*(X1-X2)
3C4D	6E3E	5980 YY=TH/W*(Y5-Z):IF ABS(EA)>=E THEN YY=YY+TH*TH/2!/W/EA*(Y5*Y5-Z*Z)
3CC3	6E3E	5990 SS=TH/W*(X1-X2):IF ABS(EA)>=E THEN SS=SS+TH*TH/2!/W/EA*(X1*Y5-X2*Z+XL1-XL2)
3D47	6E3E	6000 Q=ATN(X1):TI=ATN(X2)

Offset	Data	Source Line
3D5F	6E3E	6010 A11=TH/W/X1
3D74	6E3E	6020 A12=-TH/W/X2
3D91	6E3E	6030 A21=Y5/X1
3DA0	6E3E	6040 A22=-Z/X2
3DB2	6E3E	6050 B1=- (XL1-XL2)/W:IF ABS(EA)>=E THEN B1=B1-TH/W/EA*(X1-X2)
3E09	6E3E	6060 B2=- (X1-X2)/TH
3E21	6E3E	6070 DD=A11*A22-A21*A12
3E41	6E3E	6080 DYV=(B1*A22-B2*A12)/DD
3E67	6E3E	6090 DZV=(B2*A11-B1*A21)/DD
3E8D	6E3E	6100 DTHY=Y5-Z+TH*(DYV-DZV):IF ABS(EA)>=E THEN DTHY=DTHY+TH/EA*(Y5*Y5-Z*Z)+TH*TH/W/EA*(Y5*DYV-Z*DZV)
3F32	6E3E	6110 DTHY=W/DTHY
3F3E	6E3E	6120 DTVY=DTHY*(X1+TH*Y5/X1*DYV)
3F62	6E3E	6130 AX=XX:AY=YY:RRL=0!
3F7D	6E3E	6140 SH=SS*.5:IF IS=0 THEN SH=SO*.5:REM DVA,DHAに対し、基準のSO中央点
3FA6	6E3E	6150 TT=X2:CT=1!/SQR(1!+X2*X2)
3FCB	6E3E	6160 TQ=X1:CQ=1!/SQR(1!+X1*X1)
3FF0	6E3E	6170 TQH=(TQ+TT)/2!
4005	6E3E	6180 CQH=1!/SQR(1!+TQH*TQH)
4024	6E3E	6190 SH1=TH/W*(TQ-TQH)
403F	6E3E	6200 IF ABS(EA)<=E THEN SHX=0!:GOTO 6220
405C	6E3E	6210 SHX=TH*TH/2!/EA/W*((TQ/CQ-TQH/CQH)+LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TQH+1!/CQH)):SH1=SH1+SHX
40E6	6E3E	6220 DSH=ABS(SH-SH1)/SS:IF DSH<=E THEN GOTO 6240
410B	6E3E	6230 TQH=TQ-(SH-SH1)*W/TH :GOTO 6180
412F	6E3E	6240 YM=TH/W*(1!/CQ-1!/CQH)
4158	6E3E	6250 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 6270
4169	6E3E	6260 YM=YM+TH*TH/2!/W/EA*(1!/CQ/CQ-1!/CQH/CQH)
41B7	6E3E	6270 RETURN
41B8	6E3E	6280 REM ***** DYNAMIC ANALYSIS added 1988.11.24 *****
41B8	6E3E	6290 THO=TH:TVO=TH*TQ:TAO=TA:HO=ZA:XO=XX:YO=YY:SO=SS:CXX=DTHX:C YX=DTVX:CXY=DTHY:CYY=DTVY
421E	6E8E	6300 OM=2!*PA/TW
4231	6E96	6310 TH=THO+CXY*DVA:ZA=HO+DVA:IS=0
425F	6E96	6320 IF TH<=0! THEN LOCATE 22,1:PRINT"垂直加振(UP) TH<0 THEN RETURN":RETURN
4283	6E96	6330 GOSUB 4300
4286	6E96	6340 YT=ZA-YM:STX=TH/W*(TQ-TT)
42B0	6EA6	6350 TH=THO-CXY*DVA:ZA=HO-DVA
42D5	6EA6	6360 IF TH<=0! THEN LOCATE 22,1:PRINT"垂直加振(DOWN) TH<0 THEN RETURN":RETURN
42F9	6EA6	6370 GOSUB 4300
42FC	6EA6	6380 YC=ZA-YM :IS=1
4314	6EAE	6390 DM=.5*(YT-YC) :DM=ABS(DM)
4331	6EB6	6400 DMO=G/OM/OM
4345	6EBE	6410 IF DM>DMO THEN DM=DMO
4358	6EBE	6420 DMV=DM
4361	6EC6	6430 TM=ATN(YO/XO) :CTM=COS(TM)
4381	6ED6	6440 VVSA=CYY*DVA
4390	6EDE	6450 VFSA=CXY*DVA
439F	6EE6	6460 VFVIA=OM*OM*DM*(W1/G+(W1-W)/G*CM)*STX
43DE	6EEE	6470 VFVDA=4!/3!/PA*.1046*OM*OM*CD*D*STX*CTM*CTM*CTM*DM*DM
441F	6EF6	6480 IF VFVSA<VFVIA THEN GOTO 6520

Offset	Data	Source Line
442D	6EF6	6490 VFHIA=CXY/CYY*VFVIA
4442	6EFE	6500 VFHDA=CXY/CYY*VFVDA
4457	6F06	6510 GOTO 6540
445A	6F06	6520 VFHIA=VFHSA-THO/TVO*(VFVSA-VFVIA)
447B	6F06	6530 VFHDA=THO/TVO*VFVDA
4490	6F06	6540 VTVC=VFVSA-VFVIA
449F	6F0E	6550 VTVS=-VFVDA
44AB	6F16	6560 VVA=SQR(VTVC*VTVC+VTVS*VTVS)
44CF	6F1E	6570 PVA=ATN(VTVS/VTVC)*180!/PA
44F0	6F26	6580 VTHC=VFHSA-VFHIA
44FF	6F2E	6590 VTHS=-VFHDA
450B	6F36	6600 VHA=SQR(VTHC*VTHC+VTHS*VTHS)
452F	6F3E	6610 PHA=ATN(VTHS/VTHC)*180!/PA
4550	6F46	6620 REM HORIZONTAL
4550	6F46	6630 TH=THO+CXX*DHA:ZA=HO :IS=0
4577	6F46	6640 IF TH<=0! THEN LOCATE 22,1:PRINT"水平加振(TAUT) TH<0 THEN RETURN":RETURN
459B	6F46	6650 GOSUB 4300
459E	6F46	6660 YT=ZA-YM:STX=TH/W*(TQ-TT)
45C8	6F46	6670 TH=THO-CXX*DHA:ZA=HO
45E6	6F46	6680 IF TH<=0! THEN LOCATE 22,1:PRINT"水平加振(SLACK) TH<0 THE N RETURN":RETURN
460A	6F46	6690 GOSUB 4300
460D	6F46	6700 YC=ZA-YM:IS=1
4625	6F46	6710 DM=(YT-YC)*.5 :DM=ABS(DM)
4642	6F46	6720 IF DM>DMO THEN DM=DMO
4655	6F46	6730 DMH=DM
465E	6F4E	6740 HFVSA=CXX*DHA
466D	6F56	6750 HFHSA=CXX*DHA
467C	6F5E	6760 HFVIA=OM*OM*DM*(W1/G+(W1-W)/G*CM)*STX
46BB	6F66	6770 HFVDA=4!/3!/PA*.1046*OM*OM*CD*D*STX*CTM*CTM*CTM*DM*DM
46FC	6F6E	6780 IF HFVSA<HFVIA THEN GOTO 6820
470A	6F6E	6790 HFHIA=CXY/CYY*HFVIA
471F	6F76	6800 HFHDA=CXY/CYY*HFVDA
4734	6F7E	6810 GOTO 6840
4737	6F7E	6820 HFHIA=HFHSA-THO/TVO*(HFVSA-HFVIA)
4758	6F7E	6830 HFHDA=THO/TVO*HFVDA
476D	6F7E	6840 HTVC=HFVSA-HFVIA
477C	6F86	6850 HTVS=-HFVDA
4788	6F8E	6860 HVA=SQR(HTVC*HTVC+HTVS*HTVS)
47AC	6F96	6870 PHVA=ATN(HTVS/HTVC)*180!/PA
47CD	6F9E	6880 HTHC=HFHSA-HFHIA
47DC	6FA6	6890 HTHS=-HFHDA
47E8	6FAE	6900 HHA=SQR(HTHC*HTHC+HTHS*HTHS)
480C	6FB6	6910 PHHA=ATN(HTHS/HTHC)*180!/PA
482D	6FBE	6920 RETURN
482E	6FBE	6930 REM ***** PRINT OUT *****
482E	6FBE	6940 LOCATE 7,1
483A	6FBE	6950 PRINT USING"水平加振 振幅 δ ha=##.#####^ m 周期 Tw =##.#####^ sec";DHA;TW
484F	6FBE	6960 PRINT USING"垂直加振 振幅 δ m=##.#####^ m DMO =##.#####^ m";DMH;DMO
4864	6FBE	6970 PRINT USING"水平張力 THO ##.#####^ tf THC ##.#### # tf THS ##.#####^ tf";THO;HTHC;HTHS

Offset	Data	Source Line
487F	6FBE	6980 PRINT USING" AMP ##.##### #^ tf PHA ##.#####^ deg";HHA;PHHA
4894	6FBE	6990 PRINT USING"垂直張力 TVO ##.#####^ tf TVC ##.#### # tf TVS ##.#####^ tf";TVO;HTVC;HTVS
48AF	6FBE	7000 PRINT USING" AMP ##.##### #^ tf PHA ##.#####^ deg";HVA;PHVA
48C4	6FBE	7010 PRINT
48D0	6FBE	7020 PRINT USING"垂直加振 振幅 δ va=##.#####^ m 周期 Tw =##.#####^ sec";DVA;TW
48E5	6FBE	7030 PRINT USING"垂直中央垂直振幅 δ m=##.#####^ m DMO =##.#####^ m";DMH;DMO
48FA	6FBE	7040 PRINT USING"水平張力 THO ##.#####^ tf THC ##.#### # tf THS ##.#####^ tf";THO;VTHC;VTHS
4915	6FBE	7050 PRINT USING" AMP ##.##### #^ tf PHA ##.#####^ deg";VHA;PHA
492A	6FBE	7060 PRINT USING"垂直張力 TVO ##.#####^ tf TVC ##.#### # tf TVS ##.#####^ tf";TVO;VTVC;VTVS
4945	6FBE	7070 PRINT USING" AMP ##.##### #^ tf PHA ##.#####^ deg";VVA;PVA
495A	6FBE	7080 IF P\$="N" THEN RETURN
4969	6FBE	7090 LPRINT USING"水平加振 振幅 δ ha=##.#####^ m 周期 Tw=##.#####^ sec";DHA;TW
497E	6FBE	7100 LPRINT USING"垂直中央垂直振幅 δ m=##.#####^ m DM O=##.#####^ m";DMH;DMO
4993	6FBE	7110 LPRINT USING"水平張力 THO ##.#####^ tf THC ##.#### # tf THS ##.#####^ tf";THO;HTHC;HTHS
49AE	6FBE	7120 LPRINT USING" AMP ##.##### #^ tf PHA ##.#####^ deg";HHA;PHHA
49C3	6FBE	7130 LPRINT USING"垂直張力 TVO ##.#####^ tf TVC ##.#### # tf TVS ##.#####^ tf";TVO;HTVC;HTVS
49DE	6FBE	7140 LPRINT USING" AMP ##.##### #^ tf PHA ##.#####^ deg";HVA;PHVA
49F3	6FBE	7150 LPRINT
49FF	6FBE	7160 LPRINT USING"垂直加振 振幅 δ va=##.#####^ m 周期 Tw=##.#####^ sec";DVA;TW
4A14	6FBE	7170 LPRINT USING"垂直中央垂直振幅 δ m=##.#####^ m DM O=##.#####^ m";DMH;DMO
4A29	6FBE	7180 LPRINT USING"水平張力 THO ##.#####^ tf THC ##.#### # tf THS ##.#####^ tf";THO;VTHC;VTHS
4A44	6FBE	7190 LPRINT USING" AMP ##.##### #^ tf PHA ##.#####^ deg";VHA;PHA
4A59	6FBE	7200 LPRINT USING"垂直張力 TVO ##.#####^ tf TVC ##.#### # tf TVS ##.#####^ tf";TVO;VTVC;VTVS
4A74	6FBE	7210 LPRINT USING" AMP ##.##### #^ tf PHA ##.#####^ deg";VVA;PVA
4A89	6FBE	7220 LPRINT:RETURN
4A96	6FBE	7230 REM ***** ELONGATED BOTTOM LINE *****
4A96	6FBE	7240 XMC=1!+TH/CT/EA
4AB1	6FC6	7250 A5=-TH/W*SQ/CQ/CQ
4AD7	6FC6	7260 A5=A5+TH/W*ST*XMC/CQ/CQ
4AFE	6FC6	7270 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 7290
4B0F	6FC6	7280 A5=A5-TH*TH/EA/W*SQ/CQ/CQ/CQ
4B40	6FC6	7290 A6=(1!/CQ-1!/CT)/W
4B63	6FC6	7300 A6=A6-ST*XMC/W*(TQ-TT)

Offset	Data	Source Line
4B89	6FC6	7310 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 7340
4B9A	6FC6	7320 A6=A6+TH/W/EA*(1!/CQ/CQ-1!/CT/CT)
4BDF	6FC6	7330 A6=A6+ST/EA*(S-TH/W*(TQ-TT))
4C0F	6FC6	7340 DQ=A6/A5
4C1E	6FC6	7350 DX0=(LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))/W+TH/CQ/W*DQ
4C7A	6FC6	7360 DX0=DX0-(TQ-TT)/W*CT*XMC-TH/W/CQ/CQ*DQ*CT*XMC
4CCF	6FC6	7370 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 7400
4CE0	6FC6	7380 DX0=DX0+2!*TH/W/EA*(TQ-TT)
4D0D	6FC6	7390 DX0=DX0+(S-TH/W*(TQ-TT))/EA
4D37	6FC6	7400 DTHX=DX0
4D40	6FC6	7410 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 7430
4D51	6FC6	7420 DTHX=DTHX+TH*TH/W/EA/CQ/CQ*DQ
4D7D	6FC6	7430 DTHX=1!/DTHX
4D89	6FC6	7440 DTVX=DTHX*(TQ+TH/CQ/CQ*DQ)
4DAF	6FC6	7450 XX=TH/W*(LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))
4DF6	6FC6	7460 YY=TH/W*(1!/CQ-1!/CT)
4E1F	6FC6	7470 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 7490
4E30	6FC6	7480 XX=XX+TH*TH/EA/W*(TQ-TT)
4E5C	6FC6	7490 YY=YY+TH*TH/2!/EA/W*(1!/CQ/CQ-1!/CT/CT)
4EAA	6FC6	7500 SS=TH/W*(TQ-TT)
4EC5	6FC6	7510 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 7530
4ED6	6FC6	7520 SS=SS+TH*TH/2!/EA/W*((TQ/CQ-TT/CT)+LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))
4F58	6FC6	7530 REM
4F58	6FC6	7540 B4=(LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TT+1!/CT))/W
4F99	6FC6	7550 B4=B4-CT*XMC/W*(TQ-TT)
4FBF	6FC6	7560 B5=-TH/W/CQ
4FDC	6FC6	7570 B5=B5+TH/W*CT*XMC/CQ/CQ
5003	6FC6	7580 B6=0!:B7=0!
5012	6FC6	7590 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 7630
5023	6FC6	7600 B6=B6+(S-TH/W*(TQ-TT))/EA
504D	6FC6	7610 B6=B6+2!*TH/EA/W*(TQ-TT)
507A	6FC6	7620 B7=B7-TH*TH/EA/W/CQ/CQ
50A2	6FC6	7630 DQ1=(B4+B6)/(B5+B7)
50C2	6FC6	7640 DY0=(TQ-TT)/W+TH/W*SQ/CQ/CQ*DQ1
50FC	6FC6	7650 DY0=DY0-(TQ-TT)/W*ST*XMC-TH/W/CQ/CQ*DQ1*ST*XMC
5151	6FC6	7660 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 7690
5162	6FC6	7670 DY0=DY0+TH/W/EA*(1!/CQ/CQ-1!/CT/CT)+(S-TH/W*(TQ-TT))*TT/EA
51D8	6FC6	7680 DY0=DY0+TH*TH/EA/W*SQ/CQ/CQ/CQ*DQ1
520D	6FC6	7690 DTHY=DY0
5216	6FC6	7700 DTHY=1!/DTHY
5222	6FC6	7710 DTVY=DTHY*(TQ+TH/CQ/CQ*DQ1)
5248	6FC6	7720 RRL=RL*XMC:AX=XX+RRL*CT:AY=YY+RRL*ST
5281	6FC6	7730 SH=SS*.5:IF IS=0 THEN SH=S0*.5:REM DVA,DHAに対し、基準のS0 中央点
52AA	6FC6	7740 TQH=(TQ+TT)/2!
52BF	6FC6	7750 CQH=1!/SQR(1!+TQH*TQH)
52DE	6FC6	7760 SH1=TH/W*(TQ-TQH)
52F9	6FC6	7770 IF ABS(EA)<=E THEN SHX=0!:GOTO 7790
5316	6FC6	7780 SHX=TH*TH/2!/EA/W*((TQ/CQ-TQH/CQH)+LOG(TQ+1!/CQ)-LOG(TQH+1!/CQH)) :SH1=SH1+SHX
53A0	6FC6	7790 DSH=ABS(SH-SH1)/SS:IF DSH<=E THEN GOTO 7810
53C5	6FC6	7800 TQH=TQ-(SH-SHX)*W/TH :GOTO 7750
53E9	6FC6	7810 YM=TH/W*(1!/CQ-1!/CQH)

Offset	Data	Source Line
5412	6FC6	7820 IF ABS(EA)<=E THEN GOTO 7840
5423	6FC6	7830 YM=YM+TH*TH/2!/W/EA*(1!/CQ/CQ-1!/CQH/CQH)
5471	6FC6	7840 RETURN
5472	6FC6	
5475	6FC6	

50326 Bytes Available
37774 Bytes Free

0 Warning Error(s)
0 Severe Error(s)

