

信州大学工学部 正員 吉 沢 孝 和

ケーブルの全長を適当に分割し、各分割要素をカタナリー形状として相互に連結した場合にはカタナリーケーブルとしての解が得られる。同じ手法で要素をバラボラ形状、直線形状として解析することができる。種々の荷重条件、サグ比および径間長を有する系について調べたところ、バラボラ要素では8分割、直線要素では16分割以上にすればカタナリーケーブルの水平張力との誤差が1%以内に収束することが分かった。このときの解析は下記の文献1)に示した応力法による。

図1はEWS用素線の引張試験結果で神戸製鋼所より提供を受けた。ケーブル構造物の設計にあたっては種々の荷重条件を想定して、破断を生ずるケーブル上の位置とそのときの荷重値を求めること、または長期にわたる荷重の反復作用による疲労でケーブルの材料定数が変化することによる影響などを検討しておくことも必要ではなかろうか。ここでは任意荷重を受ける単ケーブルが荷重の漸増にともなつて各所に材料定数の変化を生じ、破断に至るまでの変形挙動を追跡する手法と計算例を報告する。ケーブル部材の材料特性は図1に示すように折線であらわす。またケーブルは直線要素をピン結合したチェーンとして解析する。要素の数が十分多くなるように分割すれば上述のようにカタナリーケーブルとの差異は無視できるものとなり、各要素ごとに応力度に対応させて材料定数を与えて解析を進めることができる。カタナリーやバラボラ要素では材料定数が変化していく場合の変形量を求めることがきわめて困難となるので、これを十分に細分割した直線要素系で近似するのが本法の考え方である。

図2は下記文献2)に示されている例題である。計算に用いた諸数値は図中に示してあるが、そこではケーブル素線の材料定数は応力度に関係なく一定としてカタナリーケーブルの計算がなされている。本報告ではこれを図1に示すような材料特性を有するものとして計算してみた。両者の比較を(A)図に示す。材料定数の変化を考慮すれば系の変形が大となる。

(B)図はケーブルに作用する分布荷重は一定とし、節点に作用する集中荷重の値(A)図)を10等分して漸増作用させた場合の節点の変位を追跡したもので、白い小円は漸増荷重の各段階における荷重作用点の変位の軌跡である。各節点の3番目の小円を結んだ形状から、以後の漸増荷重に対して材料定数の変化が始まる。しかしながら、このようなサグ比の大きい系にあつては外力の作用方向に対する抵抗形状を確立するまでの変形が比較的大きいことが分かる。

(C)図は荷重の漸増に対するケーブルの各部における材料定数の変化の状況を示す。材料の状態は図1の下部の記法にしたがう。材料定数の変化が生ずるまではケーブルの右支点の部分の応力度が最大であつたが、定数変化後は、 P_{40} の作用点が最大応力度を示すようになり、 $0.4315P$ で材料の破断応力度 17000 kg/cm^2 に達することが分かった。

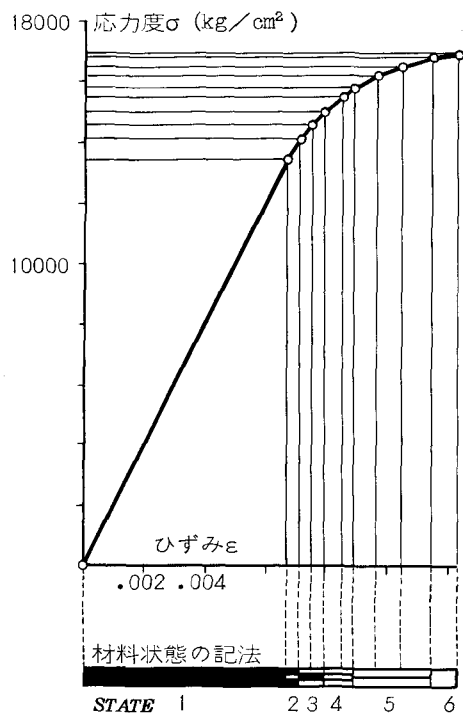
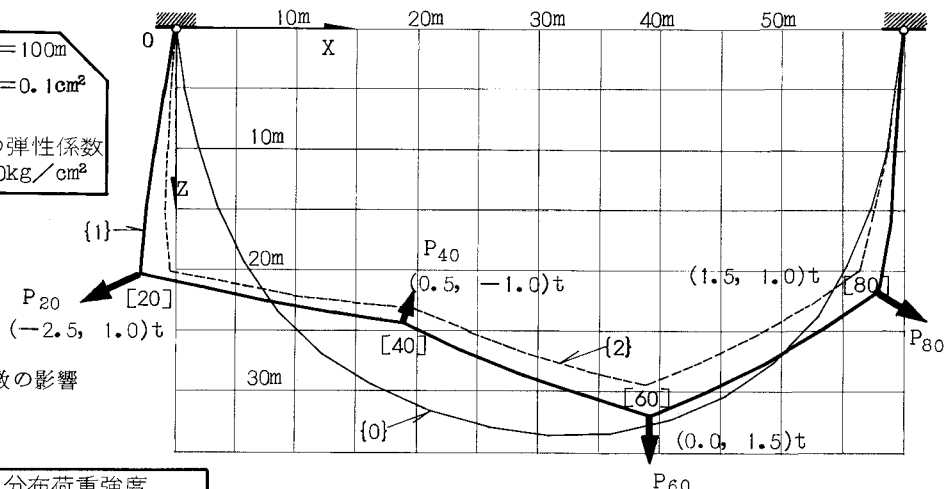


図1 ケーブル部材の材料特性

- 1) 吉沢・高村：任意荷重を受けるケーブルの図解法および数値解法（ノート） 土論集第275号
 2) 阿井・西岡・奥村：ケーブル構造に関する一理論解析 土論集第260号

ケーブル長 $S=100\text{m}$
 部材断面積 $A=0.1\text{cm}^2$
 線形領域での弾性係数
 $E=2000000\text{kg/cm}^2$

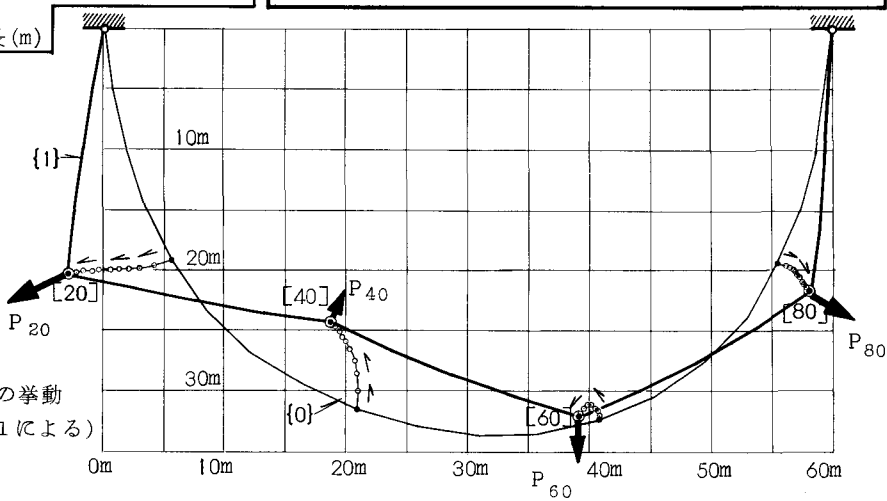


(A) 材料定数の影響

ケーブル上の分布荷重強度
 $q_x = -0.03\sin(s \cdot \pi/50)\text{t}$
 $q_z = s/1500 \quad (0 < s < 60\text{m})$
 $q_z = (100-s)/1000 \quad (60\text{m} < s < 100\text{m})$
 $s = \text{ケーブル長(m)}$

{0} : 分布荷重のみが作用した場合のつり合い形状
 {1} : 集中荷重も作用した場合 (図1の材料特性による)
 {2} : 集中荷重も作用した場合 ($E=2 \times 10^6 \text{kg/cm}^2$ 一定)

[20] : $s = 20\text{m}$
 [40] : $s = 40\text{m}$
 [60] : $s = 60\text{m}$
 [80] : $s = 80\text{m}$



(B) 漸増荷重
 に対する節点の挙動
 (材料特性は図1による)

※ 漸増荷重強度 $0.1P, 0.2P, \dots$ は上図の各節点に作用する集中荷重が一様に漸増して図示の値のそれぞれ10%, 20%, ... となった場合を示す。

(C) 漸増荷重に対する
 ケーブル部材の材
 料定数の変化

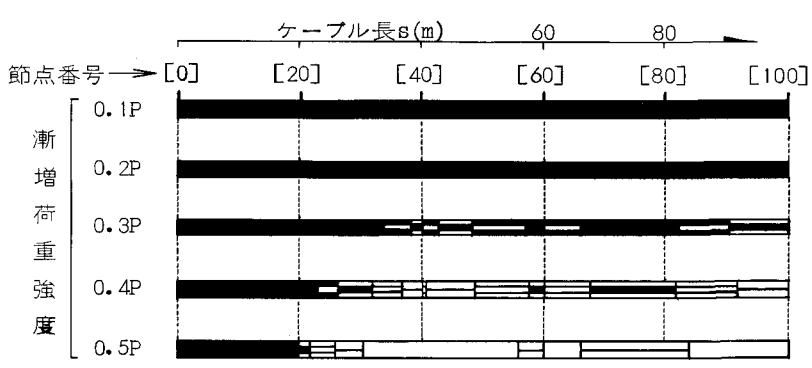


図2 ケーブル長 (s) に沿って任意分布荷重が作用し、節点に作用する集中荷重のみを漸増させた場合