

I-A40

二段階制御法を用いたケーブルの動的解析における諸問題

熊本大学大学院 学生員 ○橋本 祐己
 熊本工業大学 工学部 正員 三池 亮次
 八代工業高等専門学校 正員 橋本 淳也
 熊本大学 工学部 正員 小林 一郎

1 はじめに

浮体の繫留や吊橋、斜張橋のような橋梁の主要部材として利用されているケーブルは、それ自体は不安定な構造であるので外力を受けて大変形した後の状態を推定することは困難な問題である。このため、多くの研究者によりケーブルの構造解析法が提案されている。

筆者らは、ケーブルを折線ケーブルとして大変形構造解析の基礎式に基づき、不安定次数分だけある節点方向に制御変位を用いることにより、静定構造として構造解析を行い、同時に制御変位方向の反力を求める。しかる後に制御変位方向の与えられた外力と反力の差、すなわち、不釣り合い力を0とするように新たに制御変位を定めて第2段の変位制御法による解析を行う、二段階制御法を提案した。また、運動するケーブルに対して、加速度項を慣性力と表すことによって運動を解析する手法を提案した。

しかし、ここでは折線ケーブルを用いて解析を行うため、実際のケーブルのようななめらかな挙動を表すことが難しく、そのなめらかな挙動がケーブルに及ぼす影響をうまくとらえることができない。そのため、折線ケーブルをより実際ケーブルの状態に近づけるため折線の分割を多くし、なめらかな挙動を表しそれによるケーブルへの影響を分割が少ない場合と比較して検討する。また、二段階制御法を用いる上で、制御変位は精度、計算効率に大きな影響を及ぼすため、その適正值について検討する。

2 制御変位

図1に示す6部材折線ケーブルの移動節点に強制変位を与えた時の挙動解析を行う場合を考える。

構造諸元は、断面積 $A = 0.01\text{m}^2$ 、ヤング率 $E = 2.058 \times 10^{11}\text{N/m}^2$ 、移動境界節点の周期 $T = 24\text{s}$ 、振幅 10m 、時間間隔 $\Delta t = 0.01\text{sec}$ 、質量マトリックス $M = 0$ とする。制御変位は矢印の方向に与える。 $M = 0$ の時、あるつり合い形状と1周期後、移動節点が同位置に戻ったときのつり合い形状は等しく、その時の各部材の軸力も等しいはずである。

図2は、制御変位 0.1 、 0.001 、 0m の時の1部材目の軸力の推移図である。縦軸に軸力、横軸に時間をとった。図から分かるように軸力は移動境界節点に与えた強制変位と同じ周期を描いている。しかし、制御変位の値によって1周期後の軸力に差が現れる。制御変位 0.1m にいたっては、その差は歴然としている。制御変位を小さくしていくに従い誤差が小さくなることを得ている。これは、各節点の挙動が不規則なため制御変位を与えた方向と自由節点の変位方向とに違いが生じることがあるためである。

この結果により、この場合の制御変位は零が良いと言える。

3 解析例

浮体のアンカーケーブルを想定し、図3、図4に示す6、12分割した円弧ケーブルモデルでの解析を行った。断面積 $A = 0.01\text{m}^2$ 、時間間隔 $\Delta t = 0.01\text{sec}$ 、移動境界節点の強制変位は水平方向に周期 20sec 、振幅 15m を与え

キーワード：二段階制御法 折線ケーブル 動的解析 変位制御法 骨組

連絡先：〒860-0082 熊本県熊本市池田4-22-1 熊本工業大学(三池 亮次) TEL 096-326-3111

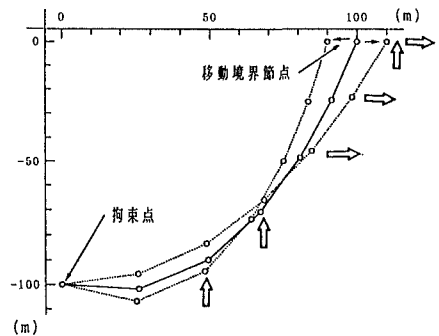


図1 6部材折線ケーブルの軌跡

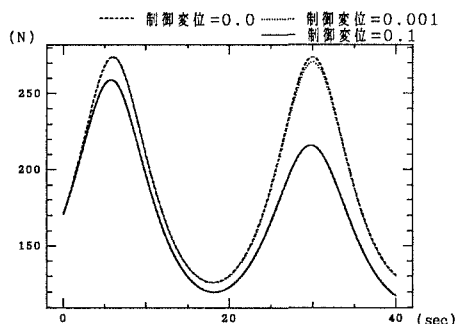


図2 慣性力が作用しない場合の軸力の変化

た。ケーブル全体に作用する載荷重、質量は共に折線ケーブルの節点に集中するものとするのでそれらは節点の数だけ分配する。6部材モデル、12部材モデルにそれぞれ載荷重は鉛直下向きに98N、41N、質量マトリックス $M = 90kg, 44.5kg$ とした。

図5、図6は、それぞれの1部材目と最終部材における軸力の推移図であるが、それぞれ急激な軸力の増大が見られる。これは、移動境界節点に与えた強制変位の方向と部材の変位方向とが逆になる点にほぼ一致してい

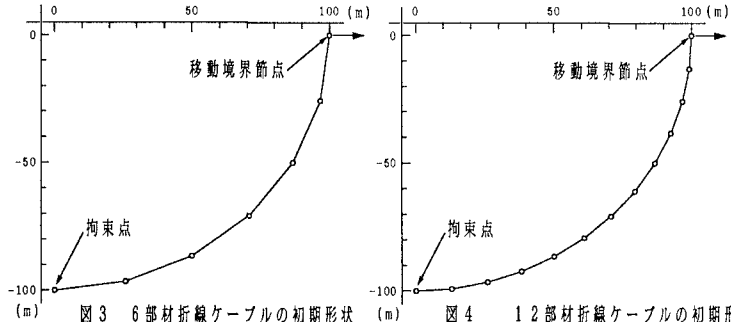


図3 6部材折線ケーブルの初期形状 図4 12部材折線ケーブルの初期形状

ることから、変位方向が逆になると各節点の変位の変化が大きくなり慣性力も増大すると思われる。また分割が多いモデルの方がその割合は大きいことがわかる。初めの軸力のピーク時の状況に注目すると、ピークに達する時間は移動節点がスタートしてから6部材の方は15.33sec後で12部材の方は15.73sec後である。

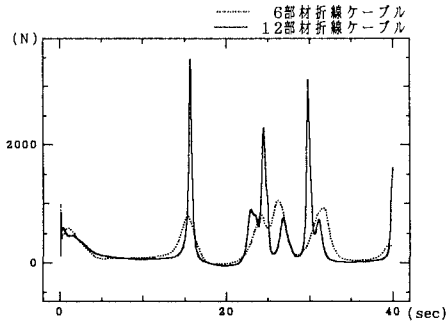


図5 1部材目における軸力図

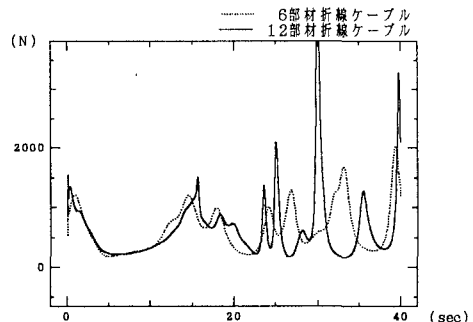


図6 最終部材における軸力図

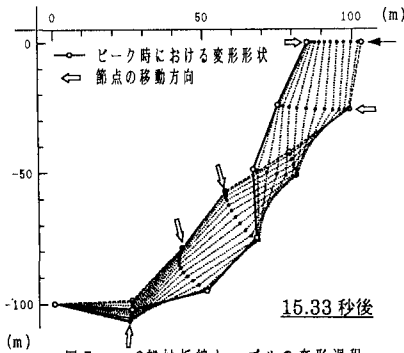


図7 6部材折線ケーブルの変形過程

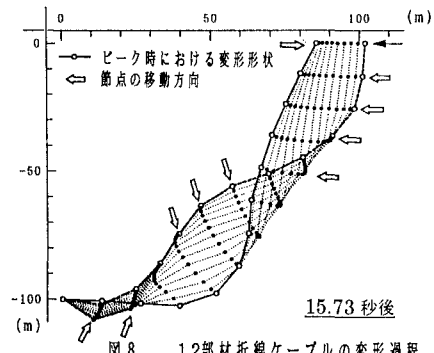


図8 12部材折線ケーブルの変形過程

図7、図8はその時までの変形過程である。このように分割が多いモデルの方がケーブルの移動範囲が非常に大きいことがわかる。これは、軸力のピークに達する時間の遅れからもわかるように、節点が多いため移動境界節点の強制変位による影響の伝達に遅れが生じていると考えられ、そのことで各節点の動きに自由度が増したためである。このことで慣性力が増大し、それに伴い軸力の増大の割合も大きくなることがわかる。

結論として、曲げ剛性の低いといったようななめらかな挙動を起こすケーブルの方が軸力が急激に増大するような現象が多く現れ、その時の軸力の増大の割合も大きくなることがわかった。

参考文献

- 1) 後藤茂夫他, 非線形有限変形法によるトラスの大変形解析とその応用プログラム, 土木学会論文報告集, 194号, pp.55-69, 1971.
- 2) Miike, R., Kobayashi, I., and Yamada, Z., Virtual Large Displacement Theorem for Framed Structures, EM10, ASCE, pp. 441-428, Feb. 1990
- 3) 三池亮次, 橋本淳也, 東高徳, 小林一郎, 修正二段階制御法による不安定なケーブル構造解析, 応用力学論文集, Vol.1