

多くの支点を有し任意荷重を運搬する索道ケーブルの解析

信州大学工学部 正会員 吉澤孝和 ○学生員 尾崎昇

はじめに ケーブルの高張力を利用した輸送施設に、貨物用索道、スキーリフト、旅客索道などがある。このうち、単線式は1本のロープに直接搬器を吊して輸送する方式で、スキーリフトなどに見られる。複線式は固定した支索上に曳索を用いて搬器を移動させる方式で、旅客索道に用いられる。一般に、ケーブルの解析は形状決定問題である。それは、ケーブルに作用する荷重は同一であっても、水平張力の大小によって系全体の形状が大幅に変化し、また水平張力が一定であっても、荷重の作用状態によってかなりの形状変化が生ずるためである。本研究で扱う多径間の連続ケーブルは、吊橋や吊屋根構造のように一定の形状を保持して荷重を支持するものとは異なり、設置される場所の地形によって多様性があり、荷重条件も複雑である。このような構造系の解析に厳密解法を適用することは、きわめて困難かつ不経済である。通常、単径間ケーブルをチェーンで近似したモデルでは、解析上の問題は非常に単純化され、チェーンの分割数を多くしていくと容易に厳密解に近づくことが知られている。¹⁾ 本研究はこれを任意荷重の作用する多径間の連続ケーブルの解析に応用するものである。

角解木斤手法 単線式索道には〔解法1〕を用いる。この系では搬器の間隔は一定である。ケーブルの端部には重錘を介して一定の緊張力が導入される。解析上は、一定の水平張力を保ち任意の荷重系列が作用するケーブルの問題となる。複線式索道には〔解法2〕を用いる。支索となるケーブルの両端が固定され、その上を曳索で牽引される旅客搬器が移動する。解析上は、集中荷重の移動により水平張力が変化する両端固定ケーブルの問題となる。両者のケーブル問題の解法の手順を以下に示す。なおケーブルはチェーンで近似するため、その全長を微小な要素に分割し、要素同志の結合点に自重を作用させる。

解析条件 ケーブルの各支点の座標値*解法1 {荷重列(載荷点間隔と個々の荷重強度)・水平張力 H }
*解法2 {移動集中荷重の強度・ケーブルの全長 S }

解法1 ①第1スパン出発支点上の鉛直反力を仮定 ②各々の載荷点での釣合条件によりケーブルの形状を算定 ③他端の結合支点に対する結合誤差を算出 ④結合誤差=0ならば隣接スパンへ進む ⑤結合誤差 $\neq 0$ の場合は結合誤差分だけケーブル長を補正して①へもどる ⑥最終スパンに至るまで①~⑤を反復する

解法2 ①各支点間の直線距離 D_i 算出 ②各スパンケーブル長を D_i に比例して算定 $S_i=S \cdot D_i / \sum D_i$ ③単スパンケーブル解析により各スパンの水平張力 H_i を算出 ④全スパンの水平張力が一定値に収束すれば計算終了 ⑤収束しない場合は平均値 H_m を算出 ⑥各スパンのケーブル長を $S_i + C(H_i - H_m)$ に修正 ⑦反復計算③へ

角解木斤例 正解の作成 上記の解析手法を評価するために、数値計算の正解を準備する。これにと**考察** は単径間ケーブルの解法を応用する。すなわち、十分に長いケーブルに種々の大きさの荷重を作用させておき、適当な間隔で鉛直上向きにかなりの大きさの荷重を作用させると、作用点の位置がケーブルの中間支点と同様の効果を与えるため上方に押し上げられ、多スパンケーブルの形状が得られる。以下の例題はこのようにして準備した正解に対して検討したものである。

解法2の適用例 図1は、全長500mのケーブルを用いて、水平距離454.5m、比高111.4mの2点間を5スパンの連続ケーブル方式で荷重を運搬するものである。これは、各スパンの両端の支点の位置と、ケーブル上の荷重列およびケーブルの単位長重量が与えられ、ケーブルの水平張力および各スパンで支持されるケーブル長と荷重値を求める問題である。解析の結果得られたケーブルの形状およびスパン荷重列は図示の通りである。反復計算の結果は図2に示すように、3回目でほぼ収束、5回目で完全に収束した。

¹⁾ 吉澤・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，土木学会論文報告集第275号，1978。

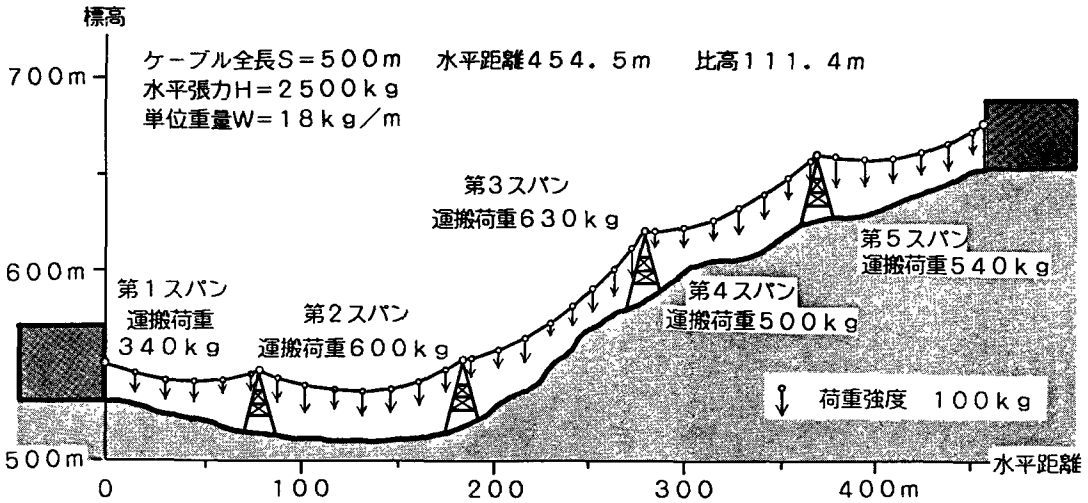


図1 ケーブルの全長とケーブル上の荷重条件が与えられた場合の5スパン連続ケーブルの解析例

解法1の適用例

図3は、4スパン連続ケーブルの解析例である。支点の座標値とケーブル上の荷重条件が与えられた場合、水平張力を変化させることにより必要とされるケーブルの全長を求める問題である。荷重運搬時のケーブルの形態は図示のようになる。関連諸数値は図の中に表でまとめた。スキーリフトなどの比較設計にはこの手法が適している。

あとがき ここですらに、ケーブルの弾性変形および温度変化の影響を考慮して解析することは、むずかしいことではない。ケーブルの弾性係数の経年的な低下の影響も数値解析によって検討することができる。これらについては紙面の都合上割愛するが、講演会において報告したい。

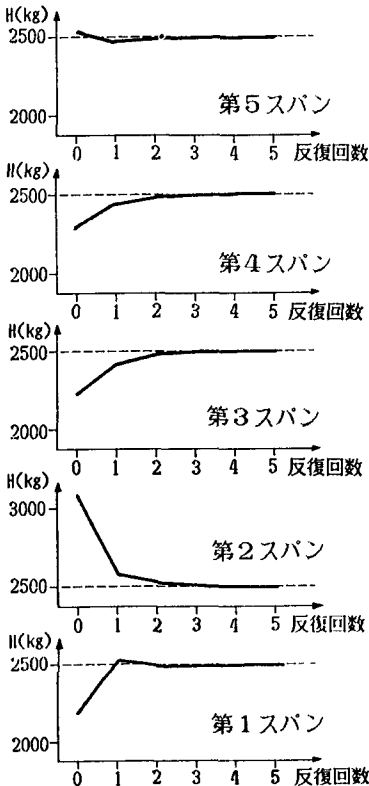


図2 5スパン連続ケーブルの解析における水平張力の収束状況

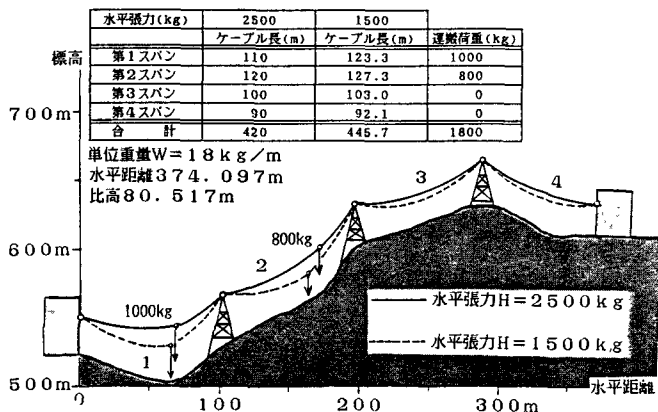


図3 ケーブル上の荷重条件と2種類の水平張力が与えられた場合の4スパン連続ケーブルの形態の比較