

多径間連続ケーブルの挙動に関する基礎的研究

信州大学工学部 正会員 吉澤孝和 ○学生員 加藤清隆

はじめに スキーリフト、旅客索道、貨物用索道等の解析は、搬器の位置で種々の集中荷重を受ける多径間連続ケーブルとして行なうことができる。これまでの研究¹⁾では搬器の移動にともなうケーブルの張力の変化、荷重の急変、ケーブルの弾性変形、温度変化の影響などを検討した。ここでは便宜的に静止状態のケーブルに対して荷重の位置を変化させて解析を行なってきた。本研究で扱うような輸送用多径間連続ケーブルは、原動滑車と従動滑車間を環状に循環する構造であり、両者の間には多くの支柱を設けてケーブルを支持している。したがってこのケーブルを静止状態から運動状態に移行させるためには、ケーブルが静的に荷重を支持するに要する張力に加えて、原動滑車、従動滑車および支柱上の滑車の摩擦抵抗に打ち勝つだけの張力が必要となる。本研究は、ケーブルを支持する各滑車の部分における摩擦抵抗を考慮して、運転状態にある多径間連続ケーブルの挙動を数値解析によって検討することを目的とする。

解析手法 ケーブルの支持点における滑車の摩擦抵抗の考え方を図1に示す。支持点の両側のスパンのケーブル張力 T_1 、 T_2 の合力 T は支持滑車の軸上を通る。点Cにおいて滑車の回転に対する摩擦抵抗 F がケーブルの進行方向と逆向きに発生する。水平成分は滑車の内軸と外軸の半径を考慮して図示のようにケーブルの水平張力に補正を施す。したがって原動滑車に近くなるほどケーブルの水平張力は増加する。

ケーブルが原動滑車に近付く場合を往路、これから離れる場合を復路と呼ぶ。ケーブルの解析は往路と復路では異なる。往路では各スパンのケーブルに解法1を、復路では解法2を適用する。数値解析の手順は図2のようになる。ここで往路で用いる解法1と復路で用いる解法2の概要はつぎのようになる。

解法1 (水平張力が既知の場合) ①左側支点の反力の鉛直成分を仮定 ②ケーブルの形状を算定 ③右側支点でのケーブルの結合誤差を算出 ④結合誤差が許容値内に収束すれば計算終了 ⑤収束しないときはケーブル長を結合誤差分だけ補正 ⑥左側支点の鉛直反力を補正して②へもどる ⑦収束するまで反復

解法2 (ケーブル長が既知の場合) ①左側支点の反力仮定 ②ケーブルの形状算定 ③右側支点での結合誤差を算出 ④結合誤差が許容値内に収束すれば計算終了 ⑤収束しないときは支点反力を修正して②へもどる ⑥収束するまで反復

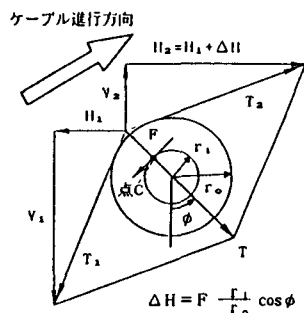


図1 支持滑車部での摩擦抵抗

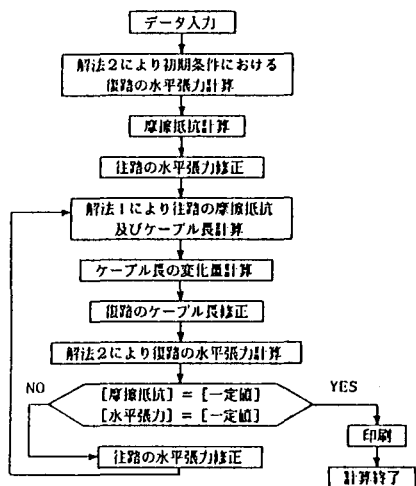


図2 運転中のケーブル解析のアルゴリズム

1) 吉澤孝和・尾崎昇：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。土木学会中部支部研究発表会講演概要集 pp.70-71, 1988年 3月。

解析結果

図3・1の解析

モデルは、水平距離95m、比高0mの位置にある支持滑車間を循環するケーブルである。往復路の全長200mのケーブルに自重70kgの搬器が20mの等間隔でとりつけてある。往路側のすべての搬器は乗員があり、復路側の搬器はすべて空席とする。ひとつの搬器について乗員の重量は70kgとする。図において右側の駅に原動滑車が、左側の駅に従動滑車が配置されている。この計算例では滑車の摩擦抵抗は往路における左側の支持滑車のみに発生するものとし、その他の滑車の摩擦抵抗は無視した。これは本解析法による解の収束を検討する目的で最も基本的な問題にしぼったためである。

数値解析の結果を図4・1に示す。往路と復路のケーブル長、水平張力、滑車摩擦抵抗はいずれも反復計算の6回目ではほぼ収束し、17回目で有効数字5桁まで収束した。往路と復路のケーブルの形状は図3・1のようになる。

図3・2の解析モデルは支持滑車間の水平距離を95m、比高を55mとし、この区間を循環するケーブルの総延長を280mとしたものである。搬器は20mの間隔でとりつけ、荷重条件および滑車の摩擦抵抗の条件は上記の計算例と同一とした。往路と復路のケーブル形状は図示のようなものが得られた。

数値解析の結果を図4・2に示す。どの量についても反復計算の5回目ではほぼ収束し、11回目で有効数字5桁まで収束した。

以上の検討により、滑車の抵抗を考慮した循環式ケーブルの解析を簡単な反復計算で行ない得ることがわかる。多径間の場合も同様である。

解析条件 (図3-1 参照)

往路運搬荷重 : 700(kg)
復路運搬荷重 : 350(kg)
ケーブル単位重量 : 3.5(kg/m)
支持滑車間水平距離 : $L=95(m)$

解析条件 (図3-2 参照)

往路運搬荷重 : 980(kg)
復路運搬荷重 : 490(kg)
ケーブル単位重量 : 3.5(kg/m)
支持滑車間水平距離 : $L=95(m)$
比高 : $h=55(m)$

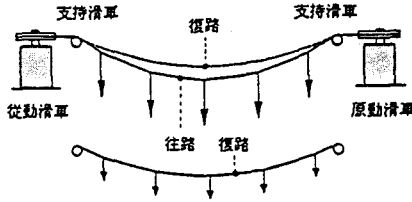


図3・1 比高がないケーブル

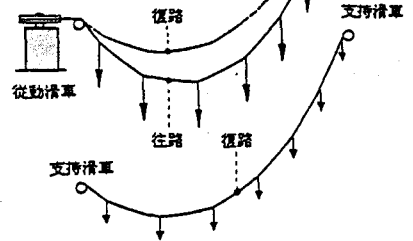


図3・2 比高のあるケーブル

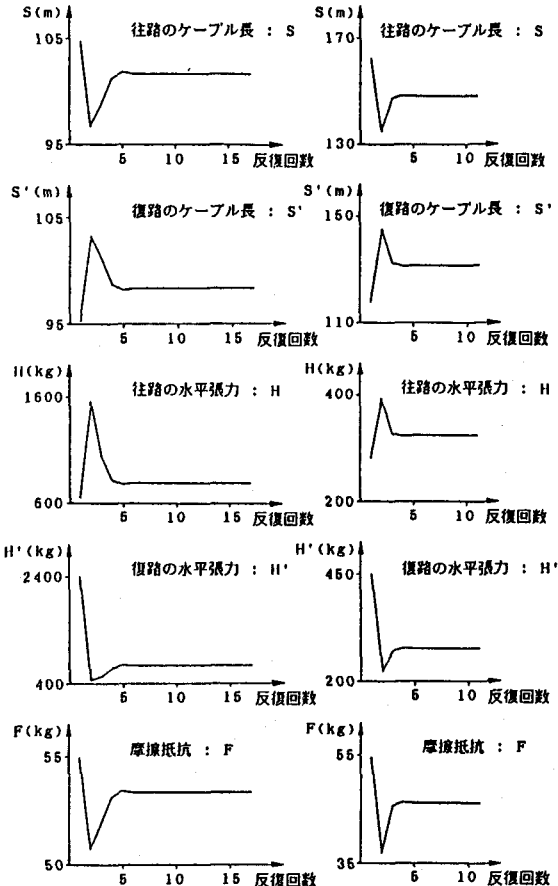


図4・1 比高のないケーブルの解析結果

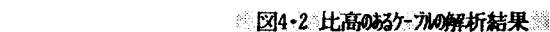


図4・2 比高のあるケーブルの解析結果