

ケーブルを介して載荷される柱の強度について

○東北大学工学部 学生員 木村 岳
東北大学工学部 正 員 倉西 茂
延世大学工学部 正 員 黄 鵬周

1. はじめに

斜長橋や吊橋の主塔はケーブルを介して荷重を受けている。ケーブルを介して載荷された場合、その挙動は直接載荷を受ける場合とはかなり異なり、吊橋の主塔の設計などでは有効長を変えることでこれに対応している。本研究では簡単なモデルについて解析を行ない、その特性を明らかにした。

2. 解析方法

図-1に示すモデルについて、有限要素法による数値解析を行なった。ケーブルについては、曲げ剛性及びサゲを無視し、軸力のみ働く部材として扱っている。

3. 解析パラメーター

図-1に示すモデルについて、ケーブルが1本の場合については

- (1) 載荷点位置(図-2に示すように、水平方向にのみ移動する)
- (2) 載荷点の弾性拘束(図-2に示すように、鉛直方向、水平方向について線形バネを入れる。バネを入れない場合は水平方向のみ拘束する。)

ケーブルが2本の場合については

- (3) 2本目のケーブルの取り付け位置
- (4) ケーブルの張力比

を変化させ、これらが耐荷力に与える影響を検討した。

4. 解析結果

まず載荷点位置を柱の基部としたときの荷重-変位曲線を図-3に示す。図中○印は同じ柱を両端ピン拘束としたときの荷重-変位を表わす。ほぼ同様の挙動を示し耐荷力もほぼ同じである。ちなみにケーブルを介して載荷を行なった方の載荷点の鉛直変位は $L/600$ 程度($\bar{\lambda}=1.0$)、基部のモーメントは最大モーメントの0.5%程度であった。

1) 載荷点位置の影響

載荷点を図-2のように水平方向に移動したときの影響を図-4に示す。横軸は載荷点移動量を柱の全長で除した無次元量。図中▲、■、●は、同じ柱を片端固定として軸方向載荷した場合の耐荷力である。

2) 載荷点の弾性拘束の影響

図-2に示すように、水平方向、鉛直方向に線形バネを入れることで弾性拘束とした。鉛直方向の弾性拘束の影響を図-5に示す。このとき水平方向については拘束している。図の横軸はバネ定数を柱の軸剛性で除した無次元量である。水平方向の弾性拘束の影響を図-6に示す。横軸はバネ定数を柱の軸剛性で除して対数をとったものである。このとき鉛直方向についてはフリーである。同じ柱について片端固定とし軸方向載荷を行なった場合の耐荷力を Δ で、両端ピン拘束として軸方向載荷

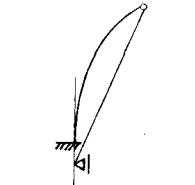


図-1 解析モデル

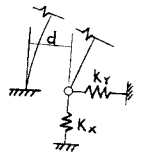


図-2 載荷点概念図

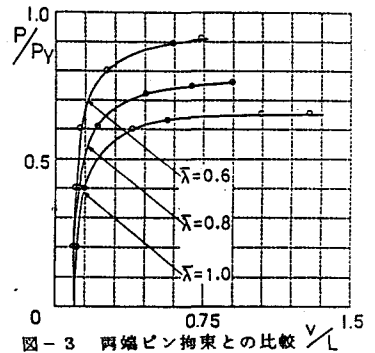


図-3 両端ピン拘束との比較 v/L

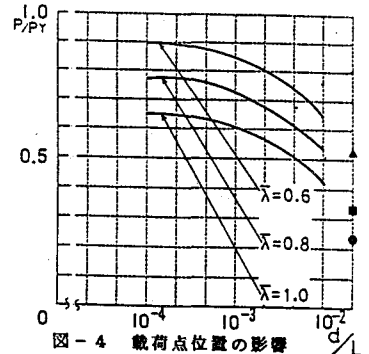


図-4 載荷点位置の影響 d/L

$$\text{ここで } \bar{\lambda} = L / \pi \sqrt{P_y / EI}$$

を行なった場合の耐荷力を $\square$ でそれぞれ図中に示した。水平方向拘束鉛直方向拘束、ともに細長比パラメータにあまり変わりなく影響を受けているのがわかる。

次に、ケーブルが2本の場合について示す。

3) 2本目のケーブル取り付け位置の影響

ケーブル張力は1:1とし、柱は断面の平均応力が一定となるように変断面形状としている。ケーブル取り付け位置の変化の影響を図-7に示す。1本ケーブルの場合よりも耐荷力は上がり、 $L_2/L = 0.5 \sim 0.75$ 程度となる。

4) ケーブル張力比の影響

ケーブル張力比を変えて3)と同様に解析を行なった。結果を図-8~10に示す。細長比パラメータの大きい方が影響が大きく出る。

5. 結 論

以上の解析の結果、次のことが言える。

1) ケーブルにより荷重を行なう場合、水平方向の拘束状態によって柱の有効長は0.5L ~ 1.0Lまで変化すると考えられる。また水平方向の拘束の影響は、細長比の大小に左右されない。

2) ケーブルを2本とした場合、曲げモーメントの増加がおさえられるので、等応力状態であるならば、耐荷力はケーブル1本の場合を上回れる。最も効率よく曲げモーメントの増加をおさえるケーブル取り付け位置を与える式として次式を提案する。

$$\lambda_{eg} = \sqrt{((L-L_2)^3/r_1^2 + L_2^3/r_2^2)/L}$$

上式の λ_{eg} を最小にする L_2

が、ケーブル取り付け位置を与える。ここで r_1, r_2 はそれぞれ2本目のケーブル取り付け位置より上部及び下部の断面二次半径。この式を適用しうるのは、柱が等応力状態にある場合に限られる。また、この条件が満たされれば張力比が変わっても適用できる。

参考文献) (1) Timoshenko & Gere
Theory of Elastic Stability
(2) 倉面 茂, 鋼構造 (3) 土木
建設省土木技術資料 吊橋主
塔の極限耐荷力 (45 49頁)

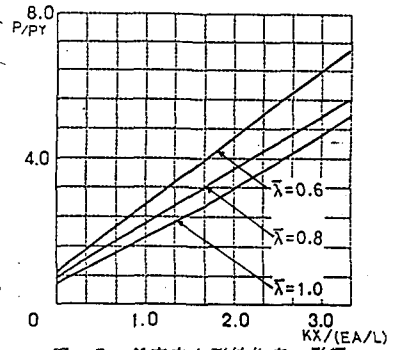


図-5 鉛直方向弾性拘束の影響

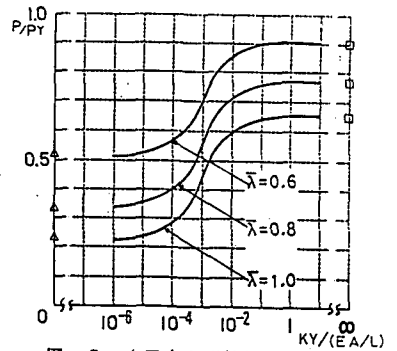


図-6 水平方向弾性拘束の影響

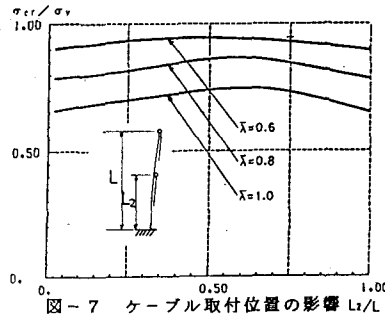


図-7 ケーブル取付位置の影響 L_2/L

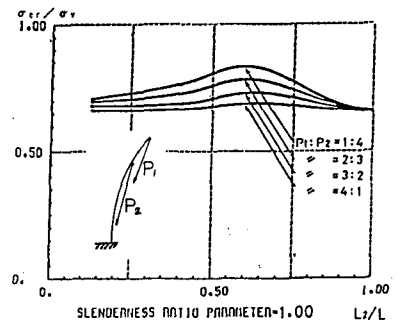


図-8 ケーブル張力比の影響

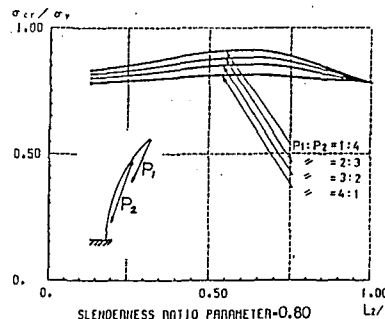


図-9 ケーブル張力比の影響

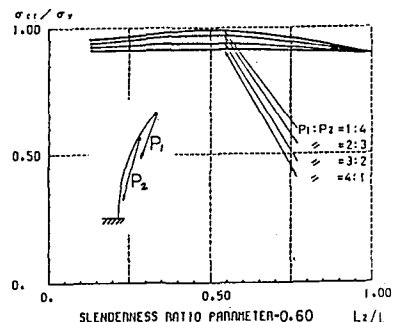


図-10 ケーブル張力比の影響