

I-177

S字形曲線斜張橋のケーブル張力測定（グラウト施工前）

首都高速道路公団 佐藤 重尚
首都高速道路公団 ○富永 博夫
川重・桜田・東骨 J V 田代 治

1. まえがき

首都高速道路葛飾江戸川線のS字形曲線斜張橋は、昭和61年3月、主桁の閉合を完了した。上部工の一般形状は図-1に示すとおりであり、大小二つの塔を有するマルチファン型の曲線斜張橋という特色を持っている。ケーブルは、中央1面吊りであり、親塔方17段、子塔方7段の構成は図に示したとおりである。

本橋の様な高次不静定構造物においては、構造物の安全性を確保するため、出来形を管理するとともに、その内力までも管理する必要がある。一般に、斜張橋の内力管理は、ケーブル張力を管理することにより実施している。ケーブル張力の測定は、ケーブルの固有振動数を計測し、弦理論を基本とする張力算定式により、張力を算出する方法が一般的である。通常、張力の算出にはケーブルを完全可撓性材料とみなした弦理論式(1)式が用いられる。

しかし、ケーブルの曲げ剛性を考慮すれば、ケーブル張力は、(2)式で近似され、 ξ を含む項の誤差を持つことになる。ここで、 ξ を曲げ剛性パラメータと呼ぶ。

$$\sigma = 4 \gamma \ell^2 f_n^2 / n^2 g \quad (1)$$

$$\sigma = 4 \gamma \ell^2 f_n^2 (1 - \frac{2}{\xi})^2 / n^2 g \quad (2)$$

γ :単位体積重量 g :重力加速度 $\xi = \sqrt{\frac{T}{EI}} \times \ell$ n :振動次数

この他、ケーブル張力測定時の誤差として、サグの影響が大きいことが知られている。本文では、実橋架設前に実施した張力測定実験結果と実橋における張力測定結果について報告する。

2. 張力測定実験

(1) 実験目的

本橋に使用するケーブルは、 $\phi 7$ mmの平行鋼線束をポリエチレン管で被覆したタイプである。また、実橋では曲げ剛性の影響が大きいと考えられる太径で長さの短いケーブルから、サグの影響を無視できないような長いケーブルまで多種多様なケーブルで構成されている。このため、ケーブルの固有振動数の測定方法および測定精度を確認するために実験を実施した。

(2) 半割型ロードセル

実験では、ケーブルを定着した形で実張力を測定する必要があった。このため、半割型ロードセルを開発し張力測定に使用した。一般に圧縮型ロードセルは、荷重の伝達面の状態や、起歪部の変形の影響から、偏芯載荷状態になり易く、使用状況によっては相当の誤差を生じる。そこで、本ロードセルにおいては精度を向上させるため種々の方策を実施し、荷重偏載時においても高精度を発揮できるものとした。

図-1 一般図

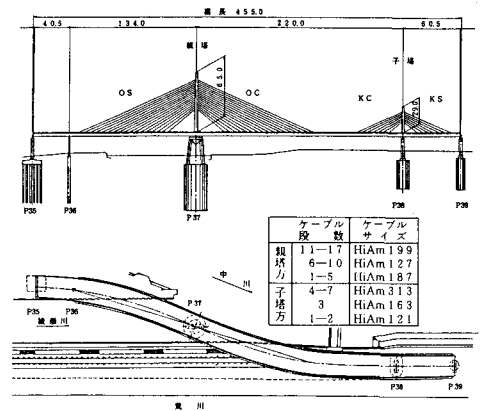
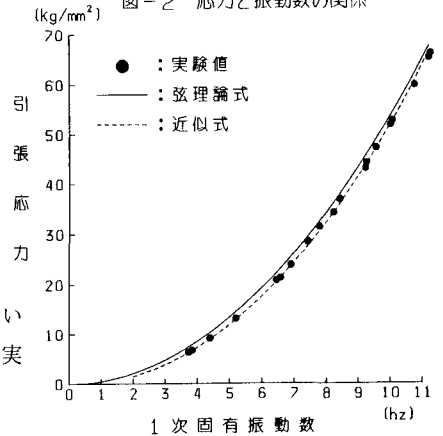


図-2 応力と振動数の関係



(3) 実験結果

写真-1 ロードセル設置状況

図-2に、振動法実験から得られたケーブルの固有振動数と引張応力との関係を示す。図示のとおり、ロードセルにより求めた応力実測値は弦理論式により求まる応力値より3~17%低目の値を示していることがわかる。また、図中には曲げ剛性を考慮した応力算定値を併記している。ケーブルの曲げ剛性比は、実測の結果によれば、応力レベルやタワミにより変化するが、概ね0.2~0.5の範囲にあることがわかった。そこで、曲げ剛性を応力の関数とみなして(3)式より求めた。

$$K = 0.5 - \frac{\sigma}{\sigma_y} \quad (3)$$

ここに σ_y : ケーブルの降伏点応力 (Kg/mm^2)

張力算定にあたり、曲げ剛性を考慮した近似式(2)式を用い実験より得た曲げ剛性比を使用すれば張力の測定精度は向上する。

また、ケーブル張力の測定方法としては、PE管上の任意点に歪型加速度計を取り付けて、強制加振により固有振動数を測定できることを確認した。

3. 実橋における張力測定結果

実験における張力測定結果をふまえ、実橋においては各ケーブルサイズごとに6台、両側径間最上段に各1台、合計8台のロードセルを配置し、一次振動数を用いた振動法による張力算定値の補正にあたることとした。写真-1にロードセルの設置状況を示す。

実橋ケーブルにおける張力算定値を図-3に示す。図示のとおり、OC1ケーブルについては、実験の曲げ剛性を考慮した張力算定式が、ロードセルにより検出した値と良く一致する。OS17、OC11、OS6ケーブルについては、ケーブルが長くなりサグの影響を受けるため、近似式との差が大きくなっている。このため、サグの影響が小さい二次振動数を用い、近似式より張力を算定すると図-3に示すとおり比較の実測値と一致した。また、表-1に実橋における最終張力の、ロードセル値と弦理論値の比較を示した。表よりケーブル長が長くなると、一次振動数を用いた張力値とロードセルによる張力値の差が大きくなり、二次以上の高次振動数を使用した方が比較的良く合ってくることがわかる。実橋における張力測定結果により、サグの影響を受けると見られるケーブル長は、ケーブル径にもよるが概ね70m以上と考えられる。従って70m以上のケーブルの張力を弦理論より算出する場合は二次以上の振動数を用いた方が良い結果を得ることができる。

4. あとがき

本橋においては、ロードセルを使用することにより、振動法による張力算定誤差を小さくするとともに、振動法における曲げ剛性の影響を評価することを試みた。今後とも種々の径および長さを持つケーブルが架設されることと考えるが、本報告が今後のケーブル張力導入に際し一助となれば幸と考える。

参考文献

- 1) 森本・富永・利守
: S字形曲線斜張橋の
ケーブル張力測定(グ
ラウト施工後)

土木学会第41回全国大会

表-1 最終張力実測結果

(ton, Kg/mm^2)

ケーブル №	ケーブル サイズ	ケーブル長 (m)	ケーブル張力							備 考
			ロードセル値		弦 理 論 値					
			張 力	応 力	1 次	2 次	3 次	4 次		
OS17	HiAm199	141.884	2643	34.5	292.2(10.6%)	281.4(6.5%)	280.3(6.1%)	280.6(6.2%)		
OC11	" 199	104.345	2695	35.2	289.9(7.6%)	280.1(3.9%)	—	—		
OS 6	" 127	73.898	180.1	36.8	185.6(3.0%)	183.5(1.9%)	182.2(1.2%)	—		
OC 1	" 187	43.514	218.3	30.3	223.1(2.2%)	219.7(0.6%)	223.0(2.2%)	221.3(1.4%)		