

I - 479

レインボーブリッジのハンガーロープ張力測定

首都高速道路公団	正員	○並川 賢治
首都高速道路公団	正員	川田 成彦
川重・三井・東骨JV	正員	大垣 賀津雄
川重・三井・東骨JV	正員	吉村 裕
三菱・川田・日車JV	正員	浅井 征司

1. まえがき

レインボーブリッジ（首都高速12号線吊橋）のハンガーロープ張力測定は、ハンガー引込み時のみならず、本橋補剛桁の閉合時および完成時に行うものとした。その目的は、ハンガー張力計画値と比較し安全性を確認すること及び完成時吊橋の初期値を把握することにある。

この場合、張力の測定は、引込み時には、引込み装置の油圧から直接測定することが可能であるが、定着終了後には間接的な方法によらねばならない。この間接的な方法の代表的なものが振動法であり、ハンガーロープの固有振動数を測定し、弦の公式から張力を逆算するものである。

ところが、図-1に示すように、ハンガーロープには、ハンガークランプやハンガーカラーが取付けられており、ロープ長が短くなればなるほど、それら付属品の影響が現れてくる。そこで、閉合時や完成時の本計測に先立ち、架設中の引込みジャッキの圧力変換器より得られる張力（直接法）と対比し、振動法のキャリブレーションを行った。その内容と結果を以下に述べるものとする。

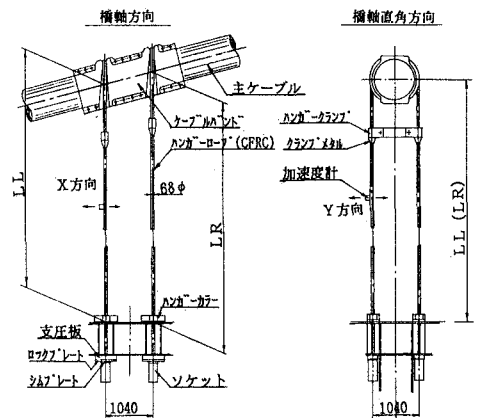


図-1 ハンガーロープ一般図

2. キャリブレーション計測方法

補剛桁架設時に振動法のキャリブレーション計測を実施したハンガーは、図-2に示す通りである。まず、これらのハンガーに対して、引込み装置の油圧力変換器から張力を測定し、それと同時に振動計により固有振動数を測定した。固有振動数測定方法は、人為的ミスを避けるために自然風下の常時微動計測を基本とし、最低次の固有値を識別するために数分間のデータのアベレージングを行った。

そして、これらの測定した張力と固有振動数から、固有振動解析モデルにおけるハンガーロープの曲げ剛性を同定し、ハンガー長をパラメータとして計算を行い、弦の方程式に対する補正係数を導いた。

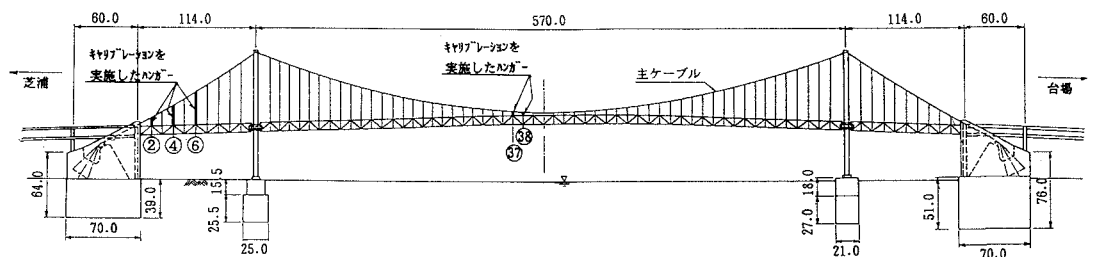


図-2 キャリブレーション実施ハンガー

3. キャリブレーション結果

曲げ剛性の影響が大きいと考えられる短いハンガー（格点37, 38）を対象に、計測張力に対して曲げ剛性を変化させ振動解析を行い、固有振動数の測定値と計算値を比較すると図-3の通りである。この結果より、ハンガー-ロ-プ $\phi 68$ 充実断面の26% ($I=2.72 \times 10^{-7} \text{ m}^4$, $E=1.40 \times 10^7 \text{ ton/m}^2$) と同定できる。以下の解析は、その値を用いるものとする。

文献1)によると、振動法による張力 T の評価式は、曲げ剛性 EI の影響を評価して(1)式の通りである。

$$T = 4 w f^2 L^2 K_s / g \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 w : 単位重量

f : 固有振動数測定値

L : ハンガー-ロ-プ長(LL, LR)

g : 重力加速度

$$\left. \begin{aligned} K_s &= 0.857 - 10.89(C/f)^2 \\ &\quad ; 3 \leq \xi \leq 17 \\ &= 1.000 - 2.20(C/f) - 2.0(C/f)^2 \\ &\quad ; 17 < \xi \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 $\xi = \sqrt{T/(EI)} \cdot L$

$$C = \sqrt{(EI/g)/(wL^4)}$$

いま、新たに本橋ハンガーロープの構造係数 K を考えると、ハンガー長をパラメータとした場合の無次元量 C/f と $\alpha = K_c/K_s$ の関係は、図-4の通りとなる。即ち、ハンガーロープの構造が理想的な弦とは言えず、当然(1)式をそのまま適用できないことを意味している。

そこで、本橋のハンガーロープ張力算出式を、以下の通りとした。

$$T = 4 w f^2 L^2 K_s \alpha / g \quad \dots\dots\dots (3)$$

橋軸(X)方向振動の場合

$$\left. \begin{aligned} \alpha_x &= -4.76(C/f) + 1.01 \\ &= 85.20(C/f)^2 - 9.46(C/f) + 1.073 \\ &= 9.75(C/f)^2 + 4.08(C/f) + 0.465 \\ &= -20.80(C/f)^2 + 16.30(C/f) - 0.678 \end{aligned} \right\} \quad \begin{aligned} &; C/f \leq 0.023 \\ &; 0.023 < C/f \leq 0.088 \\ &; 0.088 < C/f \leq 0.149 \\ &; 0.149 < C/f \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (4)$$

橋軸直角(Y)方向振動の場合

$$\left. \begin{aligned} \alpha_y &= -7.87(C/f) + 1.020 \\ &= 200.00(C/f)^2 - 24.400(C/f) + 1.364 \\ &= 35.60(C/f)^2 - 0.543(C/f) + 0.511 \end{aligned} \right\} \quad \begin{aligned} &; C/f \leq 0.041 \\ &; 0.041 < C/f \leq 0.081 \\ &; 0.081 < C/f \leq 0.182 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (5)$$

4. まとめ

以上の通り、レインボーブリッジのハンガー張力は、(3)式を適用し振動法を行うことにより測定可能なものとした。本橋の開合時および完成時の張力測定結果については、学会当日発表する。

〔参考文献〕1)新家、広中、頭井、西村：「振動法によるケーブル張力の实用算定式について」，土木学会論文報告集，第294号，1980.2

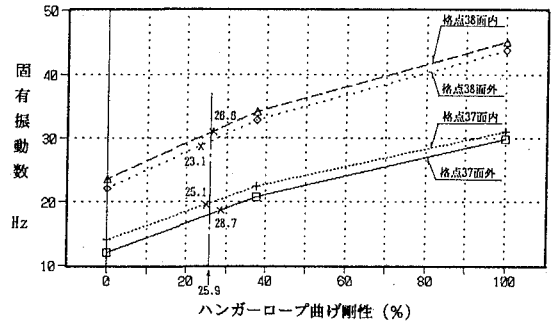


図-3 曲げ剛性と固有振動数の関係

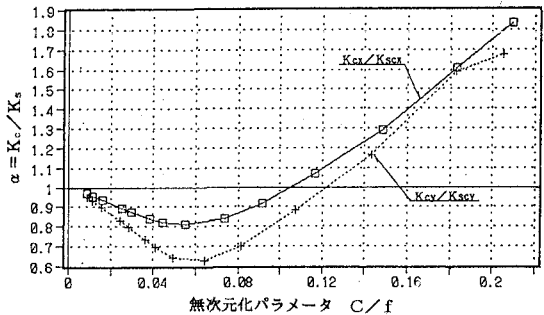


図-4 無次元量 C/f と $\alpha = K_c/K_s$ の関係