

大阪市 土木局 正員の長井義則
 (株) 春本鉄工所 " 岸田博夫
 (株) 神戸製鋼所 " 西村春久

1. まえがき ニールセン橋において、斜材にケーブルを使用する場合その張力を正確に管理することは、施工上重要な作業の一つである。ケーブルの張力を把握する方法には、いろいろな方法があるが、一度に多くの本数処理する必要があるため、現場作業は単純かつ能率よく実施することが要求される。ケーブルの振動数から張力を算出する方法は、精度が明確であれば非常に有効な方法と考えられる。

大阪市では、南西部港湾地帯に橋長61mのニールセン橋(正平橋)を架設中である。本橋のケーブル張力の測定には振動法を用いることにしたが、振動数と張力の間には曲げ剛性の影響が考えられるので、その影響を明確に把握するために、前もって室内実験を行なった。その結果を用いることによって、精度の高い現場測定が可能となったので、その方法について報告したい。

2. 実験概要 本橋のケーブルには、φ54のロックドコイルロープを使用した。図-1に示すように斜材の長さが3m~11mと短かく、また、死荷重時の応力が低いため、振動数と張力の関係に与える、ロープの曲げ剛性の影響は大きいと考えられる。既に報告されている実験結果でも、ロープの曲げ剛性の影響は、径や長さによって異なり、一義的には決まらないようである。そこで本橋に適した条件で詳細な実験を行なった。実験に使用した供試体の諸元を表-1に示す。

表-1

名 称	ロックドコイルロープ		
公称直径 d	50 mm	54 mm	70 mm
標準断面積 A	1820 mm ²	1980 mm ²	3380 mm ²
切断荷重 B	207 t以上	245 t以上	406 t以上
単位重量 γ	14.7 kN/m	16.5 kN/m	28.2 kN/m
ロープ長さ L	3,400 mm	3,490 mm	3,813 mm
引張弾性係数 E	1.6×10^4 kg/mm ² 以上		

表-2

供試体	張力 T の水準 (ton)				
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
LCR-50	5	10	20	40	60
LCR-54	5	10	20	30	50
LCR-70	10	20	40	80	120

表-3

供試体	鉛直荷重 Q の水準 (kg)				
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
LCR-50	30	60	90	120	150
LCR-54	30	60	90	150	210
LCR-70	10	20	40	80	120

1) 振動実験 供試体ロープに所定の張力 T を与えた状態で、ロープ中央点にゴムハンマーで衝撃を与え、1次の横振動を発生させて、その振動数を計測した。

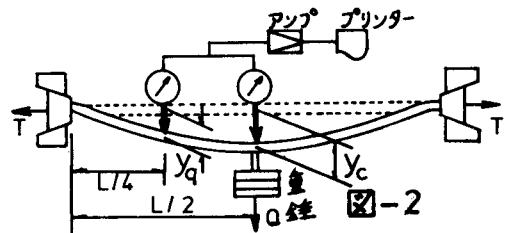
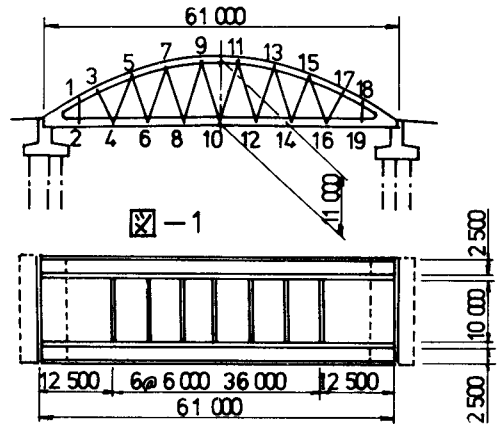
さらにロープがどの程度の振幅で振動するかをみるために、ロープ中央点に変位変換器をセットし、加振時の振幅も合わせて測定した。張力 T の水準を表-2に示す。

2) 静的載荷実験 図-2に示すような装置により、所定の張力のもとで重錘により横荷重を与え、中央点及び $L/4$ 点の変位を計測し、ロープの剛性を求めた。

張力 T は表-2と同様であり、鉛直荷重の水準は表-3に示す通りである。

3. 実験結果と考察 図-3は、振動実験から得られたロープの振動数と引張応力との関係、弦理論と比較して示したものである。何れの場合も張力の誤差は大きく(40%~400%)、このような太径で短いロープでは、弦の理論は適用できない。そこで、実際の振動に対応した振幅の範囲に K 値を限定するために、加振時の供試体ロープ中央点の振動を変位変換器にて計測した。

図-4は、LCR50中の各水準の張力レベルにおける中央点鉛直荷重 Q と、 $L/2$ 点および $L/4$ 点でのたわみ $($



$4_0, 4_0$)を示したものである。この結果を見ると、 4_0 は
 4_0 の1/2となっており、ロープを曲げ剛性一様な両端固
 定梁と考えた式から得られる結果とよく一致している。
 静的な載荷実験から得た各張力レベルTにおける、Q、
 4_0 を両端固定梁の式に代入してEIを求め、同一径鋼棒
 のEIとの比(K)を求めた。その結果、低張力域を除
 いて、張力Tの違いによるK値の差はほとんどなく、横
 荷重Qの増加に伴って、K値が減少する傾向にある。そ
 こで、入力による加振時の振幅の範囲にためめの値を限
 定してK値を求めた。そして、K値の上限値、下限値、平均値に対応する曲げ剛性を求め、式(1)に示す両端固定
 梁の振動方程式に代入すると図-5の曲線を得た。図中○と●は、振動実験より得られた値を示す。結果は上
 限值と下限値の中に含まれており、しかもKの平均値の
 曲線と良く一致する。これにより、動的な振動実験と静
 的な曲げ実験との結果が一致し、張力-振動数の関係式
 としては(1)式が妥当であると考えられる。そこで本橋に
 使用する54本のロープについては、振動実験より得た張
 力と振動数の値を式(1)に代入し、逆算して求められた曲
 げ剛性(K=0.54)を用いることにした。

4. 現場測定 上記の実験より得たデータをもとに、
 各斜材についての張力換算式を求め、現場測定に適用し
 た。

測定法は実験と同様に、ゴムハンマーによりロープに
 打撃を与え、それをデジタルカウンターで計測する方法
 であり、短時間で能率よく測定作業が行なえた。現場で
 の測定結果は、表-4の通りである。

低張力のため、誤差率は大きく見えるが、絶対値は2
 ～3tになっており、精度としては満足できるものと考え
 られる。

5. あとがき 現場測定において、本橋のように多数の
 斜材張力を一度に求める必要がある場合は、正確かつ迅
 速に行なえるという点で、振動法による張力測定が、有
 力な方法であると言える。

最後に、本測定に際し協力をいただいた鉄鋼
 鋼線工業と計画について御指導いただいた小
 西一郎京都大学名誉教授に、深く感謝の意を表
 します。

参考文献) 小西, 広中, 新家: 「ロープの振動
 特性に関する実験的研究」 第32回学術講演会
 I-177 1977年

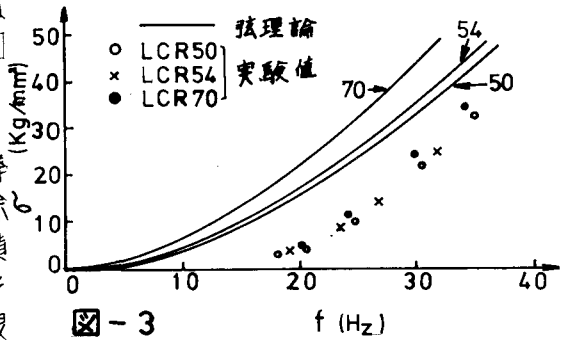


図-3

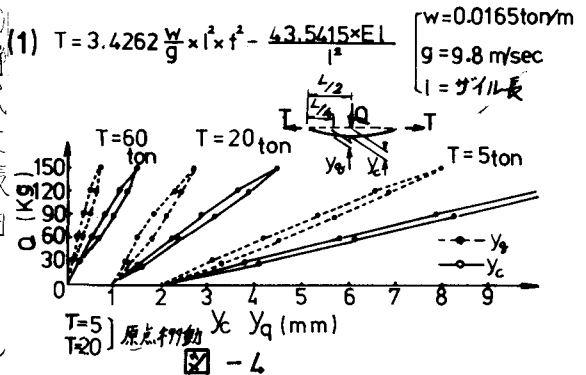


図-4

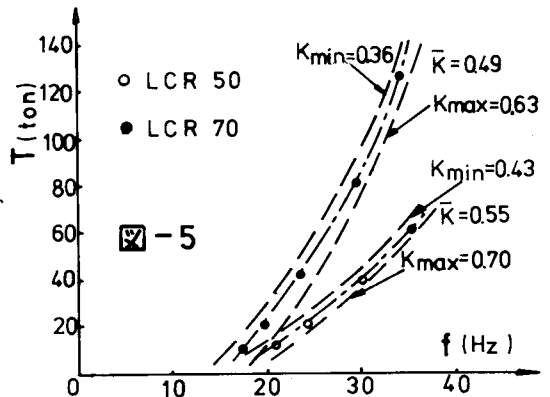


図-5

ケーブル NO	設計張力	測定張力	誤差(%)	ケーブル NO	設計張力	測定張力	誤差(%)
1~2	15.9	18.6	2.7(17%)	18~19	15.9	17.8	1.9(12%)
3~4	28.4	29.8	1.4(5%)	16~17	28.4	28.5	0.1(0.4%)
4~5	19.0	21.0	2.0(11%)	15~16	19.0	18.8	-0.2(1%)
5~6	27.7	29.3	1.6(6%)	14~15	27.7	29.1	1.4(5%)
6~7	22.7	25.5	2.8(12%)	13~14	22.7	24.9	2.2(10%)
7~8	25.4	27.0	1.6(6%)	12~13	25.4	25.8	0.4(2%)
8~9	23.7	24.2	0.5(2%)	11~12	23.7	26.7	3.0(13%)
9~10	24.2	26.3	2.1(9%)	10~11	24.2	25.6	1.4(6%)

表-4 (ton)