

# 斜めハンガー吊橋の検査結果について

- 第一ボスポラス橋の場合 -

(株)ビー・ネット 谷山 恵一 日大生産工 木田 哲量

## 1 まえがき

吊橋の耐風安定性を向上させる目的でハンガーを斜めに配した、「斜めハンガー吊橋」が、英国を中心に架設されている。しかし、この形式の吊橋において、ハンガーロープの定着部付近での疲労損傷が数多く報告されている。

本稿は、トルコ共和国イスタンブール市に架設された「第一ボスポラス橋」における検査業務の結果を報告し、特にハンガーロープの損傷に関して、その原因に関して考察するものである。

## 2 第一ボスポラス橋の概要

本橋の概要を以下に示す。

- 1). 形式 : 単純斜めハンガー吊橋
- 2). 主桁形式 : 鋼製扁平箱桁
- 3). 支間長 : 1074m
- 4). 完成年 : 1973年

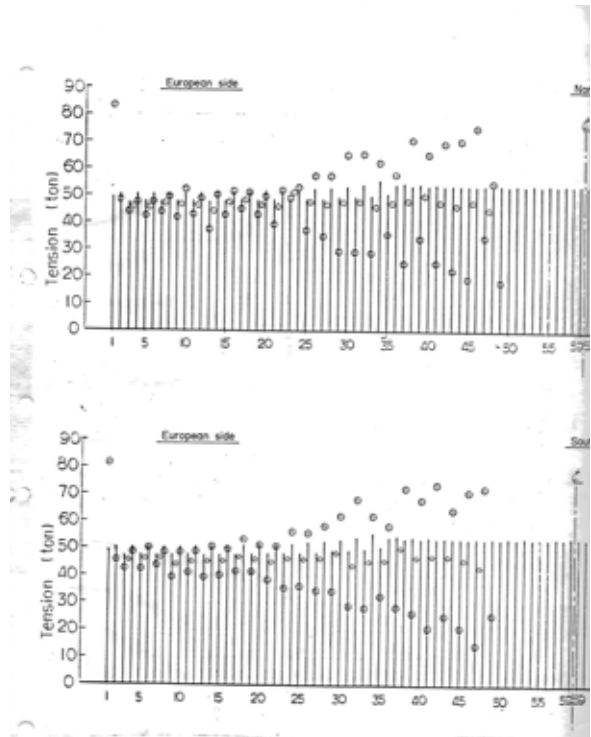


図1：ハンガー張力分布

かかる方向のハンガーに、より大きな張力が生じている。

3). ただし、1対2本のハンガー張力の平均値は、ほぼ一定である。

## 3 検査項目

本業務における検査項目を以下に示す。

- 1). 荷重計測
- 2). 形状計測
- 3). ハンガー張力計測
- 4). 振動特性計測
- 5). 疲労寿命予測

## 4 ハンガー張力の計測結果

ハンガー張力は、テンションメーターを用いた常時微振動法によって計測を行った。その結果を、図1に示す。

その結果以下の事が判明した。

- 1). 主塔に近接する4本のハンガーに他に比して著しく大きな張力が生じる。
- 2). 1対のハンガーの張力は同値にはならず、径間中央を対称軸として主塔に寄り

## 5 ハンガー張力の検証

前述の計測結果において着目すべきは、1対のハンガーの張力のアンバランスである。これを検証するために、以下の荷重条件におけるハンガー張力を解析的に求めた。

CASE A: 吊橋はどの施工段階で主桁を連結するかにより、応力性状は大きく変化する。我が国では台風が多いため一般的にはブロックを架設した段階で連結していく工法が主流である(逐次剛結工法)。一方欧米諸国では、ブロックを全て吊り下げた後、連結していく工法(ピン連結工法)が一般的である。本CASEでは、後者によって架設された場合を想定したハンガー張力を求めた。

CASE B: CASE Aに対して、死荷重のうち舗装荷重等の橋面荷重を後死荷重とし、主桁連結後に載荷させた場合のハンガー張力を

Hanger Tension of Suspension Bridge with Diagonal Hanger System

- In case of No.1 Bosphorus Bridge in Turkey -

Keiichi TANIYAMA and Tetsukazu KIDA

求めた。

CASE C：本橋の主ケーブル張力は、12000 t であり、ハンガー張力は50 t 足らずである。このことから、ハンガーは温度差による張力変動が大きいと予想される。本ケースは温度差によるハンガー張力を求めた。

CASE D：製作誤差によるハンガー張力の変動を求めた。解析的には主桁に - 5 の温度変化を与え、これが径間長 - 64mm の製作誤差にあたる。

CASE E：解析上は仮定死荷重を設定し、これを基に解析する。しかしその死荷重はあくまでも仮定であり、実際の鋼重は未知である。本ケースはこの仮定鋼重と実鋼重との誤差が5%の場合を想定し、そのときのハンガー張力を求めた。

以上のCASE AおよびBの解析結果を、図2に示す。

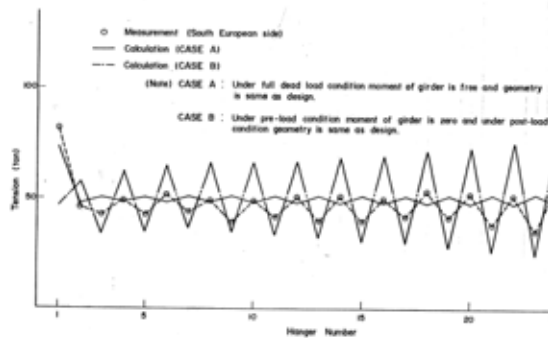


図2：ハンガー張力解析結果

## 6 ハンガー張力の考察

前項の解析結果から、死荷重状態においても1対のハンガー張力のアンバランスが生じている事が解った。これは取りも直さずトラス作用であり、主桁連結後の主桁に作用する荷重の伝達が主桁の曲げ剛性、せん断剛性だけでなく、ハンガーを斜めに配した事によるハンガー面でのせん断剛性も寄与するためである。したがって、斜めハンガー吊橋は、鉛直ハンガー吊橋に比して、鉛直剛性が大きく耐風安定性に優れるのである。

「まえがき」に記したように、本形式の吊橋に発生しているハンガーロープの疲労損傷の原因はこの点にある。本橋の原設計計算書を照査したところ、ハンガーの設計に用いられている張力は、単純に鉛直ハンガーの場合の張力を1/2にしているだけであった。つまり前述のトラス作用に関しては、一切考慮されていない。したがって既に静荷重時において、発生張力は設計張力を超えているのである。

その状態で、自動車荷重である移動荷重を受けるのであるが、静荷重と同様にトラス作用が働くため1対のハンガー張力は、アンバランスとなる。加えて移動荷重であるため、その応力変動は更に大きくなる。

したがって実際の耐疲労性が著しく低下するのである。以上の経緯により疲労損傷が生じたのである。

## 7 裏付けのための疲労寿命予測

前述の疲労損傷の発生原因を裏付けるため実際のハンガーロープに歪ゲージを付着し応力振幅を計測、それを基に疲労寿命の予測を行った。図3に応力振幅、表1に寿命予測結果を示す。その結果、比較的長いハンガーは十分な寿命が予測されたものの、中間の長さのハンガーが39年、短いハンガーに関しては、12年と言う結果が得られた。更に本ハンガーロープの定着は、垂鉛鑄込み形式のためロープ端部ソケット口部分は、熱影響を受けており耐疲労性が低下している。この影響を受け実際の寿命は更に低下しているものと考えられる。

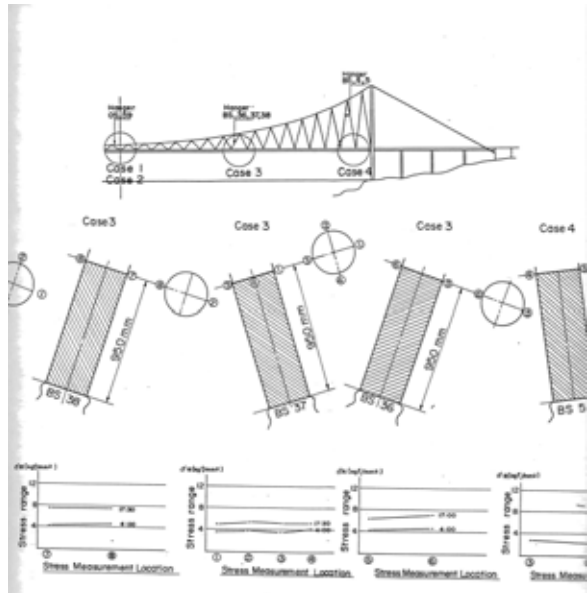


図3：ハンガーの応力振幅計測結果

表1：ハンガー寿命予測結果

Number of hanger rope	Usage factor for 72 minutes UD	Total usage factor U	Years when U becomes 1
1 - ⑤ (Short length)	$1.18 \times 10^{-5}$	0.984	11.8
3 - ⑤ (Middle length)	$3.61 \times 10^{-6}$	0.301	38.5
4 - ① (Long length)	$1.53 \times 10^{-7}$	0.0128	907.8

## 8 まとめ

斜めハンガーを有する吊橋は、本橋の他、英国のセバーン橋、ハンバー橋、我が国では此花大橋等がある。確かにせん断剛性が上がるため耐風安定性は向上する。しかし、斜めに配する事による応力性状、振幅を確実に把握し静的、動的に満足するハンガーロープ形状を選択する必要があるのは、言うまでもない。欧州でみられた疲労損傷はこの点に起因する事が明らかになったと言える。