

I-201

北港連絡橋のケーブル（ $\phi 7$ HiAm 163）の構造特性試験

大阪市土木局 正員 松川昭夫 大阪市土木局 正員 〇芦原栄治
 大阪市土木局 正員 亀井正博 川崎重工業㈱ 正員 中村清孝

1 まえがき

北港連絡橋の斜めハンガーの定着には、ピン方式が採用された。この定着方式に起因するハンガーの構造特性を把握する目的で、HiAm 163の実物大供試体（図-1）を用いた引張試験、引張曲げ試験、および振動試験を実施した。ハンガーの2次応力に関しては、引張曲げ試験結果と計算値とが良く一致しており、設計の妥当性が確認できた。1)

補剛桁側ソケットピン孔部の構造は、図-2に示すようにロードセルや調整シム等を組み込むために、長円形状をしている。ピンからの支圧力はそれらを介してソケットに作用するので、複雑な応力性状となることが予測された。設計に際しては、FEM 解析による検討を行ったが、この設計の妥当性を確認する目的でソケットの応力性状を調査した。

従来、ケーブル張力の測定には振動法や油圧ジャッキ等による方法が多く用いられてきたが、施工精度の向上ならびに工期短縮を図る目的で、96本のハンガー張力を同時に測定するために、ロードセルによる張力管理を採用した。引張力のみでなく偏心曲げも作用している状態で張力を測定する必要があること、また面圧分布が一様でないことから、ロードセルの精度が施工管理上重要となる。張力測定精度を確認する目的でロードセルの検定も同時に行った。

ロードセルは供用後もハンガー管理のために使用を予定しているが、ロードセルの耐用期間後の管理のために、将来は振動法による張力管理を併用する必要がある。振動法ではハンガーの曲げ剛性や長さが振動数に与える影響が大きいので、それらを考慮した振動数と張力との関係を明確にする必要がある。両者の関係を把握する目的で、振動試験を行った。

本文では、ソケットの応力性状、ロードセルの検定および振動試験結果の概要について報告する。

2 試験概要

供試体（図-1）は引張試験および引張曲げ試験用にそれぞれ1体ずつ製作した。実橋のハンガーはゴムテープとアルミカバーとで防錆するが、振動試験に使用する後者にはゴムテープだけを巻き付けた。ソケット応力性状の把握とロードセルの検定には両供試体を用いた。引張試験には3000 ton引張試験機を使用し、引張曲げ試験には200 tonジャッキ2台と40 tonジャッキとを組み合わせ、引張りと曲げとを与えた。1ソケットあたり2台使用する本橋のロードセル（図-3）は、3本の荷重計が内蔵された形式である。1ソケットあたり6本の荷重計の出力を各々単独に測定した。振動試験は、供試体に所定の張力を与えた後に、加速度計および周波数カウンタによって固有振動数を測定した。

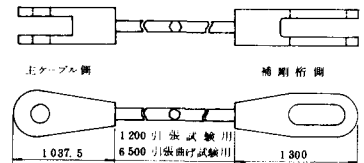


図-1 供試体 (HiAm 163)

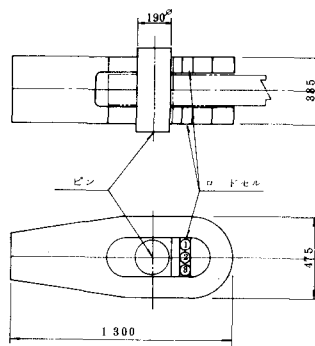


図-2 補剛桁側ソケット

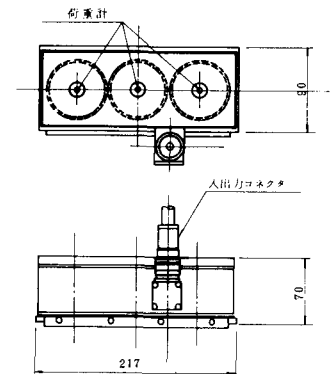


図-3 ロードセル

3 試験結果

(1) ソケットの応力性状

図-4に設計時に最大応力が生じたピン孔部内縁の荷重-応力線図を示す。FEM解析値は平面ひずみ問題として取り扱ったもので、応力値はTrescaの相当応力である。J.Bekeの近似解法による計算値も示した。試験結果は、FEM解析値および計算値とも良く一致している。

(2) ロードセルの検定

引張試験時の荷重と右側ロードセル出力との関係を図-5に示す。3本の荷重計の出力にばらつきが大きく、かつ中央の②に荷重が集中している。しかし、左右のロードセル出力の平均値の和は荷重と良く一致していることがわかる。引張曲げ試験においては、左右のロードセルに曲げによるアンバランスが生じたが、引張試験時と同様に両者の和は荷重の読みと良く一致した。ロードセルは両試験結果共に、所要精度5%を満足した。

(3) 振動試験

図-6に、引張荷重と測定した振動数(f)から算出した張力(T)との関係をプロットした。この時、ハンガーを弦、単純梁、および固定梁とみなして計算した。後二者については、ハンガーの曲げ剛度を、素線の曲げ剛度の和(I_w)からハンガーを棒とみなした棒剛度(I_b)まで変えて計算した。固定梁(I_b)に仮定した場合以外の試験結果は引張荷重との整合性が比較的良好。計算値は、単純梁のfとTとの関係を式(1)のように補正した試算結果である。ここに、ハンガー長(L)はソケット口元間隔とした。

$$T = 1.283 \frac{w L^2}{g} f^2 - 1.769 E I b \left(\frac{\pi}{L} \right)^2 \quad (1)$$

(w = 0.0491 t/m , g = 9.8 t/sec²)

4 まとめ

(1) ソケットに作用する応力は、試験結果と計算値とが良く一致しており、ソケットピン孔部の応力集中に対する本橋の設計の妥当性が確認できた。

(2) 張力だけが作用している場合、および張力と曲げが作用する場合のいずれの載荷状態においても、ロードセルの出力は荷重と良く一致しており、ロードセルが所定の精度を有していることが確認できた。

(3) ハンガーを単純梁とみなし、簡単な補正を加えることによって、精度の良い振動数と張力との関係式が得られた。実際のハンガーにはアルミカバーが設けられているので、現場測定で得られる振動数から張力を算出し、ロードセルの出力を用いて校正して、振動法による張力管理を行なうための振動数-張力換算式を各ハンガー毎に作成する予定である。

参考文献 1) 芦原, 他; 北港連絡橋のケーブル(φ7 HiAm 163)の構造特性試験, 昭和61年 5月, 関西支部学術講演会

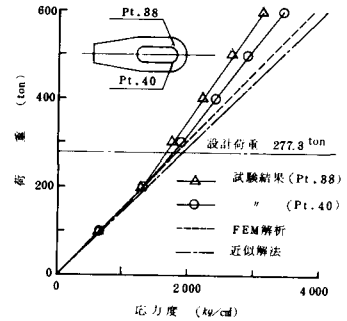


図-4 ソケットの荷重-応力線図

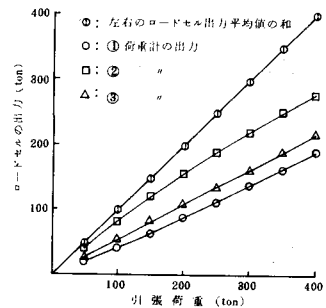


図-5 引張荷重とロードセル出力の関係

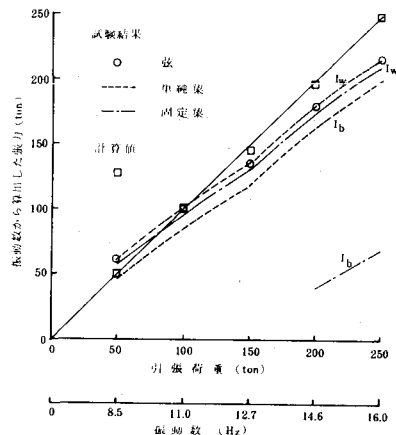


図-6 引張荷重と張力の関係