

I - A357

P C斜張橋の斜材ケーブル張力測定に関する一考察

佐藤工業（株） 正会員 ○ 伴 享
 同 上 伊藤 芳雄
 同 上 河野 一郎
 同 上 正会員 九富 理
 同 上 正会員 伊東 良浩

1. はじめに

斜張橋などのケーブル構造物における斜材張力は、斜材の固有振動数を利用して求められる。この振動法による張力算定式は、いくつかの式が提案され実橋での適用事例が報告されている¹⁾²⁾。この中で山極らが提案する算定式では、高次の固有振動数を用いて張力と曲げ剛性の同時推定を行っている。しかし、これらの式を適用する場合、斜材端点の固定条件や構造等により振動の境界条件が明確でないため、算定式に用いる斜材弦長や曲げ剛性の評価を適切に行わなければ実際の張力と一致しないことがある。ここでは、架設中のPC斜張橋において振動法による測定を実施し理論式と実測値との比較を行い、斜材弦長と斜材曲げ剛性について検討した。

2. 測定方法

測定を実施した斜張橋は、川幅約100mの河口部を横断する橋梁であり、港湾の整備構想のシンボルとして構築されるものである（図-1）。斜材形式は1面吊りファン形（8段、2列／1段）である。

測定は、ケーブルに加速度計を取付け、各張力導入段階において斜材ケーブルをカケヤにて振動させる。その振動波形をFFTアナライザに取込み波形処理を行った後、周波数スペクトルから低次～高次モードまでの固有振動数を読取る。対象とした斜材は、図-1に示すように張出し部のF3斜材とした。ここでは、並列配置の斜材をF3-1、F3-2と称する。F3斜材の諸元を表-1に示す。振動測定は、導入張力100tfおきと最終張力導入後（752tf）で行った。

表-1 F3斜材の諸元

種 類	DINA アンカー：SPWC397
製 作 長	105.360m
ケーブル外径	175mm
標準断面積	15300mm ²
単 位 重 量	127.8kg/m

3. 測定結果

測定結果の一例として、図-2に導入張力300tf時の斜材F3-1の周波数スペクトルを示す。この図より、周波数2Hz以下の低次モードでは高次モードに比べてスペクトルのピークが明瞭でないことがわかる。

4. 斜材弦長と曲げ剛性

測定で得られた複数の固有振動数の2乗の値とモード次数の2乗の値の関係を図-3に示す。斜材弦長と曲げ剛性の算出は、各測定値に対して最小二乗近似を行い、近似曲線のモード次数*i*の4乗の係数から曲げ剛性をモード次数*i*の2乗の係数（式(1)²⁾）から斜材弦長の推定を行った。

$$f_i^2 = \frac{\rho^2 EI}{4pAL^4} i^4 + \frac{T}{4pAL^2} i^2 \quad (1)$$

ここに、*i*:モード次数、*f_i*:モード次数*i*に対応する固有振動数、 ρ :密度、*A*:断面積、*L*:長さ、*EI*:曲げ剛性、*T*:張力

斜材は、図-4に示すように主桁側ならびに主塔側のケーシングパイプ先端位置にゴム製のブロック（以下ブロックと称する）を取付け、斜材ケーブルをケーシングの中央に維持するよ

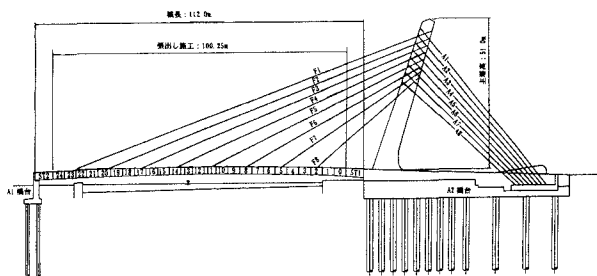


図-1 側面図

キーワード：斜材、弦長、曲げ剛性、振動法、張力測定

連絡先：東京都中央区日本橋本町4-12-20

TEL03-5323-2351 FAX03-5823-2358

うにしている。このため振動の境界は、ブロックを端点とした付近に存在し、斜材製作長よりも短いと考えられた。

F3 斜材の斜材弦長と導入張力の関係を図-5 に示す。F3-1・F3-2 の斜材弦長の範囲は、それぞれ 93.8m~96.2m、97.0m~98.4m となり、ばらつきがあるものの、斜材定着間長よりも 10m 程度短く、ブロック間長（ケーシングパイプ先端間長）の前後 2m 程度の範囲内に斜材弦長が存在することがわかる。張力管理を行う上では、一義的に斜材弦長を決めることが望ましいと考えられる。ここでは、それぞれの斜材弦長を平均し曲げ剛性の算出に用いた。

各導入張力と曲げ剛性の結果を図-6 に示す。曲げ剛性は、F3-1・F3-2 それぞれ $354.1\text{tfm}^2 \sim 421.5\text{tfm}^2$ 、 $243.1\text{tfm}^2 \sim 444.3\text{tfm}^2$ となり、斜材の標準断面積と同じ断面積をもつ円形断面の曲げ剛性 $EI=372.5\text{tfm}^2$ （以下換算曲げ剛性と称する）の付近に分布している。F3-1・F3-2 の曲げ剛性の平均値は、それぞれ 383.6tfm^2 、 365.9tfm^2 となり換算曲げ剛性とほぼ同じであり、その違いは 2~3% 程度である。これより、斜材曲げ剛性は、換算曲げ剛性とした場合でも誤差の少ないことがわかる。

モード次数 13 次の固有振動数と導入張力の関係を図-7 に示す。図中に示した計算 1 は斜材弦長をケーシング先端間長とした場合、計算 2 は同じく斜材定着間長とした場合の計算結果である。ともに斜材曲げ剛性は、換算曲げ剛性を用いた。この結果より、斜材弦長および斜材曲げ剛性を適切に評価し斜材緊張や張力調整時に適用することで、振動法により測定した結果の評価や測定結果からフィードバックを行い導入張力の確認を行うなど、精度の高い張力管理が行えるものと考えられる。

5. おわりに

現在架設中の PC 斜張橋における振動法による斜材の振動測定を実施し理論式と実測値との比較を行った結果、本橋梁の場合、ケーシング先端付近に支点が存在し振動を拘束していることが明らかとなった。斜材曲げ剛性は標準断面積と同じ断面積をもつ円形断面として算出した結果を適用すると、実挙動をよく説明できることがわかった。またこれらの値を用いて、生じべき振動数を精度よく算定できることが確認出来た。

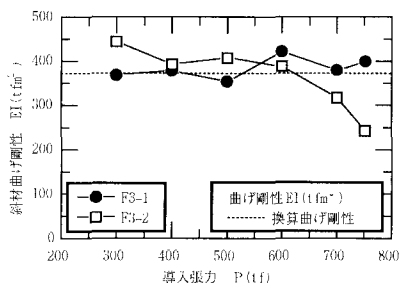


図-6 斜材曲げ剛性～導入張力の関係

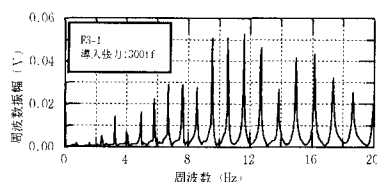


図-2 周波数スペクトル

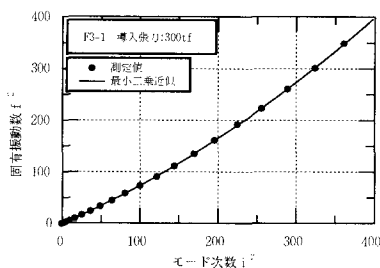


図-3 固有振動数 f^2 ～モード次数 i^2 の関係

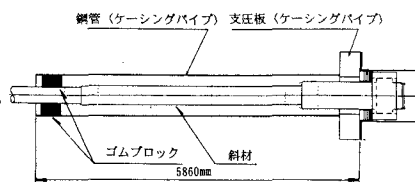


図-4 斜材定着部概略図 (F3 斜材：主塔側)

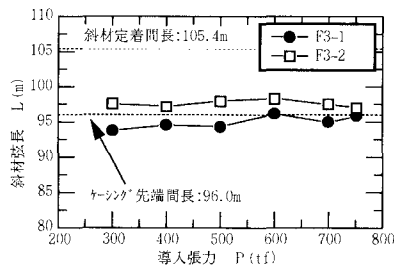


図-5 斜材弦長～導入張力の関係

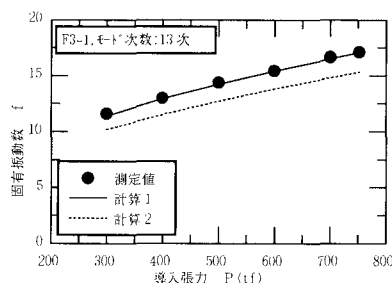


図-7 固有振動数～導入張力の関係

参考文献

- 1) 新家徹他：振動法によるケーブル張力の実用算定式について、土木学会論文集、第294号、pp.25-32、1980.2
- 2) 山極伊知郎他：ケーブル張力と曲げ剛性の同時推定法の実橋への適用、鋼構造年次論文報告集、第5巻、pp.15-22、1997.11