

Ⅱ-2 可搬型張力測定装置の開発と ケーブル構造物の架設精度管理への適用

川田工業(株) 正会員 ○畠中 真一
正会員 枝元 勝哉
正会員 吉岡 昭彦
原 幸久

1. はじめに

斜張橋やニールセン橋の架設精度管理にあたっては、ケーブルに導入される張力を正確に把握することが必要となる。その際、ケーブル張力を測定する手法として、ケーブルの固有振動数から張力算定式¹⁾を介して導入張力を求める手法(振動法)が現在広く使用されている。一般に、ケーブルの固有振動数を測定するには、ケーブルの振動加速度の解析を行うためのFFTアナライザ、パソコン、AC安定化電源など、複数の大型計測器材が必要とされる。そのため、従来の計測システムでは、機器の設置に要する時間や設置場所の確保など、改良すべき点がいくつも指摘されており、計測業務にあたった実務技術者からも計測システムの簡素化について強い要望が出されている。このような背景のもと、著者らは現場計測に適した可搬型のケーブル張力測定装置を開発してきた²⁾が、今回このシステムと自社開発した構造解析ソフトウェア³⁾およびシム調整量算出プログラム⁴⁾とを統合し、新たな架設精度管理システムを開発したので、ここに報告する。

2. 架設精度管理システム

架設精度管理システムは、計測業務の迅速化と機器の簡素化を図るために、小型軽量なノート型パソコンを中心として構成している。システムにはケーブル張力測定機能のほか、有限変位理論に基づく平面骨組み構造解析ソフト KASUS を搭載しており、架設時における構造系全体の形状・応力を容易に把握することが可能である。また、ケーブル張力や橋

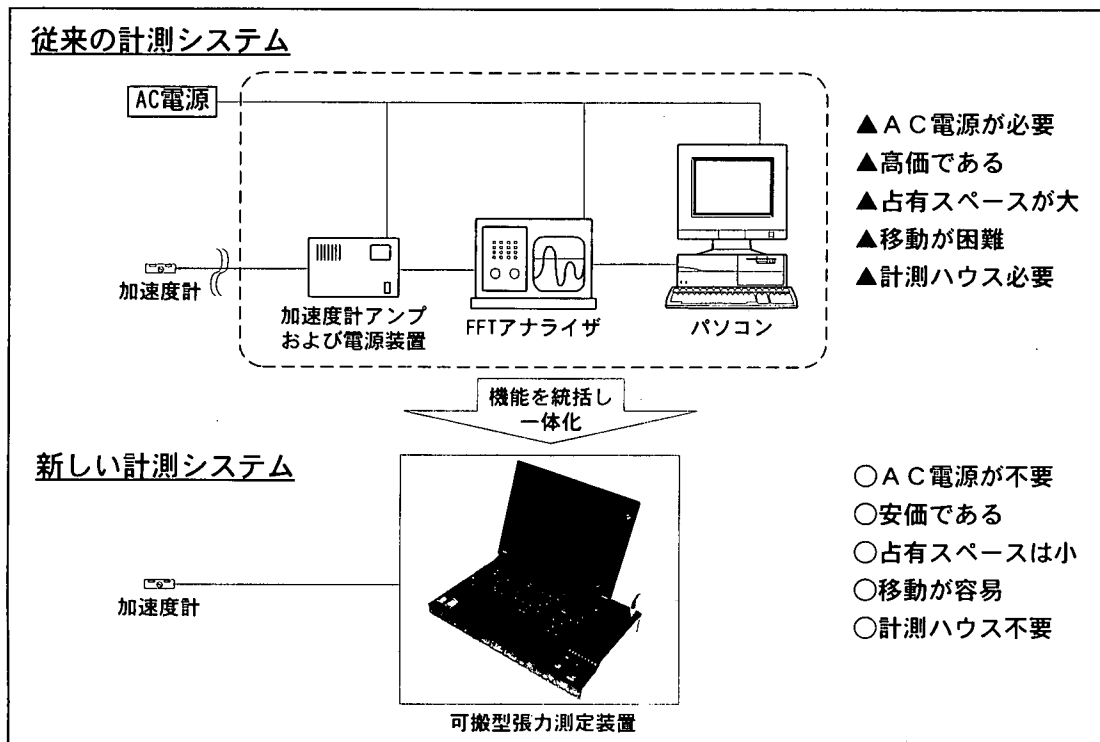


図-1 可搬型張力測定装置の特徴

桁の形状を測定した結果ケーブル長の調整(シム調整)が必要な場合、本システムには最小二乗法 5)に基づく最適シム量計算プログラムも搭載されており、構造系に対して適切なシム厚を計算することが可能である。従来、これらの各機能は、FFT アナライザやパソコン上で個別に処理されていたが、本システムではハードウェア的にも改良を加え、これら一連の処理をすべて一台のノート型パソコンで処理することが可能である。

ハードウェア構成

本システムでは、ケーブルの導入張力の測定手法として振動法を用いている。図-1 に示すように、振動法を使用してケーブル張力を測定する場合、加速度計で検知した信号をアンプや FFT 解析装置などを介して収録した上で、収集したデータをパソコンに入力し張力値を計算する手順が踏まれる。しかし、従来の計測システムでは、加速度計アンプや FFT アナライザは独立した大型の機器を使用しており、それぞれ AC100V の電源を必要とするため設置場所が制限されていた。また、現場の状況によってはユニットハウスや発電機、安定化電源などを準備し、加速度計には橋梁の桁長に応じた導線を取り付けて計測地点まで引き回す作業が必要であった。今回開発した可搬型張力測定システムでは、ノート型パソコンと電池で稼働するアンプ及び加速度計を組み合わせる一つの筐体に納めている。また、A/D 変換用の PC カードと計測制御ソフトウェアを使用することにより、ソフトウェアによる FFT 処理を実現している。このため、筐体に収まった測定装置は、大きさが幅 370mm×奥行き 230mm×高さ 39mm 程度、重量は約 2.5kg 程度となり、張力測定の対象となるケーブルの近接地点まで手軽に持ち運んで計測することが可能である。

ソフトウェア構成

本システムを使用した場合の基本的な張力管理作業の流れを図-2 に示す。

① 構造解析

ケーブルの張力管理を行う場合、架設計算によって得られる張力値や桁キャンバー高の計画値が必要となる。しかも、計画値は架

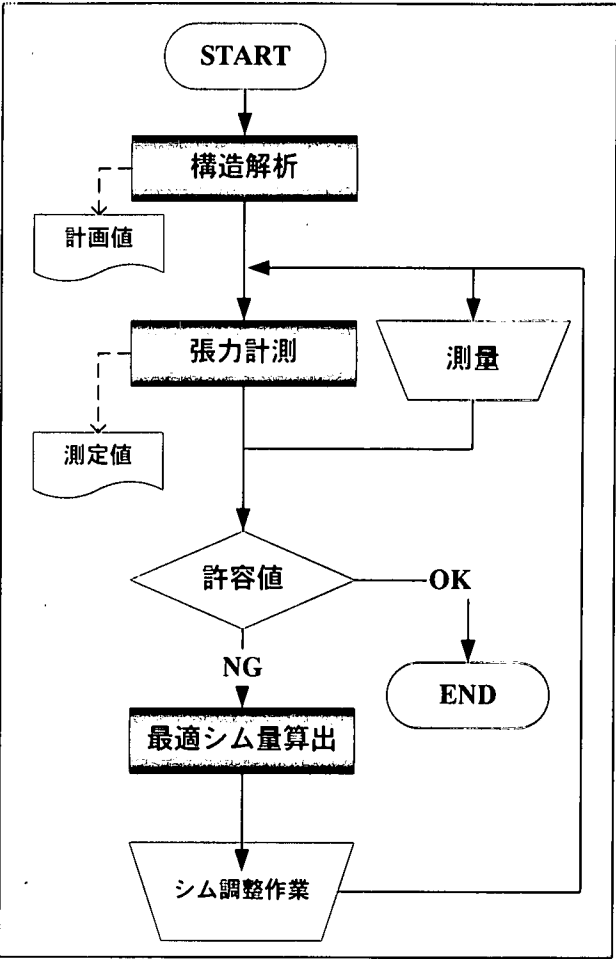


図-2 張力管理作業の流れ

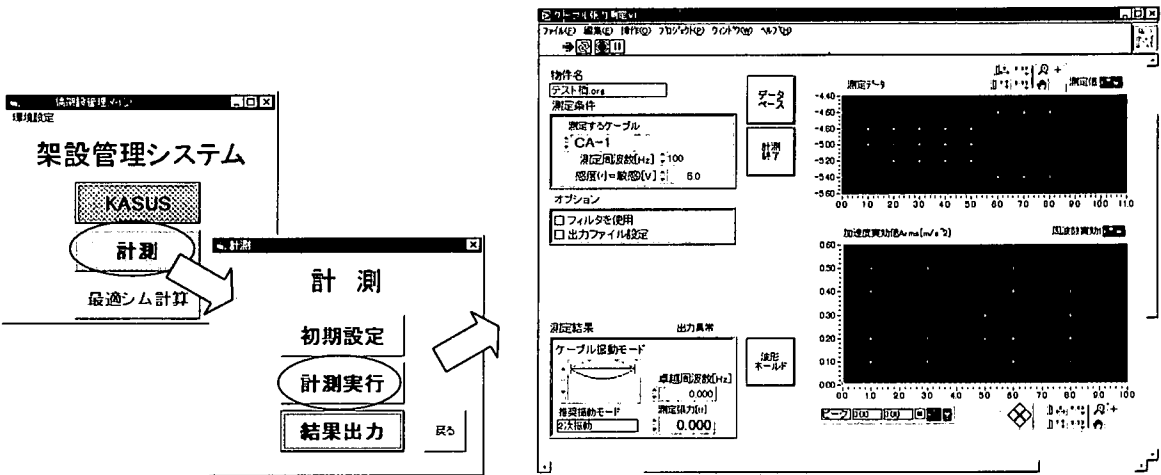


図-3 ケーブル張力計測画面

設現場の建設機械の配置や温度の条件などによって変化するため、張力管理作業を実施する時点での荷重条件を考慮した計画値が得られることが望ましい。しかし、従来の中小規模橋梁の架設現場ではEWS等の設備の都合により、本社・支社などの遠隔地の担当者と連絡を取りながら架設計算を行う場合も多く、条件の変更に即座に対応できない場合があった。そこで、本システムでは有限変位理論に基づく平面骨組解析プログラム KASUS を導入し、支点条件や機材重量などの架設条件を現場にて入力することにより、最新の設計ケーブル張力あるいは計画形状が算出できるようになっている。また、後述する調整量最適化計算で使用する影響値(ケーブル長の変化に対する張力、形状の変化量)の算出も同時に実施されるため、最新の架設状況に応じた最も精度のよい影響値を得ることができる。

②ケーブル張力計測

目的のケーブルに取り付けた加速度計からの変動電圧信号は、A/D 変換カードを介して張力測定装置に取り込まれる(写真-1,2)。その際、取り込まれたデータは今回開発したプログラムによりソフトウェア FFT 処理が施され、パソコン画面にはほぼリアルタイムで原波形とパワースペクトルが表示される。また、パワースペクトルグラフから卓越周波数をピックアップすれば、画面上には張力算定式による換算張力が瞬時に計算・表示されるため、採取されたデータの良否がその場で判断できる。図-3 はケーブル張力計測中の画面を表すが、本プログラムでは、あらかじめ入力されているケーブル諸元(ケーブル長、単位重量、サグ、曲げ剛性など)に基づき、最も精度の高い張力が算出できる振動モードを推奨振動モードとして表示するほか、必要に応じて、加速度計の感度設定や時系列データの取込み周波数の調整、さらにフィルター処理(Low, High, Band Pass)もかけられるので、精度の高い計測を行うことが可能である。

表-1 可搬型張力測定装置の主な構成

ハードウェア	ノートパソコン	IBM 社製 ThinkPad560x (バッテリー持続時間 約 3.5 時間)
	A/D変換器	National Instruments 社製 DAQCard-AI-16XE-50
	加速度計	KYOWA 半導体型加速度変換器 ASV-2GA
	アンプ	社内開発 (オフセット調節付き)
	筐体	370mm(w)×230 mm (D)×39 mm (H)
	重量	約 2.5kg (電池, 加速度計含む)
	電源 (パソコン以外)	9V 箱形電池 2 本 (連続計測可能時間 約 15 時間)
ソフトウェア	OS	Microsoft 社製 Windows95
	メニュー構成	Microsoft 社製 Visual Basic および Visual C++にて開発
	構造解析プログラム	Fortran にて開発
	張力計測プログラム	National Instruments 社製 LabView にて開発
	最適シム量算定プログラム	Microsoft 社製 Visual Basic にて開発

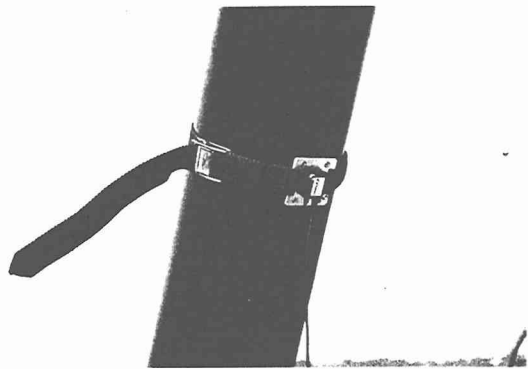


写真-1 加速度計取付け状況



写真-2 計測状況

③調整量最適化計算

測定の結果得られたケーブル張力および全体形状を計画値と比較することにより、架設時の残留誤差が得られる。これらの誤差が許容範囲から外れていた場合には、ケーブル長を許容値内で修正し、残留誤差を許容範囲内に収まるようシム調整を行う。ケーブル長の修正は、ケーブル定着部に挿入されたシムプレートの厚さを増減して行うため、各ケーブルについて最適な調整シム厚を決定する必要がある。本システムでは残留誤差データと、先の構造解析によって得られた影響値とを利用して、最小二乗法に基づく最適シム計算を実施し、局部的に発生している誤差をバランス良く緩和させるシム厚の組み合わせを算出できるようになっている。

3. 適用結果

本システムは、すでに中小規模の斜張橋やニールセン橋など数ヶ所の現場における架設精度管理に適用されている。実橋の架設精度管理において本システムを適用した結果、従来のシステムと比較して以下の改善効果が認められた。

- ①測定時間の短縮：計測機器の設置や調整に要する準備時間が短縮されたほか、振動波形の計測と同時に張力値をほぼリアルタイムで表示できるため、ケーブル一本あたりに要する測定時間を短縮することが出来た。
- ②装置の携帯性：装置は持ち運びが可能な重さであり、またパソコン用バッテリーと乾電池で作動するため、外部電源を必要としない。これにより、電源の確保が容易でない現場においても、安定した計測が可能となった。
- ③測定データの信頼性：可搬型であるため測定対象ケーブル付近に装置を設置し、実際のケーブル挙動を見ながらデータの取り込みや解析が行なえる。このため、卓越周波数のモード次数の判定や、算定張力の適否を迅速に判断することが可能となった。
- ④操作性：一般技術者にもわかり易い GUI 画面を採用したことから、通常は計測業務に携わっていない技術者でも簡単に操作が出来るようになった。その結果、現場技術者のみでいつでも必要なときに張力測定を実施できるようになり、迅速な架設精度管理が可能となった。

4. まとめ

従来型の計測システムでは、FFT アナライザをはじめ各種計測器機を利用する必要上、各器機間の接続から操作方法までを習得するためにかかなりの時間を必要としていた。これに対し、本システムを利用することにより、ある程度パソコンの操作に慣れた者であれば、特別な知識を習得する必要もなく張力測定を行うことが可能になった。また、結果として、計測業務の省力化も十分に図られたものと考えている。今後は、各測定現場における利用者の意見や要望を収集し、より一層使用性を高めたシステムとなるよう開発を続けて行く所存である。

【参考文献】

- 1) 頭井洋, 新家徹, 濱崎義弘: 振動法によるケーブル張力実用算定式の補正, 土木学会論文集, No.525/I-33, pp.351-354, 1995 年 10 月.
- 2) 柳澤, 吉岡, 越後, 米田, 町田, 立川: ポータブル張力測定装置の開発とケーブル構造物の架設精度管理への適用, 土木学会第 51 回年次学術講演会 1-(A), pp.670-671, 平成 8 年 9 月
- 3) 野村, 中崎, 内海, 前田, 齊藤: 吊橋・斜張橋の設計, 架設計算プログラムシステム-KASUS-, 橋梁, Vol.21, No5, 1985~9 回連載.
- 4) 枝元, 西土, 宮地, 前田: パソコンを用いたニールセン橋の施工管理システムについて, 第 15 回土木情報システムシンポジウム講演集, pp.63-66, 1990 年 10 月.
- 5) 藤澤伸光: 斜張橋架設時のシム量決定方法(上), 橋梁と基礎, pp.17-22, 1984 年 9 月.