

I - 497

常時微動計測によるケーブル張力自動同定システム

三菱重工業（株） 山上哲示 菱日エンジニアリング（株） 正員 大坂憲司
三菱重工業（株） 岸 明信 菱日エンジニアリング（株） 正員 ○森 直樹

1. はじめに

斜張橋、ニールセン橋などに使用されるケーブルの導入張力を計測するためには振動法が最も手軽で有効な手段である。しかし、常時微動計測による振動波形をFFT処理したパワースペクトル分布には、ケーブルの固有振動数以外に多数の卓越ピークが存在し、この中より真の固有振動数を抽出するのは一般には困難である。また、張力同定には、導入張力と固有値の関係を表す簡易算定式を用いるのが便利であるが、精度と適用範囲に限界があるので、サグや曲げ剛性を考慮した正確な3次元ケーブルの固有振動解析が不可欠である。ここでは、このような問題を解消するため自動的に張力を同定するシステムを開発したので報告する。本システムは、ケーブルの固有振動解析機能を持ち、この理論的な振動特性を基準として固有振動数と張力の自動同定を行うもので、すでに東神戸大橋、他数橋に適用して高い実用性を確認した。

2. システム構成

システムは、常時微動計測・FFT分析の測定機能とケーブル3次元の静的釣合・固有振動の解析機能、及びパワースペクトル分布からケーブルの固有振動数を特定し、張力に換算する張力自動同定機能からなり、これらをパーソナルコンピュータに納めたものである。これにより現場でリアルタイム計測が可能である。

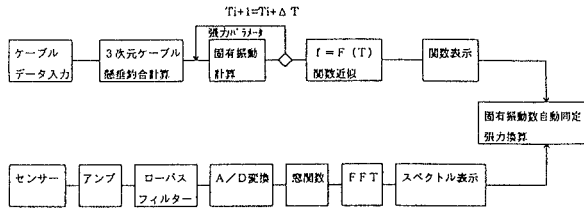


図-1 張力同定フロー

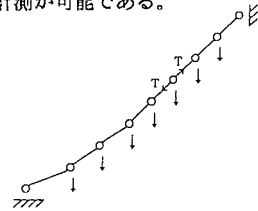


図-2 ケーブルの懸垂釣合形状

ケーブルの数学モデルは、図-2に示すような多点の索に近似し、格点の静的釣合計算より懸垂曲線を求め、固有振動数は曲げ剛性を考慮して解析をする。この結果サグ比また細長比の大きいケーブルの張力も正確に求めることができる。図-3は斜張橋ケーブルの例で張力500 ton 導入時でサグの影響から面内（縦方向）と面外（横方向）の周期に3%の違いが生ずる。加速度の計測方向に留意が必要であるとともに、この周期比を固有振動数特定に利用することも考えられる。ケーブルの曲げ剛性は素線のすべり摩擦により発生するもので、種類によって断面の30～80%程度の効果が認められ、実用上は実験値を使用する。図-4はニールセン橋の最短長ケーブルの曲げ剛性率と固有振動数の関係を示したもので、曲げ剛性の影響で振動数が約2.6%上昇している。

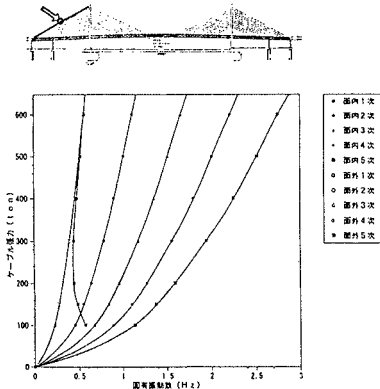


図-3 ケーブル張力と振動数の関係

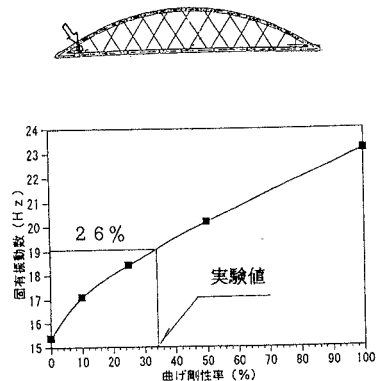
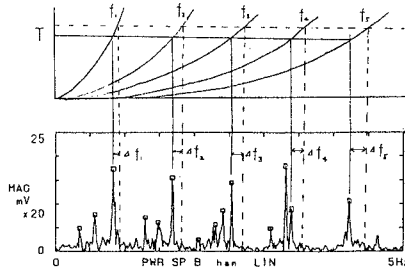


図-4 振動数と曲げ剛性の関係

3. 張力の自動同定法

常時微動計測による振動波形は、主塔、桁、測定器から発生する振動波等の合成となり、更にフーリエ級数変換のエリアジングエラー等も加わり、パワースペクトル分布には多数の卓越ピークが存在し固有振動数の同定が困難である。そこで、ここではケーブル固有振動数の次数比特性に着目し自動同定法を試みた。図-5に示すように理論上の固有振動解析結果を物差しとして、スペクトル分布から最も適合したピークの組合せを選択する方法である。自動同定には式(1)に示す適合度を表すEなる値を導入し、このE値が最小となるピーク値から固有振動数を特定することにした。



$$E = \sum_{i=1}^N \frac{|\Delta f_i|}{f_i} \quad (1)$$

E — minimum

図-5 振動スペクトル分布

4. あとがき

本システムを東神戸大橋(長大斜張橋 全長885m, 最大ケーブル長200m)と信濃川橋(全長200m, ケーブル長100m)に実用した例を示す。東神戸大橋の例では、スペクトル分布中にノイズ成分が多く、人為的には固有振動数を同定することが不可能と思われるが本システムにより適確につかまえられている。また、信濃川橋では計測時に約20m/sの強風の為、橋桁自体が大きく振動しスペクトル分布中に桁の振動数が現れ、一見して卓越ピークを拾い誤った判断をするところであるが、自動同定により適確な計測ができた。

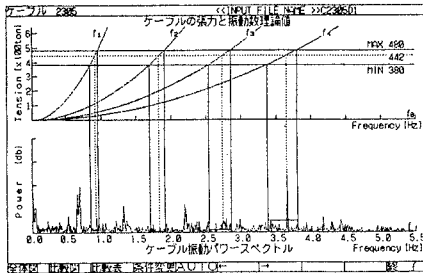


図-6 神戸大橋事例

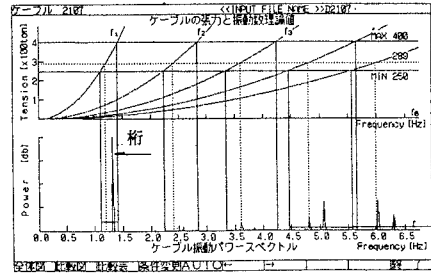


図-7 信濃川橋事例

本法によれば、多数のケーブルを有した橋梁であっても直ちに張力が求められ、特に斜張橋のシム調整時など、威力を発揮した。

参考文献

- 1) 新家, 広中, 頭井, 西村 振動法によるケーブル張力算定式について
土木学会論文集 第294号 1980年2月
- 2) 西村, 広中, 新家 ロープの振動特性に関する実験的研究
土木講演概要集 1-177 1977年10月
- 3) 大坂 三菱重工技報 V o 1. 7 7