

名古屋大学工学部 正員 島田静雄
 名古屋大学工学部 学生員 ○平田康男
 阪神高速道路公団 正員 久野知久

1. まえがき

橋梁の振動特性を求めるにあたり、相関解析手法を用いたが、この手法は橋梁の振動波のような一見、ランダムな波より、その中にある周期性などの波形特性を見出すのに有用であることは、以前から理論的には知られていた。ところで、最近の電子機器の発達により、相関解析手法の応用が可能となっており、我々は一連の電子機器を使用して解析を行なった。測定対象は東名高速道路、その他の数橋である。以下に、相関解析、測定方法、解析方法、結果の一部について、図表を掲げて述べることにする。

2. 相関解析

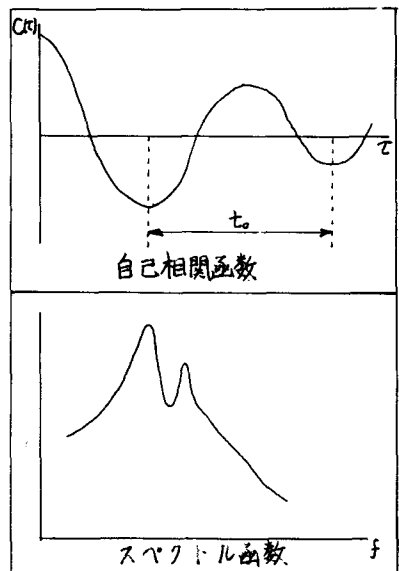
時刻 t の函数として、2つのデータ $X(t)$ 、 $Y(t)$ があるとき、 X と Y とに何等かの関係があるものとするれば、それを見つけて出す方法が必要となる。これを相互相関函数という次の定義式で与える。

$$C_{xy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T X(t) Y(t+\tau) dt \quad (1)$$

つまり、時刻 t の信号 $X(t)$ と、それから時間 τ だけ遅れた時刻 $t+\tau$ の信号 $Y(t+\tau)$ との積の時間平均を取ったものであり、ずれの時間 τ の函数である。ところで、 X と Y とが同じ函数であるとき、(1)式は次のように書ける。

$$C_{xx}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T X(t) X(t+\tau) dt \quad (2)$$

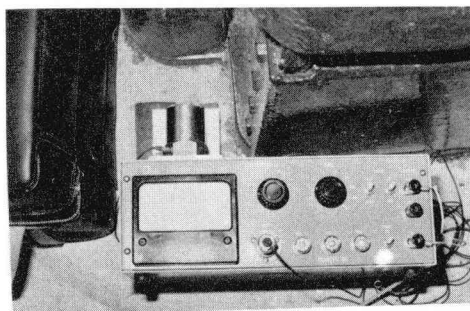
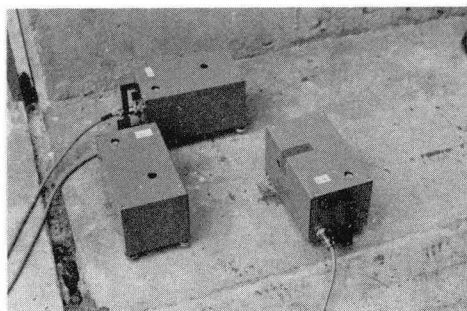
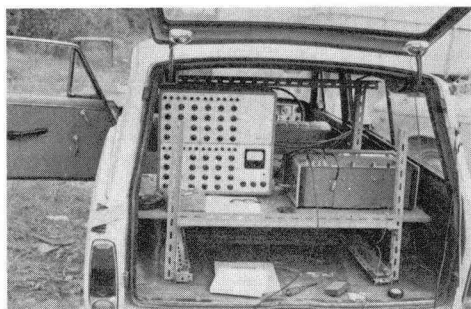
これを自己相関函数といい、入力が不明であり、出力だけが観察されるようなデータの解析に有用である。ここで自己相関函数のもつ意味について述べる。時間的に変動する函数 $X(t)$ のグラフが一見すると不規則に見えるが、その中に隠れた周期性が含まれているとしよう。その周期が τ_0 であるとする、 $X(t)$ と $X(t+\tau_0)$ の間には強い相関が計算される。同様に $X(t)$ と $X(t+2\tau_0)$ との間にも強い相関が表われる。つまり $\tau=0$ で最大値を与え、 $\tau=\tau_0$ で負の極大、 $\tau=2\tau_0$ で正の極大というように、 $C_{xx}(\tau)$ が周期 τ_0 の余弦函数に近似した曲線が与えられる。これより固有振動数や減衰状態を知ることができるが、いっそう明確に振動の特性を把握するため、自己相関函数をフーリエ変換したスペクトル函数を求める。スペクトル函数は周波数 f を変数とする函数に変換されたものであり、 f の函数として求まるのは、フーリエ係数をわち、スペクトルである。



3. 測定方法

測定は測定器材を積載した測定車にて現場に到着し、まず測定点の選定を行なう。測定点としては地盤、橋脚、橋台、それに上部工では桁橋の場合1/2点、逆振動の可能なものは1/4点も取る。測定振動方向は、各測定点において、鉛直、橋軸方向水平、橋軸直角方向水平の3方向とし、振動計を3台使用して同時記録を取る。測定にあたっては、測定点に振動計をセットし、コードを延長して増巾器に入れ、その出力をレコーダーに収める。1つのデータとしては、2,3分もあれば十分である。データ収録時には測定年月日、測定橋名、測定点、測定方向、周囲の情况、測定条件を同時にアナウンスしておくが、これはデータの再現時に非常に能率的であり、測定時に野帳を取る必要がないので便宜的である。

解析方法の性質上、データはきれいなものである必要はなく、というよりも、一見ランダムなもののほうがよく、したがって、起振機やその他の起振装置の必要はない。測定時には風や通行車両によって、適当に橋が振動していればよく、交通遮断をせずに、データ収録が可能であるのが、この測定方法の特徴である。下の写真は測定時のものである。



4. 解析方法

4-1. データの再現

解析段階では、収録したデータをすべて使用するわけではないので、当然、より良いデータの選定を行なわなければならない。良いデータというのは、前述したように、一見ランダムなデータである。再現の手法としては、データレコーダーを電磁オシログラフに接続し、全データを記録紙上に再現しながら、アナウンスによる測定の情况、条件などを書き込む。これによって、連続データ中より良い

データの抽出が容易となる。

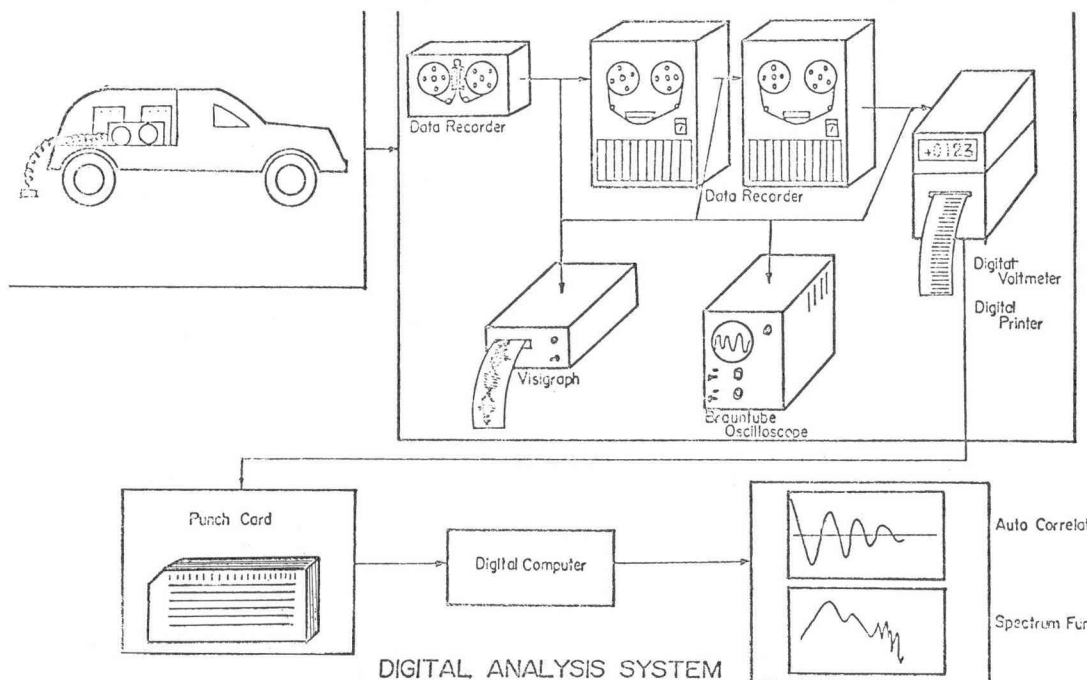
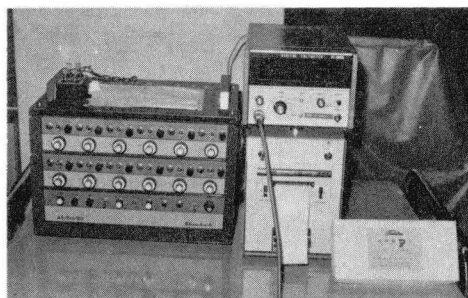
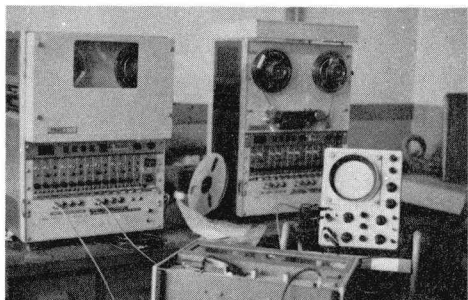
4-2 データの時間引き出し

データの時間引き出しの必要性は、ディジタルプリンターの能力が、5個~~毎~~までしかないことにある。というのは更時間の原データより、5個~~毎~~でサンプリングした場合、そのディジタル値を結ぶと、原データとは異った波形を得る可能性があるからである。手法は、回転数可変の同型のデータレコーダーを2台使用し、別々の回転数で物し換えをするのである。この操作を何回か行なうと、適当に時間を引き出すのである。

4-3 データのディジタル化

相関係数の計算には離散型のデータが必要となるので、データをディジタル化しなければならない。その手法は、引き出しデータをA/Dコンバーターの入力とし、出入として、プリンターより離散型のデータを得る。これをカードにパンチして、電子計算機で計算させるのであるが、データ個数としては、2000～3000個が必要であり、更時間にして、7～10秒程度である。

以下に、解析機器の写真及び解析システムの流れ図を示す。



5. 解析結果の例

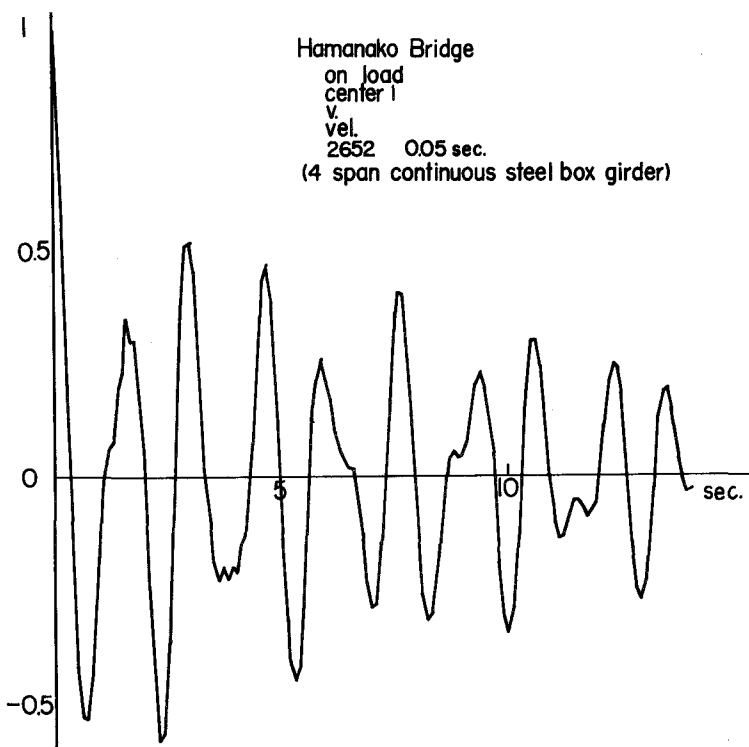
右図は東名高速道路浜名湖橋（型式：四径間連続鋼箱桁曲線橋）の名古屋側スパンのセンターにおける速度計による記録を解析したものであり、上図が自己相関函数、下図がスペクトル函数である。

上図より振動特性を判断すると、明らかに、波は合成波となっているが、0.65サイクルのもの以外は読み取りにくい。また、減衰状態は非常に、はっきりしており、波高の比の読み取りにより、減衰定数の算出が可能である。

下図により判断すると、これは上図を軸変換したものであり、エネルギースペクトルのピークに対する周波数をもって、固有振動数とすることが出来る。スペクトル函数によると、自己相関函数では不明瞭であった1サイクルの固有振動数を読み取ることが出来る。

鋼桁橋は構造が比較的簡単で振動し易いため、他の例にも表われているように、倍振振動を行なっている。以上解析の例を示した。

最後に、本解析における問題点は、自己相関函数においては、 τ が大になる程、統計的に多少、計算値の信頼性が劣ってくるところにあるが、データの個数を多くすれば、十分に欠点が補える。そして、現在デジタル相関機の試用段階にあり、この問題も解決しつつある。



Hamanako Bridge
on load
center I
v. vel.
2652 0.05 sec.
(4 span continuous steel box girder)

