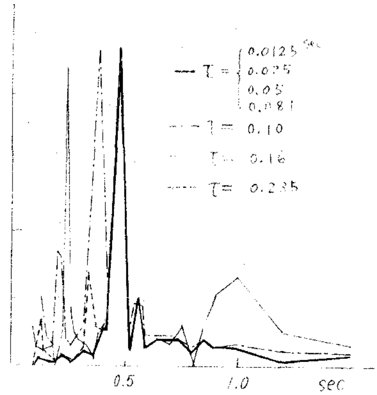
I－79　波形分析方法の比較研究

東京大学生産技術研究所　正員　岡本舜三、○伯野元彦

土木構造物の振動が注目されるようになり，振動記録から定性的なもののみでなく，定量的な値をも引き出さなければならない機会が多い。 筆者等は現在通常行われている分析方法の一部を比較してみた。 その方法としては既知の波 $a\sin\frac{2\pi t}{T}$ または $a_1\sin\frac{2\pi t}{T_1}+a_2\sin2\pi(\frac{t}{T_2}+\phi)$ + 乱数 をディジタル計算機中に作り出し，これを各分析方法により分析し，それらがどの程度の信頼性をもつものであるかを検討した。

1. フーリエ積分

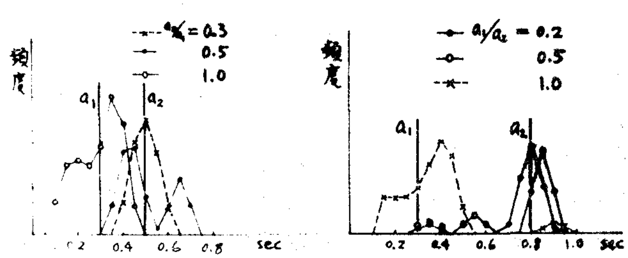
フーリエ積分は過渡振動現象の解析に用いられ，また不規則定常振動も自己相関をとることによって フーリエ積分を用いることができる。 ディジタル計算機によって計算する場合，原波形の読取り時間刻みは時間領域における量子化定理によって原波形中の最大振動数を f^{cps} とした場合 $\frac{1}{2f}$ 秒刻みとすればよいとされている。 この $1/2f$ 秒を多少変えた場合，どのような影響が生ずるか。 また過渡振動の一部分，定常振動とみなせる部分をフーリエ積分するとどのような影響を生じて来るか等を調べるために $\sin\frac{2\pi}{0.47}t$，$(t\leq4.71^{sec})$ なる正弦波形を時間刻みを種々変えながら積分した。 その結果は図－1に示す如くであり，太い実線は或る程度以上時間刻みを細かくすると，それ以上細かい場合は皆この線に一致するという曲線で正しい解といえよう。 この曲線は0.47秒に勿論ピークを有しているが，他にも多少の成分がある。 これは定常振動をフーリエ積分したために生じた誤差である。 別途行ったフーリエ級数においては，他の振動数成分は1％以下の程度であった。 また細い実線，または破線は時間刻みの粗い場合の結果である。 本解析結果では卓越した成分については，時刻みは定理の通り $\frac{1}{2f}$ 秒を採用しておけば影響を受けないことが認められた。 振動数成分の少ない領域まで一致せしめるには $\frac{1}{4f}$ 秒程度は欲しい。 次に原波形の読みとり有効数字の問題であるが，これは原波形に n 桁 $(n\leqq3)$ の精度があれば結果にも n 桁の精度が認められた。



図－1　正弦波のフーリエ積分

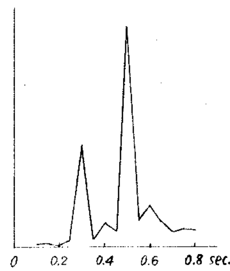
2. 周期頻度曲線

統計理論が発達した現在でも周期頻度曲線に関する理論的処理方法は平均周期以外には知られていない。 既往には萩原博士が周期頻度曲線は特別な場合にしか振動数成分と合致しないことを示された。 図－2は $a_1\sin\frac{2\pi}{T_1}t+$



図－2　正弦複合波の周期頻度曲線

$+ a_2 \sin\left(\frac{2\pi}{T_2}t+\phi'\right)$を中立軸を切る周期の頻度によって分類した頻度曲線であるが、a_1/a_2の比によって頻度曲線が形状を変えてしまうことを示している。 本結果では周期頻度曲線は各振動数成分の周期が3倍近く離れており、しかも成分の大きさの比が5倍以上異った場合にしか意味がないということとなった。 図－2において解析した波形のうち$a_2/a_1=0.5$、$T_1=0.5$秒、$T_2=0.3$秒をフーリエ積分した結果は図－3である。 0.3秒、0.5秒に卓越した周期が認められa_2/a_1も0.47であり、誤差は少ない。



図－3 複合波フーリエ積分

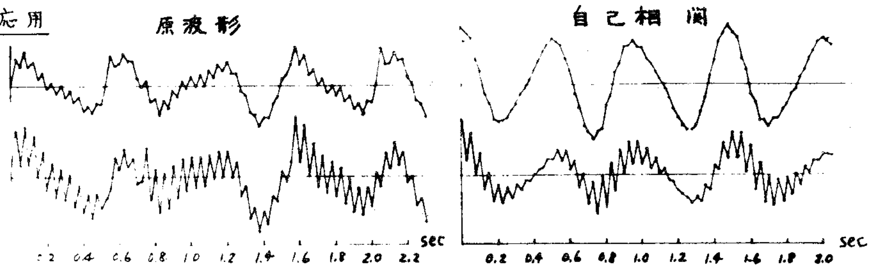
3. 相関分析

不規則定常振動の分析には次式(1)及び(2)によって示される相関函数、及びパワー・スペクトルが用いられる。

$$\varphi_{ij}(\tau)=\lim_{T\to\infty}\frac{1}{T}\int_{-\infty}^{\infty}f_i(t)f_j(t+\tau)\,dt \quad\cdots(1),\qquad S_{ij}(\omega)=\int_{-\infty}^{\infty}\varphi_{ij}(\tau)e^{-j\omega\tau}d\tau\cdots(2)$$

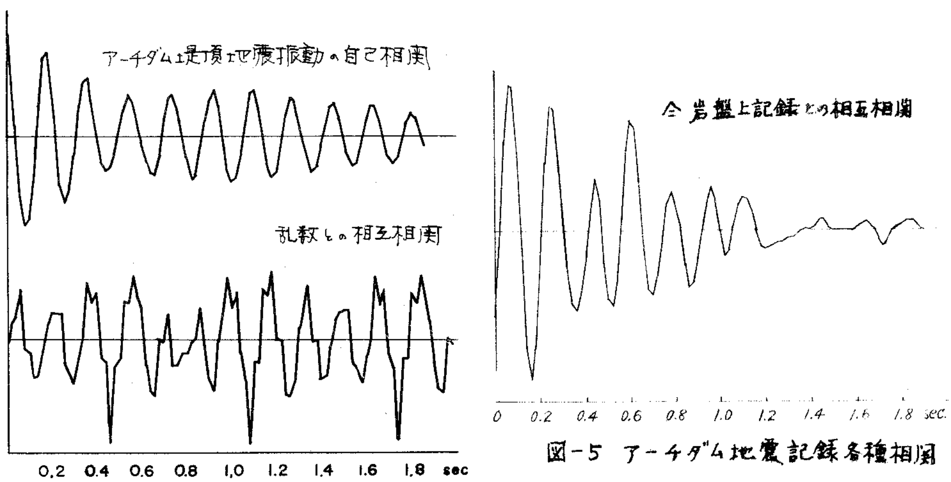
$\varphi(\tau)$は不規則振動中の周期性を顕著にする。 逆に言えば周期性のある周期が複数の場合、比較的成分の小さいものが他の優勢な成分中に埋もれてしまうという恐れもある。 図－4はその実例であり、不規則な高周波がなくなるのが認められる。

4. 相関分析の応用



図－4 波形と自己相関の関係

相関分析は不規則振動の解析に応用されているが、筆者等が実際に応用した例について述べる。 図－5はアーチダム堤体上地震記録に応用したものであって、自己相関は一つの振動周期の卓越すなわち共振現象の存在を示している。また岩盤上振動が不規則であれば、アーチダム堤体の衝撃応答を示す筈であるが、岩盤上記録が不規則ではないのか、ダムの種々の基準振動が誘起されているのか、何れにしろ、この図からダムの固有振動数はともかく、減衰常数を求めるには今一歩の研究を必要とする。



図－5 アーチダム地震記録各種相関