

東京工学生産技術研究所 正員 久保慶三郎

同上 〃 片山恒雄

同上 〃 佐藤暢彦

I. 概要 正弦波による加振実験は、弾性領域内であれば、その応答も正弦波であり、解析的に取り扱いは非常に容易にしていることが特長である。多くの振動実験のうち多くは正弦波加振実験が行なわれており、程度にもよるが、その加振波や応答波が正弦波から乱れた場合が多い。原因としては、応答波のみに乱れがある場合は、常時の雑振動と実験の正弦振動との混在することであり、また、加振波に乱れがあれば、応答波に乱れが生じるが、これは加振装置の性能の問題である。したがって、乱れた正弦波から正しい目的とする周期の正弦波のみを抽出することが望まれる。起振機による加振実験の場合は、原因の前者の場合が多く、これについては、すでに鹿島建設K.K.でMuto-Iskii-Kajima (KIT) システムとして開発されている。すなわち、相関計を用いて加振波と応答波との相互相関を求め、応答波の四つ加振波と同じ周期の成分のみを取り出している。これと全く同じ考え方を、振動台による実験のように、加振波そのものに乱れがあり、そのために応答波にも相当の乱れが生じる場合に適用してみた結果、非常に良好な実験結果を得ることができ、振動台の加振波の乱れが相当にあっても、正弦波加振による定常振動実験が可能であることが判った。

II. 相関係による解析 振動台の加振波および応答波が定常的(周期 T)ではあるが、相当の乱れがあり、次式の級数で表わされるとする。

$$\left. \begin{aligned} \text{加振波} \quad X(t) &= \sum_{i=1}^{\infty} A_i \cos\left(\frac{2i\pi}{T}t - \alpha_i\right) \\ \text{応答波} \quad Y(t) &= \sum_{i=1}^{\infty} b_i \cos\left(\frac{2i\pi}{T}t - \beta_i\right) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

これらの波と一定振幅 A で任意の位相 τ をもつ周期 T の正弦波との相互相関を求めれば、

$$\left. \begin{aligned} \text{加振波} \quad C_x(\tau) &= \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} X(t) \cdot A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t - \tau\right) dt = A \sin(\tau - \alpha_1) \\ \text{応答波} \quad C_y(\tau) &= \frac{2}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} Y(t) \cdot A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t - \tau\right) dt = b_1 A \sin(\tau - \beta_1) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

となり、結局 $C_x(\tau)$ と $C_y(\tau)$ の振幅および位相を読み取れば、それが加振波と応答波のそれぞれの振幅の位相となっている。

III. 適用例 一例として図-1に示すような剛体基礎の振動台実験に適用した。測定記録には2台のデータレコーダを用いたが、各データレコーダの各1chには振動台制御装置の関数発生器の出力を記録した(図-2)。これは(2)式の $A \sin(2\pi t/T - \tau)$ に相当するものであり、正弦波と各測定波との相互相関を実時間相関計により求め、結果はX-Yレコーダにとると同時にデジタルボルト・メータにより振幅・位相を得た。写真-1は相関計による解析機器である。図-3は測定したそのものの波形例であり(測定A-CHが共振系の場合)、その中の $\sin \omega t$ と示してあるのは(2)式の $A \sin(2\pi t/T - \tau)$ である。測定A-TとA-G2に相当の波の乱れがあり、直接に振幅・位相の読み取りは困難である。これを相関計を通すことにより(2)式の演算をすれば、図-4のように明瞭な正弦波となる。図-5は図-3で加振波のみに乱れがある場合、図-6は応答波にも乱れがある場合の振幅・位相を、測定A-Tを規準として表したものであるが、いづれも良好なカーブを得ることができた。

IV. まとめ 相関計を用いて目的とする周期の正弦波の振幅および位相ずれを明瞭に得ることができた。この例では、振動台の仕様範囲外の高い振動数で加振したため、機械的ガタにより波形に歪けが生じたためであるが、この方法を適用することにより、振動台の仕様をいくらか広範囲にすることができるとなる。

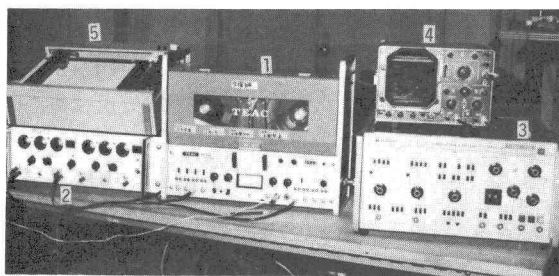


写真 1. 計測機器

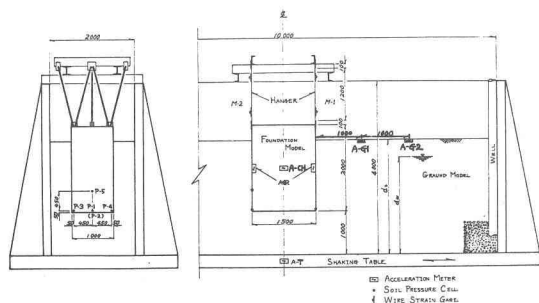


図-1. 測点

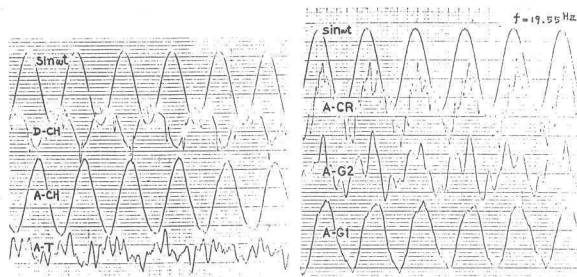


図-3. 測定記録

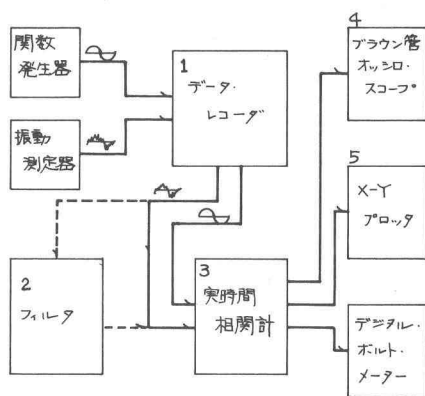


図-2. 計測器組合わせ

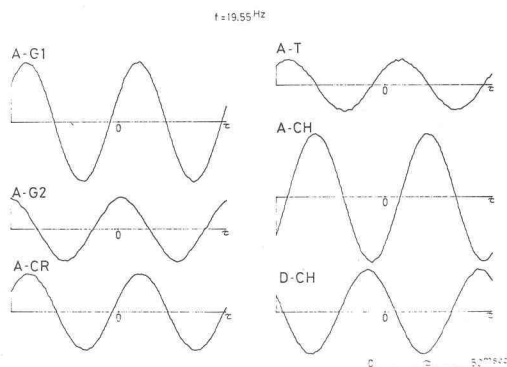


図-4. 相互相関関数

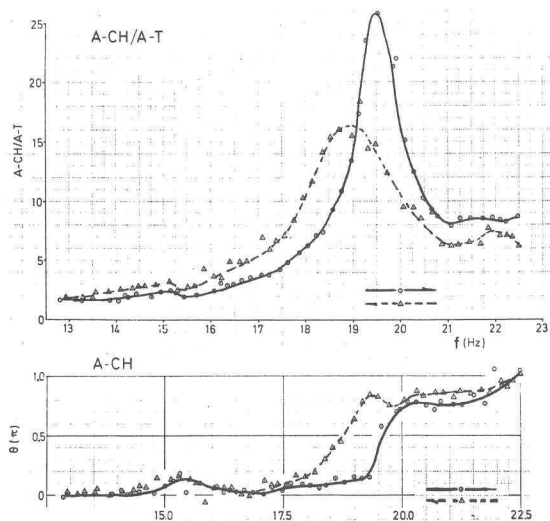


図-5. 振幅と位相 (A-CH)

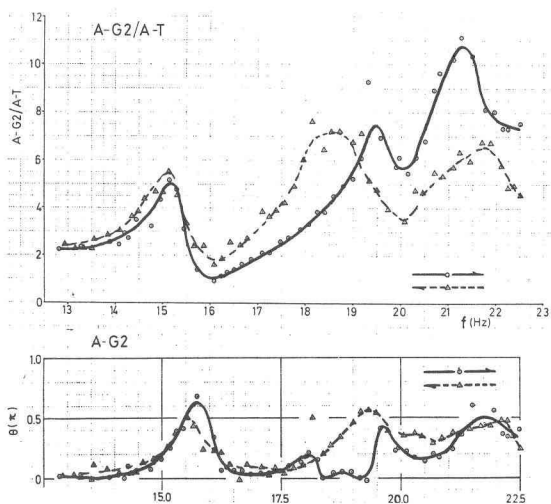


図-6. 振幅と位相 (A-G2)