

* 技術メモ (広告) *

45 M 電波望遠鏡の設計 (第五報)

三菱電機株式会社通信機製作所

大林 愛 弘 Yoshihiro Ohbayashi

塚 田 憲 三 Kenzo Tsukada

動解析の考察 (その 1)

地震, 風などの外乱のもとで巨大電波望遠鏡を安定な状態で動作させるために, 構造の摩擦, 駆動系のバックラッシュなどをどのように取り扱って駆動サーボ系にどのような応答特性を持たせればよいか過去種々検討されている^{1,2)}. 現実の問題としては, 地震に対しては構造が破壊するか否か強度の点からのみの検討がなされ, 風に対してのみその発生頻度の関係でサーボ (制御) 系の検討がなされているようである. しかし, いずれの場合も, 動特性を考慮した応答解析を進めなければならない. 応答解析はつまり固有値問題であり, 巨大建造物の固有値問題はその解析の煩雑さを考えると, そのまま適用することはまず不可能であり, 建造物の動的性状を満たしながらどのようにして簡単な動モデルを見出すかが問題となる. 本誌を借りて巨大電波望遠鏡の動モデル化の方法をその指向精度とむすびつけて述べてみたい.

スペクトル解析法の導入

地震加速度がエルゴート性を持つ定常なガウス過程で近似できると仮定してこの不規則現象を統計的に考察した結果が実験値とよく一致するといわれている³⁾ ように, 自然風に対してもその変動風速成分をとり出して考えれば, 同様にエルゴート性を有する不規則現象と考へられる. 例えば理想化された n 個の質点から構成される建造物の変位の応答について考えれば, その i 質点の振動方程式は式 (1) のようになる.

$$m_i \frac{d^2 X_i}{dt^2} + \sum_{j=1}^n C_{ij} \left(1 + r_I \frac{d}{dt} \right) X_j = P_i \quad (1)$$

ここに $X_i(t) = \bar{X}_i + x_i(t)$ i 質点の変位

$P_i(t) = \bar{P}_i + p_i(t)$ i 質点に働く風力

$U(t) = \bar{U} + u(t)$ 風速

r_I : 内部摩擦係数 C_{ij} : 弾力係数

さらに式 (1) において, その構造の固有値 ($s_n, s_d i$) が既知であり, 目掛けの外部摩擦 (r_E) が全ての質点に対し同じであると仮定すれば, モーダルアナリシス法⁴⁾を適用して式 (2) ようになる.

$$s \dot{q} + 2 \cdot s \delta \cdot s \dot{q} + s n^2 \cdot s q = G_s \cdot u \quad (2)$$

ここに $r_E = \frac{\rho \cdot C_i \cdot A_i \cdot \bar{U}}{m_i}$ $x_i = \sum_{s=1}^n s q \cdot s d_i$

$$G_s = \frac{\sum_{i=1}^n \rho \cdot C_i \cdot A_i \cdot \bar{U} \cdot s d_i}{\sum_{i=1}^n m_i (s d_i)^2} \quad \text{刺激函数}$$

C_i : i 質点の風圧係数 A_i : i 質点の受風面積

したがって, 式 (2) に見られるように変動風速 (u) が時間の函数として与えられれば応答解が直接求められるが, 不規則現象に対しては, 統計的手法^{3,5)} によって応答の上限値, 下限値, 最ゆう値を見出す方法で応答解析を進めた方がよいと考えられる. 変動風速のパワースペクトルは幾つかの形で提案されており^{6,7)}, これを使って変動変位の分散 $\sigma^2(sq)$ は建造物の相隣り合う固有振動数にかなりの開きがあれば式 (3) のように簡単に得られる.

$$\sigma^2(sq) = \frac{G_s^2}{8\pi^4 \cdot s n^4} \int_0^\infty \frac{S_u(n) dn}{\left(1 - \frac{n^2}{s n^2} \right)^2 + \frac{s \delta^2}{\pi^2} \left(\frac{n}{s n^2} \right)^2} \quad (3)$$

あとがき

ここで述べた解法は, その建造物の固有値が容易に求められる場合のみ有効であり, 巨大電波望遠鏡など括がりの著しく大きい建造物に対してそのまま適用することはまず不可能であろう. したがってここに建造物の動的性状を大きく誤まることなく把握して自由度の少ない動モデルを見出す必要がある. 幸い建造物の応答が, モーダルアナリシスの結果からもその次数の低い固有値に対してのみ支配的であることから, 最低次の固有値を見出すように動モデル化を進めればよいと考えられる. 次報からこのモデル化の一方法について具体的に述べてみたい.

参考文献

- 1) R.G. Wheeler: Design Study of Control System for 210ft Radio Telescope, 2nd IFAC
- 2) 西村: Effect of Wind Gust on a Large Antenna Servo System, 「三菱電機技報」40, No. 6
- 3) 中尾, 佐々木: Study on Aseismic Design by Statistical Method, 「三菱重工技報」6, No. 1
- 4) 武藤: 構造物の動的解析, 丸善
- 5) S.O. Rice: Mathematical Analysis of Random Noise, B.S.T.J. 23, 24
- 6) A.G. Davenport: The Application of Statistical Concepts to the Wind Loading of Structure, Proc. Instn. Civ. Engrs. 19
- 7) R.I. Harris: The Effect of Wind on Some Simple Structures, The Electrical Research Association Report No. 5249