

金沢大学工学部 正員 小堀為雄
○金沢大学大学院 学生員 尾崎正明

1. まえがき

近年、構造物の大型化、高層化にともない、動的設計が重要視されてきた。この動的設計に用いる外力としては実測値を用いるのがよいが、時には実測値が得られないことがある。この場合、種々の条件を考慮した人工不規則波を用いるのがよい。その人工不規則波を京都大学の後藤・土岐氏およびコロンビア大学の篠塚氏の理論とシミュレーション法を用いて作成してみる。この報告では地震波と風、さらに橋梁の振動問題に適用するための路面の凹凸の3つについて、作成方法とその1例について説明する。

2. シミュレーションの一般的方法

平均値が0で、そのパワースペクトル密度関数が $S_0(\omega)$ である Gaussian ランダム・プロセス $X(t)$ を考えると、このランダム・プロセスは次式のような級数で表示できる。

$$X(t) = \sigma \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{n=1}^N \cos(\omega_n t + \varphi_n) \quad (1)$$

$$\text{ここで,} \quad \sigma = \left(\int_0^\infty S_0(\omega) d\omega \right)^{1/2} \quad (2)$$

σ はランダム・プロセス $X(t)$ の標準偏差で、 σ^2 は分散を表わす。 $\omega_n (n=1, 2, \dots, N)$ は $S_0(\omega)$ を

$$P(\omega) = S_0(\omega) / \sigma^2 \quad (3)$$

と正規化することによ、て得られる確率密度関数 $P(\omega) \equiv P(\omega_n)$ をもつ独立な確率変数である。 φ_n は 0 と 2π の間一様に分布するランダム位相角を表わす。

3. 人工不規則波の作成

1) 地震波について

パワースペクトル密度 $S_0(\omega)$ として、文献1)の式を用いる。

$$S_0(\omega) = \beta^2 \frac{128}{3\omega_g} \left(\frac{\omega}{\omega_g} \right)^4 \exp\left(-4 \frac{\omega}{\omega_g}\right) \quad (4)$$

ここで ω_g は卓越円振動数。 β^2 は $X(t)$ が定常ランダム波を表わすと分散となる。ここでは $\beta^2 (= \sigma^2) = 1$ とし、卓越周期 $T_g = \frac{2\pi}{\omega_g} = 0.4$ 秒として作成する。そのパワースペクトル密度とシミュレーションした地震波を図1, 2

に示す。さらにその波形に最大値の期待値が 200 gal になるような係数をかけ、それを1自由度系のモデルに作用させ、その各応答スペクトルを計算した結果は図3, 4, 5のようにな

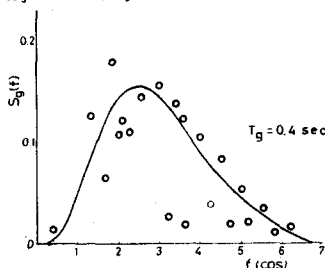


図-1 地震のパワースペクトル

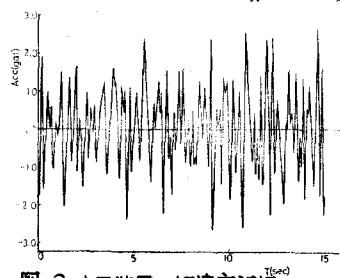


図-2 人工地震の加速度記録

た。

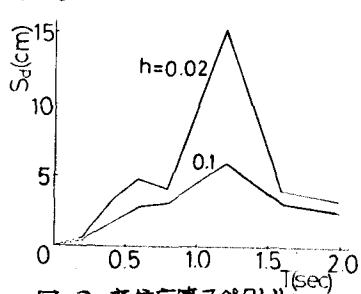


図-3 変位応答スペクトル

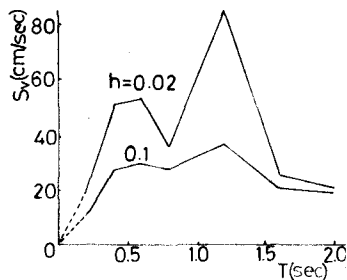


図-4 速度応答スペクトル

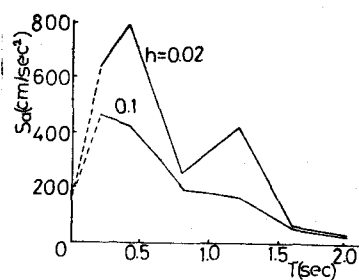


図-5 加速度応答スペクトル

2) 風について²⁾

パワースペクトル密度として

$$S_o(f) = S(f) \left[1 - \frac{\sin^2 \pi f T}{(\pi f T)^2} \right] \frac{\sin^2 \pi s f}{(\pi s f)^2} \quad (5)$$

ここで f = 2 π の周波数があり、 T を記録時間 (平均値の評価時間, Sec), s を瞬間値の評価時間 (sec)。突風スペクトルとして Davenport の式を用いて

$$S(f) df = 4.0 k V_1^2 \frac{\chi}{(1+\chi)^{5/3}} d\chi \quad (6)$$

V_1 は地上 10 m の基準風速 (m/sec), k は地表の抵抗係数, $\chi = 1200 f / V_1$ (cycle/m)。

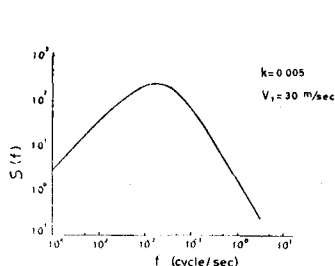


図-6 突風スペクトル

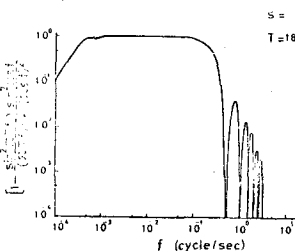


図-7 スペクトルの変形要素

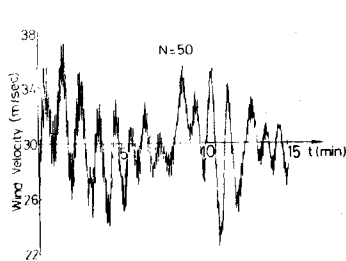


図-8 人工風の風速記録

3) 路面の凹凸について

このシミュレ

ーションは昨年度の本研究会で発表したものでここでは1例のみを上げる。 $S_o(\Omega) = a\Omega^b$ としてシミュレーションした波形を図9に示す。

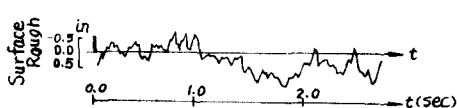


図-9 路面の凹凸

4. 考察

乱数の発生としてはモンテカルロ法を使用した。各外力を作成することができたが、式(1)の N の数や Δt の取り方について注意が必要であり、今後、例えは動的設計上、風を構造物のどこへ作用させるか、高さによる風の位相関係はどうなるのかという問題などが残されている。またこのシミュレーション法は海洋波にも応用できると思われるが、これらについては後日発表したい。

参考文献

- 1) 後藤・亀田：地震時における最大地動の破率論的研究，土木学会論文報告集第159号 (昭43.11)
- 2) T. Kobori：Simulation of Statistical Wind Model, 3rd I. C. on Wind Effects on Build. & struct.
- 3) 小堀：路面凹凸の Simulation について，土木学会中部支部昭46年度研究発表会講演概要集