

I-438

ランダム媒質を考慮した 人工地震波の一作成法

東京ガス 正 員 青木 浩之
早稲田大学 浦野 和彦
早稲田大学 正 員 宮原 玄

1. はじめに

我国のように地震発生頻度の高い地域においては、地震に対する構造物の安全性が重要問題となり、地震波への応答解析、信頼性解析が行なわれている。このような解析を行う際、地震波を入力するので、人工地震波の発生が重要課題となる。しかし、地震の発生機構、伝搬経路に於ける地層中での反射、屈折が複雑なため、地震波は非常に不規則な波形を示し決定論的な作成はできない。

本研究では、地震波の伝搬経路を確率構造と考える。震源での入力波は、その確率構造を経て観測点で出力波となる。その出力波の平均と分散を求め、人工地震波を作成する。

2. 理論

確率構造の定式化は伝搬経路の相関関数で行い、本研究では以下の式を用いた。

$$D(\mathbf{x} - \mathbf{x}') = \langle q(\mathbf{x}) q(\mathbf{x}') \rangle = D^2 \exp(-A |\mathbf{x} - \mathbf{x}'|) \quad (1)$$

ここで、 $q(\mathbf{x})$: 媒質の確率変数

また、確率量を含むHelmholtz方程式は、

$$[\nabla^2 - m(0)] G(\mathbf{x}, \mathbf{x}') = \delta(\mathbf{x} - \mathbf{x}') \quad (2)$$

である。ここで、 $\nabla^2 = -(\partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2 + k^2)$

$$m(0) = \int D(\mathbf{x} - \mathbf{x}') G'(\mathbf{x}, \mathbf{x}') d\mathbf{x}'$$

$G'(\mathbf{x}, \mathbf{x}')$: Helmholtz方程式の基本解

(2)式のGreen関数は、

$$G(\mathbf{x}, \mathbf{x}') = G(\mathbf{x} - \mathbf{x}') = -\frac{1}{4} H_0^{(2)}[(a - ib)(\mathbf{x} - \mathbf{x}')] \quad (3)$$

である。ここで、 $a - ib = \pm \{\alpha - i\beta\}^{1/2}$

$$\alpha = k^2 - D^2/k^2; \quad \beta = D^2 * \pi * A / [2 * (k^2 + A^2)^{3/2}]$$

$H_0^{(2)}()$: 第2種Hankel関数

したがって、入力波 $j(\mathbf{x}')$ の観測点での平均波 $\langle \phi(\mathbf{x}) \rangle$ は、

$$\langle \phi(\mathbf{x}) \rangle = \int G(\mathbf{x}, \mathbf{x}') j(\mathbf{x}') d\mathbf{x}' \quad (4)$$

で与えられる。

一方、分散は、(2)式から分散の基本式であるBethe-Sapeterの方程式を導く。そして、その優れた近似式である輸送方程式を導入し、前方散乱近似を用いると次のように与えられる。

$$I(\mathbf{r}, \rho) = J_c(\mathbf{r}, \rho) * \exp[-\rho * \gamma + \tilde{\sigma}(\mathbf{r}) * (1/e - 1)] \quad (5)$$

ここで、 $I(\cdot, \cdot) = \langle \phi(\cdot) \phi(\cdot) \rangle$: 分散 $J_c(\cdot, \cdot) = j(\cdot) j(\cdot)$
 $\gamma = \int \sigma(\Omega - \Omega') d\Omega'$: 全散乱断面積

3. 数値解析結果

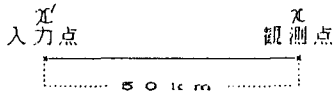


FIG 1

観測モデルをFIG 1、入力波をFIG 2, 3に示す。FIG 4, 5はFIG 2, 3に対する出力の平均、平均のパワースペクトル、分散を示している。

(1)式に時間項が含まれていないことや、前方散乱近似を用いたのでこのような結果になったと考えられる。確率構造を経た波は、広帯域の波ほど平均の形状が一致しない。また、(1)式では波速への影響がないことがわかった。

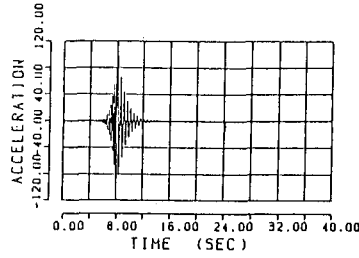


FIG 2

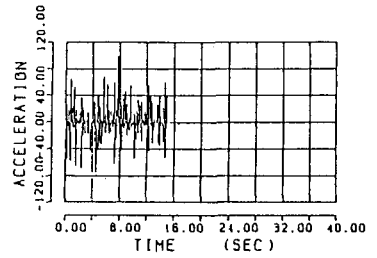
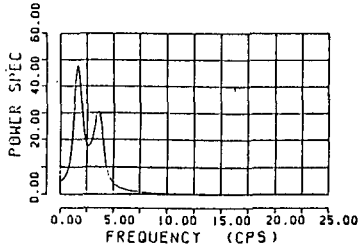


FIG 3

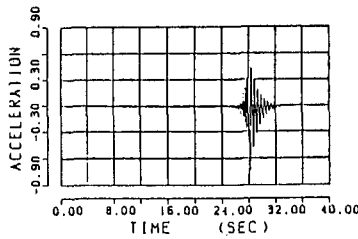
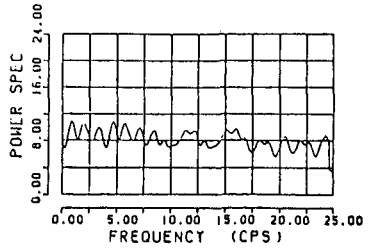


FIG 4

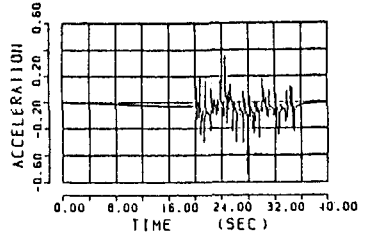
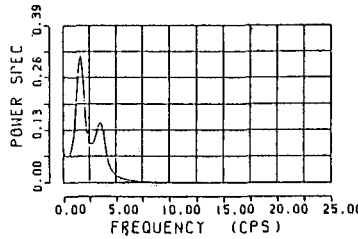
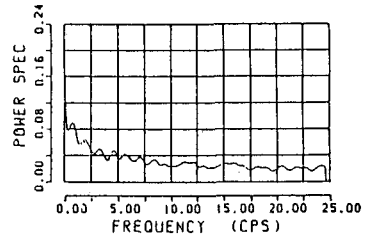


FIG 5



参考文献

- 1) 「ランダム媒質の波動伝播」
古津宏一 著
- 2) 「物理とグリーン関数」
今村 勤 著