

I-640

確率特性を有する3次元不整形地盤の地震応答に関する基礎的研究

(株) 奥村組 西川 博敏

宮崎大学工学部研究生 房前 和朋

宮崎大学工学部 原田 隆典

1. はじめに局所的な地形・地盤条件が地震動の特性にどのように影響するかを見るために、地表面と基盤の地形が水平方向に変動する不整形地盤の応答を解析し、不均質地盤のものと比較した結果を報告する。

2. 不整形地盤の応答 図1に示すような2つの媒質の境界が不整形である場合の一般式は式(1)で与えられる均質等方性の粘弾性地盤の運動式および式(2)で表される境界での応力・変位の連続条件から構成される。

$$\frac{\partial}{\partial z} \mathbf{B}(x', z) = \mathbf{A}_0(z) \mathbf{B}(x', z) \quad (1)$$

$$\mathbf{B}_1^I(\kappa, z) = \mathbf{B}_2^I(\kappa, z) + \int_{-\infty}^{\infty} f(\kappa - \kappa') \mathbf{L}_{21}(\kappa, \kappa') \mathbf{B}_2^0(\kappa', z) d\kappa' \quad (2)$$

$$\mathbf{B}_{SH}(x', z) = \text{col}[v', \tau_{y'z}], \quad \mathbf{B}_{P-SV}(x', z) = \text{col}[u', w, \tau_{x'z}, \tau_{zz}] \quad (3)$$

ここに、 $\mathbf{B}$ は変位ベクトルであり $\mathbf{B}_1, \mathbf{B}_2$ は媒質1, 2における変位ベクトルを表す。また、 $\mathbf{B}_2^0$ は水平成層に対する解、 $\mathbf{B}_1^I, \mathbf{B}_2^I$ は第1近似解を表す。 $\mathbf{B}, \mathbf{A}_0, \mathbf{L}_{21}$ の次のように表される。

$$\mathbf{A}_{0SH} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{1}{\mu^*} \\ -\mu^* \partial_{x'x'} - \rho\omega^2 & 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{A}_{0P-SV} = \begin{pmatrix} 0 & -\partial_{x'} & \frac{1}{\mu^*} & 0 \\ -b\partial_{x'} & 0 & 0 & b/\lambda^* \\ -a\partial_{x'x'} - \rho\omega^2 & 0 & 0 & -b\partial_{x'} \\ 0 & -\rho\omega^2 & -\partial_{x'} & 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$a = \frac{4\mu^*(\lambda^* + \mu^*)}{\lambda^* + 2\mu^*}, \quad b = \frac{\lambda^*}{\lambda^* + 2\mu^*}, \quad \mathbf{L}_{21SH} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{1}{\rho_2 C s_2^2} - \frac{1}{\rho_1 C s_1^2} \\ \kappa\kappa'(\rho_2 C s_2^2 - \rho_1 C s_1^2) - (\rho_2 - \rho_1)\omega^2 & 0 \end{pmatrix} \quad (5.a)$$

$$\mathbf{L}_{21P-SV} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{\rho_2 C s_2^2} - \frac{1}{\rho_1 C s_1^2} & 0 \\ 2i\kappa\kappa'\{(\frac{C s_2}{C p_2})^2 - (\frac{C s_1}{C p_1})^2\} & 0 & 0 & \frac{1}{\rho_2 C p_2^2} - \frac{1}{\rho_1 C p_1^2} \\ 4\kappa\kappa'[\rho_2 C s_2^2\{1 - (\frac{C s_2}{C p_2})^2\} - \rho_1 C s_1^2] & 0 & 0 & 2i\kappa\kappa'\{(\frac{C s_2}{C p_2})^2 - (\frac{C s_1}{C p_1})^2\} \\ \times\{1 - (\frac{C s_2}{C p_2})^2\} - (\rho_2 - \rho_1)\omega^2 & & & \\ 0 & -(\rho_2 - \rho_1)\omega^2 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (5.b)$$

図2、3に示すような不整形剛体基盤、不整形地表面における地震応答は、式(1)(2)にプロバゲート・マトリックスと境界条件(地表応力=0)を用いると求められる。

3. 数値計算例 次のパラメータを用いて応答パワースペクトル^[1]、地震動変位^[2]、コヒレンス関数^[2]を図示することにする。基盤地震動は、 x 軸に対し45度方向に伝播速度 $C = 523\text{m/s}$ で伝わる平面波とする。

$$C_p = 573\text{m/s}, C_s = 191\text{m/s}, H = 100\text{m}, D_p = D_s = 0.3, c = 523\text{m/s}$$

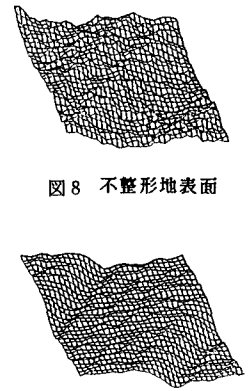
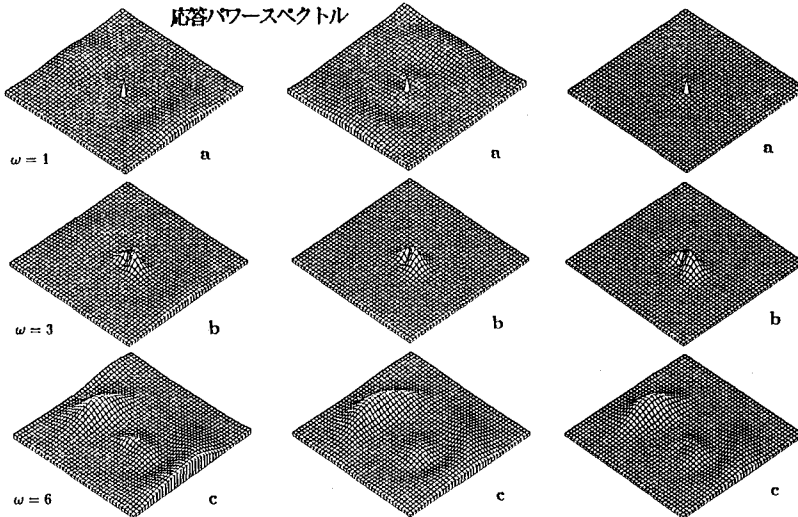
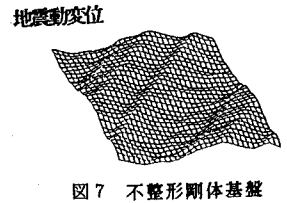
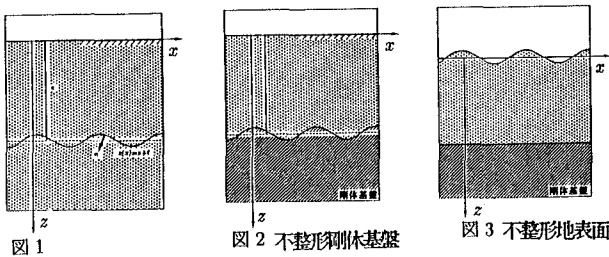
$$N_x = N_y = N_\omega = 32, \omega_u = 90\text{rad/s}, \theta = 45^\circ$$

ここで、地盤の不整形性を表す $f(x, y)$ のパワースペクトル S_{ff} としては次式で与えられるものを用いた。

$$S_{ff}(k_x, k_y) = \frac{2\sigma_{ff}^2}{\pi k_u^2} \cos^2\left(\frac{m\pi}{k_u} k\right), m = 4, k_u = 4\pi/100, \sigma_{ff} = 20 \quad (6)$$

図4、5より、不整形基盤、不整形地表面に共通して地盤の1次固有振動数($\omega_1 = 3 \text{ rad/sec}$)より低い振動数領域では、基盤の地震動(伝播速度 c)のパワーが卓越して、1つのパルスが見られる。しかし、これより高い振動数領域では地盤の不整形性によるパワーが相対的に大きくなり波数平面全体にパワーが分散して山、谷が現れてくる。したがって、低い振動数領域では、単一のコヒーレントな波動が伝播しているが振動数が高くなると不整形性によりいろいろな方向に伝播する波動が現れてきてインコヒーレントな波動場となるものと解釈することができる。また、不整形地表面は、不整形基盤と比較すると、パワーが相対的に大きくなり、また、多くのピークがみられ、地表の不整形性の方が基盤の不整形性よりも強くインコヒーレントな波動場へ影響している。また、図7、8に示す地震動変位からも地表面での不整形性がより強く波形の空間的ばらつきに影響していることを読み取ることができる。また、不均質地盤(図6、9)と比較すると、高い振動数領域において不均質性による波動場のばらつきへの影響が不整形地表面に比べ小さくなる。以上より、地表面における不整形性が、地盤材料の不均質性や基盤の不整形性に比べより地震動のばらつきに影響することがわかる。

参考文献 [1] 原田・否笠 確率特性を有する3次元地盤の地震応答特性 宮崎大学 紀要第36号 1990 [2] 原田・西川・否笠 確率場・確率波のシミュレーション手法 宮崎大学 紀要第19号 1990



コヒーレンス関数

