

Ⅲ-25

Pseudo-Spectral法による不整形地盤の地震応答解析（P-SV波問題）

東北工業大学 学生会員 ○佐藤 勉
々 正会員 神山 眞

1 はじめに

1995年の兵庫県南部地震により、不整形地盤による地震被害が再び注目され、不整形地盤に対する地震時挙動の調査、研究が盛んに行われている。その際、不整形地盤の影響を表す大きさとして、加速度、速度などのベクトル量、また応力、ひずみなどのテンソル量がある。特に、テンソル量は、不整形地盤付近での地震被害を解明する際の、重要な手がかりを提供するものと考えられる。このことから、加速度などのベクトル量とともに応力などのテンソル量を同時に求められる解析法が望まれる。しかし、これまで不整形地盤の解析法として用いられてきたFEM、BEM、FDMなどは、ベクトル量、テンソル量を同時に求められる解析法として必ずしも適していない。そこで本研究では、ベクトル量、テンソル量を同時に求められる解析法としてPseudo-Spectral法を取り上げ、P-SV波（面内振動）問題を対象に、不整形地盤の加速度応答、地盤内応力応答の結果を報告する。

2 擬似スペクトル法

Pseudo-Spectral法は、空間領域の運動方程式の微分を波数領域（スペクトル化）に変換して処理する方法である。波数領域では、運動方程式の弾性定数の取扱いが簡単となるため、座標の離散化を大きくすることが可能となる。また波数領域への変換は、FFTを利用することで効率的に行うことができる。

ここでは、図1の座標系を参照して、P-SV波（面内振動）問題を考える。いま、P-SV波を対象とした運動方程式は次のようになる。

$$\rho \ddot{U}_x = \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial z} + \rho f_x \quad (1)$$

$$\rho \ddot{U}_z = \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} + \rho f_z \quad (2)$$

ここに、 U_x, U_z は変位の x, z 成分、 $\sigma_{xx}, \sigma_{xz}, \sigma_{zx}, \sigma_{zz}$ はそれぞれ応力の xx, xz, zx, zz 成分、 f_x, f_z は単位体積当たりの物体力の x, z 成分、 $\ddot{U}_x, \ddot{U}_z$ は U_x, U_z の時間に関する2階微分（加速度）、 ρ は密度、 x, z は座標。このとき、擬似スペクトル法は次のステップで時間応答を求めるものである。

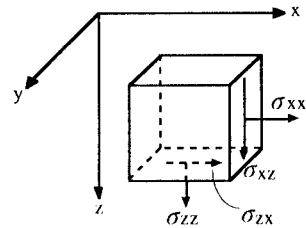


図1 座標系

・式(1),(2)の座標に関する微分をフーリエ変換して、波数領域の方程式を求める。さらに、これをフーリエ逆変換して、任意の時間 $t = n\Delta t$ の加速度 $\ddot{U}_x(n\Delta t), \ddot{U}_z(n\Delta t)$ を求める。ここに、 Δt は時間ステップ。

・式(1),(2)の時間微分を差分で近似して、次式で時間ステップを前進させた時刻での速度 $\dot{U}_x[(n+1/2)\Delta t], \dot{U}_z[(n+1/2)\Delta t]$ 、変位 $U_x[(n+1)\Delta t], U_z[(n+1)\Delta t]$ を求める。

$$\dot{U}_x[(n+1/2)\Delta t] = \dot{U}_x[(n-1/2)\Delta t] + \ddot{U}_x(n\Delta t)\Delta t$$

$$\dot{U}_z[(n+1/2)\Delta t] = \dot{U}_z[(n-1/2)\Delta t] + \ddot{U}_z(n\Delta t)\Delta t$$

$$U_x[(n+1)\Delta t] = U_x(n\Delta t) + \dot{U}_x[(n+1/2)\Delta t]\Delta t$$

$$U_z[(n+1)\Delta t] = U_z(n\Delta t) + \dot{U}_z[(n+1/2)\Delta t]\Delta t$$

・変位 $U_x[(n+1)\Delta t], U_z[(n+1)\Delta t]$ に対して、フーリエ変換、フーリエ逆変換を適用して、ひずみ $e_{xx}, e_{xz}, e_{zx}, e_{zz}$ を求める。

・ひずみ $e_{xx}, e_{xz}, e_{zx}, e_{zz}$ から次式で応力 $\sigma_{xx}, \sigma_{xz}, \sigma_{zx}, \sigma_{zz}$ を求める。

$$\sigma_{xx} = \lambda(\partial U_x / \partial x + \partial U_z / \partial z) + 2\mu e_{xx} \quad \sigma_{xz} = 2\mu e_{xz}$$

$$\sigma_{zx} = 2\mu e_{zx} \quad \sigma_{zz} = \lambda(\partial U_x / \partial x + \partial U_z / \partial z) + 2\mu e_{zz}$$

ここに、 λ はLameの定数、 μ はせん断弾性係数。

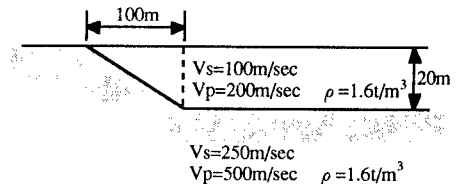


図2 解析対象の不整形地盤

