

I-516

BEM-FEM結合解法による傾斜層を含む多層地盤の波動伝播解析

佐藤工業株式会社 正会員 秋山伸一、中村晋

1. はじめに 不整形地盤の動的解析を行う場合、有効な方法のひとつに、BEMがある。ところが、この方法は、多層地盤を対象とする場合には、解析領域を層毎に分割しなければならず、係数マトリクスの計算に多くの時間を要する¹⁾ので、実用的な方法とは言えない。このような欠点を克服するために、これまでいくつかのBEMとFEMの結合解法が提案されている^{2) 3)}。これらの方法は、有限要素でモデル化された非均質領域が埋没谷のように限られている場合に有効である。しかし、表層地盤が無限遠方まで続く場合には、これらの方法を用いることは難しい。

筆者らは、傾斜層付近で発生する散乱波を側方の表層地盤に透過させることを目的として、側方地盤を水平な薄い層に分割した半無限要素(薄層要素)⁴⁾を用いた新しいBEM-FEM結合解法を提案してきた。このうち、SH波の入射問題については、既に報告した⁵⁾ので、ここでは、2次元定常P、SV波入射問題について扱う。

2. 解析手法 本解析で対象とする地盤モデルを図1に示す。ここでは、図中の境界t上で、薄層要素と有限要素を、境界b上で、境界要素と有限要素を結合する。ところが、境界c上では、境界要素の節点を設ける必要があるのに対し、薄層要素では節点はないので、境界要素と薄層要素を結合することは難しい。ここでは、これらの要素の結合を考慮する代りに、以下の条件を設定する。

- ① 表層地盤に薄層要素を適用する際、基盤の半無限性を表わすために、要素下端にダッシュボットを設ける。
- ② 基盤に境界要素を設定する際、境界c上ではs点の変位、表面力がRayleigh波の基本モードの波数により水平方向に伝播するものと仮定する。

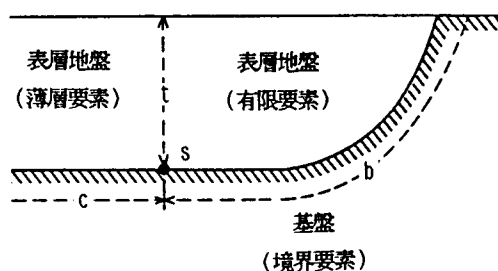


図1 解析対象地盤

3. 解析モデルと条件 解析モデルを図2に示す。ここでは、有限要素領域を傾斜層の始まる地点から水平距離3Aの地点までの表層地盤として、その側方半無限層を薄層要素領域とする。解析では、無次元周波数 $\eta (=2A/\lambda) = 0.667$ (λ : 入射波長)の場合について、入射角 $\theta = 90^\circ$ 、 60° 、 30° で単位振幅のSV波が入射する場合を扱う。

4. 解析結果 本解析手法の妥当性を検証するために、本解析結果をBEMによる結果と比較した。BEMによる解析では、図2のモデルで表層地盤も境界要素領域として、この領域を $x = -6A$ の地点まで取った。図3に両解析手法による地表面変位応答を示す。図3より、両解析結果は、応答値に若干差があるものも見られるが、応答形状について見れば、全体としてどのケースについてもよく一致している。

図4に本解析手法による表層地盤の変位分布を示す。ここでは、入射角 $\theta = 60^\circ$ でSV波が周期的に入射した時の変位応答の実数部を、時間項半周期分について連続的に示してある。図中の角度は、時間項についての位相を示す。図4より、傾斜層付近で発生した散乱波が側方の表層地盤中に伝播して行く様子がわかる。

5. おわりに 本解析結果は、BEMによる結果とよく対応することがわかった。また、本解析手法による計算時間は、BEMによる場合と比較して、約1/3程度であった。従って、ここで提案した手法は、傾斜層を含む多層地盤の波動解析に有効であると考えられる。

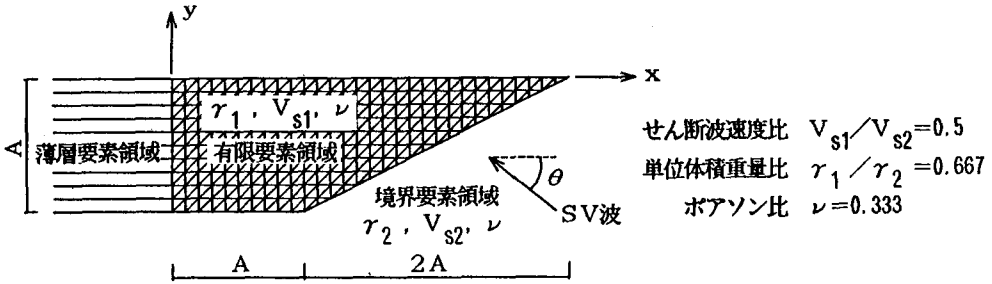


図2 解析地盤モデル

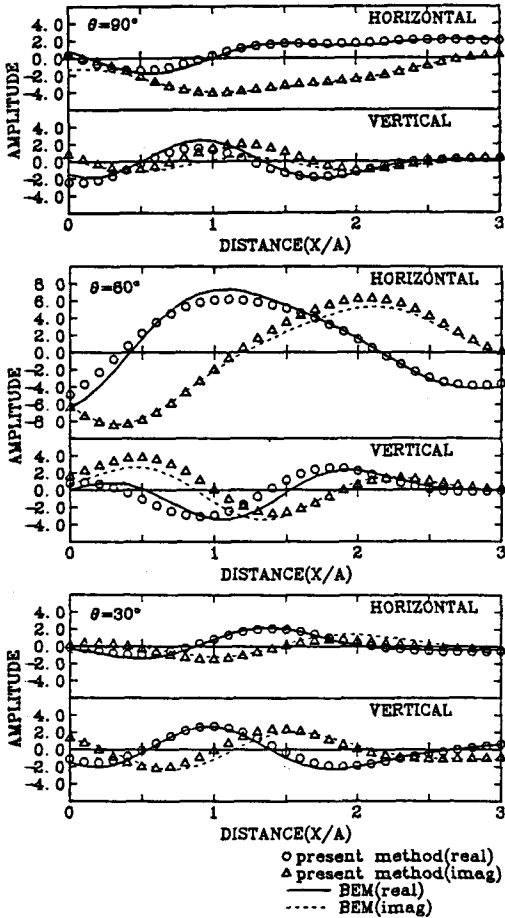


図3 地表面変位応答

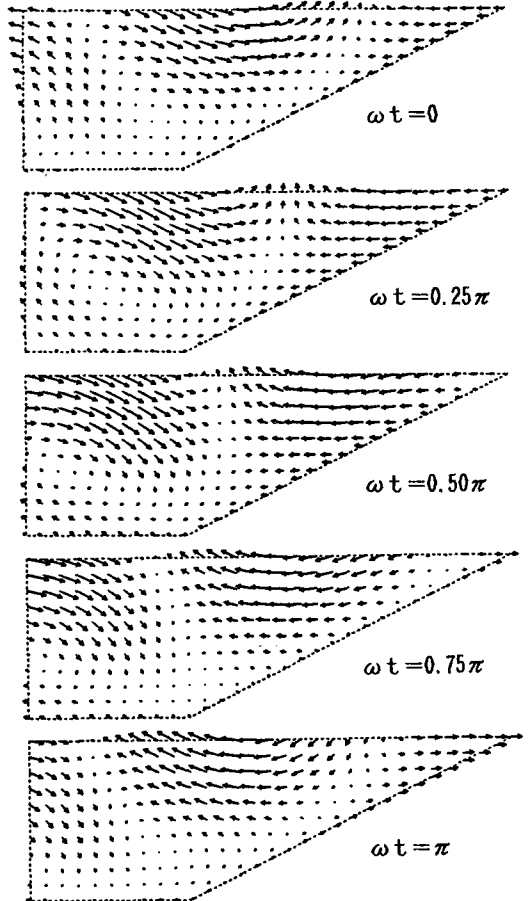


図4 地盤内変位分布

- 参考文献 1) Mossessian, T. K., Dravinski, M., Application of a hybrid method for scattering of P, SV and Rayleigh waves by near-surface irregularities, Bull. Seism. Soc. Am. 77, pp.1784-1803, 1987, 2) 三田、高梨、ハイブリッド法による波動解析—その1、建築学会学術講演梗概集、pp.815-816, 1983, 3) 秋山、宮原、境界要素・有限要素の結合解法による非均質地盤の動的応答解析、39回土木学会年次講演会概要集、pp.821-822, 1984、4) Waas, G., Analysis method for footing vibrations through layered media, Ph. D. Dissertation, University of California, Berkeley, 1972, 5) 秋山、中村、BEM-FEM 結合解法による不整形地盤の地震動解析、境界要素法論文集、第4巻、pp.275-280, 1987