

I-B 191

平面SH波による不整形地盤応答特性

宮崎大学大学院
宮崎大学工学部学生員
正員仁科 雄一
原田 隆典

1. まえがき 地盤震動のこれまでの研究の多くは水平成層構造の地盤震動を検討したもので、これによって観測記録を解釈することが多い。したがって、水平成層構造でない、いわゆる不整形な構造の地盤の震動がどのようなかを検討しておくことは必要である。本報告では、SH 波入射による不整形成層地盤の応答に適用できる数値解析法を直接境界要素法によって開発し、神戸、東灘区付近の地盤構造をモデル化し地盤の増幅特性と地盤構造の関係を考察したのでその概要を説明する。

2. 直接境界要素法による解析の概要と精度の検証 BEMによる解析の方法は成書に譲るが、本研究では、無限媒質における基本解を用いる次式のような境界積分表示を一定要素により離散化する直接境界要素法を採用した。

$$v^{(i)}(\mathbf{r}) + \int [G(\mathbf{r}, \mathbf{r}_S)q(\mathbf{r}_S) - H(\mathbf{r}, \mathbf{r}_S)v(\mathbf{r}_S)]dBS = (1 - C(\mathbf{r}))v(\mathbf{r}) \quad \mathbf{r}, \mathbf{r}_S \text{ on Boundary} \quad (1)$$

ここに、 G , H はグリーン関数とその境界応力を表わす。 v , q は SH 波の絶対変位とその境界応力を表わす。 $v^{(i)}$ は入射 SH 波の変位を表わす。なめらかな境界の場合、 $C = 0.5$ である。一定要素による離散化では、境界はなめらかな境界となる。 $\mathbf{r}$, $\mathbf{r}_S$ は、それぞれ観測点と荷重点の座標を表わす。無限粘弾性体における SH 波問題では、グリーン関数は次式のように与えられる。

$$G(\mathbf{r}, \mathbf{r}_S) = -\frac{i}{4\mu} H_0^{(2)}\left(\frac{\omega}{C_S} R\right) e^{i\omega t}, \quad C_S = C_S^0(1 + iD) \quad (2)$$

ここに、 μ はせん断剛性、 ω は振動数、 C_S^0 , C_S はせん断弾性波速度およびせん断粘弾性波速度、 t は時間、 R は観測点と荷重点の距離、 D は媒質の材料減衰定数を表わす。 $H_0^{(2)}$ は第2種0次ハンケル関数を表わす。

図1のような2次関数形の基盤を有する2層地盤に鉛直下方からSHが入射する場合の地表の応答の増幅率を計算し、Bravo等²⁾による境界積分方程式法(BIEM)の結果と比較した。図2に示すように両者の結果はよく一致しており、BEMの精度が確認できたものと思われる。

3. 地盤構造と地震動の増幅特性の考察 ここで検討する地盤構造は神戸、東灘区付近をモデル化した図3と、さらにその地盤構造の形状を単純化した図4の2つである。モデル地盤を長さ50mの一定要素で離散化しているため、解析は0-2.5Hzの振動数範囲を対象とした。このことはこの振動数範囲で約50m以上の不整形構造の影響を検討していることを意味する。

図5は鉛直入射に対する各振動数毎の地盤増幅を示す。実線は図3の地盤構造のもの、点線は図4の地盤構造のものを表わす。図5の0.5Hzや1Hzにおいて増幅率が場所によって正弦波的に変動しているのはKMCとKOBの間に位置する岩盤と沖積地盤の境界から2次的に発生するラブ波による。図6は図3と4に示す4地点毎の振動数増幅特性を示す。図5と6より、地盤構造の違い(実線と点線)はそれほど顕著ではないことが読み取れる。また、KMCとKOBでの増幅率が2前後であるのに対してFKIとFKEでは1Hz以下の低振動数領域での増幅率は4から10程度と大きい。

4. まとめ SH波入射による不整形多層地盤の応答に適用できる数値解析法を直接境界要素法によって開発した。0から2.5Hzの振動数範囲では、図3と図4に示す程度の地盤構造の違いが地盤増幅率に及ぼす影響は小さいこと、KMCとKOBの間に位置する岩盤と沖積地盤の境界から2次的に発生するラブ波によって水平成層地盤の応答倍率よりも大きい応答倍率の所と小さい応答倍率の所がでてくる。今後、色々な地盤構造による検討が必要であるが、これまでの計算例から次のような仮説が成り立つものと思われる。岩盤と沖積地盤の境界からラブ波の波長の半分程度の距離の範囲は水平成層地盤の増幅率よりも大きめの増幅率を考えておくのが適当であろう。

参考文献 1) Bravo, M.A., Sanchez-Sesma, F.J., and Chavez-Carcia, F.J., Ground Motion on Stratified Alluvial Deposit for Incident SH Waves, BSSA, Vol.78, No.2, pp.436-450, 1988.

2) 阪神・淡路大震災一防災研究への取り組み一、京都大学防災研究所、1996年1月

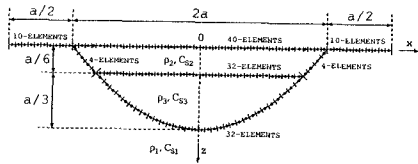


図1 2次関数形の基盤を有する2層地盤

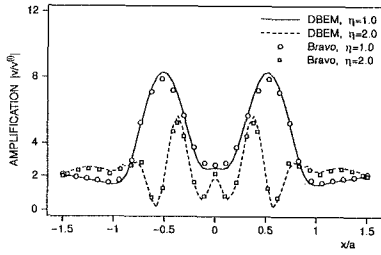


図2 BIEM と BEM による増幅率の比較

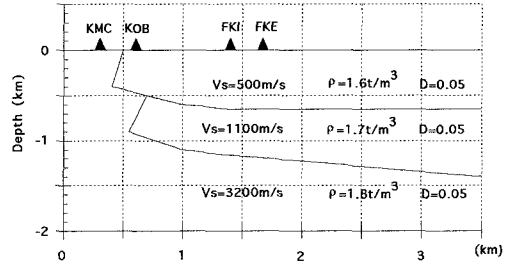


図3 東灘付近の南北方向での地盤構造のモデル

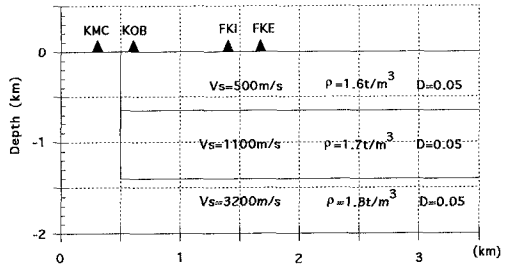


図4 図3をさらに簡略化した地盤構造モデル

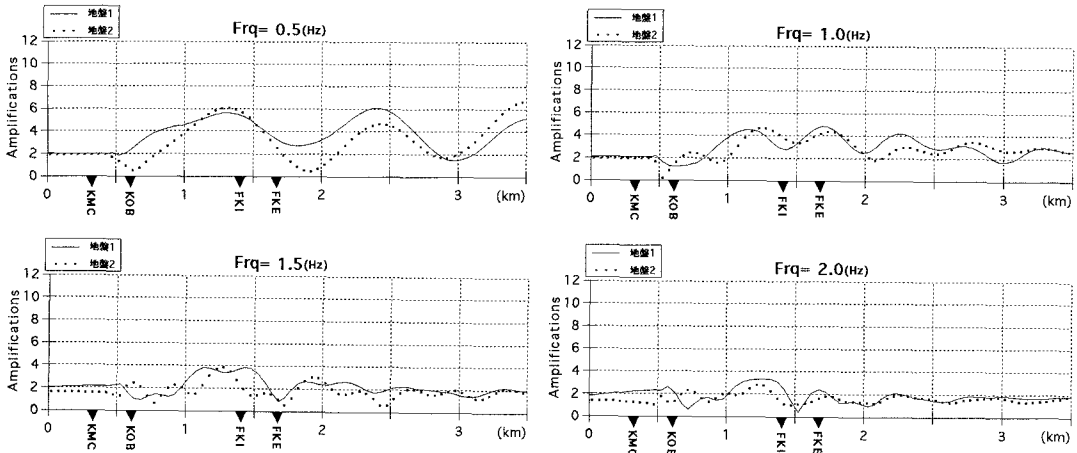


図5 各振動数毎の地盤増幅率の場所的違い

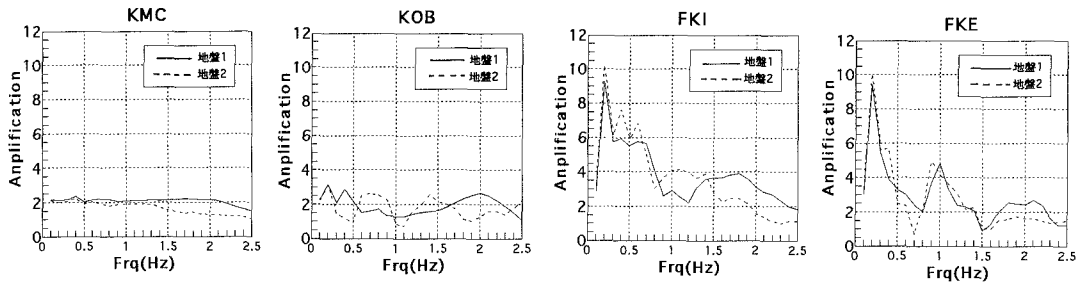


図6 4地点の振動数増幅特性