

離散化波数法を用いた三次元不整形地盤の震動特性

京大防災研究所 正員 土岐 憲三
 京大防災研究所 正員 清野 純史
 京都大学大学院 学生員 ○福井 基史

1.はじめに 従来より行われてきた不整形地盤の震動特性に関する研究は、地震動の増幅と震動継続時間の増大という定性的な特徴は表現し得たが、実際の地盤を二次元近似して解析を行っているという問題がある。そこで、本研究では三次元構造の不整形地盤に平面SH波が鉛直入射した場合の地表面での応答波形を計算する。そして、地盤内のひずみ分布特性や、地盤形状の変化による応答特性を調べる。また、従来行われてきた二次元解析の結果と3次元解析の結果を比較し、両解析手法の特徴を考察する。

2.解析手法 図-1に示したような不整形境界面を持つ三次元の地下構造の基盤層から平面SH波が鉛直入射した場合の地表面での地震動応答を計算する問題を考える。ここで、SH波とはx-z平面に対して垂直に振動する波である。具体的な解析手法としては、この地下構造がx、y方向にそれぞれ周期 L_x 、 L_y でつながっていると仮定し、三次元構造が取り扱えるように離散化波数法¹⁾を拡張した堀家²⁾の手法を用いた。本解析では、 $L_x, L_y=12.8\text{km}$ 、波の伝播速度は堆積層で $V_{s1}=1.00\text{km/sec}$ 、 $V_{p1}=1.87\text{km/sec}$ 、基盤層で $V_{s2}=1.73\text{km/sec}$ 、 $V_{p2}=3.00\text{km/sec}$ とした。また、二次元解析と三次元解析の結果を比較するために、図-1に示した三次元モデル地盤の堆積層の中心を通りy軸に垂直な断面と同形状の二次元モデル地盤での地震動応答も計算した。

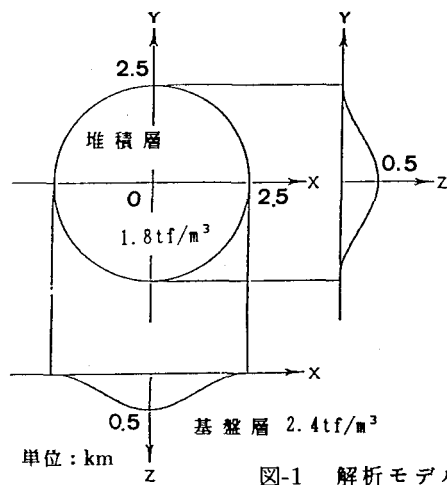


図-1 解析モデル

3.地盤形状の変化の応答への影響 地盤形状の変化による影響を考察するために、図-1のモデル地盤をy方向に2倍、4倍、8倍拡張したモデル地盤で同様の解析を行った。図-2は周波数0.5Hz、単位振幅の平面SH波に対するそれぞれのモデルでのy方向の周波数応答である。二次元解析では奥行き方向に均質な地盤と仮定して解析を行うので、三次元的には奥行きが無限長な地盤と考えられる。結果からも解析する地盤の奥行きが拡張されるほど堆積層上での応答倍率が二次元解析の結果に近くなり、本解析に用いた地盤物性値に関する限りでは、y方向に最大の展開長をもつ8倍拡張モデルが同様の結果を示している。また、震動方向に対して長い形状をとるにつれ不整形性が小さくなるために散乱波の影響も小さくなり、

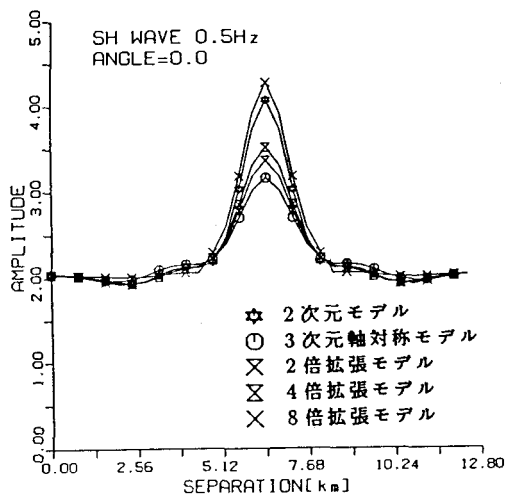


図-2 各種モデルでの応答の変化

境界面付近の堆積層上での応答倍率が小さくなっている。さらに、二次元モデル地盤と図-1に示すモデル地盤に $t_p=1.2\text{sec}$ の周波数特性を持つ平面SH波(Rickerの波)が鉛直入射したときの時刻歴応答を図-4に示す。観測点は下図に示す5点とし、二次元解析の結果には○印をつけた。同様の解析を二次元モデル地盤と2倍拡張モデル地盤について行ったものを図-5に示す。堆積層の厚い地点では波の伝播速度の影響で主要動が遅れて到達し、その後散乱波の影響で波形が基盤層に比べ大きく異なり、震動の継続がみられる。しかしどちらの図においても、二次元解析と三次元解析の応答波形は堆積層上で大きく異なっており、堆積盆地のような形状を持つ地形での震動解析には三次元モデルを用いることが望ましいことがわかる。また、同じ3次元モデルにおいても軸対称モデルと2倍拡張モデルでは後続波の継続の様子が異なる。これは、 x 方向と y 方向に不整形性の影響が大きい軸対称モデル地盤では堆積層内への散乱波の集中が、2倍拡張モデルに対して大きくなるために、散乱波が互いに打ち消し合い易くなるためと考えられる。

4. 地盤内ひずみに対する考察 地下構造物の地震時挙動は、慣性力が支配的な地上構造物とは異なり、地盤の相対変位、地盤ひずみに大きく左右され、不整形地盤においては、散乱波の影響で応答が局所的に変化する可能性があるため、その不均一な震動が地盤ひずみに及ぼす影響を明らかにすることは重要である。ここでは、軸対称モデル地盤の地下250mの y 軸方向を対象として、その軸ひずみを求める。図-6に周波数0.5Hzの単位振幅波が入射した場合の軸ひずみを示す。各点の軸ひずみは基盤中では大きな差異はないが、堆積層と基盤層の境界面との交点付近で著しく変化し、ピークをもつ。これは前述した不整形地盤内での局所的な応答の変化により、境界面付近で大きな地盤ひずみを生じるためである。

(参考文献) 1) K.Aki and K.L.Larner : Surface Motion of a Layered Medium Having an Irregular Interface Due to Incident Plane SH Waves, journal of Geophysical Research, Vol.75, pp933-954, 1970 2) 堀家正則 : 不規則境界面を有する3次元堆積盆地の地震動応答, 地震学会春期大会講演予稿集, p251, 1988

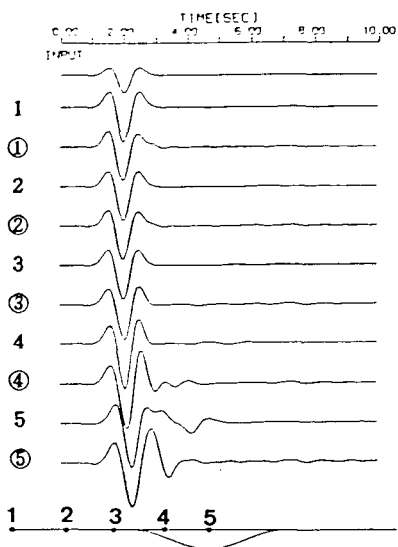


図-3 時刻歴応答の比較
(二次元モデルと軸対称モデル)

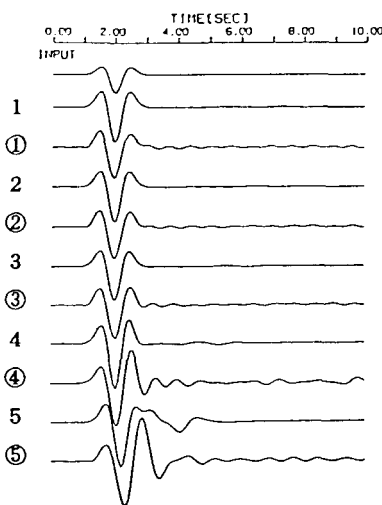


図-4 時刻歴応答の比較
(二次元モデルと2倍拡張モデル)

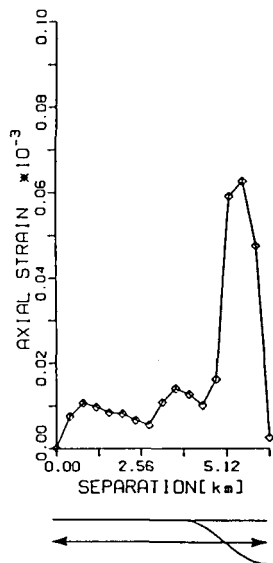


図-5 軸ひずみ分布