

鴻池組 正会員 福井基史
 京都大学工学部 正会員 澤田純男
 京都大学工学部 正会員 土岐憲三

1. はじめに

地中および地表面の地震観測記録を1次元水平成層構造を用いた解析で説明しようという試みが多くなされている。しかし、このような1次元解析では観測結果を十分に説明できない場合が少なくない。この一因として、地層境界で発生する散乱波の影響が考えられる。曲がった境界面に対して水平波数 k の平面波が入射すると、 k の他に、透過波や反射波として k 以外の水平波数を持った波(散乱波)が生じる。竹中はこの「波数カップリング」現象を数学的に表現し、曲がった境界面をもつ2次元構造地盤の震動特性を計算する手法を示した¹⁾。本研究では、この反射/透過行列法の拡張手法²⁾を用いて震動解析を行い、波動散乱が地盤震動に与える影響を調べる。

2. 散乱波動が地盤震動に与える影響

図1のように水平面内に微小な凹凸を加えた境界面を表層と基盤層で挟む。この境界面の深さは

$$z = h(x) = D - \frac{H}{2} \cos \frac{2\pi}{L} x \quad (-4L \leq x \leq 4L) \quad (1)$$

で与えられる。ここで L は凹凸1つ分の水平長、 D は境界面の平均深さ、 H は凹凸の振幅を表わしており、それぞれ $L=320\text{m}$, $D=40\text{m}$, $H=20\text{m}$ とした。

また、地盤の物理定数は図1中に示すとおりである。このようなモデル地盤に対して、下方から単位振幅の平面SH波が鉛直入射した場合(波数の水平方向成分0の場合)の地表面上の観測点2における周波数応答倍率が図2である。図中の実線は波動散乱を考慮した場合の解析結果、破線は観測点直下の地下構造に対して行った1次元解析結果である。

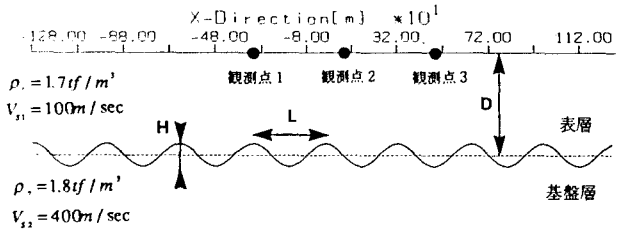


図1 解析モデル地盤と観測点

図2において、第1のピーク(図中矢印1)は0.5Hzあたりに、第2のピーク(図中矢印2)は0.8Hzあたりに現われるが、これはそれぞれ表層厚が最も厚くなる地点(観測点3)と最も薄くなる地点(観測点1)直下の地下構造に対して行った1次元解析の卓越周波数とはほぼ一致する。

この他にも1次元解析からは得られないピークが、波動散乱を考慮した解析には見られる。これは鉛直入射したにもかかわらず表層内を斜めに進行する波が存在することを示しており、1次元解析では表現できない特徴である。

また、卓越周波数における応答倍率のレベルは1次元解析ではどのモードにおいても一定である。それに対して波動散乱を考慮した場合には、約2.0Hzから4.0Hzの範囲

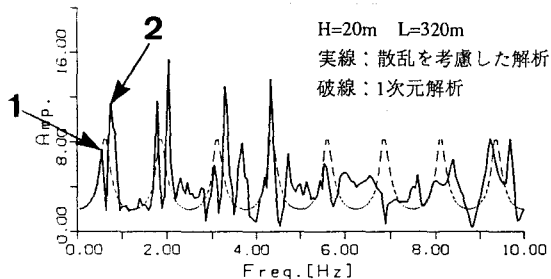


図2 観測点2における周波数応答関数

で応答のレベルが1次元解析に比べかなり大きくなっていることが確認される。そして、約5.5Hzから8.5Hzまでは明瞭なピークが確認されず、全体的に応答倍率が1次元解析に比べ小さくなっている。これは地層境界で発生した散乱波が互いに干渉しあい、振幅が増幅したり減少するために生じる現象であると考えられ、

非線形解析手法で周波数依存型の減衰定数を与えるのと同じような効果がある。

つぎに、境界形状と震動性状に与える影響を検討したものが図3および図4である。図3は水平面に加えた凹凸の振幅Hを10m,30mと変化させた場合の解析結果である。図中の実線と破線の意味するものは図2と等しい。H=20mの場合の解析結果である図2とあわせて検討すると、1次元解析に比べ応答レベルが大きく減少する領域がHの値を大きくするにつれ、低周波数域へと移っていくのが確認される。図4は凹凸1つ分の水平長Lを1280m,2560mと変えた場合の解析結果である。図2(L=320m)とあわせて検討すると、Lが大きくなり境界面が水平に近くなるにつれ、実線が破線をはほぼトレースするようになるのが分かる。しかし、いずれの場合も約5.5Hzから8.5Hzまでの領域で増幅レベルが大きく減少しており、散乱波の干渉による影響が現われている。

3.まとめ

本研究では竹中の反射/透過行列の拡張手法を用いて、地層境界における波動散乱の影響を考慮した震動解析を行った。その結果、波動の散乱現象は地表面応答に水平境界を仮定した1次元解析からは得られないピークを与えたり、周波数依存型の応答レベルの増減効果を与えることが確認された。また、これらの特徴は境界面の形状により大きく変化する。

なお今回は簡単な地盤モデルから波動散乱が地盤震動に与える影響を定性的に検討したが、今後、任意形状の地盤構成に対する解析を多く行い、2次元の反射/透過係数の値などとの関係から波動散乱の影響を定量的に検討する必要があると考えられる。

最後になりましたが、反射/透過行列法の拡張手法の開発の際にいろいろと有用な指摘を頂いた九州大学理学部の竹中博士助手に深謝致します。

参考文献

- 1: 竹中博士; 不規則成層構造における地震波動場の理論的研究,北海道大学博士論文,1990
- 2: 澤田,土岐,福井; 不規則成層構造における反射/透過行列の近似解,地震工学シンポジウム,1994(投稿中)

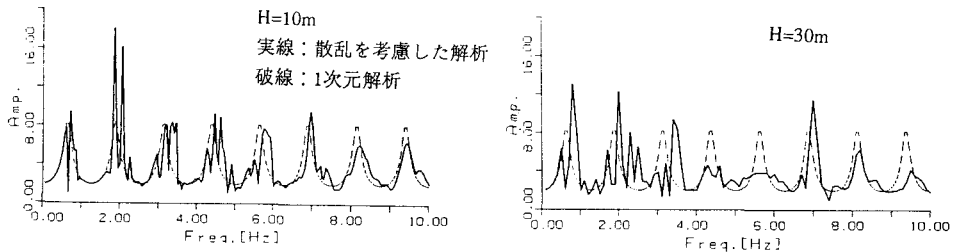


図3 境界形状が震動特性に与える影響
(凹凸の深さを変化させた場合)

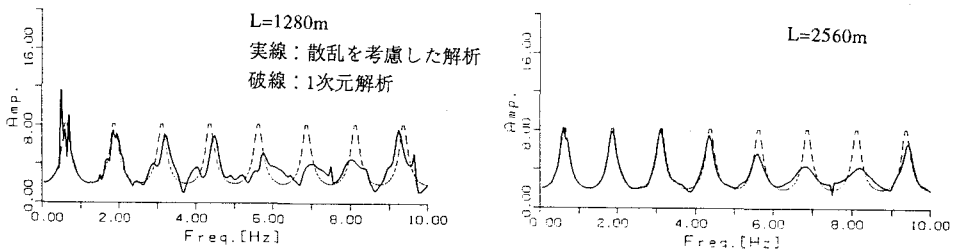


図4 境界形状が震動特性に与える影響
(凹凸の水平長を変化させた場合)