

清水建設(株)大崎研究室 正員 大槻 明

清水建設(株)大崎研究室 正員 山原 浩

1. はじめに

過去の震害例をみると、地形地質の急変する地盤、いわゆる不整形地盤に集中して大きな被害が起こることがしばしばある。この不整形地盤の地震波への影響を調べた研究は、今日に至るまで幾多の研究者によってなされて来ている。著者1)、2)、3)らも地形地質の急変する地盤におけるSV波の増幅度やその波動メカニズムを検討した。その結果、不整形地盤近傍から発生するレーリー波が大きな影響を与えることを指摘した。一方、最近の研究では強震時における表面波の重要性が叫ばれており、この表面波が不整形地盤に入力した際の挙動も十分検討する必要があるものと思われる。そこで、本研究ではすでに開発した差分と有限要素法を融合した手法4)をさらに改良し、レーリー波が軟らかい表層を持つ地盤と硬い地盤が互いに傾斜して接している地盤に入力した時の動特性や波動伝播メカニズムを調べることにする。

2. 解析モデル

図-1に示すように、軟らかい表層地盤 ($V_s=100\text{ m/s}$, $V_p=300\text{ m/s}$) と硬い地盤 ($V_s=200\text{ m/s}$, $V_p=600\text{ m/s}$) とが傾斜して接している地盤を解析する。入力波として半無限均一地盤中のレーリー波を使い地中各点の変位を求め、これを初期条件として計算を行う。

3. 傾斜地盤の波動伝播特性

図-1は、一層地盤から二層地盤にレーリー波が伝播する場合の波動伝播の様子を示す。硬質一層地盤中を伝播して来たレーリー波は、傾斜境界面に到達すると、主に二つの異なる位相速度を持つレーリー波に分かれ軟らかい表層地盤中を伝播する。これは、レーリー波の分散性によるもので、分かれた二つの波は、二層成層地盤と仮しHaskellの方法5)により解析的に求めた時の基本モード(R0)及び一次モード(R1)に一致していることが分かる。この時の振幅は、1次モードよりも基本モードが卓越している。図-2には、基本モード及び1次モードを示す。

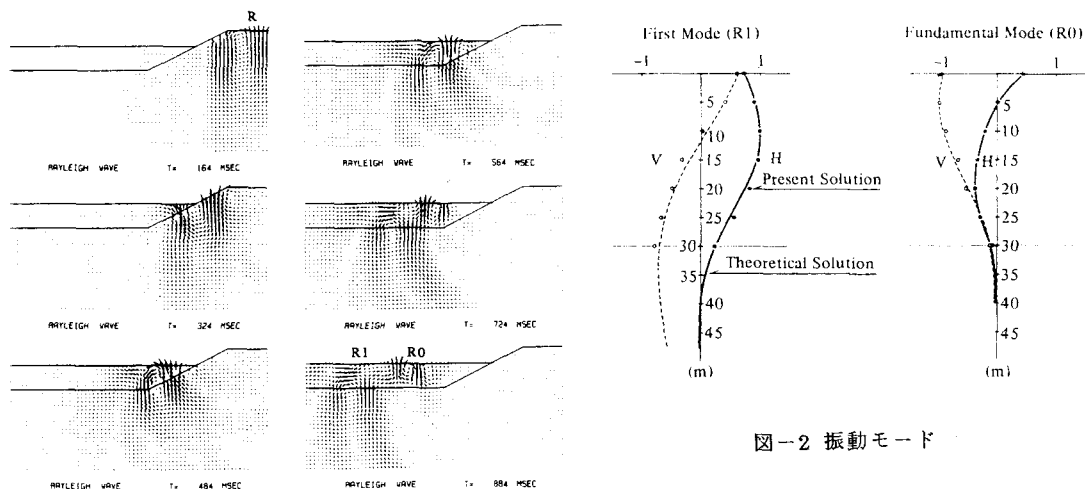


図-2 振動モード

図-1 レーリー波の波動伝播と分散性

4. 傾斜地盤の増幅度

図-3には、レーリー波が硬い一層地盤から軟らかい二層地盤に伝播する場合の地表各点の最大値をプロットした。入力波は地表での水平振幅を1とした。この時の地盤の動きを図-4に示す。レーリー波は、軟らかい表層を持つ二層地盤にはいると振幅が大きくなり、さらに、二層地盤中では伝播速度の遅い波と速い波とが重

なり合い大きな振幅が生じている。 $\lambda/h=4$ では、二層地盤地表に生じる鉛直振幅は入力波の水平振幅の2.5倍程度になっている。一方、 λ/h が2では、 λ/h が4の時に比べてかなり大きな増幅度となっており、入力波の5倍以上の値が鉛直振幅に生じている。ところで、二層成層地盤と仮定した時の群速度を調べてみると、1.6Hz付近に極小値を持っている。一方、 $\lambda/h=4(1\text{Hz})$ に比べ $\lambda/h=2(2\text{Hz})$ における群速度は、この極小値の群速度に非常に近い。このため、 λ/h が2の場合の振幅が λ/h が4に比べ大きくなったことが考えられる。斜面近傍の軟らかい表層地盤では、鉛直振幅及び水平振幅ともに卓越しているが、斜面近傍の硬い地盤では、表層地盤ほど大きな増幅は認められない。

図-5には、図-3とは逆にレーリー波が軟らかい表層を持つ二層地盤から伝播してくる場合の地表各点の最大振幅をプロットしてある。また、図-6には地盤各点の応答を示してある。なお、この時の入力波は表層地盤地表での水平振幅を1としてある。図-5を見ると、顕著な増幅は認められない。軟らかい地盤から硬い地盤に波が伝わるため、硬い地盤中の振幅は、入力波の水平振幅に対し λ/h が4では、0.7程度の増幅になっている。また、 λ/h が2では0.5から1.0程度の増幅となっている。表層地盤中の振幅は、境界面からの反射波の影響は認められるが、その量は比較的小さく、 λ/h が2の場合で入力振幅の1.5程度の増幅が認められる。

5. おわり

今回の計算では、レーリー波の入力方向が解析モデルの右側(硬い一層地盤から軟らかい二層地盤)からの方が、左側からの場合に比べ不整形地盤の影響をうけやすい傾向となった。また、地形地質が急変する地盤中のレーリー波の波動伝播メカニズムを解析的に明らかにした。

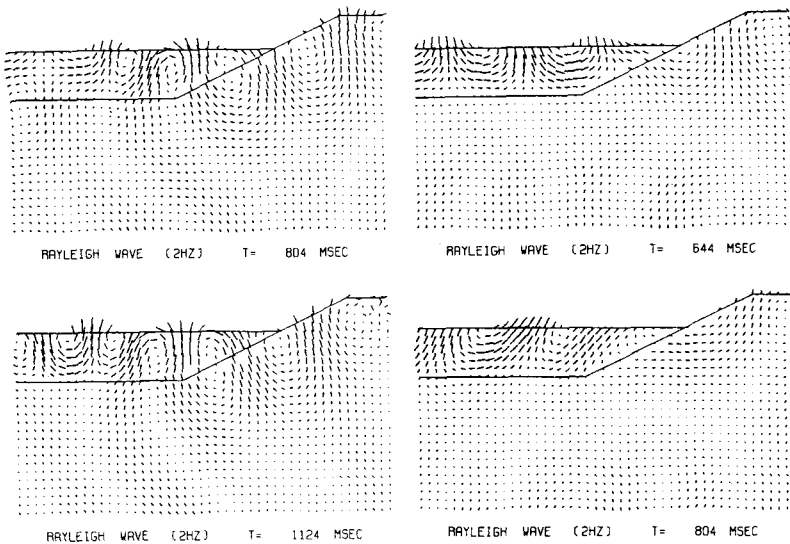


図-4 各地点の応答

参考文献

- 1) 大槻 明「SV波及びレーリー波入力に対する崖地周辺地盤の波動伝播の一考察」土木学会全国大会(1982)
- 2) A.Ohtsuki et al, 'Effect of topographies and subsurface inhomogeneities on surface motion for SV waves' 6th Japan Earth.Eng.Sym. (1982)
- 3) A.Ohtsuki et al, 'Effect of topographies and subsurface inhomogeneities on seismic SV waves', Earth.Eng. Struct.Dyn.vol11 (1983)
- 4) 大槻 明 他「波動シミュレーションによる地震時の地盤振動シミュレーション」第27回構造工学シンポジウム(1981)
- 5) N.A.Haskell, 'The dispersion of surface waves on multilayered media' B.S.S.A vol43 (1953)

図-6 各地点の応答

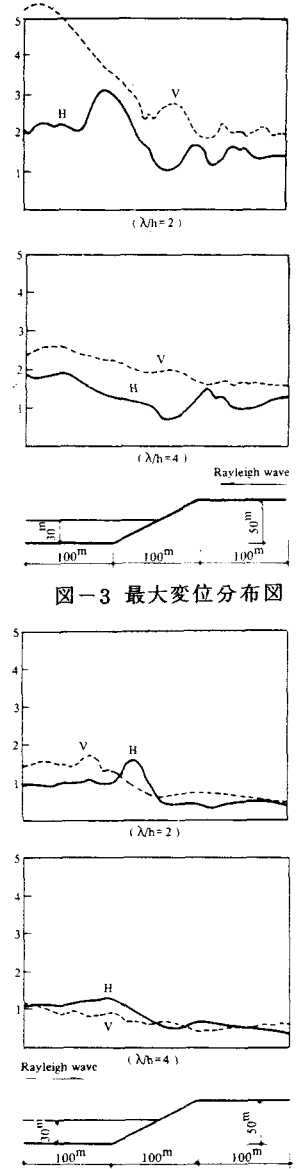


図-5 最大変位分布図