

清水建設(株) 正頁 大 槻 明

1. はじめに 崖は自由端であるため地震時に振幅が大きくなり、地震動災害が生じることが十分予想される。事実、1968年十勝沖地震における八戸市内の建造物の被害例をみると、大きな被害を受けた八戸タワー、八戸図書館、八戸市庁舎は、何れも崖地の縁に沿って平行に建っていた。この被害の特徴は、崖地の縁に直角方向に大きな振動を受けたとみられる点である。この主な原因の1つとして、地形(崖)による影響が地震動に、著しい方向性を与えたものと考えられよう。そこで、本報文では入力波の種類、振動数をパラメータにとり地震動における地形(崖)の効果を解析面から定性的に検討してみる。ここで用いる解析手法は、二次元波動方程式を有限要素法と質点系モデル(差分)とを融合した手法により定式化し、時間、空間軸に沿ってステップバイステップで数値解析を行なう方法である。

2. 半円型谷の動特性 まず、図-1に示す様に半無限地盤に半円型の地形を考えてみる。この半円型の地形に対し、SV波 $e=75, 90^\circ$ 及びレリー波が入射した時の地表各点の最大変位を求め、Wongの解と比較してみた。この解析では入力波の水平振幅を1とし、ポアソン比 $\nu=0.33$ 、 $\eta=\omega R_0/\pi\beta=0.5$ (ω は円振動数、 β は横波速度)として計算した。図-2にはSV波に対する、図-3にはレリー波に対する最大変位をプロットした。図-2,3に示す様に本手法とWongの解は良好一致をみており、本手法の有効性が認められる。また、円型谷の場合谷上端部のコーナーは一種の $1/4$ 自由端に相当するため、周辺の地盤に比べて振幅が大きくなっている。特に、レリー波の場合鉛直振幅がSV波のそれに比べて大きく、また、入射側の谷の上端部付近で振幅が大きくなる傾向が認められる。

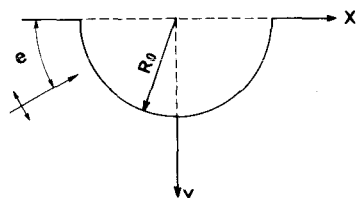


図-1 解析モデル図

3. 崖地の動特性 崖の高さ50mの均一地盤中にSV波及びレリー波が入射された時の崖による影響を調べる。まず、崖地の波動伝播機構を調べるためSV波及びレリー波のパルス波を入力させた。その結果を図-4,7に示す。図-5,6,8,9には、SV波及びレリー波の調和波形が連続して入った時の応答と地表各点の最大振幅を示す。図-4を見ると垂直入射したSV波(SV0)は、崖の斜面に入射すると斜面及び崖上端付近からレリー波(R1,R2)を発生し、その波は地表に沿って右側方に伝播している。一方、SV波は地表で反射し、SV1, SV2波が生じている。SV波が連続して入射された場合、図-5に示す様にレリー波(R1,R2)とSV波(SV0)とが合成さうずまき状の波となり崖背後の地盤中を伝わっている。このため図-6をみて分かる様に水平振幅は入力振動数が高くなると、崖端から離れた場所でも周期的に振幅が大きくなっている。水平振幅は崖上端部付近で最大値を取り、崖下付近で最小値を取る傾向がある。一方鉛直振幅は斜面上で最大値を取り、振動数が高い場合($\eta/\beta=2$)には崖背後の地盤でも振幅が大きくなっている。図-7を見ると右側から伝播して来たレリー波は斜面に入射すると、

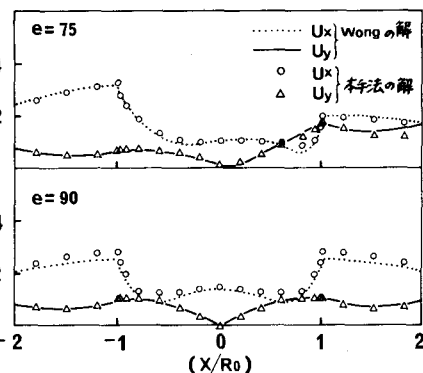


図-2 地表各点の最大変位振幅 (SV波入力)

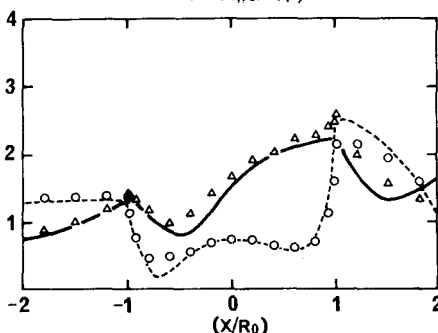


図-3 地表各点の最大変位振幅 (レリー波入力)

反射レーリー波(R1)とそのままだるレーリー波(R2)が生じている。また斜面上端部のコーナーからは実体波(SV1)が発生している。斜面下端部コーナーより生じたレーリー波(R3)は地表に沿って左側に伝播している。レーリー波が崖地に入ると、特に崖地上端部付近の応答は大きくなる傾向が認められ、また水平動と同程度の鉛直動が生じている。図-6に示すSV波の変位分布は自然地盤地表の水平変位を2として、図-9に示すレーリー波の変位分布は、地表の水平変位を1としてある。このことを考慮に入れて両者を比較して見ると、崖上端部付近ではレーリー波による水平、鉛直振幅は、SV波のそれに比べてかなり大きいことが分かる。以上崖地盤では上下動を伴った水平動が顕著であり、その振幅は崖の高さと入力波長との比によっては、かなり大きくなることがわかる。特に崖背後からのレーリー波に対しては、崖地の振幅は相当大きくなる傾向が認められる。地震時に崖上端部付近の振動が大きくなることが解析的に確認された。

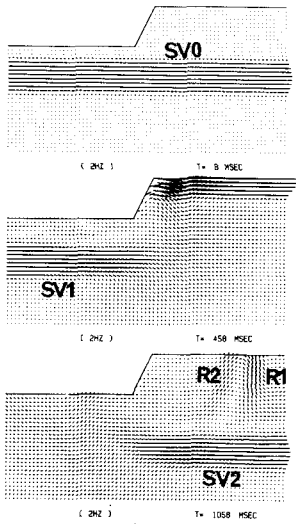


図-4 SV波入力に対する波動伝播パターン

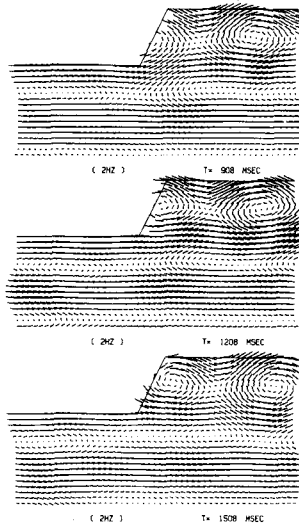


図-5 応答変位分布図(SV波)

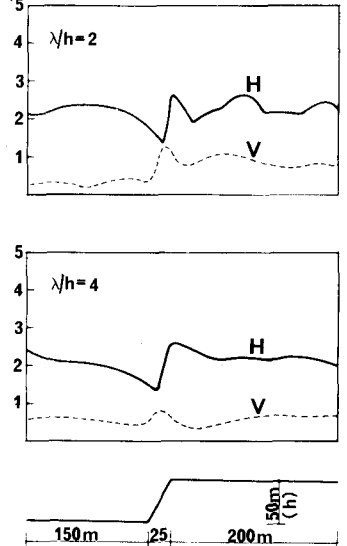


図-6 地表各点の最大変位振幅(SV波)

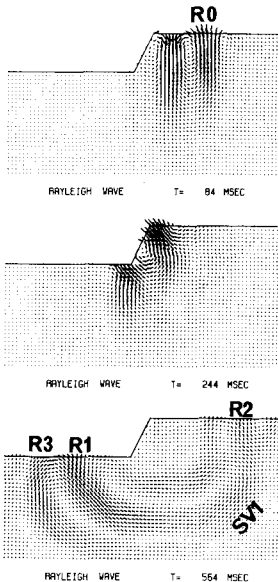


図-7 レーリー波入力に対する波動伝播パターン

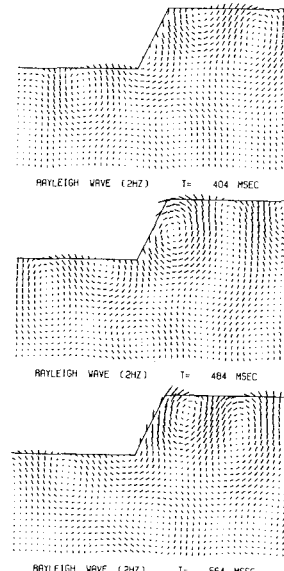


図-8 応答変位分布図(レーリー波)

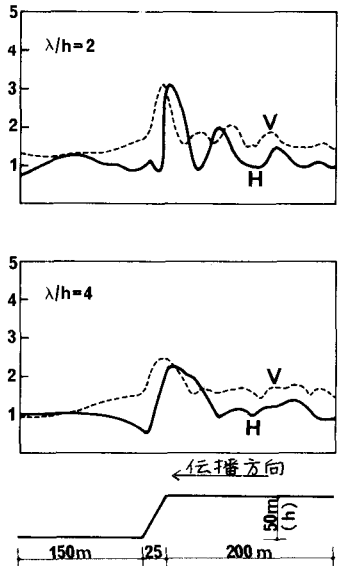


図-9 地表各点の最大変位振幅(レーリー波)

文献1) 大槻春海他「波動論的考察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 PP.67~76 (1981)