

1. まえがき 鉄道・道路交通および工場等から伝播してくる振動の軽減対策を問題とすると、空溝の有効性がしばしば指摘されるが、空溝での伝播特性および遮断効果の基本的な性状は十分に解明されていない。本報告では、半無限弾性体の地表に空溝を設置したモデルでの振動遮断特性を数値実験で検討した結果を紹介する。

2. 数値実験の概要 溝での振動遮断では、溝の深さとレイリ波波長の比 $D (=d/\lambda)$ が重要なパラメータであるが、振動源近傍での弾性波の発生・伝播および道路交通振動問題での溝の設置点等を考えると、振動源と溝の距離 $X (=x/\lambda)$ も無視できないパラメータである。

図1は計算モデルの概要と地盤の諸量および変数を示す。 X は λ から/間隔で4まで、 D は λ からの X に対し 0.1 から 0.1/間隔で 0.8 まで変化させた計算を行った。計算モデルは二次元で、振動源は単一自動車走行の後輪で発生する波形に近似した単位振幅の正弦波一波とし、地盤は振動源に対し軸対称と

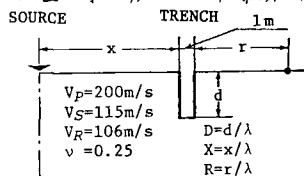


図1 モデルの概要と各変数の定義

した。なお、地表面を伝播するレイリ波波長はほぼ 10 m である。

したが、て、振動源も溝も線状に無限に存在し、溝側方からの回折はなく、地表を伝播するレイリ波の幾何減衰はない。また、内部減衰は考慮していない。得られる波形は変位成分であり、計算法の詳細は文献(1)を参照したい。

3. 伝播特性 X が変化すると、各弾性波が溝に到達する時間に差が生じるため、溝への入射および溝後方への透過波形は変化する。ここでは、溝の深さを一定 ($D = 0.6$) とし、 X を変化させた時の透過波の振動波形と振動軌跡から伝播特性を解明した。

i) 振動波形 図2, 3は溝が $X=1$, 3に存在するときの、溝後方 5 m から 35 m 間隔の透過波形を示す。上下動成分に注目した P 波、レイリ波の位相上に下向、上向の矢印を、上下動・水平動成分の最大振幅値にマル、三角印をそれぞれ付してある。縦軸は $r=5\text{ m}$ ($R=0.5$) の上下動成分の最大振幅の大きさにし、ている。

図2では各位相が接近しているため波形は複雑であるが、図3のように X が大きくなると各位相は分離した波形は単純になる。

これらの結果は、 X が小さいと P 波とレイリ波 (あるいは S 波) がほぼ同時に溝に入射し、 X が大きいと二つの波動が分離した溝に入射することを、さらに溝に入射したそれぞれの波動から P 波とレイリ波が伝播することを示している。

ii) 振動軌跡 図4は $D = 0.6$ とし X を変化させた時の透過波の振動軌跡の距離変化を示す。軸の大きさは上下動・水平動成分の最大振幅値になっており、振幅は相互に比較できない。図中の矢印は回転方向を示し、 $X=1, 3$ に付したマルと三角印は図2, 3に対応する。

$X=1$ では、波の伝播方向に振動する P 波成分が顕著であるが、

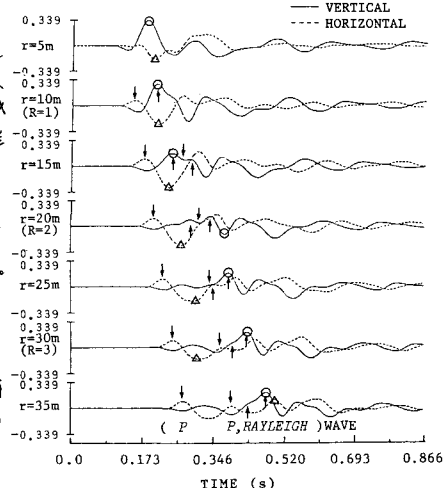


図2 透過波形 ($X=1, D=0.6$)

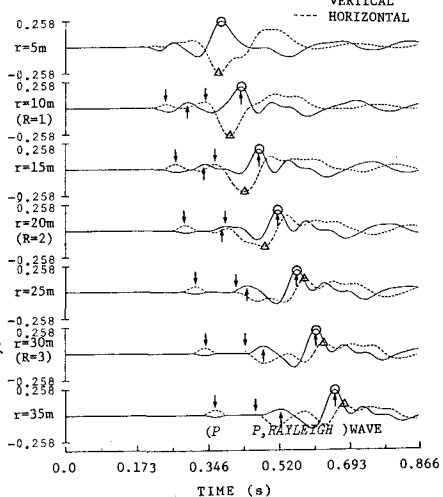


図3 透過波形 ($X=3, D=0.6$)

$R \geq 3$ になると反時計回りに回転するレイリ波成分が優勢になる。 X が 3 以上の場合、 $R \leq 2$ では各振動の位相の交差が生じ振動軌跡は複雑で波動タイプを判別するのは困難であるが、 $R \geq 3$ ではレイリ波成分が顕著である。

したがって、振動源と溝の距離がレイリ波波長の 3 倍以上離れると透過波は一定となるが、これより近くなると距離とともに透過波は変化するため、遮断効果を問題にすると X の大きさにも注意すべきである。

4. 振幅特性 図 5 は $X=3$ 、 $D=0.6$ (図 3 参照) での上下動・水平動成分の最大振幅値の溝からの距離変化を示す。上下動成分の振幅の距離変化は小さいが水平動成分の振幅は $R \leq 2.5$ までは距離とともに減衰し、 $R \geq 3$ になるとほぼ一定となる。この性状は波形に示した最大振幅値の位相を考慮すると明らかで、上下動・水平動成分とも同一レイリ波の位相上に最大振幅が存在すると振幅は一定となる。したがって、図 5 のように X が小さいと、波形から見て図 5 の振幅特性より複雑となり、遮断特性も変化するのである。

5. 遮断効果 溝がある場合とない場合の振幅比 (透過率; T) を用いて、溝での遮断効果は評価される。

透過率は溝からの距離で変化する (図 5 参照) が、上下動・水平動成分ともに最大振幅が同一レイリ波の位相上に存在すると一定となる。この条件を満たすところでの透過率を用いて、溝の深さと遮断効果の関係を求めた。

図 6 は $X=3$ での上下動・水平動成分の透過率と溝の深さの関係を示す。図中には最小二乗法で求めた回帰式も合わせて示してある。この式は $0.1 \leq D \leq 0.8$ の範囲での透過率と溝の深さの関係をよく近似している。

ところで、 X が小さいとき透過率と溝の深さの関係がやや異なる結果を得ており、さらに系統的な検討が必要である。

5. あとがき 空溝での振動遮断では溝の深さ (D) が重要なパラメータであり、遮断効果は D を用いて定量的に評価できるが、振動源と溝の距離 (X) がレイリ波波長の 2 倍以下では遮断効果に変化する可能性があり、無視できないパラメータとなる。今後、この点を含め、実地盤での問題について数値実験を行い、遮断効果の定量的な検討を考えている。

〔参考文献〕 1) 大保・片山, 弾性波の発生・伝播に関する計算手法の比較, 生産研究, 32-12, 1980, 2) 大保・片山, 溝を介して伝播する弾性波の性質, 生産研究, 33-3, 1981, 3) 大保・片山, 溝による弾性波の遮断効果, 生産研究, 33-5, 1981

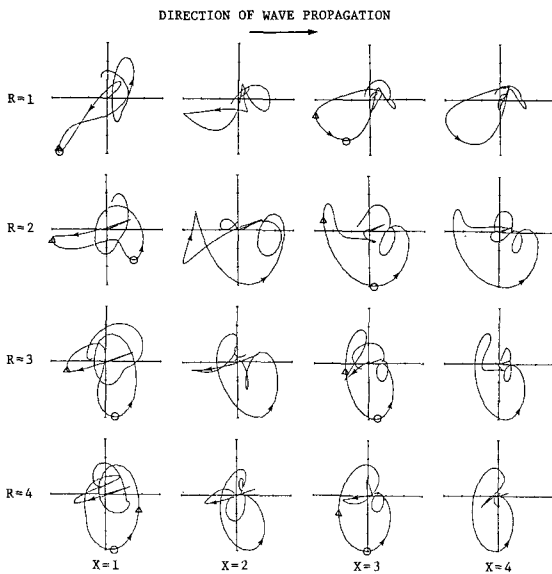


図 4 地表面での振動軌跡 ($D=0.6$)

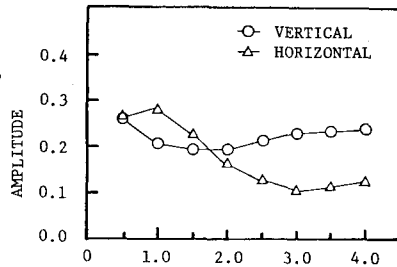


図 5 最大振幅の距離変化 ($X=3, D=0.6$)

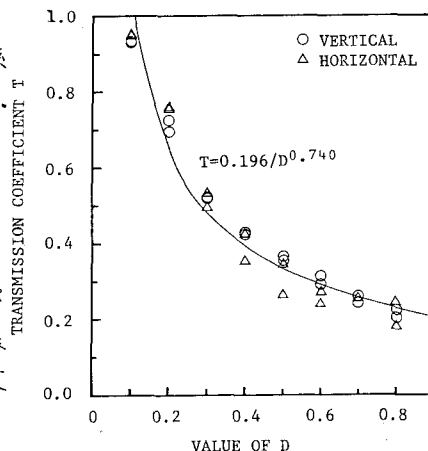


図 6 透過率と溝の深さの関係 ($X=3$)