

東京大学生産技術研究所 正員 大保 直人

1. まえがき 交通振動の発生原因の一つは路面の凹凸があり、この凹凸をなくすることは交通振動軽減対策の一つでもある。ところで、実際の道路路面で凹凸が連続的に存在している場合、これで発生した波形の伝播特性を解明することは、交通振動予測・防除では重要な意味をもつと考えられる。

路面の凹凸として、人工段差を連続的に設置した自動車走行実験を行ない、地盤の物理定数で決定される表面波の理論分散特性と実験から得られた深さ方向振動特性、および波群の伝播特性とを比較・検討した結果について、報告する。

2. 実験概要 交通振動の伝播特性を明らかにする場合、地表・地中に多数の測点を配置し、伝播特性の時・空間の特性を十分に検討する必要がある。

実験は東京大学生産技術研究所の千葉実験所内で行った。図-1は地表・地中の測点配置図を示す。上は振動源と地表測点の平面図で、点線はそれぞれの振動源から測点9までの地表伝播経路を示し、下は地中部の測点を示した振動源Dと測点9の断面図である。地中部の測点は実験前に行った地質調査結果を基にして設定した。地質調査による地質構造は表層下5.7mまでローム層、その下2.7mは砂質粘土層で、その下は細砂層であり、地盤の物理定数は二層として図-2に示した。この地盤定数を用いて計算した表面波(Rayleigh波)の理論分散曲線を図-3に示した。

振動源として、トラック・パンを20・40・50・60k/Hで走行させた。観測は地表8成分、地中4成分の同時12成分で、主に上下・水平動の連環振動波形を測定した。なお、地表・地中で用いた地震計の特性は異なるが、総合同波数特性はほぼ同一である。

3. 地中部における減衰特性 地中部での振幅・位相特性を把握することは、波動タイプを解明するのに重要な情報を与える。

解析には一つのボーリング孔内で、地中同時4点観測で得られた波形を用いた。測点3、5のボーリング孔内で得られた最大速度振幅値には、車種・車速の違いにより振幅値にバラツキが生じる。このバラツキを補正するために、同一ボーリング孔内での振幅値の和を単位に基準化した量を用いて、振幅の分布状態を明らかにした。一例として、振動源A~Dで発生した波形の測点3における振幅の分布を図-4に示す。振幅分布の傾向は測点3、5とともに車種・車速にかかわらず同一の傾向を示している。振幅分布図の傾向をみると、エネルギーは地表付近に集中し、振幅は深さとともに指数関数的に減少しており、定性的には表面波の特性がみられる。

表面波特性について、理論的な裏付けを行なうために、同波数成分別の振幅・位相特性に関して検討を行った。用いた波形は、振動源Dで発生し、測点5(距離20m)で得られた上下動成分で、その波形の卓越同波数に相当する14Hz成分をデジタル・バンドパス・フィルターを用いて、取り出した波形を図-5に示す。これで、上二つは表層内(深さ0, 3m)下二つは下層内(深さ7, 10m)に位置している。波形から、波面が地

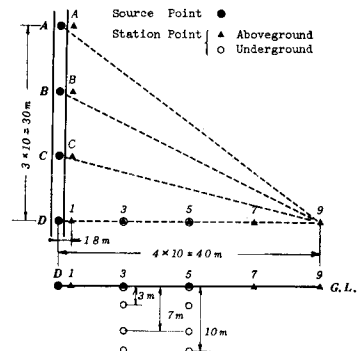


図-1. 測点配置図

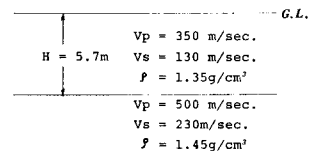


図-2. 地盤の物理定数

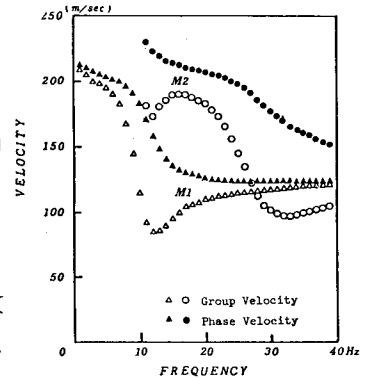


図-3. Rayleigh波の理論分散曲線

表面に対して垂直であり、振幅は深さと共に減少している傾向がある。図-6は実験と表面波理論より求めた深さ方向振幅分布を示している。この図で実験値で示してあるのは観測波形の最大振幅値(▲印)と1/4波の振幅値(●印)である。最大振幅値と卓越周波数が示す振幅分布に同一の傾向がみられる。また、理論的に求めた表面波(Rayleigh波)の振幅分布とよい一致が認められており、定量的にも表面波特性が明らかになった。

4. 波群の伝播特性 それぞれの振動源(A~D)で発生した波群を測点3~9で観測し、その波群から位相速度を求めるとともに、地盤の物理定数から波線理論、表面波理論を用いて伝播特性を検討した。表-1は各振動源で発生し、伝播した波群の山・谷走時時間を読み取り、走時曲線より得られたそれぞれの振動源に対する位相速度、波群の卓越周波数および位相速度の平均値を示している。カッコの値はRayleigh波の理論分散曲線(図-3参照)で、卓越周波数の1次モード(M_1)と2次モード(M_2)の位相速度を示す。実験で得られた位相速度(C_1, C_2)と理論分散曲線で求まる位相速度(M_1, M_2)がよく一致している。これは波群の位相特性が表面波の分散特性を示しているものと考えられる。ところで、地盤は成層構造をなすため、表面波は一般に分散性を示し、波群をなす群速度で伝播する。そこで、トラックが人工段差通過時に発生した波群の包絡線を二等辺三角形とし、理論分散曲線から決定される群速度で伝播する時間と実測波群の伝播時間との対応を調べた。その一例を図-7に示す。ここでは、幹線道路の一般的な速度とみなせる50km/h走行実験で得られた波形と後輪の群速度伝播位置、および表-1の位相速度での伝播位置を示している。

なお、図中の下段のA~Dは振動源、その上段の C_2, C_1 は山谷走時曲線より得られた位相速度、 M_2, M_1 は理論分散曲線の群速度での伝播を示している。交通振動波群の伝播速度は波群の卓越周波数の示す理論分散曲線の群速度によく一致している。つまり、実験で得られた波群の伝播特性は表面波理論でその特性を十分説明できることが明らかになった。

5. あとがき ここでは、地中部の振動特性から波動タイプを決定しているが、今後振動軌跡を系統的に解析し、波動タイプの解明を進めたいと考えている。

本実験の一部は昭和54年度文部省科学研究費(代表・久保慶三郎)により実施したものである。なお、実験に際し、東大生研・佐藤暢彦助手に多大な協力を受けた。ここに記して深甚なる謝意を表する。

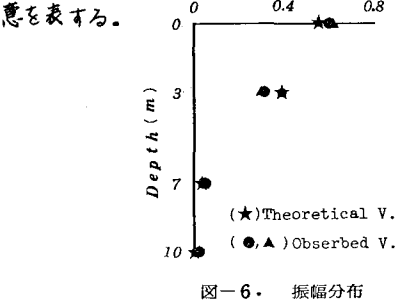


図-6. 振幅分布

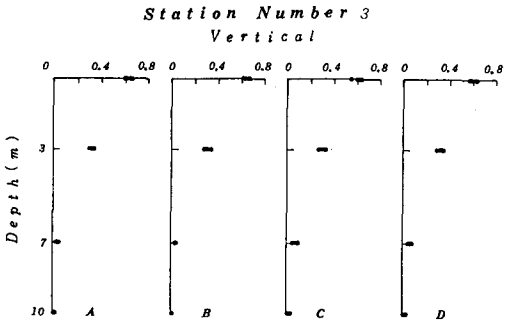


図-4. 振幅分布

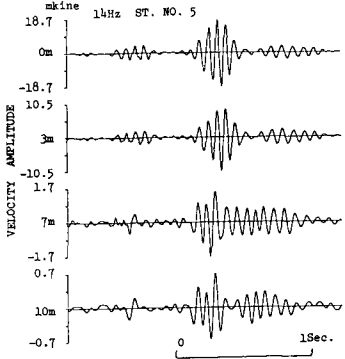


図-5. 深さ方向同時波形

表-1. 位相速度

		Source Point			
		A	B	C	D
Phase Velocity (m/Sec.)	C1	114	150	123	125
	C2	220	203	214	250
Frequency (Hz)		13.2	12.8	12.5	13.2

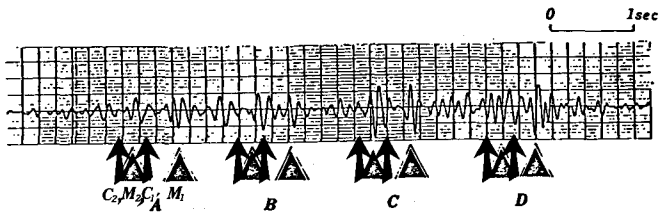


図-7. 伝播特性 50km/h