

東京大学生産技術研究所 正員 大保 直人

同 上 正員 片山 恒雄

同 上 正員 久保慶三郎

1. まえがき 自動車走行により路面で発生した振動が近傍地盤の地表・地中に伝播する状態に関する測定結果はすでに報告^{(1),(2),(3)}してある。今回は試験車の通過で発生した波形の伝播特性をより詳細に検討するため、盛土部と原地盤の境界付近を中心に密に配置した測点により測定した結果について報告する。

2. 測定の概要 実験地は新東京国際空港線の成田インターと国際空港間の未供用部分である。図-1に測点配置を示したが、測線は実験地の地形的な条件により、道路軸に対し約50度の傾きを持っている。実験地付近の地質構造を推定できるボーリング資料が1本しかなかったため、測線上の④、⑤2点でボーリングを行い、さらに④点でS波検層を行った。原地盤の地表から約7~8mは沖積世の未固結堆積物(有機物を含んだ細砂シルトまたは腐植土)でS波速度は地表から5~6mまでが40%と極めて遅く、

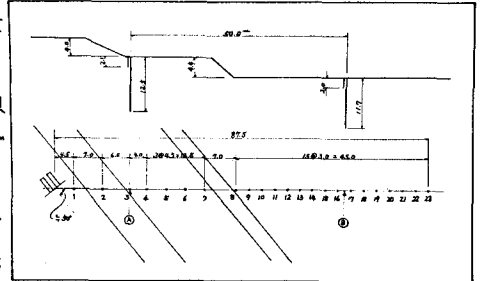


図1 測定の配置(測線は道路軸に対して約50°傾き、④⑤にはそれぞれ2ヶ所地質調査済み)

その下1~2mでも65%である。この軟弱な沖積層の下にはN値が50以上の未固結砂層(成田層の上位砂層)が現われており、S波速度は200%である。この道路々面上にすりつけの長さ0.9mを有する高さ4.8cm、長さ3.8m、幅0.9mの板を取りつけ、これを段差とした。試験車(大型バス)は車速20km/h、60km/hで段差上り・下り方向にそれぞれ3回づつ通過させ、この時発生した波を測定した。換振器は固有周期2秒の速度型のもので、水平動12個上下動6個を使用し、水平動では12成分、上下動では6成分同時観測を行った。測定方向は上下、水平(測線直角、測線)方向で行った。地表での三成分観測、地中での三成分観測も実施した。

3. 速度振幅の大きさに関する特性 今回の測定において試験車の前輪、後輪が段差を上り・下り方向に通過した際、3~4波の明瞭な波形群が発生し、この波形群は伝播過程においてもかなり明瞭に識別できる。それぞれの測点で得られた波形群の振動振幅の大きさを読み取り、上下と測線方向の距離減衰曲線を作成した(図-2)。矢印で示した2つの測点のうち、測点7は国道295号線(建設中)の盛土の路肩に位置しており、測点11は法尻から約9m離れた原地盤上である。上下方向振動は段差上り・下りともに同じような傾向の減衰を示すが、測点8~11では距離が遠くなる、ているにもかかわらず大きな振幅となっている。測線方向振動では測点1の振動振幅が極端に小さな値を示しているが、これは換振器を他の測点(地盤上)とは違って舗装面上に設置したためと考えられる。また測線方向も、上下方向と同様に距離による減衰と、測点7~11にかけての振幅の増大がみられ、測点9には明瞭なピークが

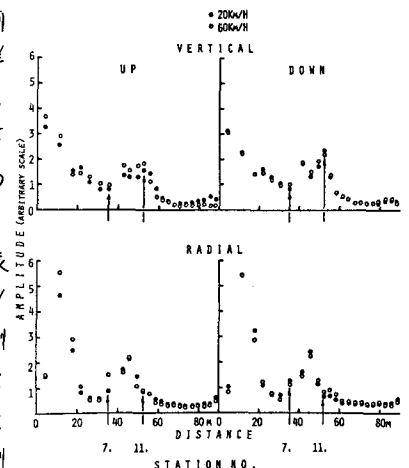


図-2 距離減衰曲線

認められる。盛土と原地盤の境界にあたる測点8~11において振動振幅が増大する原因は地表層の速度構造が測線方向に異なっていることによるものと思われる。測定結果から推定された速度構造によると盛土部(測点1~7)と原地盤(測点11以遠)で地表層の速度に極端な違いが認められる。すなわち、盛土部では約120%, 原地盤約40%であり、この原因は盛土にともなう地盤改良によるものと考えられる。測定波形を詳細に検討し

た結果によっても、地盤の鉛直方向の速度構造（特に S 波速度が200%以上となる洪積層の存在）による伝播経路の異なる振動の重なり合いによって、振幅の異常を説明することはできなかった。現在のところ、定性的説明が得られているにすぎないが、今回の測定結果にみられた減衰曲線の異常な凸部は、盛土と原地盤における地盤インピーダンスの違いによるものと考えるのが妥当であろう。

4. フーリエスペクトルによる周波数特性 試験車の20%走行に際して測点1（段差中心から4.5m）で得られた上下方向記録を図-3に示す。前・後輪の段差通過に伴ってそれぞれ3~4波の明瞭な波形が発生しており、全体の経路時間が約2.5秒であることがわかる。フーリエスペクトルは試験車が段差通過で発生した波形部分から求める必要がある。それぞれの測点からこの波形部分を抜き出すには、伝播による時間遅れを考慮しなければならない。しかし今回の解析では測点1で前輪の通過で発生した波の直前を基準にし、測点23で後輪で発生した波の最後の部分が収まるようにデータ長を決めた。A-D変換は5~25%のバンドパスフィルターをかけて実施した。データの読み取り間隔は0.005秒、データ個数は1024個、データ長は5.12秒であり、フーリエスペクトルの計算にはFFTを用いた。ここでは試験車速度20%、上下方向成分の結果のみを示す。図-4は4つの測点における段差上り・下りの波形のフーリエスペクトルを示したものである。これらの図の縦軸は同一スケールとなっており、互に振幅の大小を比較することができる。測点は高速道路の路肩、法尻（1, 3）、国道2号線の路肩（7）、および原地盤（11）である。測点1では

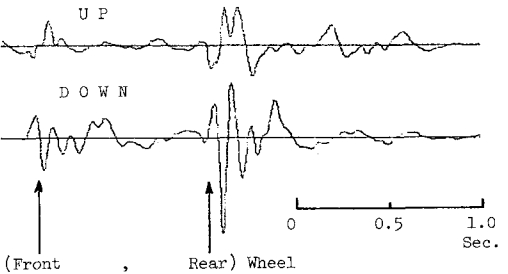


図-3 波形

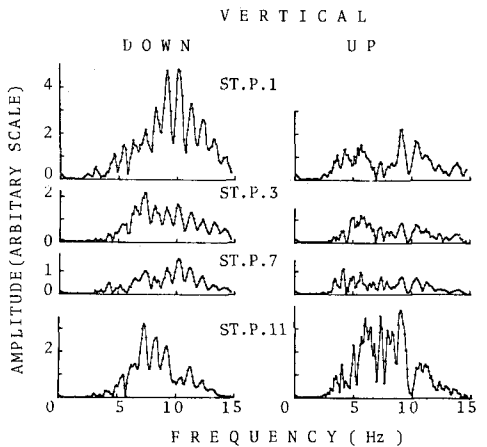


図-4 フーリエスペクトル

上り・下りともに9.0および10.5%に卓越がみられる。これらの周波数では下りが上りの約2倍の振幅を示している。別の解析結果によれば車速が60%になった場合は、下り方向で振幅の大きさはほとんど変化しないが、上り方向ではかなり大きくなるが示される。下り方向での周波数特性は9.0~10.5%を山に17両端で小さくなっており、波形が単純な成分波しか含まないが、上り方向では4.0~10.5%にわたって同程度の振幅であり、多くの成分波を含んだ複雑な波形であることを示唆している。これは下り方向では段差からの車輪落下が波の発生要因であり、上りでは段差に車輪が衝突することによって波が発生することを考えれば妥当である。測点1~7までは、上り・下りともどの周波数においても距離による減衰が見られるが、10%以下の成分波は測点11で再び増大している。例えば10.5%付近の振幅は測点11でもほとんど増大していないが、9.0%付近あるいはそれ以下では著しい増大がみられる。この9.0%付近の振幅の変化は図-2の減衰曲線の傾向と一致している。盛土と原地盤の境界付近での地盤インピーダンスの違いによって、伝播振動の卓越周波数も変化しているものと推測される。

5. 謝辞 本実験は日本道路公団試験所より東京大学生産技術研究所に委託されたものであり、研究全般の遂行に関しては日本道路公団試験所交通環境試験室の方々に、資料に関しては日本道路公団東京第一建設局市川工務事務所の方々に多大な御協力をいただいた。記して深甚なる謝意を表する。

(参考文献) (1) 久保片山北村、自動車走行による地盤振動特性に関する研究 第30回年次学術講演会概要集 IV-62 (2) 北村、久保片山 地表、地中の同時測定による交通振動の伝播特性 第31回年次学術講演会概要集 I-272 (3) 佐藤久保片山 2次元スペクトルによる交通振動の解析 同上 I-307