

東京都交通局 正会員 古田 勝
 東京都立大学 正会員 長嶋文雄
 東京都立大学 学 秋好賢治

1. はじめに

筆者等は数年来、地下鉄の列車走行に伴う地表部の上下方向振動レベル（VL：人体感覚補正をした加速度レベル）の予測手法に関する検討を行っている¹⁾²⁾。

本報告はその一環として、図1に示すような軟弱地盤（N値、0～9）に敷設した単線シールドトンネルに対してトンネル内と地表を換気所を利用して延長コードで結び、上下方向加速度を同時測定し、検討を加えたものである。軟弱地盤での測定は過去に数例あったに過ぎず、必ずしも充分な検討がなされたとは言えない。軟弱地盤内を高周波振動がどのように伝播するのには興味深い問題であり、これを解明するために同時記録による方法を取った。尚、測定地点のVLは50dB以下で、人体には感じられない程度の低レベル振動であり、振動問題が生じているような箇所ではない。

2. 振動測定及び解析方法

振動測定は、都営地下鉄新宿線Kシールドトンネル（RCセグメント、二次覆工コンクリート厚250mm、50Nロングレール区間、コンクリート道床、50t/cm軌道パット）において、図1に示すようなトンネル内3点、地上5点で行い、これらを同時記録した。また、この記録を1/1500秒刻みでA/D変換し、スペクトル解析等を行うことにした。

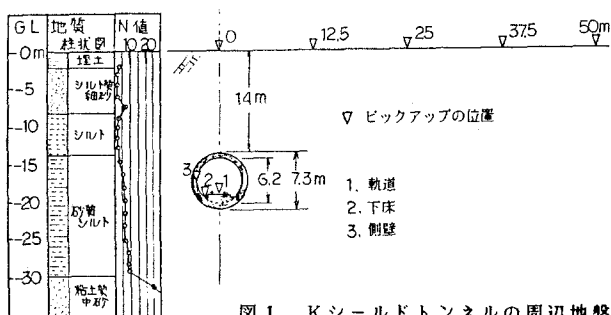


図1 Kシールドトンネルの周辺地盤及び振動測定位置

3. 振動測定結果

列車振動実態調査に先立ち、トンネル下床（インポート）上に、約100kgfのおもりを15cmの高さから落下させて衝撃を与え、波動の伝播速度（図2）及び地盤の諸係数を求めた。伝播速度はシールド直上（0m）と他の地点では多少異なり、またP波速度は水中における伝播速度（1.5km/sec）に近い値を示している。

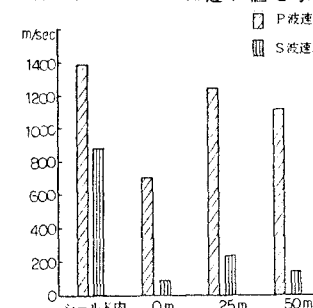


図2 波動の伝播速度

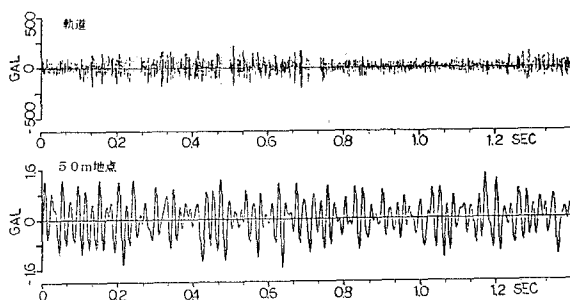


図3 列車走行時の振動波形

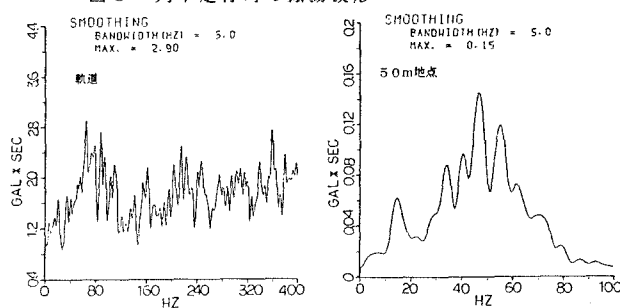


図4 軌道及び50m地点のフーリエスペクトル

これは地下水の影響と、部分的に地盤が不均質であったためであると思われる。S波速度は150 m/sec程度である。

列車走行時の測定波形例を図3に、フーリエスペクトルを図4、またそのランニングスペクトルを図5に示す。軌道振動は60~90 Hz付近に部分的にピークがあるものの、広い周波数帯に対してほぼ一様に分布しており、ホワイトノイズ状の周波数特性を有する。ランニングスペクトルの様子から、これらの振動は確率的にかなり定常性が強いと言える。

図6、7はそれぞれ下床の振動と地表の振動の相互相関とクロススペクトルの例を示したものである。相互相関の位相差から主要な波の伝播速度が、またクロススペクトルから、その周波数を読取ることができる。主要波の伝播速度は350~900 m/secで、周波数は40~60 Hz程度である。これから単純に主要波の波長を計算すると、最も遅い波で、7 m前後となる。

図8は0、25、50 m地点において計測された地盤の周波数応答倍率を示したものである。50 m隔たった所でも、高周波の応答倍率が多少低いものの、0 m地点のものと酷似しており、距離減衰が小さいことを示している。

図9は振動レベル値を示したもので、振動加速度レベル(VAL)も併記した。ほぼ同条件のシールドで、地盤の比較的良好な文献2)の場合と比較した結果、軌道振動に対する地表振動レベルの低下傾向は同程度または地盤が軟弱である場合の方が僅かながら減衰が大きかった。

4. おわりに

軟弱地盤は東京近郊の比較的良好な地盤に比べて、僅かではあるがVLが低くなるようであり、また伝播距離に対する減衰は緩慢であるという結果が得られた。さらに、地下水の影響も無視できないことが判った。ただし、VLの傾向については異なった報告例もあるので、今後これらの点について検討したい。

参考文献：1)古田,長嶋,伊藤;列車走行に伴う地下鉄トンネル周辺地盤の振動特性,第38回年次講義集,1-48。

2)古田,高橋,長嶋,伊藤;列車走行に伴うシールドトンネル周辺地盤の振動特性,第39回年次講義集,IV-47。

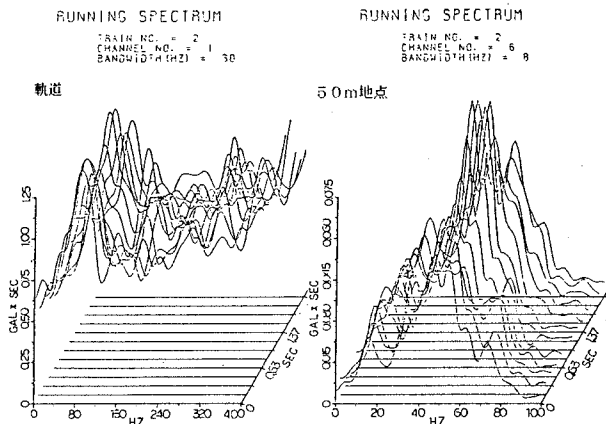


図5 軌道及び50 m地点のランニングスペクトル

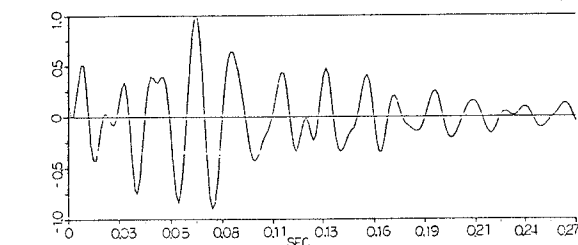


図6 相互相関(下床-0 m地点)

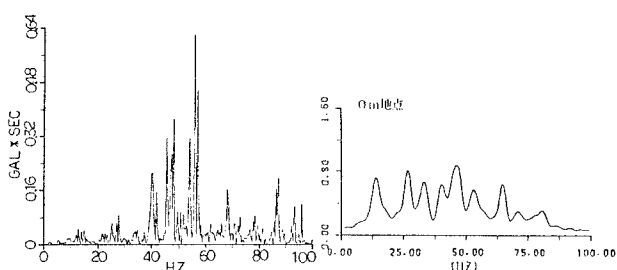


図7 クロススペクトル

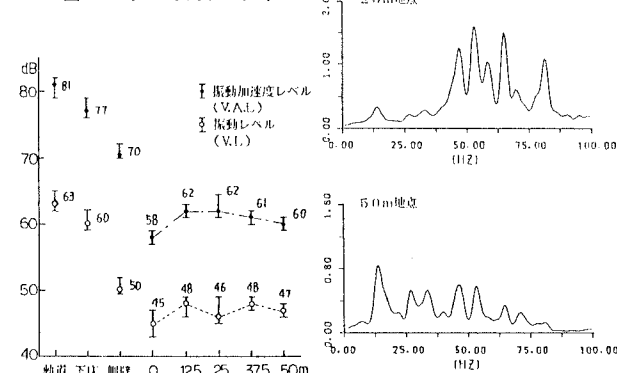


図9 各測点のVL、VAL 図8 側壁に対する各点の

(6列車の平均値)

周波数応答倍率