

IV-193 列車走行によるシールドトンネルの振動加速度分布

東京都交通局 正 古田 勝
 東京都立大学工学部 正 長 嶋 文 雄

1. はじめに 地下鉄建設における環境影響評価ではトンネル周辺の地盤振動を予測・評価項目として設定することが一般的となっている。予測方法としては、通常、既設地下鉄の地表部で測定された振動レベル分布をトンネルからの距離の関数として捉え、列車速度、軌道構造、トンネル形式、トンネル重量などの補正を加えて回帰する方法が採られている。これに対して、筆者らは、トンネル内スプリング部付近の 1/3 オクターブバンド分析結果を基にして、これを地盤フィルターに通すことによって地表振動レベルを比較的精度良く予測できる手法を提案した¹⁾。しかし、トンネル内の多点観測例は少なく(例えば、2)など)、当手法を活用するにはデータが不足しており、上記の各補正項目をカバーできるような状況となっていない。本報告はその基礎的な資料として、供用時のトンネル内部の加速度波などを3種類の軌道構造について測定した結果を示し、分布特性などについて若干の考察を加えたものである。

2. 測定方法及び解析方法 図-1に示すような東京江東地区の沖積地盤に敷設された、都営地下鉄線のシールドトンネル(単線、RCセグメント)で測定を行なった。測定地点は、軌道構造の異なる3地点であり、直結軌道(K地点)、バラスト軌道(S地点)および防振まくらぎ軌道(M地点)とした。測点は図-2に示すように、トンネルのおよそ半断面について、軌道の道床またはインバート部分、列車待避通路、スプリング部、アーチ部などに計9点設けた。各測点の測定方向は図-2に示すように、半径方向(測点A, C, E, G, H)と円周方向(測点D, F, I)としたが、測点Bについては垂直方向とした。これらの加速度波はデータレコーダに同時記録した。また、地表面においてもシールド中心の直上、0mと12.5m地点の上下方向振動レベルを測定した。

トンネル内で測定した7列車の中から代表的な3列車を選び、1250 Hzまでの周波数域を分析するために、1/5000秒刻みで、編成列車の中央部にあたる4両目の車両の通過時間に相当する約1.6秒間をA/D変換した後、各種周波数分析を行なった。

3. 測定結果 図-3, a)~c)に直結軌道(K地点)の軌道付近(A)、アーチ部(H及びI)の振動加速度波形及びパワースペクトルを示す。また、表-1にトンネル内各測点の0.5~1250Hzの周波数域における1/3オクターブバンドの加速度レベルと地表の振動レベルを示す。なお、各々の測定箇所の列車速度はそれぞれ異なり、K地点; 59km/h, S地点; 50km/h, M地点; 39km/hである。

3地点における加速度波形およびパワースペクトルに共通して次の事柄が認められた。台車の通過ごとに加速度波形のピークが軌道に近いA~D測点と半径方向のE, G, Hに見られるが、円周方向のF及びIではピークはあまり明瞭に現われず、定常に近い状態となっている。加速度の振幅は、軌道に近い測点ほど円周方向と半径方向の差が認められるが、アーチ部の測点G~Iでは、ほぼ同程度となっている。従って、振動加速度レベルの差も小さい。円周方向の測点(D, F及びI)は、800~1250 Hzの高周波成分を含み、加

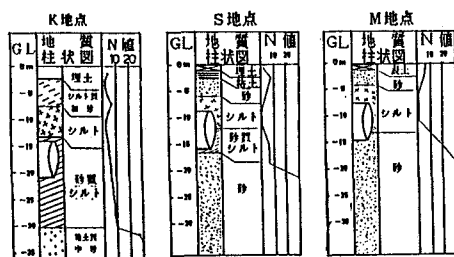


図-1 測定地点の地質

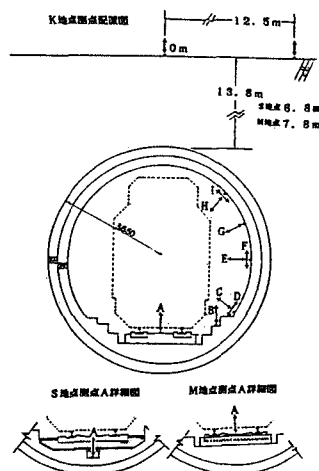


図-2 測点位置と軌道構造

測点	列車速度 (km/h)	道床 (m/s ²)				スプリング部				アーチ部				地上 (振動レベル)
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
K地点	50	82	82	81	80	82	78	78	78	79	79	79	79	50 48
S地点	50	87	73	75	88	75	69	72	71	68	40	40	42	
M地点	39	79	74	69	78	69	70	71	65	64	37	40	40	

※シールド内測点は0.8～1280Hzに対する加速度レベル、地上は振動レベル 単位: dB

表-1 トンネル内の加速度レベルと地表の振動レベル

速度波形は円周方向に比較して密であり、疎密波成分が含まれていることがうかがわれる。

軌道構造別の同一測点における、1/3オクターブ加速度レベルを図-4に示す。待避通路（測点B）とアーチ部（測点H、I）の周波数特性は低周波数域および高周波数域でやや異なっている。

低周波数域ではアーチ部で8Hz付近に卓越した部分が見られる。

図-5はK地点の卓越周波数を選び、その加速度レベル変化を示したものである。63Hz及び315Hzはレベルの低下が10dB以下であるのに対し、20Hzは低下が著しい。

図-6は各軌道構造についてB測点とアーチ部のH、I測点を比較したものである。M地点及びK地点は40Hz以下の周波数域で著しいレベルの低下がある。これに対して、バラスト軌道のS地点は、広い周波数域にわたり、50dB前後で、レベルが平坦である。また、円周方向のスペクトルは半径方向に対して800Hz以上の高周波数域で異なっているが、他の周波数域ではほぼ良く似た形となっている。

以上の分析結果から判断すると、地表振動レベルの予測はスプリング部ないしはアーチ部を基準とした方がよいように思われる。測定が比較的手軽に行なえる待避通路部を基準とする場合には、軌道構造別のフィルターを一旦通す必要があろう。

4. おわりに 軌道構造の異なる3地点の測定を行ない、地下鉄の通常の走行速度である40～60km/hにおけるシールドトンネルの振動加速度分布について、いくつかの事項を確認することができた。これらの結果を予測手法に取り入れていきたいと考えている。

[参考文献]1)長嶋、古田、伊藤:地下鉄シールドトンネル及び周辺沖積地盤の波動伝播特性、構造工学論文集、Vol.34A、1988、3。2)風巻:地下鉄における防振工法、第1回環境振動シンポジウム(交通機関と環境振動)、建築学会、1983、2。

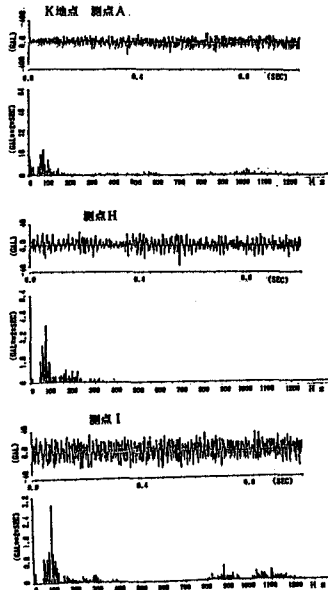


図-3 K地点の加速度波形とパワースペクトル

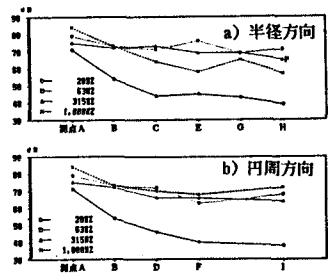


図-5 直結軌道(K地点)の加速度レベル変化

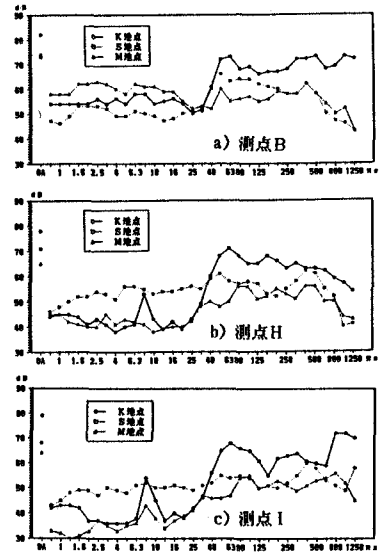


図-4 3地点の1/3オクターブ分析結果の比較(測点別)

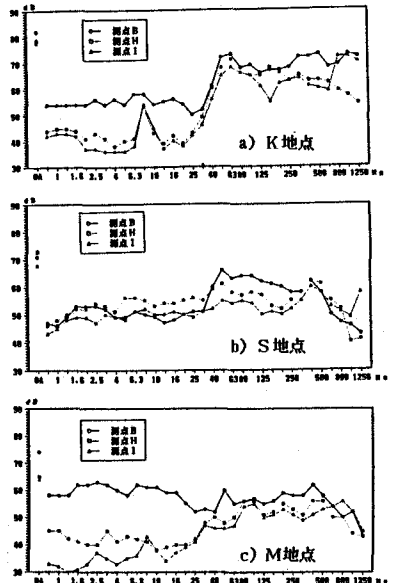


図-6 3地点の1/3オクターブ分析結果の比較