

IV-294 リニア駆動小型地下鉄走行時振動の振動レベル低下量

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

1 はじめに 東京都における公共交通の整備の一つとして、都営地下鉄12号線の建設が進められている。12号線は、1.4Kmの放射部と2.9Kmの都心環状部からなり、放射部の一部、練馬〜光が丘間（4Km）は平成2年12月に開通している。12号線の特徴は、トンネル及び車両の小型化を図り、リニアモーター駆動車両を採用した点であり、その概要を表1に示す。リニア駆動小型地下鉄（以下、小型地下鉄と示す。）がシールドトンネル区間を走行した時のトンネル及び地表面地盤の振動レベルは、在来型地下鉄（都営地下鉄新宿線（10号線））と比較して、2〜4dB程度低く⁻¹⁾、環境振動に優れていることが確認されている。

本報告は、小型地下鉄の振動レベル低下量を解析モデルから確認するため、シールドトンネル区間を走行する列車を対象に、軌道及びトンネルを比較的簡単な質点系モデルに置換し、説明を試みたものである。

2 解析モデルの概要 地下鉄の列車走行に伴うトンネル周辺地盤の振動の発生原因として、列車荷重の移動による強制振動、車輪・レール間の衝撃による振動系各部に励起される固有振動などが考えられる。車輪・レール間に生じる衝撃は、車輪及びレールが良好に保守され、車輪フラットやレールの波状摩耗の影響が小さい場合には、振動レベルに寄与する比率は小さく、列車荷重の移動による強制振動が重要であると考えられる。

	在来型地下鉄 (10号線)	リニア駆動地下鉄 (12号線)
車両寸法幅(m)	2.8	2.5
高さ(m)	4.1	3.15
長さ(m)	20.0	16.5
車両重量(tf)	40.0	25.0
車両駆動方式	回転モーター	リニアモーター
単線シールドトンネル 外径(m)	7.3	5.3
重量(tf/m)	29.2	18.8

表1 在来型地下鉄とリニア駆動小型地下鉄の比較

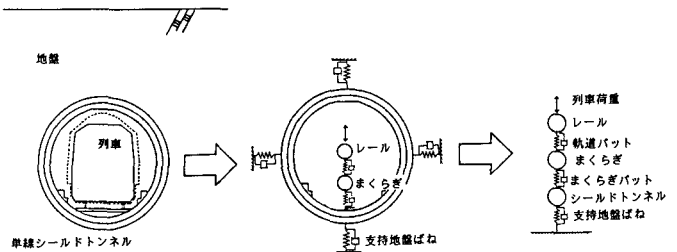


図1 地下鉄のモデル化（概念図）

これらの前提のもとに、文献2)及び3)を参考に図1の概念図に示すとおり、軌道構造（レール、まくらぎ及び道床）と地盤ばねに支持されるトンネルから構成される振動モデルを作成した。この解析モデルは、レールを道床及び支持地盤ばねで連続弾性支持する「弾性支承上のはり」と仮定し、はりに外力が作用する時のたわみ振動の運動方程式を解き、有限長のはりに換算する方法により、レール、まくらぎ及びトンネルを質点に置き換えている。モデルを構成するばねは、軌道バット及びまくらぎバットのばね係数とし、トンネルの支持地盤ばねは、トンネルの質量に対し、地盤の固有振動数が50Hzになるように設定している。作用する列車荷重は、乗車効率50%時の輪荷重が列車速度60Km/hで移動するものとしている。

モデルの自由度は、軌道構造がコンクリート直結軌道の場合、まくらぎバットのばねを省略して2自由度、防振まくらぎの場合3自由度としている。

なお、リニア駆動車両の特性として、走行状態が力行時にはリニアモーターと軌道のリアクションプレート間に吸引力が生じるため、惰行時より2dB程度レベ

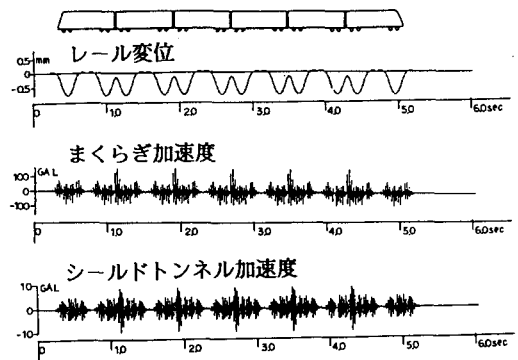


図2 解析モデルの結果（小型地下鉄、防振まくらぎ）

ルが高い傾向が認められる¹⁾が、計算においては慣行の場合を前提とする。

3 解析モデルの結果と測定値との比較

小型地下鉄で防振まくらぎの場合について、図2に解析モデルから計算したレールの変位及び振動加速度、トンネルの振動加速度の時系列波形を、図3にトンネル各部の振動加速度の時系列波形の測定値を示す。

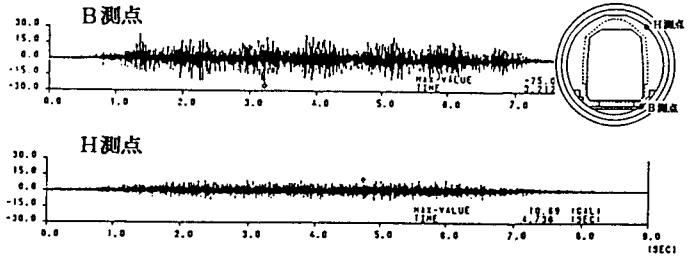


図3 小型地下鉄の測定例（防振まくらぎ）

図4に図2及び3のトンネルの振動加速度について、周波数領域が90Hzまでの1/3オクターブバンド分析結果と振動レベル計の上下方向人体感覚補正に準じて計算した振動レベル(VL)を示す。図4の解析モデルの結果を測定値と比較すると、全体的に同傾向を示しているものの、解析結果は20Hz以下の周波数域のレベルが高い傾向を示している。

同様に、図5に在来型地下鉄のコンクリート直結軌道区間の1/3オクターブバンド分析結果と振動レベルを示す。4Hz以下の周波数域に差があるものの、振動加速度レベルの全体的な傾向は一致している。

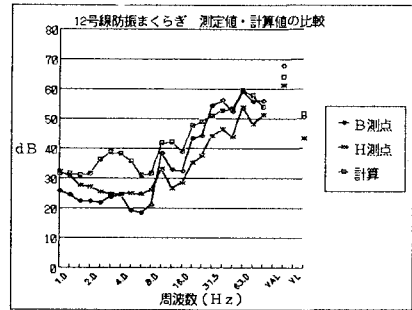


図4 小型地下鉄の1/3オクターブバンド分析結果と振動レベル

4 小型地下鉄と在来型地下鉄との比較

表2に軌道構造を区分して、解析モデルから求めたシールドトンネルの振動加速度レベル及び振動レベルを示す。小型地下鉄は在来型地下鉄と比較して振動加速度レベルが4～5dB、振動レベル2～4dBレベルが低く、測定結果¹⁾にほぼ対応している。参考として、表3中に小型地下鉄が在来線トンネルを走行した場合の計算結果を示すが、小型地下鉄の振動レベルの低下量は5dB程度である。

5 おわりに

地下鉄の振動を解析する比較的簡単な質点系モデルを示し、モデルを用いリニア駆動小型地下鉄の振動レベル低下量の検討を行い、測定例と同程度であることを説明することができた。今後、解析モデルを防振まくらぎ等の低弾性軌道の改良の検討へ活用したいと考えている。

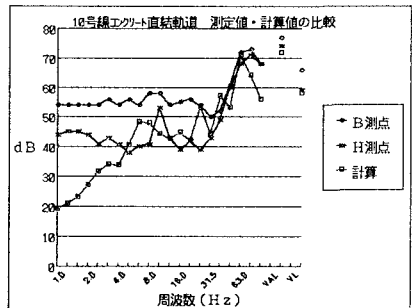


図5 在来型地下鉄の1/3オクターブバンド分析結果と振動レベル

	単位：dB		
軌道構造：コンクリート直結	在来型地下鉄	小型地下鉄	差
振動加速度レベル (VAL)	73.8	68.4	5.4
振動レベル (VL)	59.2	55.6	3.6
軌道構造：防振まくらぎ			
振動加速度レベル (VAL)	68.0	64.0	4.0
振動レベル (VL)	53.5	51.6	1.9
(参考)	在来線に在来車	在来線に小型車	
振動加速度レベル (VAL)	68.0	61.4	6.6
振動レベル (VL)	53.5	49.2	4.3

表2 在来型地下鉄と小型地下鉄の振動加速度レベル、振動レベルの比較

参考文献：

- 1) 古田・長嶋・成田：小型地下鉄走行に伴うトンネル及び地盤の振動測定例、土木学会第47回講義集、1992.9
- 2) 佐藤：軌道構造と振動との関係についての理論的考察、鉄道業務研究資料13-8、1956.4
- 3) 風巻：地下鉄トンネルの振動騒音と防止対策、基礎工、1975.10