

防振パッドの経年変化に関する調査報告

東京地下鉄株式会社 工務部軌道課 正会員 ○鈴木 孝幸
 東京地下鉄株式会社 工務部軌道課 山下 清貴
 東京地下鉄株式会社 工務部工務事務所 菊池 敏幸
 東京地下鉄株式会社 工務部工務事務所 岡島 寛季

1. 目的

列車走行に伴う振動の問題について、1978年から、まくらぎ下に弾性を持たせた防振まくらぎ軌道が開発され、敷設された。この防振まくらぎ軌道は、敷設当時に非常に高い防振効果を発揮することが実証された軌道構造であるが、敷設から約30年が経過した現在の材料の劣化状態を、実際に敷設されている箇所から抜き取り、材料の性能試験を実施し、交換年数の目安についての検討を行った。

2. 防振まくらぎ軌道の概要

防振まくらぎ軌道とは、構造としては図1に示すとおり、FRP製の箱（防振箱）の中にクロロプレン系合成ゴム製のばね定数4MN/mの防振パッドを敷き、箱をコンクリート中に固定し、その中にPCまくらぎを置いたものである。列車通過時のレール沈下量は3～4mmを許容している。防振まくらぎ軌道の防振効果は、敷設当時のコンクリート道床直結軌道と比べて、振動の低減に対して、大きな効果がある²⁾ことが実証されている。

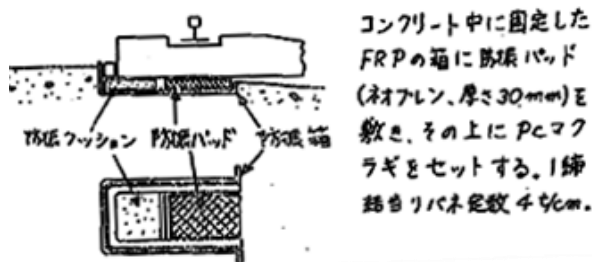


図1 防振まくらぎ軌道の概要

3. 調査の概要及び結果

平成20年1月から2月の期間に、敷設されている4路線（M線、T線、C線、N線）の防振パッドの抜取性能試験を実施した。その結果を表1に示す。

また、敷設されている防振パッドの概略図を図2及び図3に示す。敷設された防振パッドのうち、M線、T線、C線に敷設されたパッドとN線に敷設されたパッドは構造が異なるものである。

M線、T線、C線の防振パッドは、約30年経過し、8億トンから10.5億トンの累積通過トン数があるが、ばね定数の経年劣化は、設計基準4MN/mに対して、平均して4.71MN/m、パッドの厚みは、設計基準30mmに対して平均して29.66mm、外観検査でも、使用上問題となる形状変形がなかった。対して、N線の防振パッドは、使用年数、累積通過トン数が少ないにも関わらず、ばね定数は平均6.51MN/mと劣化具合が著しい。

しかし、ゴムとしての性能は、まだ供用に耐える状態であることがわかった。

表1 防振パッドの抜取性能試験結果

	防振パッド(4MN/m)			
	M線	T線	C線	N線
敷設年月	S54.1.26 29年	S53.5.13 30年	S54.8.24 29年	H12.9.26 8年
累積通過トン数	8.23億トン	10.40億トン	9.47億トン	0.90億トン
ばね定数(MN/m)	4.64	4.69	4.8	6.51
	116%	117%	120%	163%
硬度	58.4	58	59.7	64
	106%	105%	109%	116%
引張強さ(N/mm ²)	12.2	13.5	12.6	11.6
伸び(%)	500	510	460	368
厚さ(mm)	29.74	29.66	29.58	29.38
	-0.26mm	-0.34mm	-0.42mm	-0.62mm

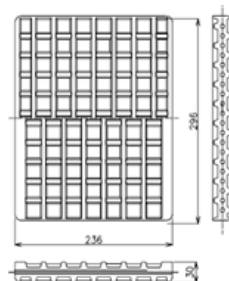


図2 M線、T線、C線に敷設された防振パッド

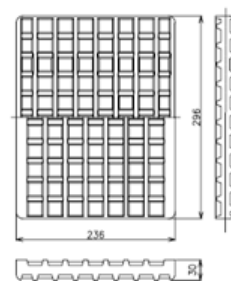


図3 N線に敷設された防振パッド

キーワード 防振まくらぎ軌道、ばね定数

連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 東京地下鉄株式会社 鉄道本部工務部 軌道課 TEL03-3837-7094

4. 防振効果の予測

防振まくらぎ軌道は、振動の低減を目的として敷設されている軌道部材であるため、防振の効果が要求性能を満たせなくなったときに交換時期となる。そこで、防振効果の低減を予測する。

軌道構造における振動は、過去の研究³⁾により、(輪軸) → (レール) → (まくらぎ・道床) → (トンネル) → (地盤) を4自由度振動系にモデル化し、各種の軌道構造について、トンネル振動に与える影響を計算・平均し、次式が得られている。

$$\ddot{y} \propto \frac{k_1^{0.3} \times k_2^{0.5} \times k_3^{0.04}}{I^{0.2} \times m_2^{0.3} \times m_3^{1.2}}$$

$\ddot{y}$: トンネルの振動加速度	m/s ²
k_1 : レールばね定数	MN/m
k_2 : 道床・まくらぎばね定数	MN/m
k_3 : 構築支持ばね定数	MN/m
I : レール曲げ強さ	cm ⁴
m_2 : 道床・まくらぎの質量	kg
m_3 : 構築の質量	kg

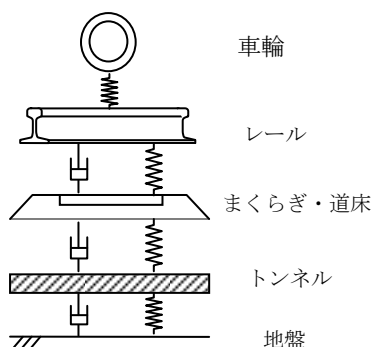


図4 4自由度振動系モデル

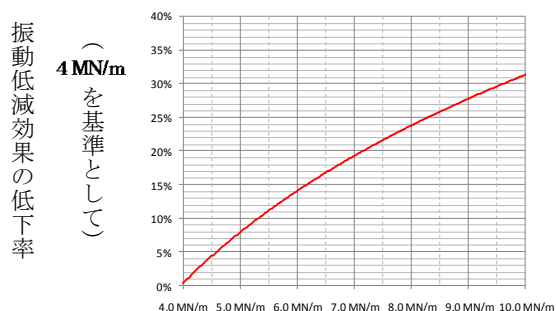
今回は、防振パッドが劣化することだけを想定するため、上式は k_1 の値のみ可変である。そのため、 $\ddot{y} \propto k_1^{0.3}$ と、言うことができる。そこで、劣化前後の振動レベルの差は、

$$L_v = 20 \log \frac{k_1'^{0.3}}{k_1^{0.3}} \quad \text{で表わされる。}$$

L_v : 振動レベルの差	dB
k_1' : 劣化後レール支持ばね定数	MN/m
k_1 : 劣化前レール支持ばね定数	MN/m

ここで、防振パッドが劣化し、ばね定数が大きくなっていくと、4.0MN/mの防振パッドの振動低減効果がどの程度落ちていくかを試算したものを図5に示す。

この結果は、防振パッドのばね定数が5.0MN/mになったとき、振動低減効果が約8%低減し、4.0MN/mの防振パッドの約92%の効果となることを表す。



劣化後の防振パッドのばね定数 (MN/m)

図5 劣化後の振動低減効果の低下率

5. 考察及び今後の展望

敷設時の3割、防振効果が低下するときに交換の目安とすると、ばね定数が9.5MN/mとなるときに交換することとなる。

現状のばね定数はM線、T線、C線については、敷設から30年が経過している現在、およそ4.6~4.8MN/mに落ち着いており、交換目安には達していない。劣化傾向が一定であれば、コンクリート道床の更新基準である50年の時期に、ばね定数が9.5MN/mに達することはないと考えられるため、道床の更新に合わせて交換を実施することを目安としていいと思われるが、ばね定数の急激な増加が起こらないよう、今後のばね定数の推移を観察していく。

また、一部6.0MN/mを超えた箇所については、今後、現状と4.0MN/mを敷設し、振動レベルを実測して、今回予想したばね定数と防振効果の関係を確認する予定である。

参考文献

- 1) 公害防止の技術と法規編集委員会編：公害防止の技術と法規[振動編]、社団法人産業環境管理協会、pp45-53、1996年
- 2) 財団法人鉄道総合技術研究所：コンクリート道床防振軌道に関する技術的検証業務委託報告書、2005年
- 3) 社団法人日本鉄道施設協会編：鉄道騒音振動対策の研究、pp95-112、1977年
- 4) 社団法人日本騒音制御工学会・研究部会編：環境振動予測手法の現状と適用事例、1997年