防振軌道の振動低減効果の検証

軌道一体構造となる駅ビルでの固体音対策としての防振軌道の設計と施工 第二報

VERIFICATION OF VIBRATION REDUCTION EFFECTS OF ISOLATED RAILWAY TRACK

Design and construction of isolated railway track for station building which included railway tracks, Part II

鈴木健司 ——— * 1 伊積康彦 ——— * 2
田中郁夫 ——— * 3 今林 泰 ——— * 4
平川 正 ——— * 5

Kenji SUZUKI ——— * 1 Yasuhiko IZUMI ——— * 2
Ikuo TANAKA ——— * 3 Yasushi IMAHAYASHI — * 4
Tadashi HIRAKAWA — * 5

キーワード：
駅、固体音、防振、軌道

Keywords:
Station, Structure-borne sound, Vibration isolation, Railway track

In the new Hakata station building, 'JR Hakata City', floating slabs were employed to avoid the influence of structure-borne noise to the hall and the movie theaters.

Measurement of noise and vibration was carried out in the building at the time of the completion of construction of the railway tracks.

It has been confirmed that the floating slabs performed vibration reduction effects of 15 to 30dB as compared with ballasted tracks using ballast mats and that the measured noise level was smaller than 30dBA in the hall and smaller than 35dBA in the movie theater.

1. はじめに

平成23年3月開業の新博多駅ビル（JR博多シティ）は、“人々の記憶に残る、オンリーワンの駅「博多」”を開発ビジョンに、駅機能の再整備と複合型商業施設の開発が並行して進められ、線路上空および線路下を最大限活用した施設計画（表1、図1）となっている。線路上空最上階には、静謐性を要求されるシネコン・ホール等が入っているため駅ビル内に抱える鉄道軌道からの振動を低減するためにコイルばね防振支承によるフローティングスラブ形式の防振軌道工法を採用している。前報¹⁾では防振軌道の設計と施工について述べた。本報告では、施工中に短く切断されていたレールのロングレールへの復旧完了時に内装工事の中の新駅ビル内において振動・騒音測定を行ったので、測定データより検証した防振軌道の振動低減効果について述べる。

表1 施設計画概要

開発面積	: 約 22,000m ²
延床面積	: 約 200,000m ²
階数	: 地下3階～地上10階
駐車台数	: 約 600台（※提携駐車場含め約2,000台）
駐輪台数	: 約 1,800台

図1 施設計画図

2. 駅ビル内での振動・騒音測定

2.1 測定場所

JR博多シティの軌道階、3階および9階ホール、シネマ。

図2～図5に測定位置を示す。表2に測定位置一覧表を示す。また、軌道階の測定位置詳細を図6、図7に示す。

2.2 測定日

平成22年11月21日～11月22日

2.3 測定機器

測定対象はスラブの鉛直振動加速度および室内騒音とした。

¹⁾ 清水建設技術研究所次世代構造技術センター 主任研究員
(〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17)
²⁾ (公財)鉄道総合技術研究所構造物技術研究部建築 研究室長
³⁾ 九州旅客鉄道(株)鉄道事業本部新幹線部 部長(前 博多駅工事部 部長)
⁴⁾ 九州旅客鉄道(株)事業開発本部博多駅開発本部建設開発部 担当部長
⁵⁾ ジェイアール九州コンサルタンツ(株)開発第1部 担当部長

¹⁾ Senior Research Engineer, Center for Advanced Structural Engineering, Institute of Technology, Shimizu Corporation
²⁾ Senior Researcher, Architecture Laboratory, Structures Technology Division, Railway Technical Research Institute
³⁾ General Manager, Shinkansen Operational Management Dept., Railway Operations Headquarters, Kyushu Railway Company
⁴⁾ Deputy General Manager, Planning & Construction Dept., Hakata Station Development Headquarters, Kyushu Railway Company
⁵⁾ Deputy General Manager, Technical Headquarters, JR Kyushu Consultants Company

① 振動ピックアップ

- ・使用機器：圧電型加速度ピックアップ PV-87 (リオン社製)
プリアンプ VP-26A (リオン社製)
振動増幅器 UV-05 および UV-06 (リオン社製)
- ・設置方法：振動ピックアップを取り付けたプレートを両面テープや接着剤で固定

② 騒音計マイクロホン

- ・使用機器：普通騒音計 NL-20 (リオン社製)
- ・設置方法：ホール、シネマの中央部に三脚で固定

③ 測定項目

- ・振動：上下方向振動加速度レベル(dB) 動特性 Slow
- ・騒音：音圧レベル(dB) 動特性 Slow
- ・列車諸元：上り下り、車種、通過時間等を記録

④ 周波数分析

- ・振動：1/3 オクターブバンド分析、バンド毎最大値、振動レベル
- ・騒音：1/3 オクターブバンド分析、バンド毎最大値、騒音レベル

図2 測定位置断面図

図3 軌道階振動測定位置

図4 3階振動測定位置

図5 9階騒音測定位置

図6 軌道階測定位置詳細平面図

図 7 軌道階測定位置詳細断面図

表 2 測定点一覧表

記号	種別	位置	記事	機器型式名
S9-1	騒音	9階シネマ（床から1.2m高）	建物	NL-20
S9-2	騒音	9階ホール（床から1.2m高）	建物	NL-20
V3-1	振動Z	3階柱脚（スラブ上）	建物	PV-87
VT1-1	振動Z	M2階 フローティングスラブ区間 柱脚付近 （スラブ上、梁上）	軌道階	PV-87
VT1-2	振動Z	M2階 フローティングスラブ区間 防振コイルバネ付近 （スラブ上、梁近辺）	軌道階	PV-87
VF1-1	振動Z	M2階 フローティングスラブ上 防振コイルバネ付近	軌道階	PV-87
VT1-3	振動Z	M2階 バラスト軌道区間 （高架橋スラブ上）	軌道階	PV-87

3. 振動・騒音測定結果

3.1 振動測定結果

(1) 車種の比較

#2 番線走行列車による振動について、V3-1 における振動加速度レベルを車種毎に比較してみると図 8 に示すように貨物列車が他の車種よりも高いレベルとなっており、貨物列車以外は車種による明確な差は生じていなかった。また、#2 番線通過貨物列車の振動騒音が最も高い場合が多かったため、以下特記無き限り、#2 番線通過の貨物列車の平均値について記述する。

(2) 軌道階の振動

軌道階における測定位置による振動加速度レベルの比較を図 9 に示す。フローティングスラブ上 (VF1-1) は防振支承の上で列車により加振される部分なので振動が大きい。バラスト軌道区間 (VT1-3) は 16Hz 以上の振動数でフローティングスラブ区間より振動が大きくなっている。フローティングスラブ区間の 2 点 (VT1-1, VT1-2) は、8Hz, 31.5Hz および 400Hz にピークを持つ周波数特性である。8Hz 帯域のピークはフローティングスラブの設計固有振動数に対応しており、400Hz の帯域のピークは建物スラブの振動特性の影響と考えられる。

フローティングスラブ区間の振動加速度レベルについて、バラス

ト軌道区間との振動加速度レベル差を図 10 に示す。なお、ここに示すバラスト軌道区間には、バラスト下に特殊ポリウレタン製防振バラストマットが敷設されている。

図 10 において振動加速度レベル差の負の絶対値が大きいほどフローティングスラブ区間の振動の方がバラスト軌道区間より小さく、フローティングスラブの防振効果が高いことを示す。

VT1-1, VT1-2 とともに 8Hz でバラスト軌道区間より振動増幅しており、フローティングスラブの設計固有振動数 7.6Hz での共振であると考えられる。振動加速度レベル差は、固体音が問題となる 31.5～200Hz ではバラスト軌道に比べて VT1-1 で 25～30dB, VT1-2 で 15～20dB 程度の低減効果があることがわかった。ここで VT1-2 については 315～400Hz 付近でのバラスト軌道との振動加速度レベル差が極端に小さくなっているのは、VT1-2 のある建物スラブの振動特性と VT1-3 のある高架橋スラブの振動特性の違いによるものと考えられる。

図 8 #2 番線走行列車による V3-1 での車種別平均振動加速度レベル

図 9 軌道階での振動加速度レベル (#2 番線通過貨物列車平均値)

図 10 フローティングスラブ区間とバラスト軌道区間での振動加速度レベル差 (#2 番線通過貨物列車平均値)

3.2 騒音測定結果

9 階各点における測定列車毎の 1/3 オクターブバンド分析結果についてバンド毎に全測定列車データの最大値、平均値、最小値を示したものを図 11、図 12 に示す。概ね低い周波数ほど音圧レベルが高くなっている。

表 3 に、各点における騒音レベルの最大値、平均値を示す。また、表 4 に、参考として建築学会遮音性能基準による騒音レベルの適用等級を示す。

騒音レベルの最大値は、9 階では、最大値でもシネマで 34dBA、ホールで 22dBA となっており、それぞれの用途に対する適用等級 1 級 (30～35dBA) を満足していた。なお、9 階のホールの床はグラスウールおよび防振ゴムにより防振されており、シネマについては段床鉄骨フレームが防振ゴムで防振支持されている。

図 11 9 階シネマ (S9-1) での騒音測定結果 (全列車)

図 12 9 階ホール (S9-2) での騒音測定結果 (全列車)

表 3 9 階各点での騒音レベルの最大値、平均値 (dBA)

場所	測定点	騒音レベル 最大値	騒音レベル 平均値	備考
シネマ	S9-1	34	24	#3 番線走行列車の騒音レベルがやや大きい映画館 1 級を満足
ホール	S9-2	22	20	多目的ホール 1 級を満足

建築学会適用等級は、平均値を適用

表 4 建築学会遮音性能基準による騒音レベルの適用等級 (dBA)

	1 級	2 級	3 級
映画館	35	40	45
多目的ホール	30	35	-
ホテルのレストラン	40	45	50
商業施設 (デパート)	40	45	50

4. まとめ

新博多駅ビル (JR 博多シティ) の完成を前に、軌道を抱き込む建物の施工および防振軌道への置き換えのために短レール化していた軌道のロングレールへの復旧工事完了に合わせて、内装工事の建物内および軌道階において列車通過時の振動騒音測定を行い、防振軌道の振動低減効果検証と建物 9 階ホールおよびシネマの騒音評価を行った。その結果を以下にまとめる。

- 測定位置のスラブ構造の違いはあるが、フローティングスラブ区間とバラストマットを敷き込んだバラスト軌道区間とのスラブ上振動加速度レベル差は固体音が問題となる 31.5Hz 以上で 15～30dB 程度あり、フローティングスラブの防振効果が十分に表れていた。
- フローティングスラブ区間での振動増幅の状況よりフローティングスラブの 1 次固有振動数は 8Hz 付近であると想定され、設計固有振動数である 7.6Hz とほぼ同じであった。
- 9 階シネマとホールでの騒音レベルは最大値でもシネマ 34dBA、ホール 22dBA であり、建築学会の騒音に対する適用等級 1 級を満足するレベルであった。

以上の結果より、新博多駅ビル (JR 博多シティ) 新築工事において採用されたフローティングスラブ等の各種防振対策は、軌道を建物内に抱き込む構造の駅ビル内にシネマやホールなどの静粛性を求められる施設を設ける上で有効に機能したものと考えられる。

今回の結果は、今後駅ビルなどの鉄道施設にさまざまな施設、機能を盛り込もうとする際に参考データとして役立つものと考えられる。

最後に、本プロジェクトに際し多大なご協力を頂いた関係各位に心から謝意を表します。

参考文献

- 田中、平川、鈴木：軌道一体構造となる駅ビルでの固体音対策としての防振軌道の設計と施工、日本建築学会技術報告集第 17 巻第 35 号、pp.195～200、2011.2

[2011 年 2 月 18 日原稿受理 2011 年 4 月 12 日採用決定]