

ホームに生じる振動の原因究明に関する研究

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○栗林 司 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 坂口 綾佳
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 土屋 啓佑

1. 背景・目的

当社は、施工された年代や周辺環境の違いにより多種多様な土木構造物を有する。この中で、ある駅（以下、A駅とする）のホームは、図1のように支柱の上に縦桁、受桁、PC版で構成された桁式ホームであるが、駅を利用するお客さまから、ホームの振動が不快に感じるというご意見をいただいた。これをうけ、本研究では詳細な調査を実施し、振動の原因究明に取り組んだ。

2. 方法

振動の原因としては、「ホーム部材の剛性低下」、「お客さまの歩行とホームの共振」が考えられた。初めに「ホーム部材の剛性低下」について、予備調査としてホーム下より部材を目視点検したところ、部材にき裂等の剛性低下に寄与する変状は確認されなかった。そこで本研究では「お客さまの歩行とホームの共振」に着目し、部材のたわみ量および固有振動数の計測を実施した。たわみ量の測定には非接触振動測定システム（U ドップラー）を用い、固有振動数は振動速度センサを配置し測定した。たわみ量については、乗降客の多い帰宅ラッシュ時に測定を実施し、固有振動数については昼間および夜間に測定を実施した。たわみ量の測点を図2に示す。測定は、上り側および下り側における縦桁、受桁、PC版について実施した。振動速度センサ配置図を図3に示す。なお、夜間測定時はお客さまの乗降が無い場合、ホーム上からホームに重鎮を打撃し、固有振動数を測定する衝撃振動試験を実施した。

調査は、A駅において体感で最も振動を感じる場所で実施した。A駅は支柱間隔、支柱長により7タイプの構造を有する。A駅の主な構造形式は、概ね支柱間隔は5,000mm、支柱長は1,700mmであるが、調査箇所は支柱間隔が10,000mm、支柱長は2,300mmであり、比較的支柱間隔が広く、支柱長が長いという特徴を有する。

3. 結果

たわみ量の測定結果を表1に示す。設計計算書の許容たわみ量と比較した結果、上り線の張り出し部において、PC版のたわみ許容値を超えていた。

次に固有振動数の測定に関して、昼間および夜間の測定結果を図4に示す。昼間測定時において、図4-(a)、(b)の振動スペクトルを観測した。振動スペクトルより、ホームの振動の主たる原因は5.05Hz～6.35Hzの帯域にあることが考えられる。群衆荷重が載ることにより、振動数が低い数値として観測されることを考慮すると、5.0Hz～6.5Hz

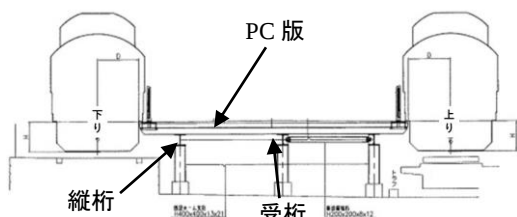


図1. 調査箇所のホーム構造

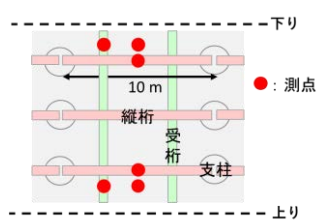


図2. たわみ量の測点

表1. 最大たわみ量 (単位: mm)

部材		上り		下り
		実測値	許容値	
縦桁	実測値	2.2		4.5
	許容値		8.3	
受桁	実測値	0.6		0.8
	許容値		5.0	
PC版	実測値	3.2		2.0
	許容値		3.0	

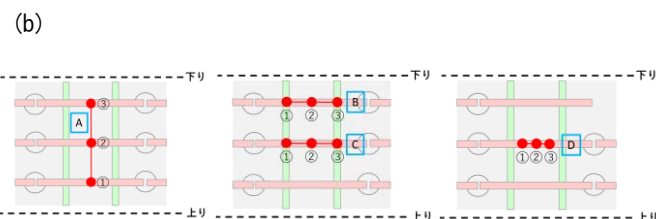
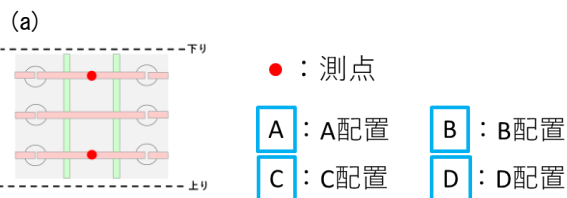


図3. 振動速度センサ設置図 ((a) 昼間測定時, (b) 夜間測定時)

キーワード 駅, ホーム, たわみ量, 固有振動数, スペクトル解析

連絡先 〒101-0041 東京都千代田区神田須田町 2-10-1 東日本旅客鉄道株式会社 TEL : 03-3257-1696 E-mail : tsukasa-kuribayashi@jreast.co.jp

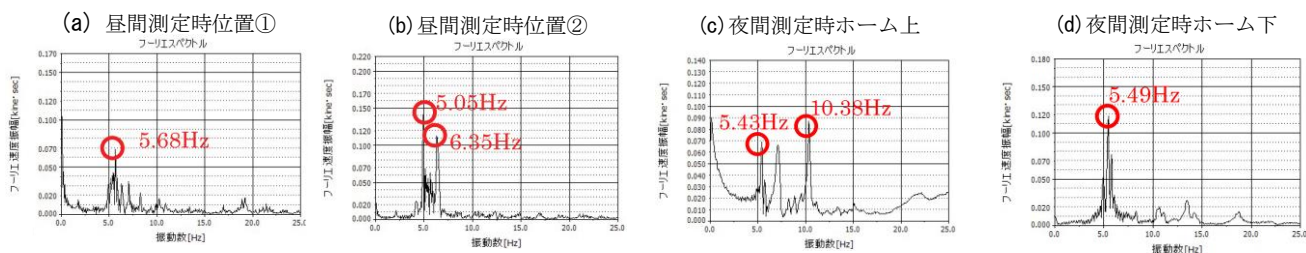


図4. 振動スペクトル結果

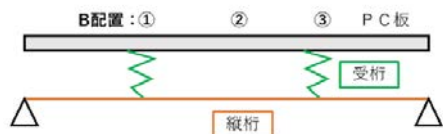


図5. 図3-(b)B配置のホーム構造モデル



図7. 図3-(b)B配置のホーム構造モデル



図6. ホーム構造モデルにおける固有値解析結果（現状構造）

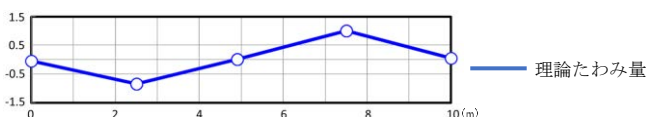


図8. 縦桁を支えた後の固有値解析結果

前後の振動であることが推測される。既存の設計計算書では、ホームの固有振動数を人の歩調周期 1.5Hz～2.3Hz の帯域から安全側に外している旨記載がある。固有振動数の計測結果をみると、卓越した固有振動数（以下、卓越振動数とする）はいずれも設計で配慮したとおり、歩調周期を外れた高い振動数帯域にあることが確認された。

しかし、鉛直振動に対する人体感覚は 4.0Hz～12.5Hz の振動数帯域で最も感じやすいとされている¹⁾。本結果の卓越振動数はいずれも人が感じやすい帯域に存在しており、これが原因でお客さまが不快に感じたと推測される。

夜間測定においては、衝撃振動試験の結果、5.43Hz、10.38Hz が卓越振動数として観測された。続いて、どの部材の振動が卓越振動数の原因となるか特定するため、ホーム下にて衝撃振動試験を実施した。センサの配置は、図1と同じ配置とし、ホーム下から重鎮でホームを打撃し計測した。衝撃振動試験の結果、全箇所において 5.49Hz の卓越振動数が観測された。ホーム上における計測結果 5.43Hz およびホーム下における計測結果 5.49Hz は昼間計測で得られた 5.0Hz～6.5Hz の範囲内であり、かつ誤差を考慮すると同様の振動数を示すことが確認された。

4. 考察

上記のホーム構造について単純モデル化し、これらモデルと設計計算書に記載のあるパラメータで固有値解析を実施した。例として、図3-(b)のB配置におけるモデルを図5に示す。ここで、縦桁を支える支柱を固定端とし、縦桁・受桁をそれぞれ自由度の持つばねとした。図6にB配置のモデルを用いた固有値解析結果を示す。解析結果より、モデルで計算した理論値≒実測値という結果が得られた。続いて、縦桁の中心部に下支えを設置したモデル（図7）を構築し、再度解析を実施した（図8）。結果、振動数は 15.58Hz と向上し、例として縦桁中心部を H 鋼で下支えするなど、支間長を小さくする対策が有効であることが示唆された。

5. まとめ

本研究では、ホームの振動が確認された A 駅について、振動の原因を調査するため、ホームの目視点検、およびたわみ量と固有振動数の計測を実施した。結果、当該ホームの固有振動数は 5.43Hz と人体感覚的に感じやすい帯域にあることが明らかとなり、この帯域がお客さまの歩行により加振されたことが不快に感じる振動につながることを推測された。また A 駅の振動の対策として、縦桁の中心部を下支えする方法が有効であることが示唆された。

また、本研究では A 駅の振動が大きい場所において、PC 版のたわみ量がたわみ許容値を超えていることが示された。一方、振動による構造物の変状は確認されていない。したがって A 駅においては、本研究結果を踏まえた対策を検討しつつ長期の経過観察を実施し、振動が構造物に与える影響について把握を継続する必要がある。

参考文献

- 1) International Organization for Standardization. Mechanical vibration and shock - evaluation of human exposure to whole-body vibration - part 1: general requirements. ISO 2631-1, 1997