## 風洞試験における車両下部流れを模擬した台車部騒音測定手法の開発

山崎 展博\* 井門 敦志(鉄道総研)

Development of Measurement Methods for Aeroacoustic Noise from Bogie Section in a Wind Tunnel Flow under Train Cars Nobuhiro Yamazaki\*, Atsushi Ido ( Railway Technical Research Institute)

Aerodynamic noise from bogie sections of high speed train is the important environmental issue. In this study, we propose measurement methods of aeroacoustic noise from bogie section in a wind tunnel test model of flow field under high speed train cars. In order to model the flow field at the inlet section of the bogie in a middle car and suppress additional noise generation, a smooth shaped part with the surface covered with mouton is installed upstream of the bogie section. As a result, it was found that sound sources around the bogie section was identified clearly by a microphone array under a flow field condition of a middle car.

キーワード:風洞試験,車両下部流れ,マイクロホンアレイ,乱流

(Wind tunnel test, Flow field under a train car, Microphone array, Turbulence)

1. はじめに

新幹線から発生する空力騒音は重要な沿線環境問題であ る.主たる騒音源である集電系をはじめとして,車両の各部位 に適用するための騒音低減対策について多数の研究開発例 が報告されている<sup>(1),(2)</sup>.しかし,空力騒音の強さが走行速度 の 6~8 乗に比例することから,今後走行速度が向上するた めには更なる騒音低減化が必要であり,車両下部,特に台車 部から発生する騒音は取り組むべき課題のひとつである.空 力騒音の低減化手法を検討するにあたっては風洞試験によ



図1 風洞試験装置設置図

るアプローチが有効であるが、特に台車部を対象とした騒音 測定を実施する際には車両下部の流れ場を現車での状況と 極力一致させることが重要である.筆者らは現車試験で、新 幹線車両の先頭車両および中間車両(先頭車両から5両目)で の台車部流入個所における鉛直方向流速分布を測定した<sup>(3)</sup>. 車両まわりの流れ場を模擬した風洞試験については過去に スパイアを用いた実施例等が報告されているが<sup>(4)</sup>,騒音測定 を目的としたものではないため、流れ場を模擬する部材等か ら発生する騒音の影響で騒音測定時の信号対雑音比(以下 S/N)が著しく劣化する問題が生じる.そこで本研究では、車 両下部の流れ場を模擬した状態で台車部から発生する空力 騒音の測定を可能とする風洞試験法の開発を行った.

## 2. 車両下部流れ場模擬手法の検討

〈2・1〉風洞試験の概要 風洞試験は(財)鉄道総研が所有 する大型低騒音風洞(米原)の開放型測定部で実施した.図1 に試験装置の概略図を示す.主流方向をx座標(ノズル出口 原点),鉛直上方をz座標(車両下面原点),これらに直交する 向きをy座標(ノズル出口原点)とする。厚さ15mmの地面板 上に、2箇所の支持脚を介して1/7縮尺スケール車両模型(1 両+0.5 両編成;全長5321.4 mm)を設置した.台車部は中心 部がノズル出口部から3mの位置に設置されている.台車模 型の形状を図2に示す.構成機器として車輪,主電動機等が 模擬されている.測定時には台車部側カバーを取り付けた状 態とした.試験条件の一覧を表1に示す.

〈2・2〉床下流れ場の模擬手法 現車試験での測定結果から、中間車両においてはレールレベル付近での列車進行方向における平均流速が列車走行速度の42%程度に減速してい

ることがわかった<sup>(3)</sup>. これに対し風洞試験では,一般にノズ ル出口部から台車部までの助走区間が短いため,測定部に至 るまでに流れを減速させる機構が必要となる. 従来の車両ま わりの流れ場を模擬する手法では,スパイア等の障害物<sup>(4)</sup>を 測定部の上流域に設置し,流れを顕著にはく離させることで 流速分布の調整が行われてきたが,この場合部材から発生す る騒音が問題となる.

風洞試験において車両下部と地面板間で形成される流路 (以下床下流路)は、車両幅が有限であるため3次元的な流 れ場となっている.そこで台車部の上流域で床下流路の流れ を流路側方に偏向させることで、台車部における流速を主流 速に対して減速させることを試みる.騒音の発生に結びつく 顕著な流れのはく離を生じさせないようにするため,(i)車両 壁面に柔毛材を貼付し流れの運動量損失を生じさせること、 また,(ii) 床下流路間隔を序々に狭めることで,床下流路を 流れる流量を減少させることを試みる.

本試験で使用する柔毛材を貼付した流れ場模擬部材(以下 スペーサー)を図 3 に示す.スペーサー形状は,レール方向 長さが 1000 mm,中心部における厚み(柔毛材を除く)が 20 mm であり,レールの間に設置されている.また部材端部で 流れがはく離することを抑制するためスペーサーの前縁,後 縁は滑らかに地面板と接続している.スペーサー表面には, 起毛部厚さ 10 mm の柔毛材を前縁から 50 mm の位置から後 縁にかけて貼付している(Case2, Case4, Case5).スペーサ ー前縁付近の形状をさらに平滑化するため,図 3(a)に示すと おりスペーサー側方のレールを短縮化した場合の影響を調 べた(Case5).

車両模型を支持する脚部(以下支持脚)は一般に柱状であ ることから、この部位から発生する空力騒音もS/Nを劣化さ せる大きな要因となる.そこで、スペーサーの下流域で流れ が減速した位置に支持脚を設置することで騒音の低減を図 った(Case4~Case5).この影響を調べるため、支持脚とスペ ーサーがほぼ同位置の状態(支持脚中心のx座標 Ls = 500 mm、スペーサーの最大厚み部x座標 790 mm)、および支持 脚がスペーサーの下流域に位置する状態(Ls = 1750 mm) で比較を行った.同時に支持脚における流れのはく離を極力 抑制するため、Ls = 500,1750 mmの条件で支持脚まわりを 覆う厚さ 29mmのフェアリングを設置した(図4,Case3~ Case5).このフェアリングはy軸方向に関して一様に流路を 覆っているため、流れの大きなはく離の要因となる支持脚の 柱状構造が解消されている.フェアリングの前後は、流れの はく離を抑制するためテーパーを設けている.

〈2·3〉測定方法 騒音の測定に際しては、指向性を有す るマイクロホンアレイ(B&K製、直径 4m)を車両模型側方に 設置した.得られた音圧レベル分布図の周波数は実測周波数 で表記しており、現車スケールに相当する周波数はこの 1/7 倍となる.

台車部流入個所における鉛直方向の流速分布は櫛型ピト ー管により測定を行った.またスペーサーを設置した場合の 主流方向の流速分布をピトー管により床下流路の3ヵ所で測



図2台車模型の設置状況 (上図は撮影のため側カバーを取り外した状態)

		10.4 · 11.4.2		Concerning and the second s	
Case	スヘ゜ーサー	支持脚 x座標 Ls	支持脚 フェアリング	レール先端部を	
1	-	<u> </u>		通常 ↑	
2	0				
3		Î	0	1	
4	0	1750	Î	Î	
5	0	Î	1 (	短縮化	
ール / 地面板	東毛材スイ	支持脚 ペーサー	بر (۴	ール先端 のり欠き部分) 	



(b) 柔毛材スペーサー寸法図図3 柔毛材スペーサー設置状況



図4 模型支持脚まわりのフェアリング設置状況

表:	2.1	台車部流入箇所流速測定座標	[mm]	
x	y	Z		
2525	0	-1,-8.5,-16,-23.5,-31,-38.5,-46,	·53.5	

表 2.2 レール方向流速分布測定座標 [mm]

測点		-1 × ° 14		
	x	y	z	Ar -y-
	790	11	-27	無
1			-19	有
2	1190	11	-27	î
3	2130	11	-27	Î

定した.いずれも測定対象は平均流速の主流方向成分である.流速測定位置を表 2.1~2.2 に示す.また比較のため,一部の測定点ではスペーサーを設置しない条件でも測定した. ノズル出口部における主流風速は 360km/h とし,床下流路 で得られた流速については主流速で無次元化した.

本節では、スペーサー及び支持脚付近 <2·4> 実験結果 から発生する騒音の特性を調べるため,遮音板を取り外した 状態で、マイクロホンアレイを(x=1898 mm, y=4000 mm, z = 462 mm)に設置して測定をおこなった.車両床下部の音圧 レベル分布図の一例を図 5 に示す(1600Hz 帯). また支持脚 設置部(x = 500 mm, 1750 mm)付近に見られる騒音源につい て、音圧レベルのピーク値をプロットした結果を図6に示す. Case1 では支持脚設置部が主たる騒音源となっているが、ス ペーサーを取り付けた Case2 では騒音レベルがさらに増加 している、これに対し、支持脚にフェアリングを取り付けた Case3では、Case1と比較して2500Hz帯以上でx=500mm 付近での騒音低減効果が確認できる.また Case4 ではスペー サーを設置している x = 500 mm 付近における音圧レベルが 広い周波数帯域で Case2 よりも低減していること、また支持 脚が位置する x = 1750 mm での音圧レベルも同一試験条件 におけるx=500mmに比べ約10dB低減していることから、 支持脚をスペーサーの下流側に設置することにより騒音が 低減しているといえる. ただし Case4 の状態においても依然 としてスペーサー設置部が主たる騒音源となっている.これ に対し、スペーサー脇のレールを短縮化した条件(case5)で は, x = 500 mm の騒音が大幅に低減されている. これは, スペーサーの影響で側方に偏向した流れがレールの端部で 剥離する影響が弱まったためであると考えられる.

台車部流入個所における鉛直方向平均流速分布を図7に示 す.あわせて現車試験で得られた5両目での測定結果を示す <sup>(3)</sup>。これより,スペーサーの設置(Case2)および支持脚へのフ ェアリング設置(Case3)により平均流速が鉛直方向全体にわ たって低減している.また,Case4及びCase5では,現車の 中間車両における流速分布が精度良く模擬できている.

Case5 について、スペーサー設置部及び支持脚フェアリン グ付近における流速を車両の位置関係とともに図8に示す. 表 2.2 に示すとおり、測点1についてはスペーサーの有無に よる比較を行った.測点 1(x=790 mm)での結果から、スペ ーサー設置時には床下流路の間隔が狭くなっているにもか かわらず車両下部の流速が一様流速よりも減少している.ま た,スペーサーを設置した場合の測点 1 に比べ流路高さが大 きい測点 2 においても、平均流速は主流の 40%程度まで低減 している.このことから柔毛材を貼付したスペーサーを用い て床下流路高さを狭めることにより、台車部流入箇所におけ る平均流速低減効果が得られていることが確認できる.ただ し支持脚用フェアリングを取り付けた場合でも床下流路高 さが狭くなっているにもかかわらず、測点 2 と 3 では平均流 速の違いは見られない.図7 で支持脚フェアリングの設置に より台車部流入箇所での平均流速が低減したことを考慮す ると、スペーサーの後流域である程度流速が低減した領域に おいては、床下流路におけるレール方向の流速変化は小さい ものと考えられる.

〈2·5〉台車部騒音測定試験への適用例 台車部を対象とした騒音測定に本手法を適用した.測定装置の配置は図1に示したとおりであるが、マイクロホンアレイの設置位置を(x = 3000 mm, y = 4000 mm. z = 500 mm)とし、スペーサーから発生する騒音を極力抑制するために遮音板を取り付けた.





台車を設置した場合と、台車を取り外し車両下面を平滑化し た場合の音圧レベル分布を図9に示す.これより、台車部か ら発生する騒音源が周囲と分離できていることが確認でき る.

## 3. まとめ

車両下部流れ場を模擬した状態で台車部から発生する空 力騒音の測定を可能とする風洞試験法について検討を行っ



(左図:台車模型取り付け,右図:台車部平滑化)

た.車両床下に柔毛材を貼付させた上で床下流路間隔を変化 させることで,台車部流入個所における鉛直方向流速分布を 模擬する手法を考案した.マイクロホンアレイによる騒音測 定により,台車部から発生する騒音を他の騒音源から分離で きることを確認した.

謝辞

本研究の実施にあたって多大なるご協力を戴いた JR 東日 本研究開発センターの栗田健氏に深く感謝の意を表します.

## 文 献

- (1) 豊岡誠,八野英美,濱田亮輔,武石武久,山崎展博: "新幹線低騒音車間部 構造の開発", J-rail 2007, p.511 (2007)
- (2) 宇田東樹,末木健之,高石武久: "多孔質材によるパンタグラフ碍子覆いの低騒音化", J-rail 2008, p.259 (2008)
- (3) 井門敦志,山崎展博,栗田健,松本雅則:"LDV による車両床下流速分布の 測定", p.199 (2009)
- (4) 井門敦志:"車体の空気抵抗低減対策",RRR, (2004)