

3. 試験走路における施工後初期の調査

3. 試験走路における施工後初期の調査

本章では、二層式排水性舗装の騒音低減効果と路面性状を把握するため、試験走路に舗装形式と配合設計を変えた各種の試験舗装を施工し、騒音測定及び路面性状の調査を実施した結果を示す。

3.1 試験舗装の概要

二層式排水性舗装の騒音低減効果を調査するため、建設省土木研究所（当時）の試験走路に施工された試験舗装の概要を示す。（図3-1、表3-1、図3-2）

施工日：平成12年8月23、24日（水、木）
場所：建設省土木研究所（現国土交通省国土技術政策総合研究所）試験走路
測定日：平成12年9月30日（土）、10月1日（日）

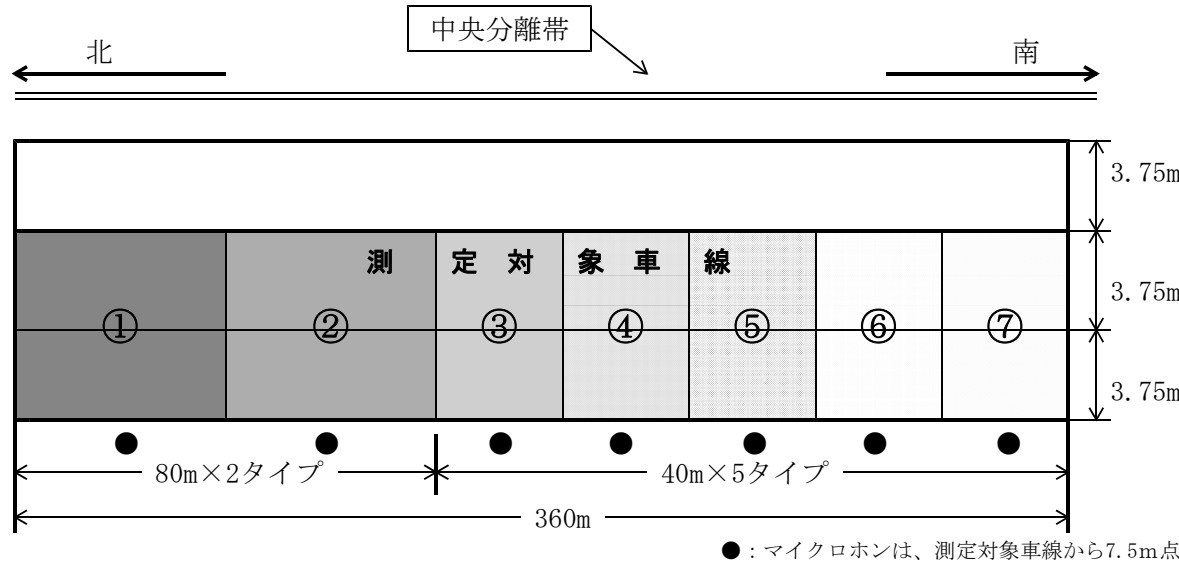
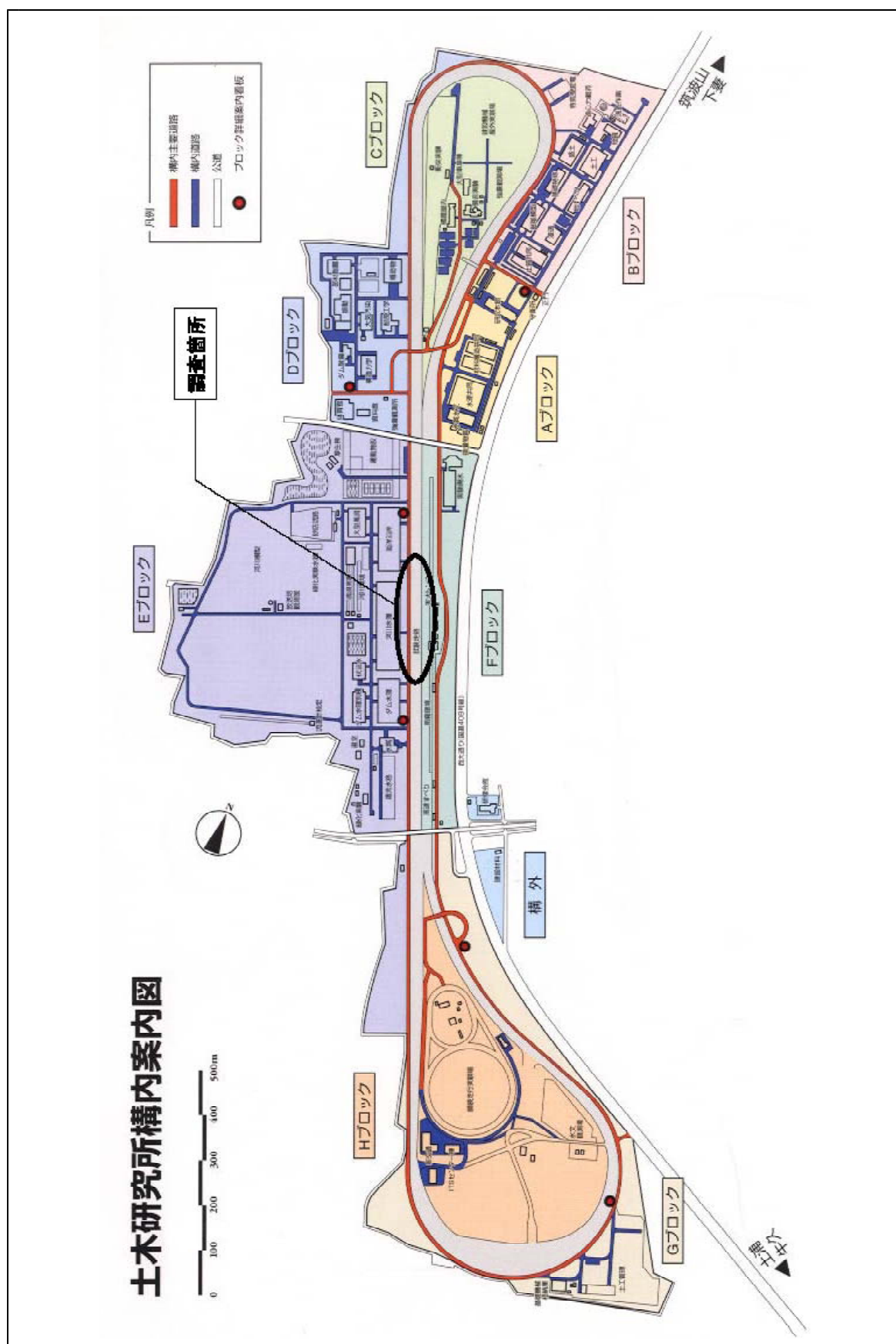


図3-1 施工区割り

表3-1 測定対象箇所の各種舗装の仕様

舗装種類	密粒舗装			排水性舗装							
	①	②	③	二層式排水性舗装							
舗装形式	一層	一層	一層	④		⑤		⑥		⑦	
				二層		二層		二層		二層	
				上層	下層	上層	下層	上層	下層	上層	下層
舗装厚 (cm)	5	5	5	1.5	3.5	1.5	3.5	1.5	3.5	1.5	3.5
空隙率 (%)	—	20	23	23	23	23	26	23	23	23	20
最大骨材粒径 (mm)	—	13	5	5	13	5	13	5	13	5	13
敷設延長 (m)	80	80	40	40		40		40		40	
敷設幅員 (m)	7.5	7.5	7.5	7.5		7.5		7.5		7.5	

①：今回の試験施工以前からある密粒舗装 ②、③：一般のフィニッシャによる施工
④：一般のフィニッシャによる上下層各一層ずつの施工
⑤、⑥、⑦：二層同時施工 注）表中の空隙率は、設計空隙率である。



3.2 試験走路における騒音測定

3.2.1 試験車のパワーレベル

(1) 測定内容

各種試験舗装の減音効果を算出するため、試験車走行による路側騒音レベルを測定し、パワーレベル（試験車が放出する1秒間当たりの音のエネルギーレベル）を算出した。路側騒音レベル測定は、車両走行中心線から側方7.5m、高さ1.2mの位置にマイクロフォンを設置して行った。試験車は乗用車と大型試験車を用いた（写真3-1、3-2）。走行速度は、乗用車では40～120km/h、大型試験車では40～100km/hで10km/h又は20km/h刻みで測定した。パワーレベルは各速度につき5回測定し、その平均値を算出した。なお、減音効果を算出するため、一層式排水性舗装と隣接する密粒舗装でも同様の測定を行った。（表3-2）

表3-2 試験車の路側騒音レベルに関する測定方法及びパワーレベルの算出方法

■測定項目	試験車の路側騒音レベル測定																																												
測定内容	乗用試験車と大型試験車を用いて定常走行及び惰性走行（又は定置試験：アイドリング時）の騒音測定を行った。走行速度は、発注者から貸与する光波速度計で計測し、有効データを5個以上サンプルした。 また、定置試験のエンジン回転数は、定常走行時の各走行速度に対応するものとした。調査方法は、JIS Z 1024 「自動車の加速時車外騒音試験方法」に基づき道路の端部（車線中心より7.5m、高さ1.2m）でピークレベルの測定を行った。																																												
舗装種	①密粒舗装・②③一層式排水性舗装・④～⑦二層式排水性舗装																																												
走行速度 及び 調査回数	<table><tr><th rowspan="2"></th><th rowspan="2">車 種</th><th colspan="6">走 行 速 度 [km/h]</th></tr><tr><th>40</th><th>50</th><th>60</th><th>80</th><th>100</th><th>120</th></tr><tr><td rowspan="2">走行 試験</td><td>乗用車試験車</td><td>⑤</td><td>⑤</td><td>⑤</td><td>⑤</td><td>⑤</td><td>⑤</td></tr><tr><td>大型車試験車</td><td>⑤</td><td>⑤</td><td>⑤</td><td>⑤</td><td>⑤</td><td></td></tr><tr><td rowspan="2">定置 試験</td><td>乗用車試験車 [エンジン回転数*]</td><td>○ 1300</td><td>○ 1600</td><td>○ 1800</td><td>○ 2000</td><td>○ 2400</td><td>○ 3000</td></tr><tr><td>大型車試験車 [エンジン回転数*]</td><td>○ 800</td><td>○ 1000</td><td>○ 1200</td><td>○ 1580</td><td>○ 1800</td><td></td></tr></table> *：排水性舗装調査時のエンジン回転数実績 ⑤：有効データを5データ計測 ○：30秒以上の時間平均値の計測 乗用試験車：惰性走行とした		車 種	走 行 速 度 [km/h]						40	50	60	80	100	120	走行 試験	乗用車試験車	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	大型車試験車	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤		定置 試験	乗用車試験車 [エンジン回転数*]	○ 1300	○ 1600	○ 1800	○ 2000	○ 2400	○ 3000	大型車試験車 [エンジン回転数*]	○ 800	○ 1000	○ 1200	○ 1580	○ 1800	
	車 種			走 行 速 度 [km/h]																																									
		40	50	60	80	100	120																																						
走行 試験	乗用車試験車	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤																																						
	大型車試験車	⑤	⑤	⑤	⑤	⑤																																							
定置 試験	乗用車試験車 [エンジン回転数*]	○ 1300	○ 1600	○ 1800	○ 2000	○ 2400	○ 3000																																						
	大型車試験車 [エンジン回転数*]	○ 800	○ 1000	○ 1200	○ 1580	○ 1800																																							
■パワーレベルの算出方法	JIS Z 1024 「自動車の加速時車外騒音試験方法」に基づき道路の端部（車線中心より7.5m、高さ1.2m）でのピークレベルの調査結果からピーク法及び二乗積分法を用いてパワーレベルを算出した。																																												

【走行位置の判定について】

乗用車及び大型車の走行位置を的確に把握する目的で、走行車線中心から両サイドに車幅の半分になる位置に目印を10m間隔で付けた。走行位置について以下の基準を設け測定した。

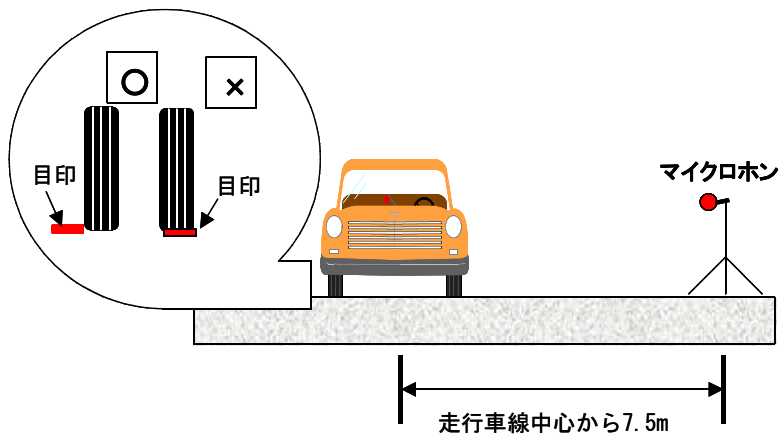
- ・タイヤが目印を完全に通過した場合は、○と判定し有効データとした。
- ・タイヤが目印を通過しなかった場合は、×と判定し有効データから除外した。



判 定 : ○



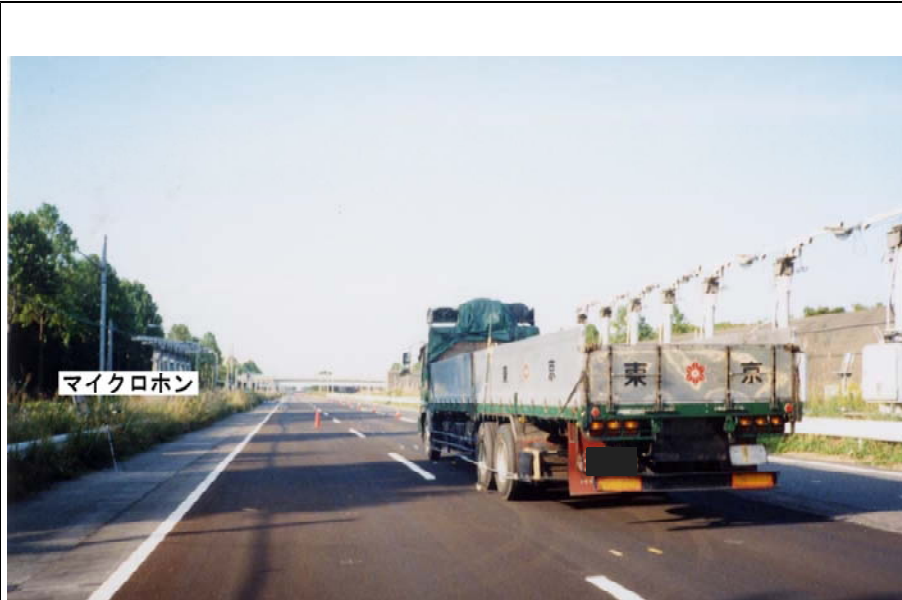
判 定 : ×



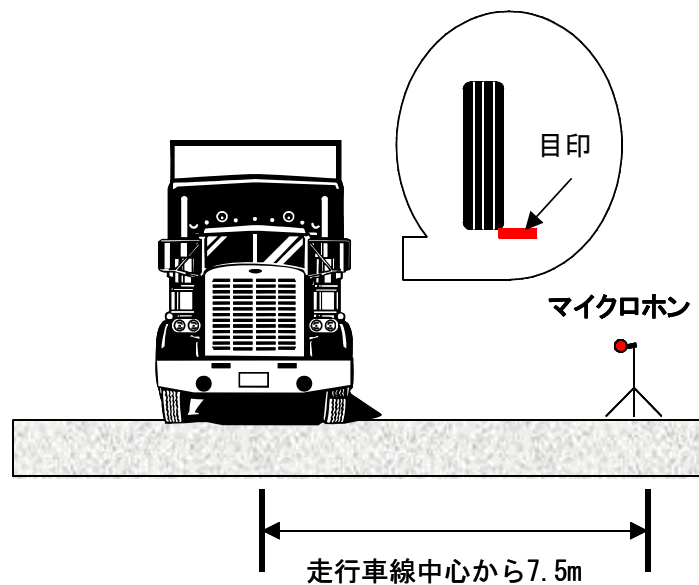
【大型試験車の定置試験について】

大型車試験車の定置試験は、以下のとおりである。

- ①試験車の路側騒音レベル測定時の大型試験車が走行する位置に大型試験車を設置した。
- ②大型試験車を定常走行時のエンジン回転までエンジンを回した。
- ③マクロホンの位置は、定常走行時の車線中心から7.5m高さ1.2mに設置した。



大型試験車の定置試験状況

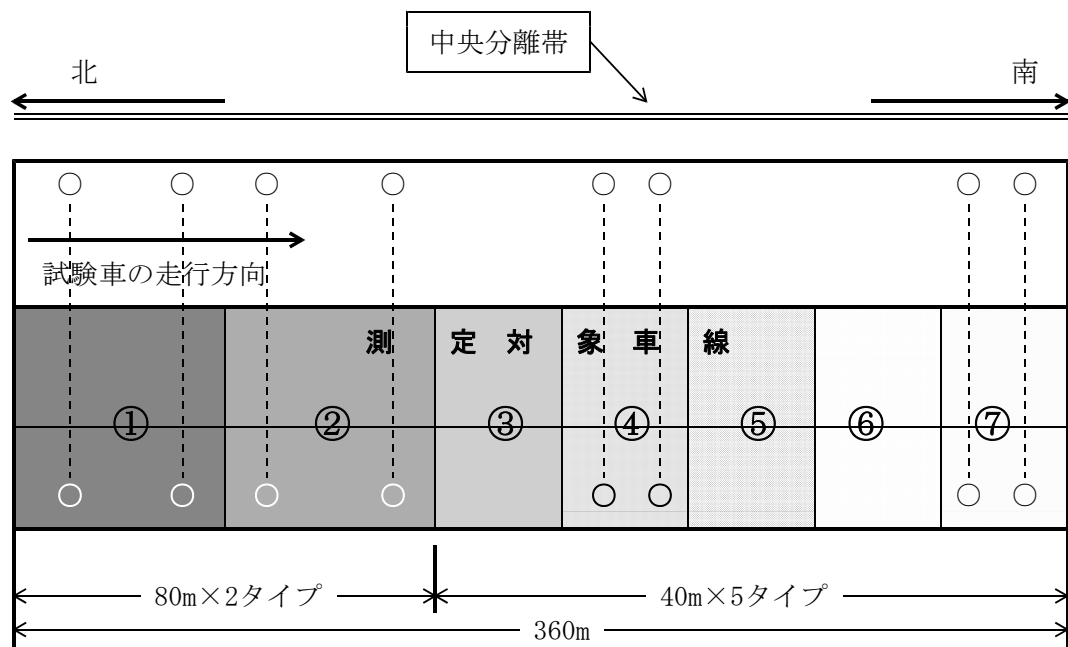


【走行速度の計測方法について】

試験車（乗用車・大型車）の定常走行時及び乗用試験車の惰性走行時の走行速度を計測するため、光波速度計で計測した。また、すべての舗装種数の光波速度計がないため、密粒舗装区間、一層式排水水性舗装（2工区）区間、及び二層式排水性舗装区間（4工区、7工区）計4箇所に設置し計測した。



光波速度計設置状況



○：光波速度形、1セット4本で間隔は、10mとした。

写真3-1

乗 用 試 験 車



写真3-2

大 型 試 験 車



(2) 測定結果

乗用試験車及び大型試験車におけるA特性音響パワーレベルをそれぞれ表3-3、図3-3及び表3-4、図3-4に示す。乗用試験車については、定常走行時と情性走行時の5回測定の平均値である。大型試験車については、定常走行時と定置時の5回測定の前平均値である。

表3-3 A特性音響パワーレベル（乗用試験車） [単位：dB]

速度 \ 舗装種	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
40km/h	89.5	87.3	83.5	84.2	84.7	85.0	84.5
	85.5	85.7	84.1	86.2	84.1	84.9	84.7
50km/h	93.4	90.2	86.9	87.5	87.3	88.3	87.3
	90.7	89.3	88.3	88.2	88.2	87.8	87.5
60km/h	96.5	92.4	89.4	88.9	90.5	90.4	89.6
	93.6	91.4	89.2	89.3	92.1	90.5	90.2
80km/h	100.1	95.6	91.2	90.3	91.9	92.2	92.8
	100.0	96.0	91.7	92.1	92.8	93.3	95.3
100km/h	104.2	98.6	93.9	95.3	95.5	96.8	96.5
	104.3	98.8	95.5	96.8	95.5	97.1	98.1
120km/h	107.0	100.9	97.6	98.5	98.8	100.0	99.7
	107.3	101.0	99.1	99.8	98.9	99.9	100.2

注1) 表中の上段は定常走行時、下段は情性走行時である

注2) ①～⑦は舗装番号を示す

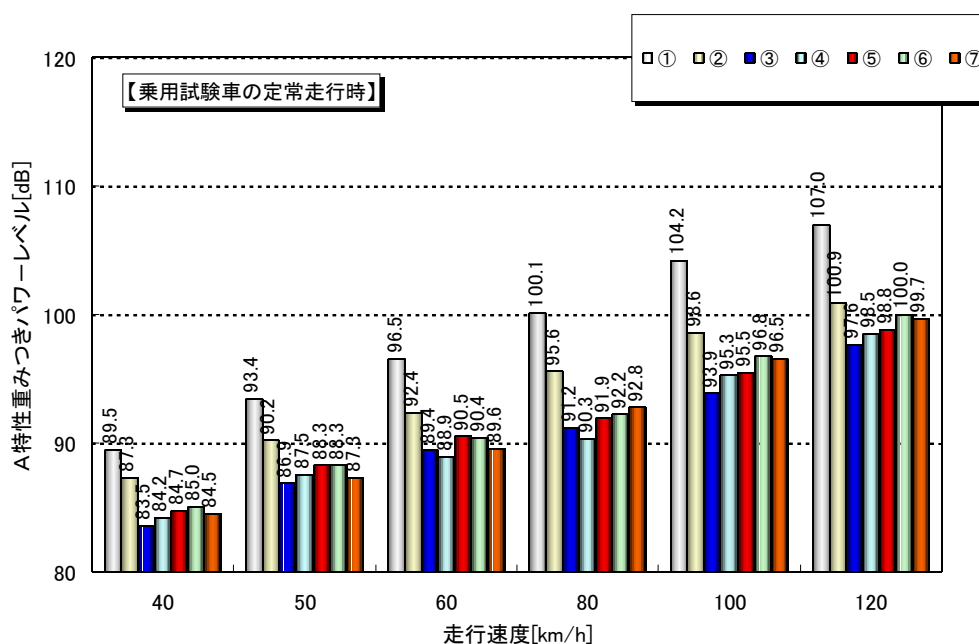


図3-3(1) A特性音響パワーレベル（乗用試験車：定常走行時）

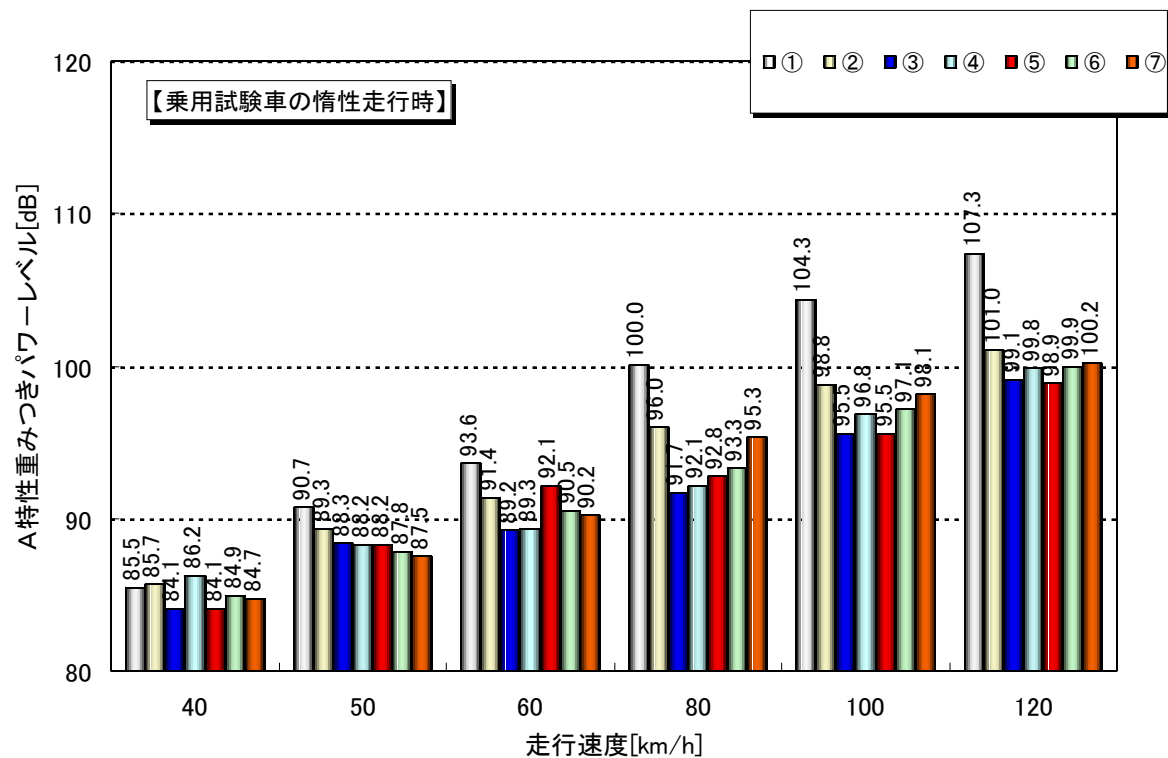


図3-3(2) A特性音響パワーレベル（乗用試験車：惰性走行時）

■舗装構造

舗装種類	密粒舗装	排水性舗装		二層式排水性舗装							
	①	②	③	④		⑤		⑥		⑦	
	一層	一層	一層	二層		二層		二層		二層	
舗装形式				上層	下層	上層	下層	上層	下層	上層	下層
舗装厚 (cm)	5	5	5	1.5	3.5	1.5	3.5	1.5	3.5	1.5	3.5
空隙率 (%)	—	20	23	23	23	23	26	23	23	23	20
最大骨材粒径 (mm)	—	13	5	5	13	5	13	5	13	5	13
敷設延長 (m)	80	80	40	40		40		40		40	
敷設幅員 (m)	7.5	7.5	7.5	7.5		7.5		7.5		7.5	

表3-4 A特性音響パワーレベル（大型試験車） [単位：dB]

速度\舗装種	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
40km/h	96.3	94.0	90.9	92.4	92.6	93.2	92.5
	90.0	87.9	86.4	85.9	86.5	86.2	85.7
50km/h	99.8	98.9	95.3	97.5	96.9	96.7	97.3
	92.4	89.6	89.2	88.8	89.8	89.0	88.6
60km/h	104.6	101.2	100.0	100.7	100.8	101.7	100.3
	94.5	92.9	91.5	92.2	92.6	92.3	92.3
80km/h	108.3	105.6	105.0	105.1	104.6	106.1	105.6
	101.6	99.1	97.8	98.6	99.3	98.3	97.7
100km/h	111.8	108.4	106.5	107.3	107.8	107.7	107.9
	105.4	103.3	101.7	102.5	103.4	102.5	102.3

注1) 表中の上段は定常走行時, 下段は定置時である

注2) ①～⑦は舗装番号を示す

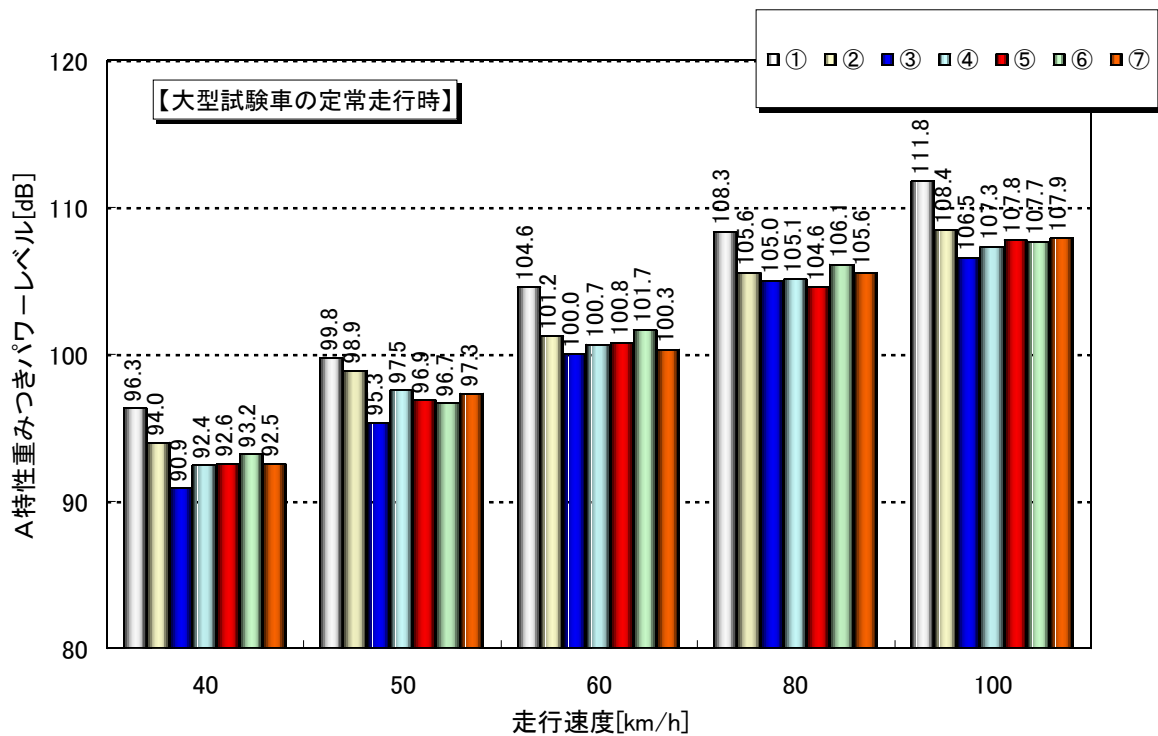


図3-4 (1) A特性音響パワーレベル（大型試験車：定常走行時）

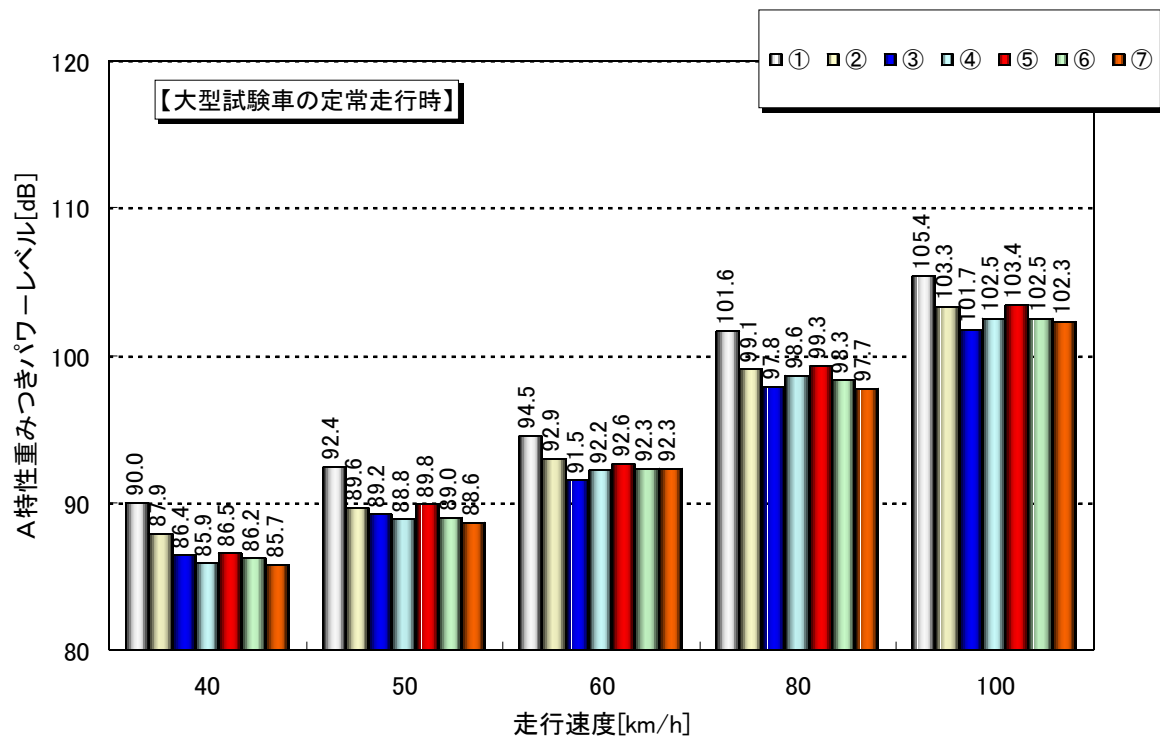


図3-4(2) A特性音響パワーレベル (大型試験車：定置時)

■舗装構造

舗装種類	密粒舗装	排水性舗装		二層式排水性舗装							
	①	②	③	④		⑤		⑥		⑦	
舗装形式	一層	一層	一層	二層		二層		二層		二層	
				上層	下層	上層	下層	上層	下層	上層	下層
舗装厚 (cm)	5	5	5	1.5	3.5	1.5	3.5	1.5	3.5	1.5	3.5
空隙率 (%)	—	20	23	23	23	23	26	23	23	23	20
最大骨材粒径 (mm)	—	13	5	5	13	5	13	5	13	5	13
敷設延長 (m)	80	80	40	40		40		40		40	
敷設幅員 (m)	7.5	7.5	7.5	7.5		7.5		7.5		7.5	

■エンジン回転数

[単位：rpm]

車種 \ 速度	40	50	60	80	100
大型試験	800	1000	1200	1580	1800

乗用試験車の定常走行時の減音効果を図3-5に示す。ここでの減音効果とは、①密粒舗装と②～⑦の各種排水性舗装のパワーレベルの差である。二層同時施工の二層式排水性舗装による減音効果は4.5～7.9dBであり、全ての速度域において一層式排水性舗装による減音効果を上回り、その差は0.9～3.4dBである。

二層同時施工の減音効果は各層施工よりも1dB程度小さい結果となった。二層同時施工の中間層が吸音効果を低下させている可能性がある。ただし、舗装厚さが厚いほど吸音効果も大きくなるため10)、各層施工の上層の厚さが設計より厚く（1.5cmから2cm）なったことも、各層施工の吸音効果が大きくなった一因と考えられる。

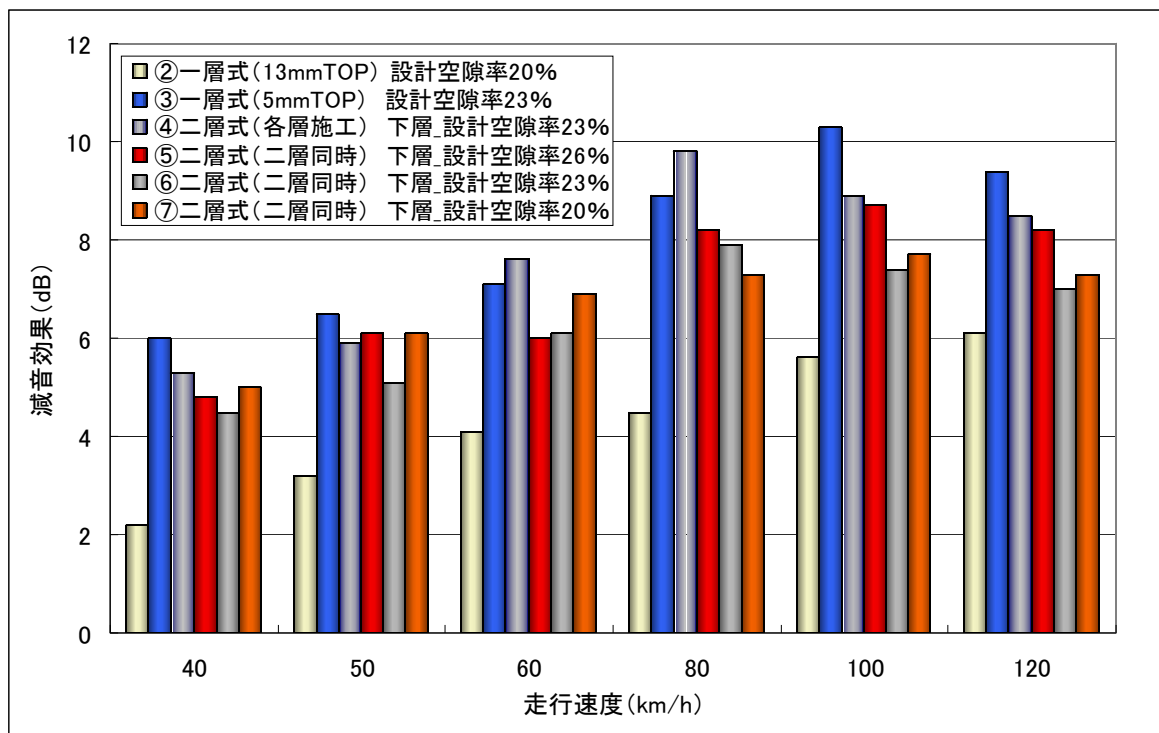


図3-5 各種試験舗装（排水性舗装）を定常走行する乗用試験車の減音効果

大型試験車の定常走行時の減音効果を図3-6に示す。二層同時施工の二層式排水性舗装の減音効果は約3dBであり、乗用車の減音効果よりも小さい。これは、大型試験車は走行騒音に占めるエンジン音の寄与が大きいいため、減音効果が相対的に低下したことやタイヤ特性の違いが原因と考えられる。また、一層式排水性舗装と比較すると、各層施工の減音効果は約1dB向上したが、二層同時施工の減音効果は顕著な向上が見られなかった。

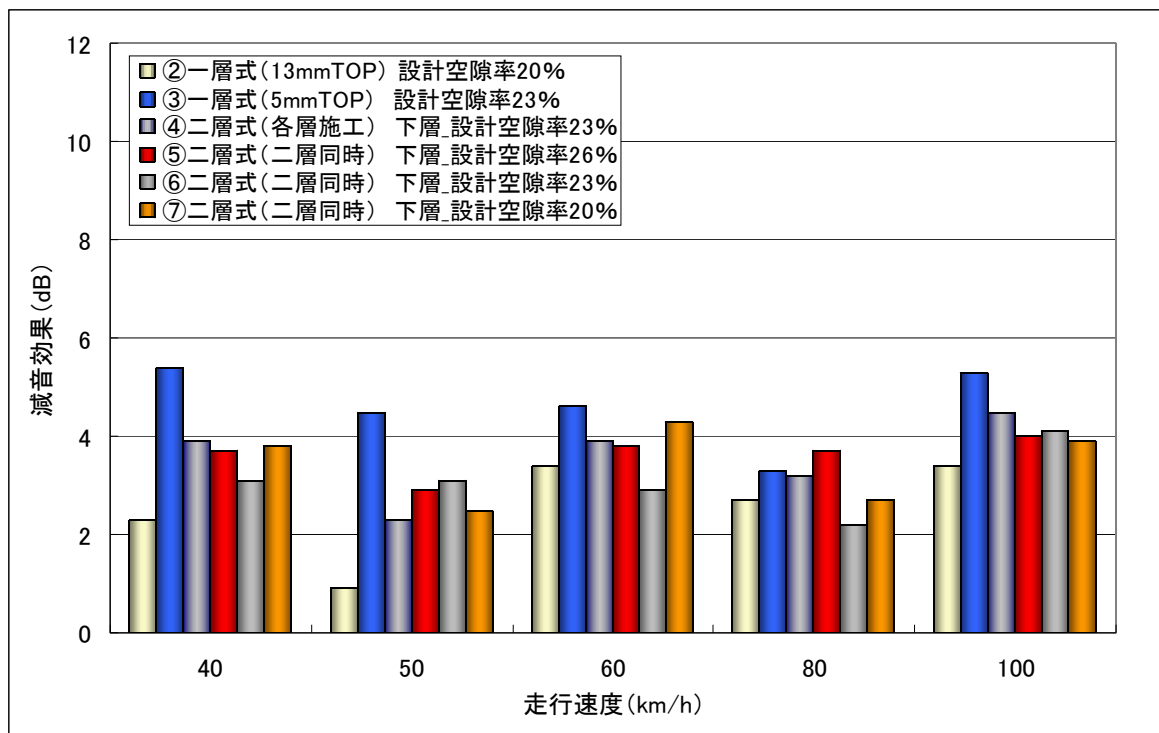


図3-6 各種試験舗装（排水性舗装）を定常走行する大型試験車の減音効果

(3) 周波数特性

乗用試験車及び大型試験車について、定常走行時及び惰性走行時のパワーレベルの周波数特性を舗装種別及び走行速度別に比較した。

①乗用試験車

乗用試験車は、定常走行時（タイヤ音+エンジン音）と惰性走行時（タイヤ音）とし、周波数特性を比較した。（図3-7）

なお、走行速度は、定常走行時及び惰性走行時における同程度の走行速度を選定し、舗装種別・走行速度別に比較した。

結果の概要

-乗用試験車-

定常走行時と惰性走行時の周波数特性に差異は、ほとんど見られない結果となった。上層の骨材粒径の違いによる差は、上層5mmの舗装について630Hz付近レベルが下がる傾向を示した。また、走行速度が速くなるについてピーク周波数の位置とレベルが下がる位置が高周波数域に移動する傾向を示した。

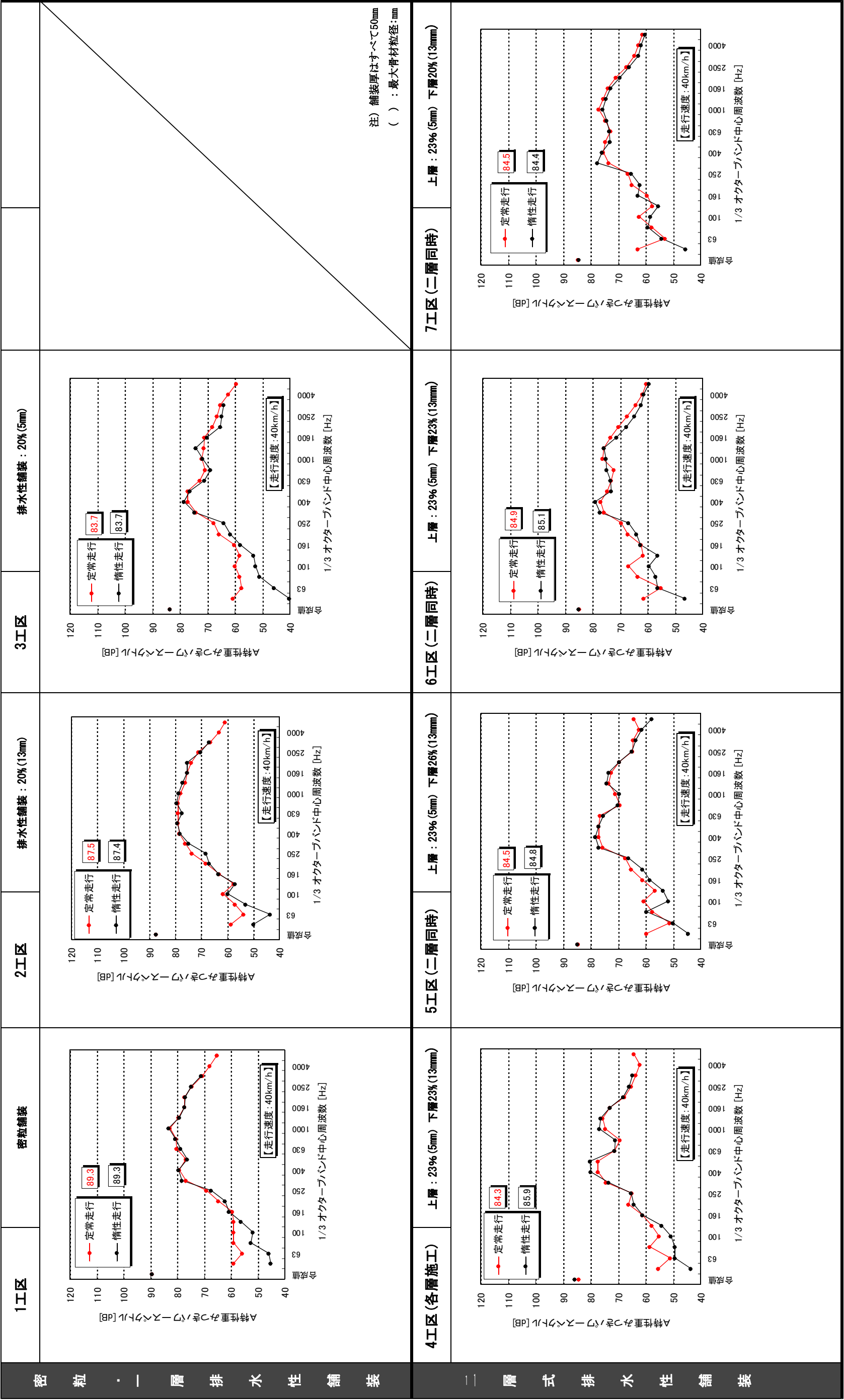
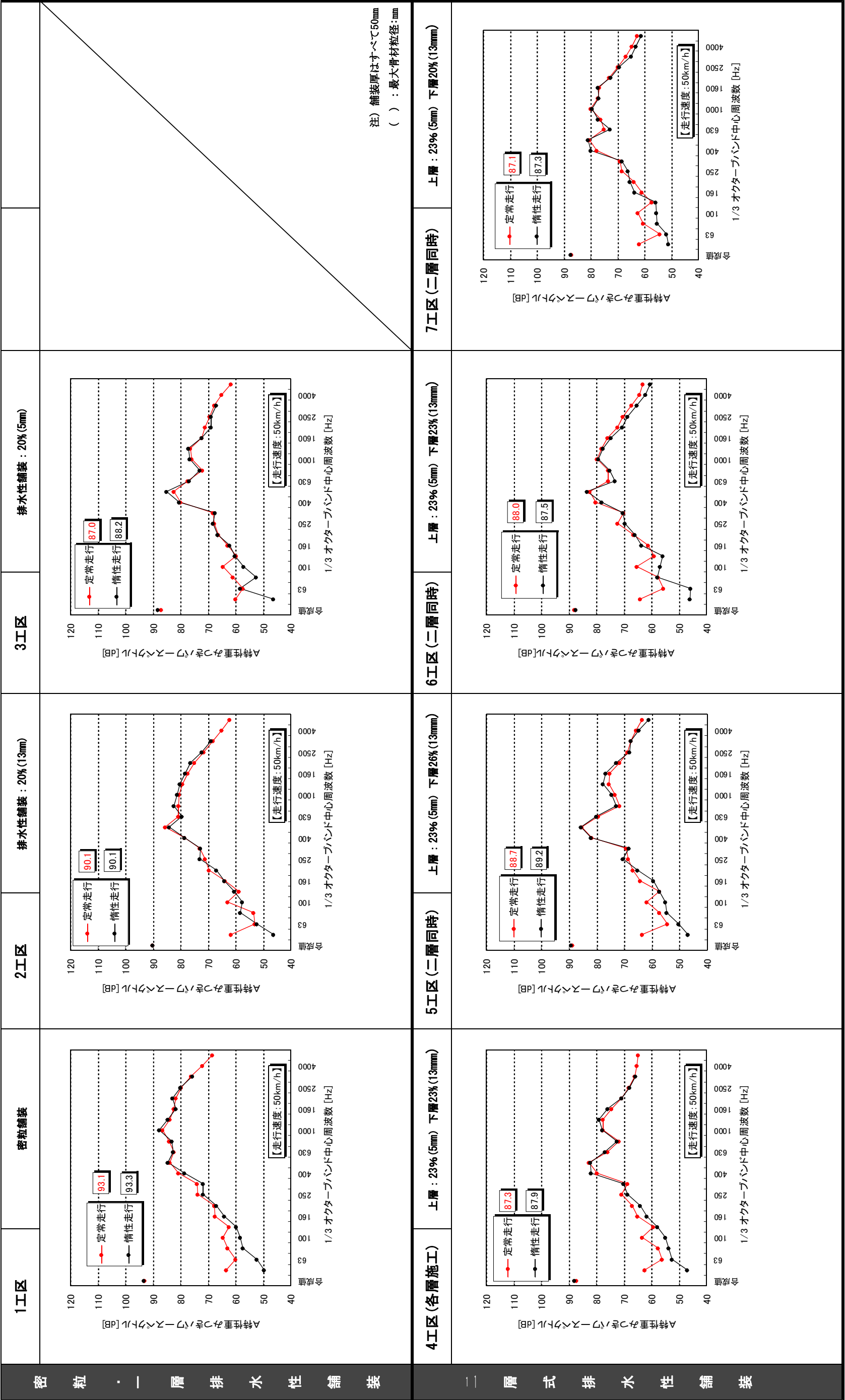


図3-7(1) 乗用試験車における定常走行時（タイヤ音+エンジン音）と静性走行時（タイヤ音）について周波数特性の比較（走行速度：40Km/h）

* 走行速度はメータ速度である



* 走行速度はメータ速度である

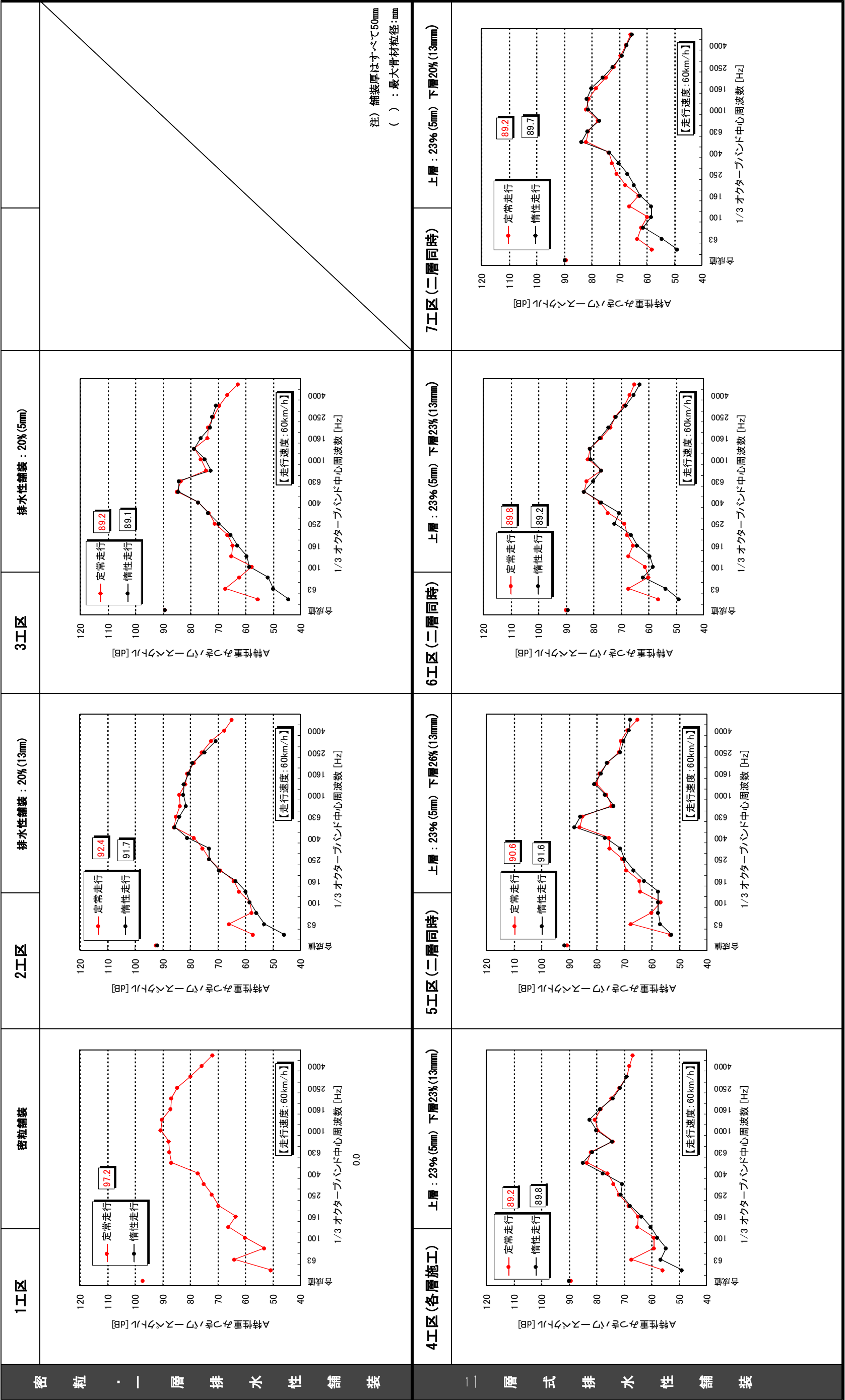


図3-7 (3) 乗用試験車における定常走行時（タイヤ音+エンジン音）と惰性走行時（タイヤ音）について周波数特性の比較（走行速度：60Km/h）

* 走行速度はメータ速度である

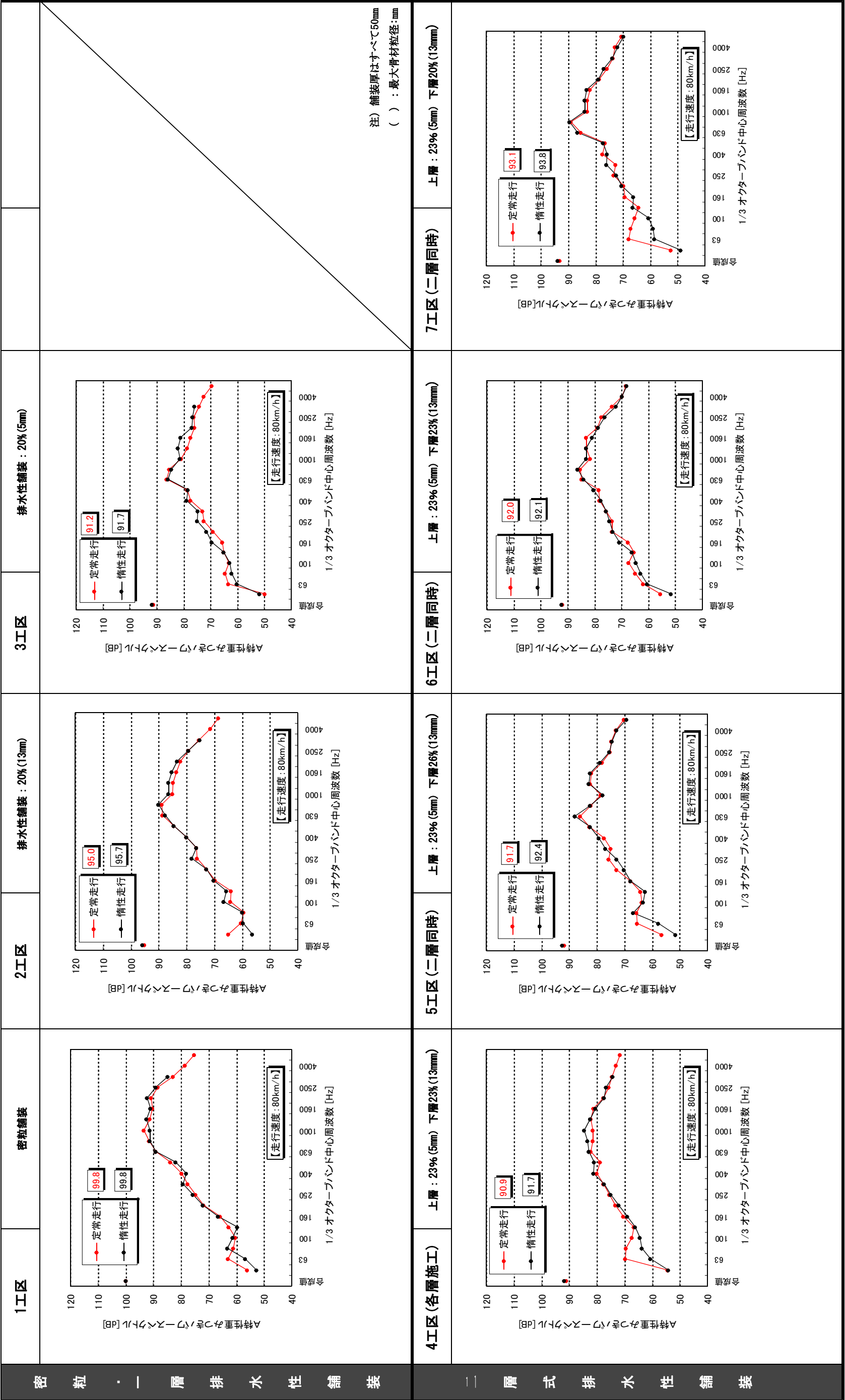


図3-7 (4) 乗用試験車における定常走行時（タイヤ音+エンジン音）と惰性走行時（タイヤ音）について周波数特性の比較（走行速度：80Km/h）

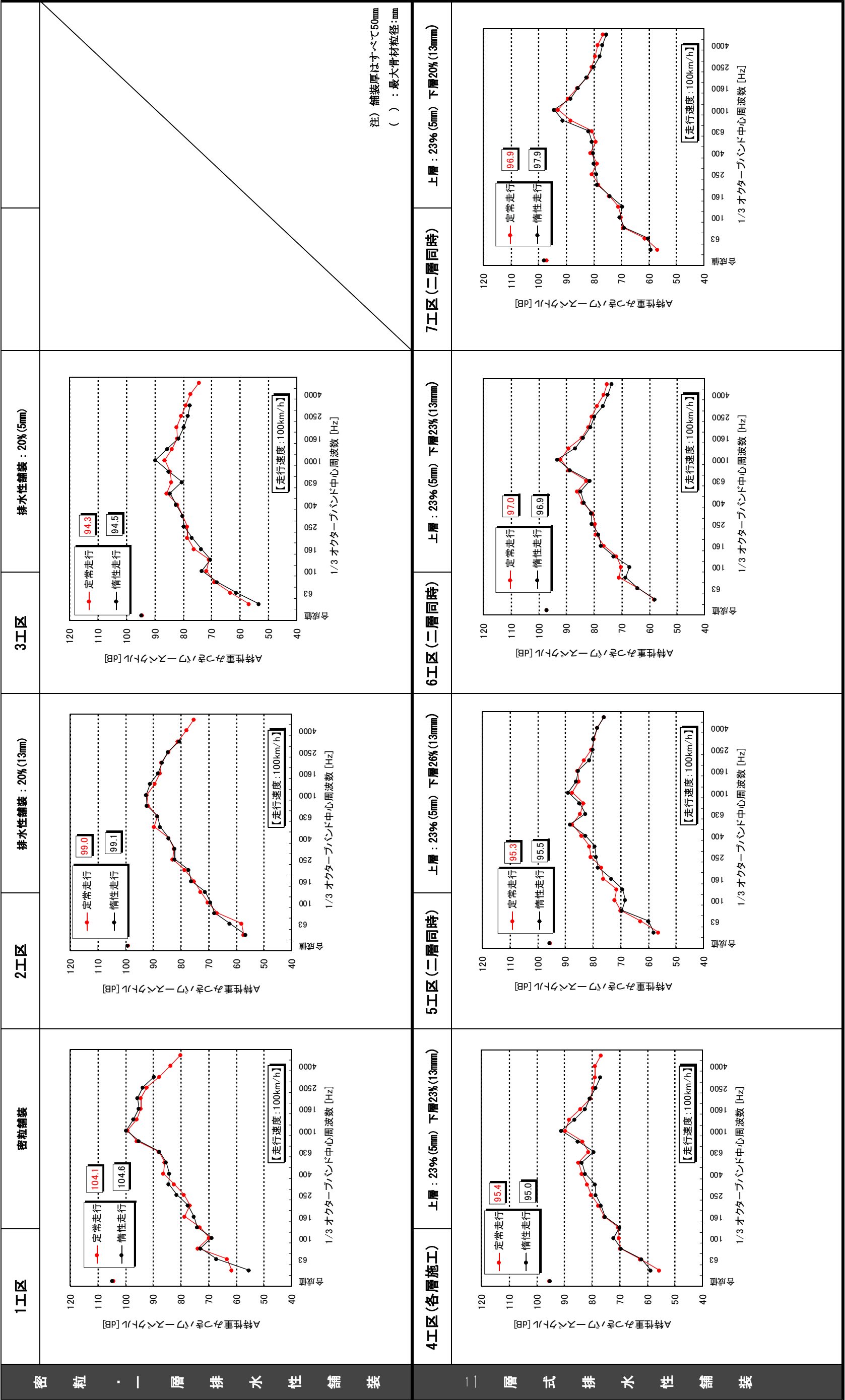


図3-7(5) 乗用試験車における定常走行時（タイヤ音+エンジン音）と惰性走行時（タイヤ音）について周波数特性の比較（走行速度：100Km/h）

* 走行速度はメータ速度である

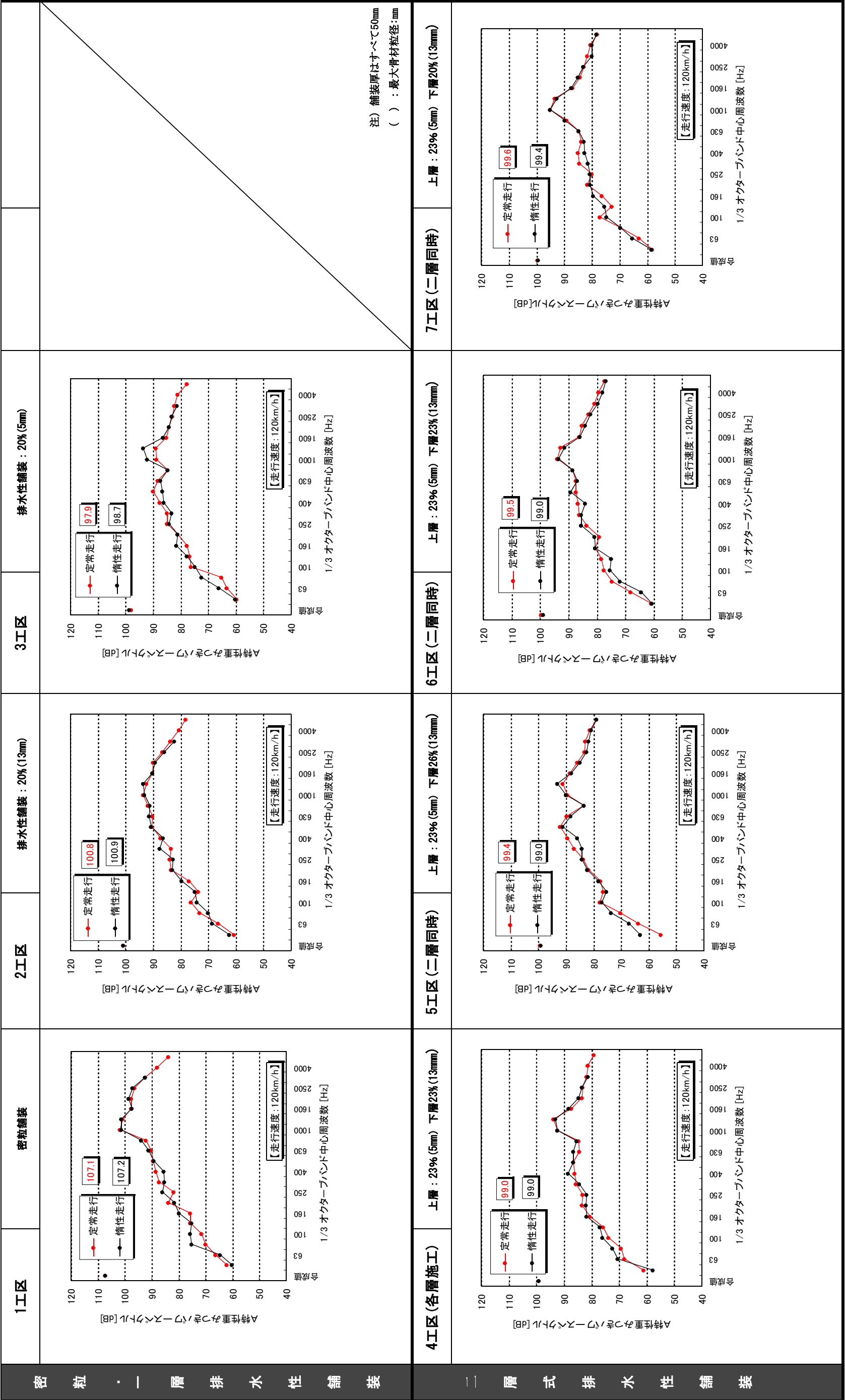


図3-7(6) 乗用試験車における定常走行時（タイヤ音+エンジン音）と惰性走行時（タイヤ音）について周波数特性の比較（走行速度：120Km/h）

②大型試験車

大型試験車は、定常走行時（タイヤ音+エンジン音）と定置時（エンジン音）とし、周波数特性を比較した。（図3-8）

なお、定置時のエンジン回転数は、定常走行時のものと同程度とし舗装種別・走行速度別（エンジン回転数）に比較した。

結果の概要

-大型車試験車-

定常走行時と定置試験時の周波数特性を比較すると、定常走行時の方が定置試験時よりレベルが大きい結果となった。

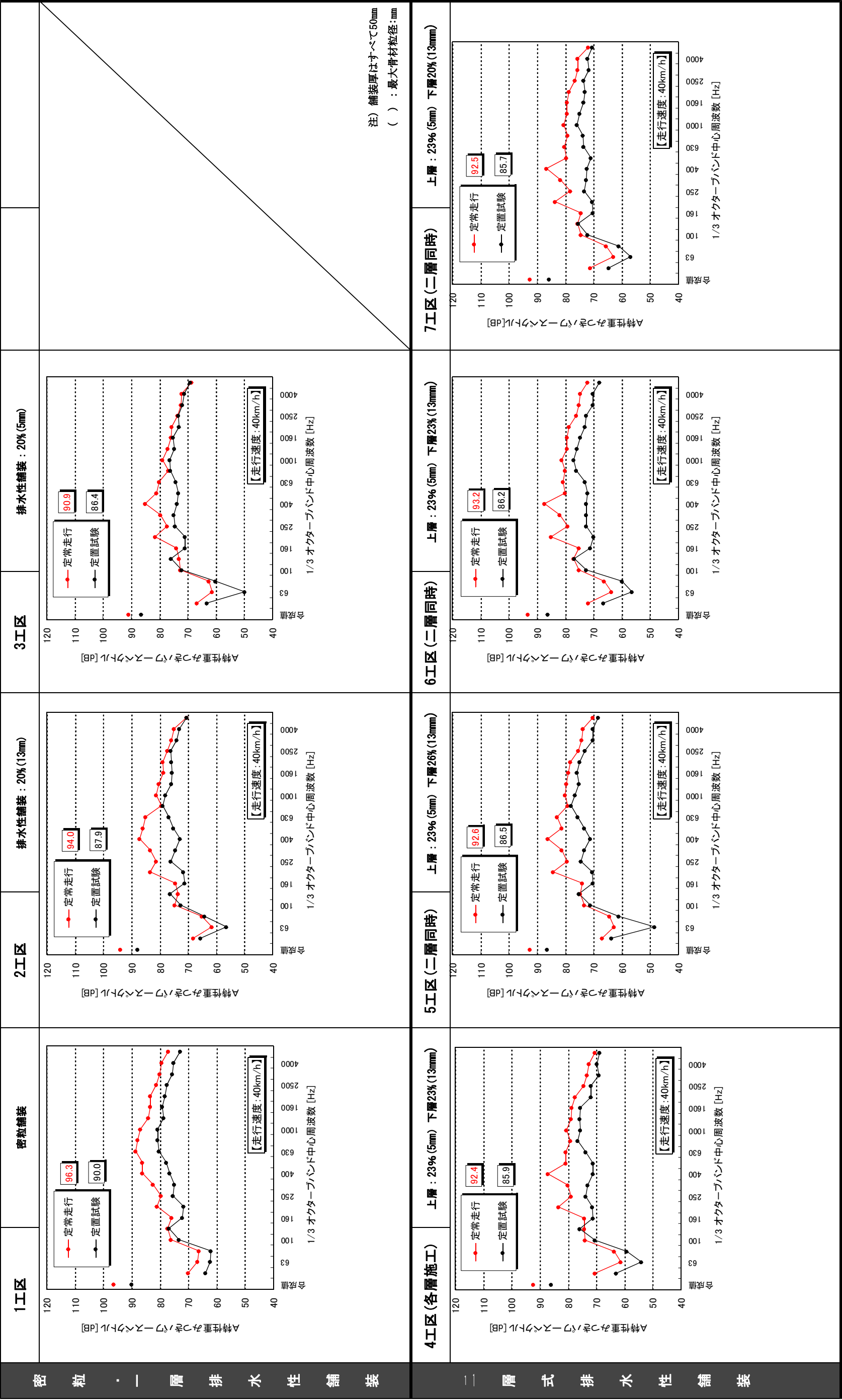


図3-8(1) 大型試験車における定常走行時（タイヤ音+エンジン音）と定置時（エンジン音）について周波数特性の比較
（走行速度：40Km/h, エンジン回転数：800）

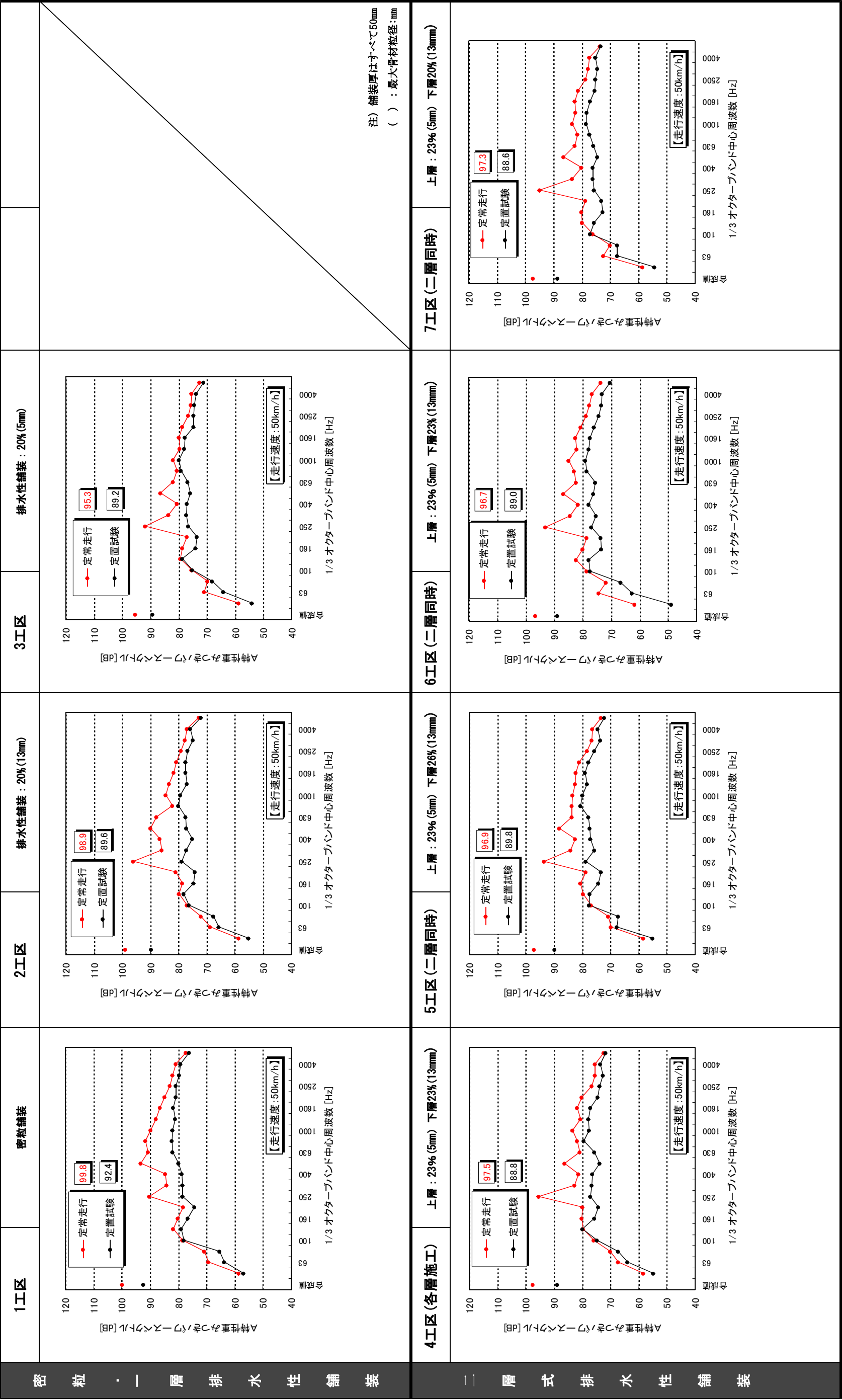


図3-8 (2) 大型試験車における定常走行時（タイヤ音+エンジン音）と定置時（エンジン音）について周波数特性の比較
（走行速度：50Km/h, エンジン回転数：1000）

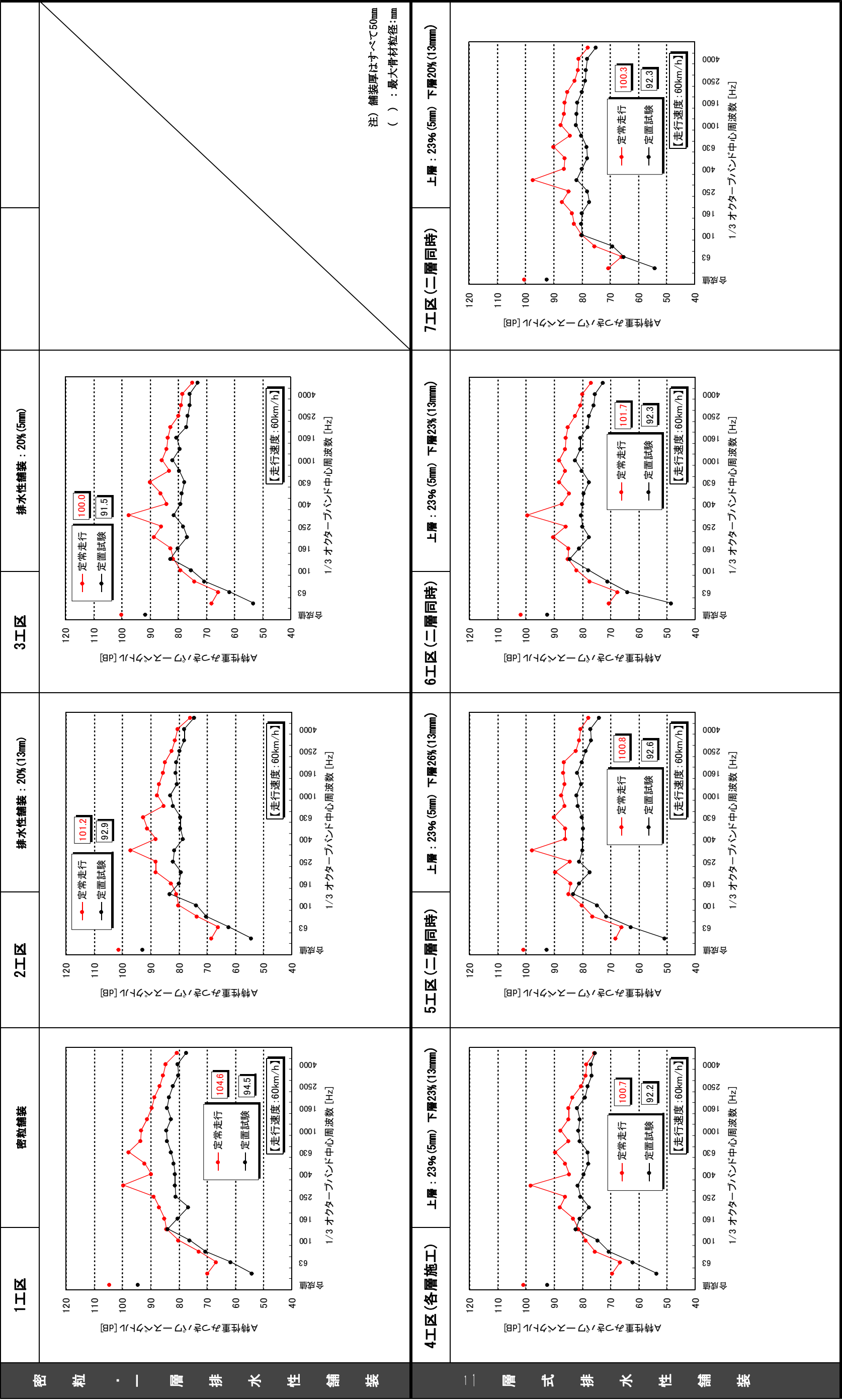


図3-8 (3) 大型試験車における定常走行時（タイヤ音+エンジン音）と定置時（エンジン音）について周波数特性の比較
（走行速度：60Km/h, エンジン回転数：1200）

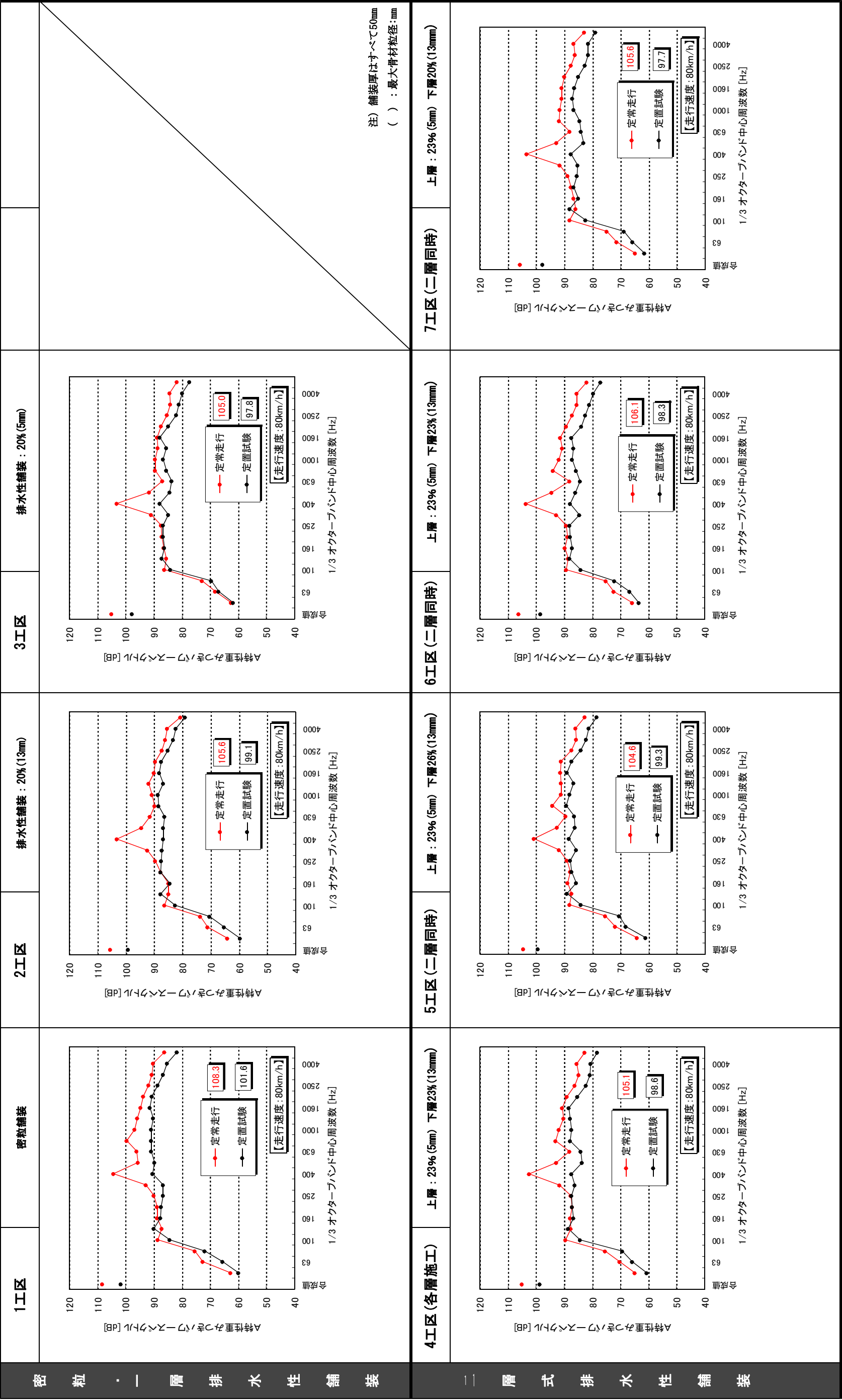


図3-8 (4) 大型試験車における定常走行時（タイヤ音+エンジン音）と定置時（エンジン音）について周波数特性の比較
（走行速度：80Km/h, エンジン回転数：1580）

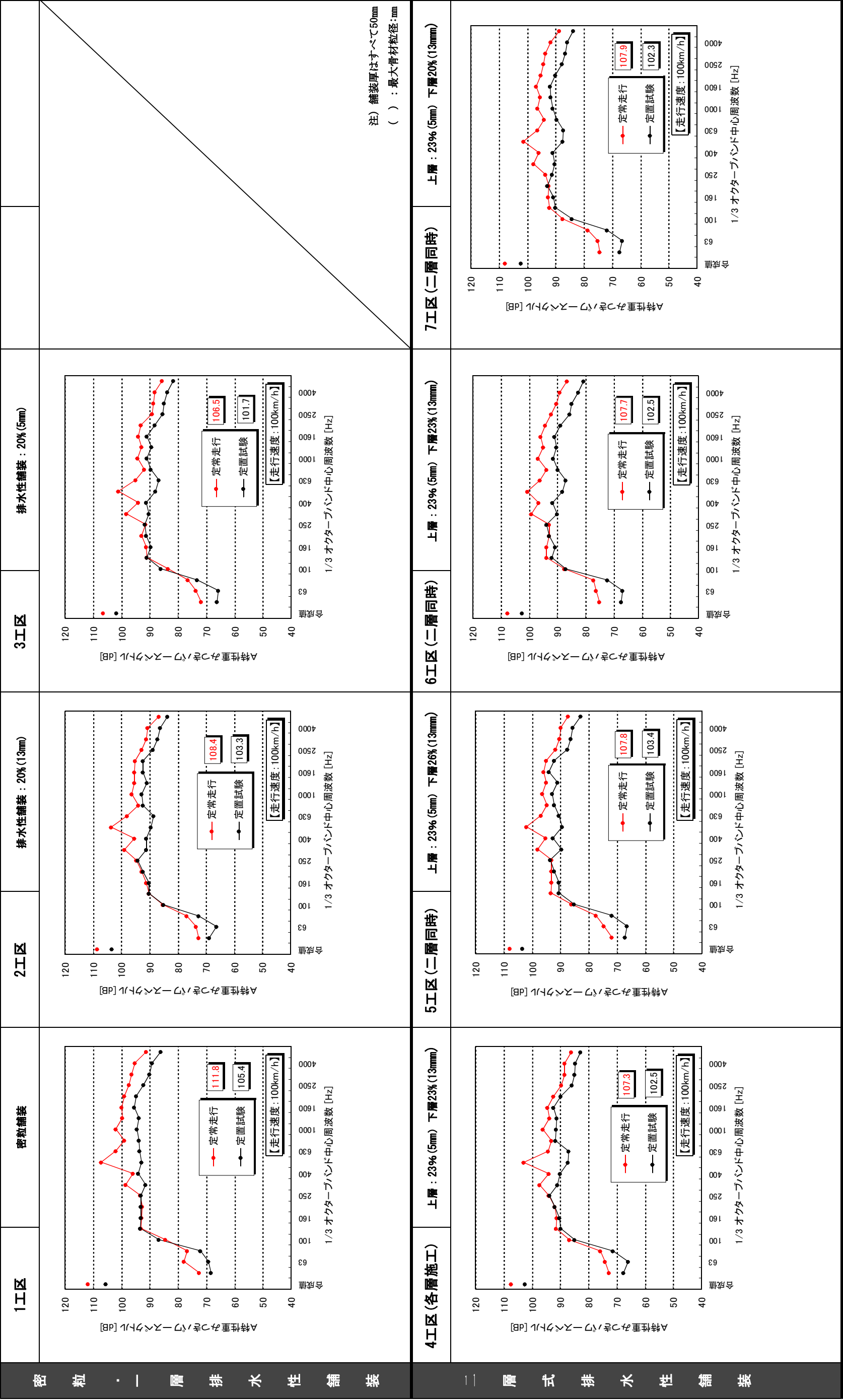


図3-8 (5) 大型試験車における定常走行時（タイヤ音+エンジン音）と定置時（エンジン音）について周波数特性の比較
（走行速度：100Km/h, エンジン回転数：1800）

3.2.2 試験車のタイヤ近接音

(1) 測定内容

パワーレベルの測定に用いたものと同じ乗用試験車と大型試験車を用いてタイヤ近接音の測定を行った。調査測定方法及び分析方法を表3-5に示す。

表3-5 タイヤ近接音の測定方法及び分析方法

■測定項目		試験車のタイヤ近接音															
測定内容	乗用試験車及び大型試験車を用いてタイヤ近接音を測定した。 サンプリング間隔は0.1秒とした。[分析時の動特性をFAST(0.125：JIS Z 8731に示される変動騒音を測定する上で一般的な特性とした。] (写真3-3～3-7参照)																
舗装種	①密粒舗装・②③一層式排水性舗装・④～⑦二層式排水性舗装																
走行速度 及び 調査回数	<table><tr><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">車種</td><td colspan="2">走行速度[km/h]</td></tr><tr><td>50</td><td>100</td></tr><tr><td>走行</td><td>乗用車試験車</td><td>⑤</td><td>⑤</td></tr><tr><td>試験</td><td>大型車試験車</td><td>⑤</td><td>⑤</td></tr></table> ⑤：有効データを5データ計測				車種	走行速度[km/h]		50	100	走行	乗用車試験車	⑤	⑤	試験	大型車試験車	⑤	⑤
	車種	走行速度[km/h]															
		50	100														
走行	乗用車試験車	⑤	⑤														
試験	大型車試験車	⑤	⑤														
■分析方法	タイヤ近接音分析方法																
	測定した結果を周波数分析しエネルギー平均値を求めた。 ・対象周波数は50～5000Hzとし、1/3オクターブバンド中心周波数ごとに0.1秒間隔でサンプリングした。 ・各対象周波数ごとに0.1秒ごとにサンプリングした音圧レベルからA特性等価音圧レベルを求めた。 ・対象周波数ごとの等価騒音レベルを合成しA特性等価騒音レベル（等価騒音レベル）を求めタイヤ近接音（LAeq）とした。 ・タイヤ近接音は測定回数分をエネルギー平均として、小数第1位を四捨五入した整数とした。																

写真3-3

乗用試験車のタイヤ近接音測定状況



写真3-4

乗用試験車のタイヤ



【マイクロホンの設置位置図】

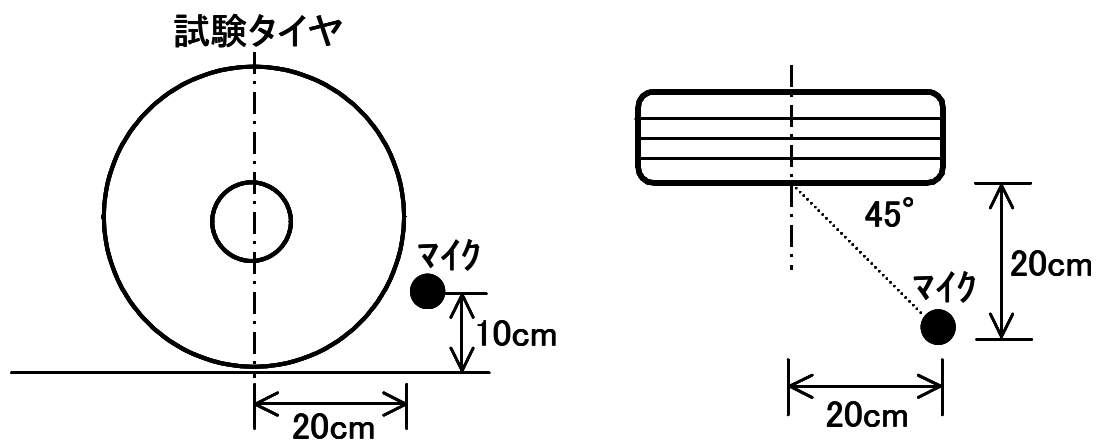


写真3-5

大型試験車のタイヤ近接音設置状況

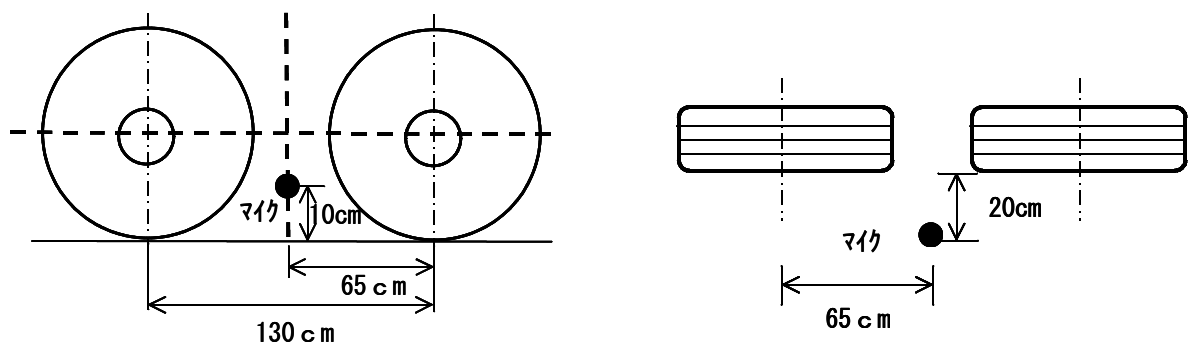


写真3-6

大型試験車のタイヤ



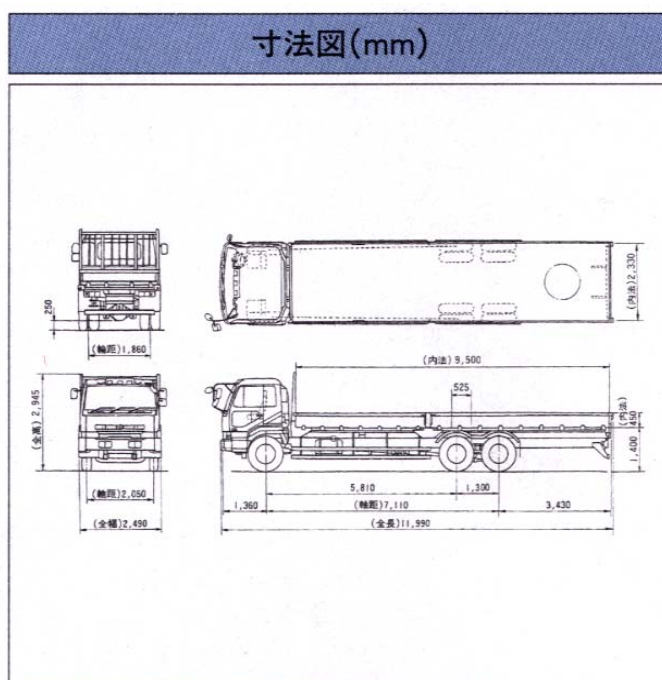
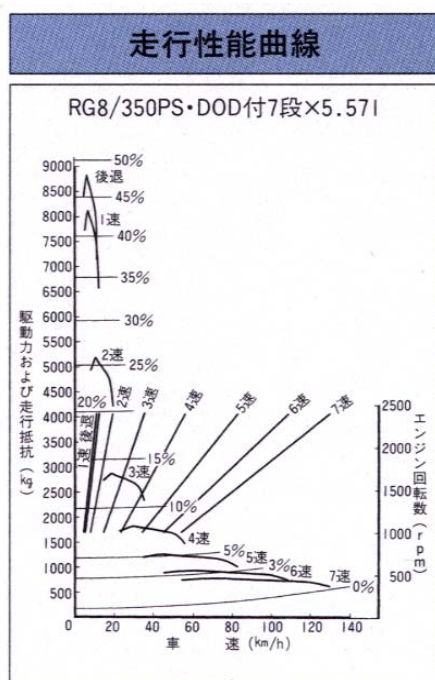
【マイクロホンの設置位置図】



大型試験車の加重板搭載状況(10t)



【大型車試験車諸元】



(2) 測定結果

①乗用試験車

表3-6 タイヤ近接音の調査結果（乗用試験車）

速度\舗装種	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
50km/h	87.1	85.1	83.3	83.5	84.4	84.2	84.2
100km/h	100.2	98.1	97.1	97.1	96.9	97.4	97.1

※①～⑦は舗装工区番号である

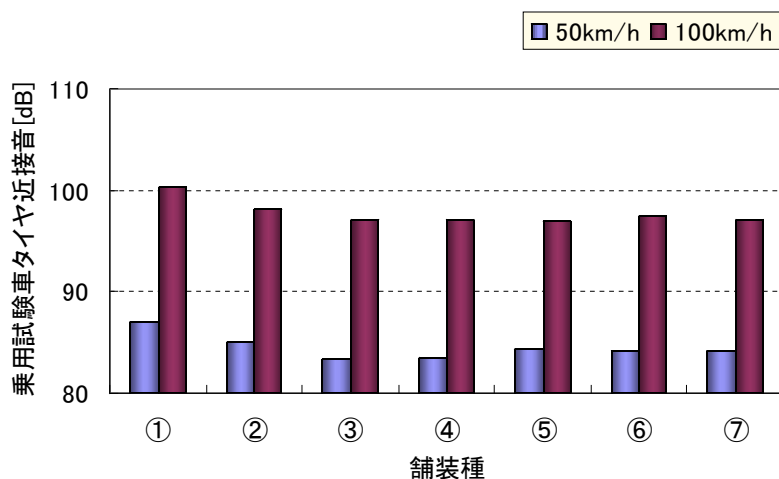


図3-9 タイヤ近接音の調査結果（乗用試験車）

騒音低減効果（密粒舗装との差）について比較した結果が図3-10である。上層φ13mmの舗装②では、2.0dB程度であるのに対して上層φ5mmの舗装③～⑦では2.7～3.8dB程度あった。このことから舗装構造の違いよりも上層の骨材粒径の違いによる影響が大きいことを示した。

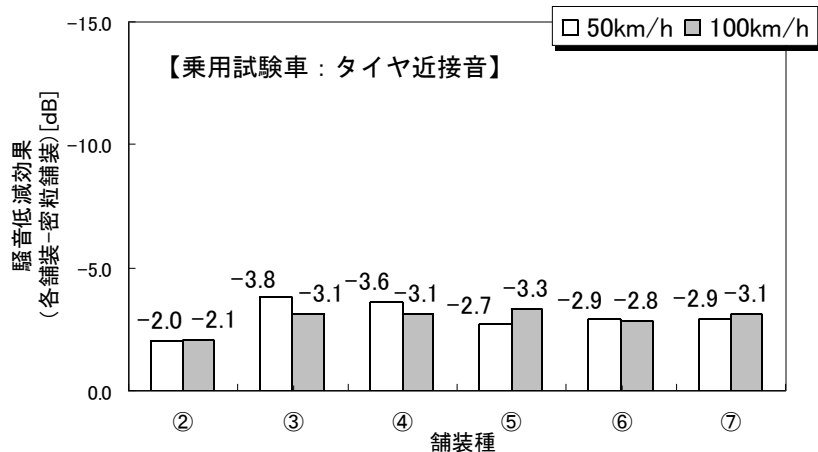


図3-10 乗用試験車のタイヤ近接音の低減効果

また、密粒舗装の周波数特性と各舗装の周波数特性を比較結果が図3-11である。

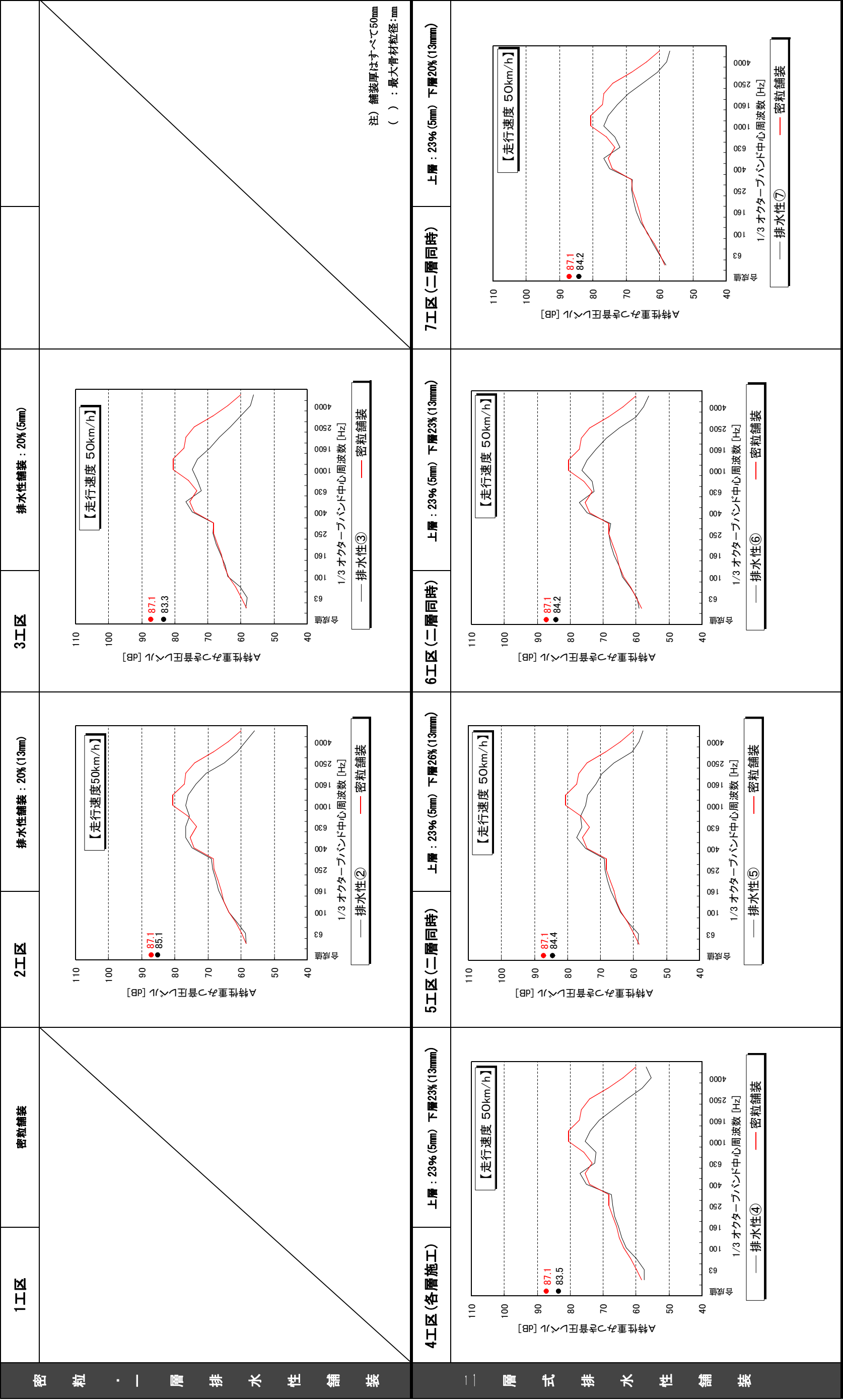


図3-11 (1) 舗装種別の乗用試験車タイヤ近接音周波数特性（走行速度：50Km/h)

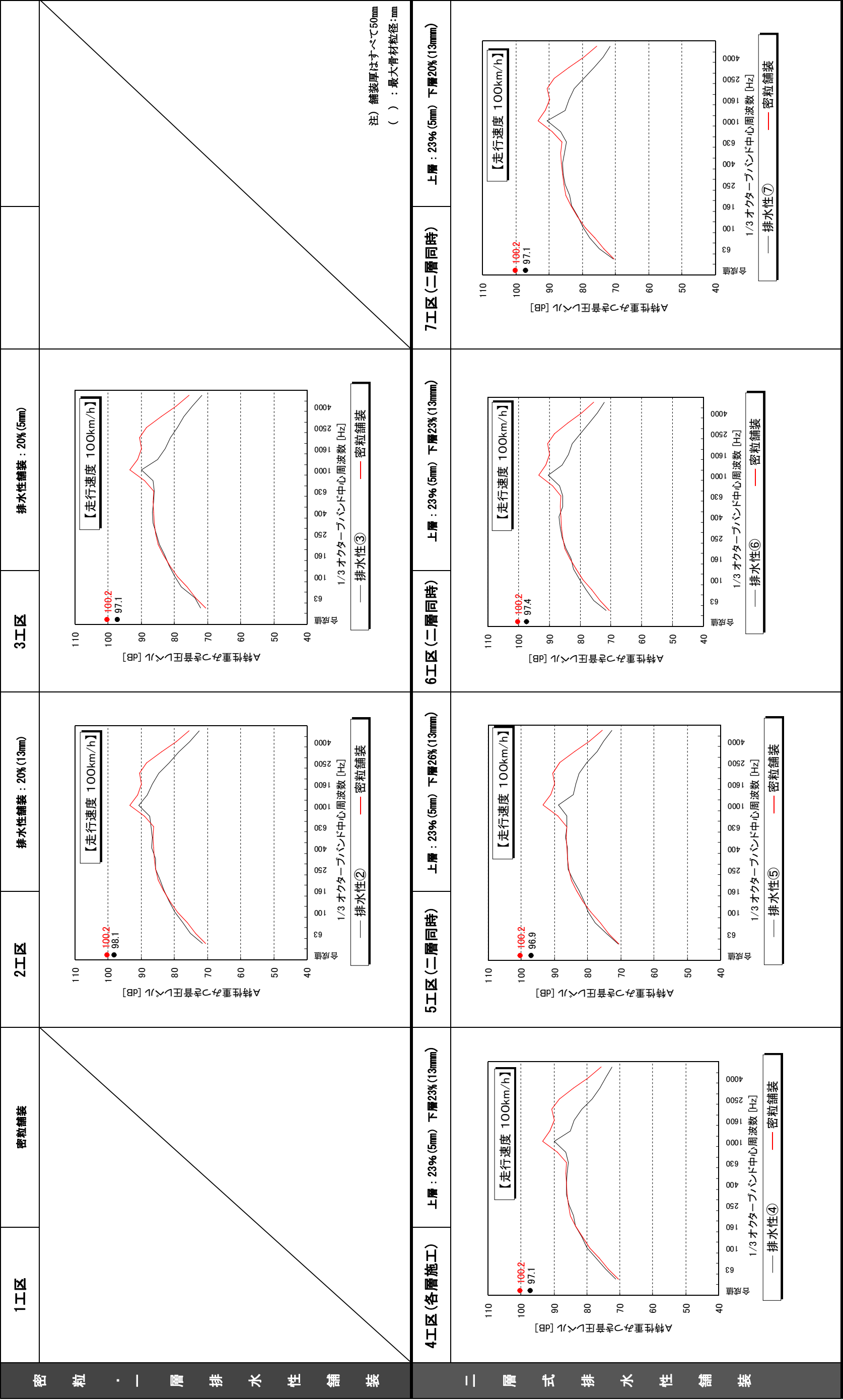


図3-11 (2) 舗装種別の乗用試験車タイヤ近接音周波数特性（走行速度：100Km/h）

②大型試験車

表3-7 タイヤ近接音の調査結果（大型試験車）

速度\舗装種	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
50km/h	91.7	88.3	86.7	86.9	86.9	86.8	87.2
100km/h	103.0	99.9	97.5	97.9	99.6	99.7	99.6

※①～⑦は舗装工区番号である

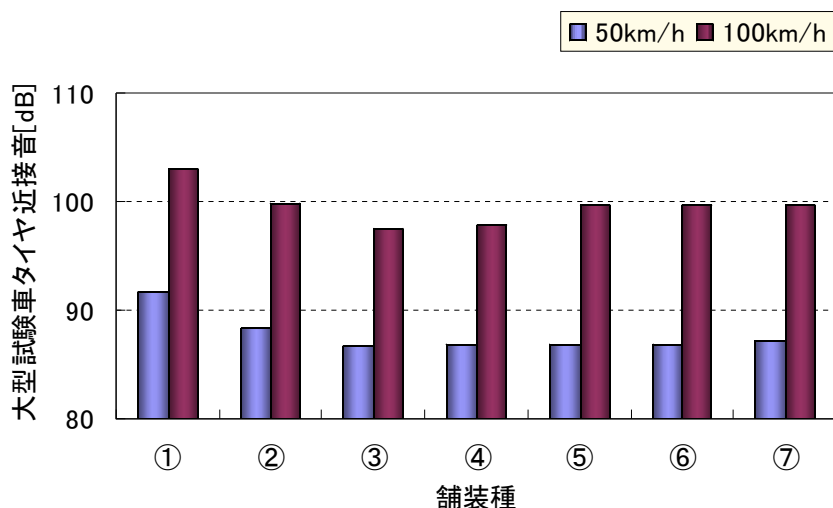


図3-12 タイヤ近接音の調査結果（大型試験車）

大型試験車を用いたタイヤ近接音の騒音低減効果は、走行速度50km/hにおいて上層13mmの舗装では、3.4dB程度であるのに対して上層5mmの舗装では4.5～5.0dB程度あった。このことから、走行速度50km/hでは舗装構造の違いよりも上層の骨材粒径の違いによる影響が大きいことを示した。走行速度が100km/hになると⑤～⑦工区は、50km/hの騒音低減効果より小さくなる傾向を示した。

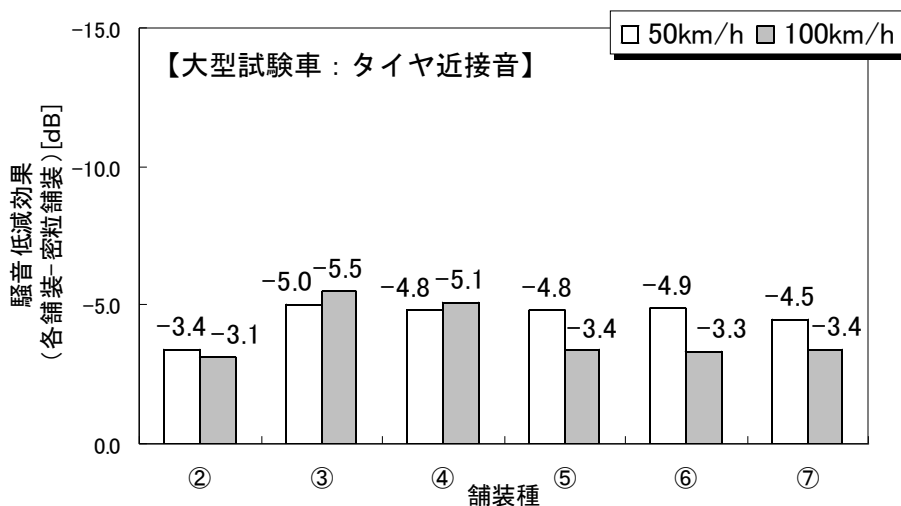


図3-13 大型試験車のタイヤ近接音の騒音低減効果

また、密粒舗装の周波数特性と各舗装の周波数特性を比較した。周波数特性の比較結果は、図3-14に示すとおりである。

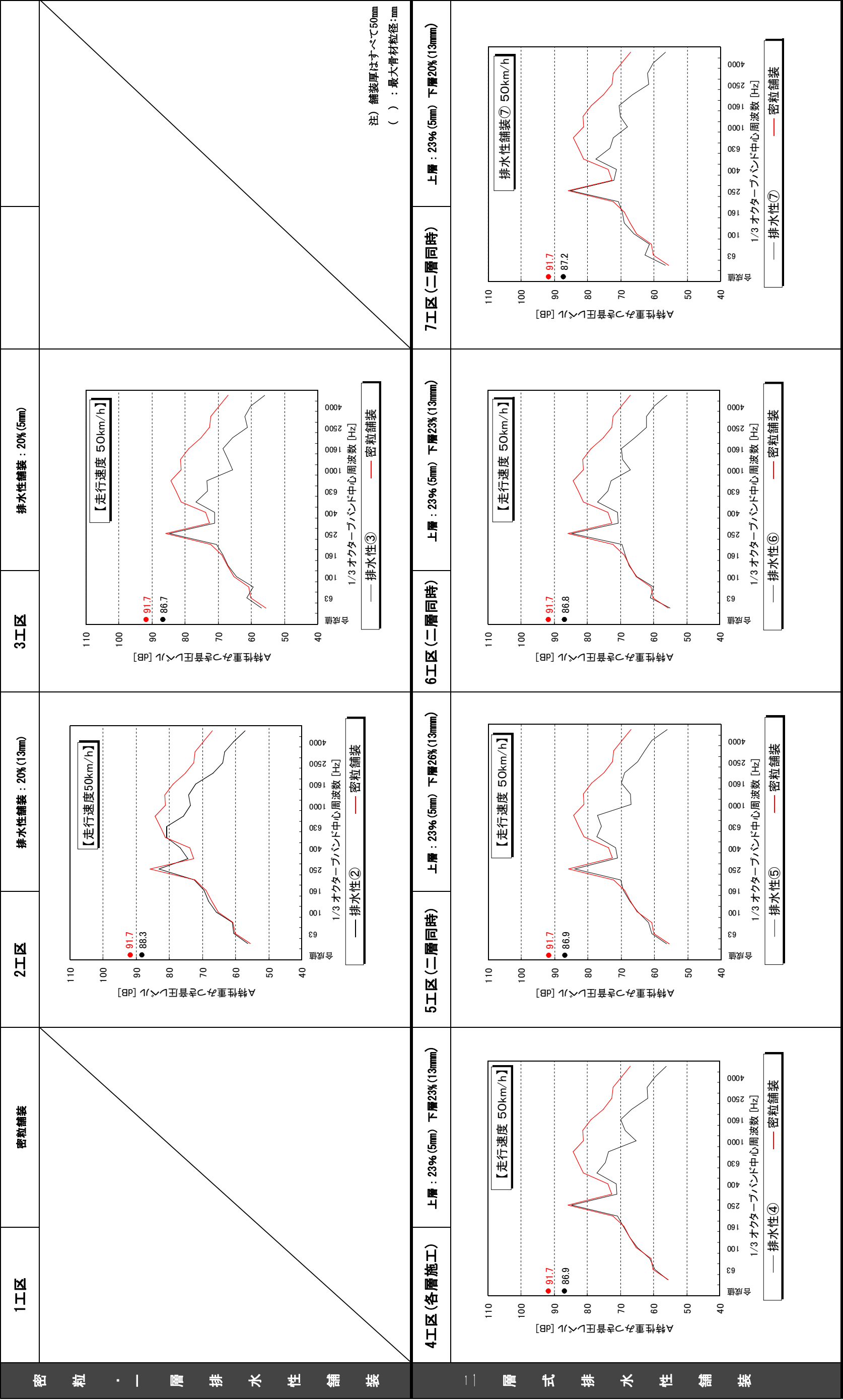


図3-14 (1) 舗装種別の大型試験車タイヤ近接音周波数特性（走行速度：50Km/h)

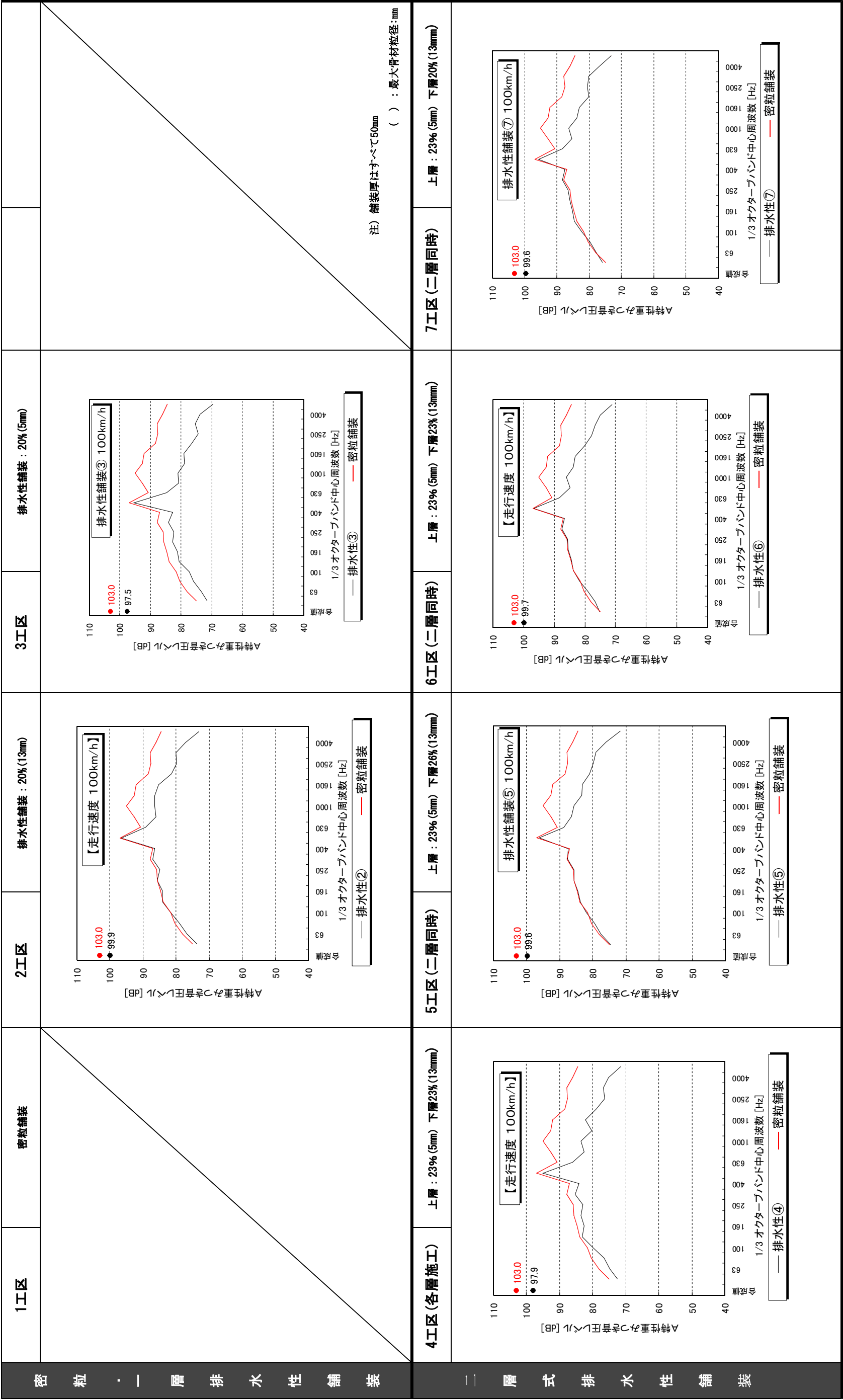


図3-14 (2) 舗装種別の大型試験車タイヤ近接音周波数特性（走行速度：100Km/h）

3.3.1 現場透水試験値

一層式排水性舗装と二層式排水性舗装とで排水能力に差は見られていない。また、すべての舗装で排水性舗装の構造に関する技術基準で規定されている排水量の基準値1,000ml/15sを上回った。

		流 下 時 間 (秒)	透水量 (ml/15 秒)			流 下 時 間 (秒)	透水量 (ml/15 秒)
②	第一走行	4.78	1255	③	第一走行	4.82	1245
		4.72	1271			4.72	1271
	第二走行	4.85	1237		第二走行	4.83	1242
		4.72	1271			4.82	1245
	平均	4.77	1259		平均	4.80	1251
④	第一走行	4.81	1247	⑤	第一走行	4.92	1220
		4.86	1235			4.84	1240
	第二走行	4.84	1240		第二走行	4.84	1240
		4.84	1240			4.85	1237
	平均	4.84	1240		平均	4.86	1234
⑥	第一走行	4.60	1304	⑦	第一走行	4.59	1307
		4.69	1279			4.63	1296
	第二走行	4.73	1268		第二走行	4.65	1290
		4.60	1304			4.62	1299
	平均	4.66	1289		平均	4.62	1298

- ②一層式 (13mmTOP) 設計空隙率20%
- ③一層式 (5mmTOP) 設計空隙率23%
- ④二層式 (各層施工) 下層_設計空隙率23%
- ⑤二層式 (二層同時施工) 下層_設計空隙率26%
- ⑥二層式 (二層同時施工) 下層_設計空隙率23%
- ⑦二層式 (二層同時施工) 下層_設計空隙率20%

3.3.2 空隙率

各工区から3個ずつ採取した直径98mm、厚さ50mmの現場切取り供試体を用いて、ノギス法及び真空パック法により全体空隙率を測定した。なお、採取した供試体ごとに厚さ比率が異なるため、測定には各層ごとの理論最大密度と上下層の厚さ比率を用いた。各供試体の厚さは表3-9に示す。

空隙率測定結果を表3-10（ノギス法）と表3-11（真空パック法）に示す。どちらの方法においてもほぼ同程度の空隙率であるが、②～④工区はほぼ合成空隙率程度であるものの、⑤～⑦工区では2～4％程度低い結果となった。二層同時施工では混合物が締まりやすく、中間部に上下層の混合物の混じり合う層ができ、全体的な空隙率を低下させている可能性がある。

表3-9各工区切取り供試体の厚さ測定結果

設計厚 cm		一般のフィニッシャによる 施工			二層同時施工		
		②	③	④	⑤	⑥	⑦
上層	1.5	-	-	2.0	1.5	1.6	1.6
下層	3.5	-	-	3.7	3.1	3.4	3.2
全厚	5.0	5.0	4.8	5.7	4.6	5.0	4.8

表3-10 切取り供試体の密度、空隙率測定結果（ノギス法）

	密度 (g/cm ³)	理論密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	合成空隙率 (%)	差 (%)
②	2.035	2.545	20.0	20	± 0.0
③	1.909	2.497	23.5	23	+0.5
④	1.967	2.544	22.7	23	-0.3
⑤	1.973	2.558	22.9	25	-2.1
⑥	2.079	2.546	18.3	23	-4.7
⑦	2.051	2.529	18.9	21	-2.1

合成空隙率：各層の設計厚さと各層の設計空隙率で合成した空隙率

表3-11 切取り供試体の密度、空隙率測定結果（真空パック法）

	密度 (g/cm ³)	理論密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	合成空隙率 (%)	差 (%)
②	2.067	2.545	18.8	20	-1.2
③	1.891	2.497	24.3	23	+1.3
④	1.968	2.544	22.6	23	-0.4
⑤	1.976	2.558	22.8	25	-2.2
⑥	2.028	2.546	20.3	23	-2.7
⑦	2.040	2.529	19.3	21	-1.7

合成空隙率：各層の設計厚さと各層の設計空隙率で合成した空隙率

3.3.3 吸音率

コアサンプルの吸音率測定方法及び分析方法を表3-12に示す。

表3-12 コアサンプルの吸音率測定方法及び分析方法

■測定項目	コアサンプルの吸音率測定
測定内容	各種試験舗装のコアサンプルによる垂直入射吸音率の測定を、2マイクロホンインピーダンス測定管を用いて、2マイクロホン法により行う。
舗装種	①密粒舗装・②③一層式排水性舗装・④～⑦二層式排水性舗装
測定位置及び 測定回数	コアサンプルの数は②, ③, ⑤, ⑥, ⑦の各工区で6個ずつ（直径98mmが3個ずつ、直径28mmが3個ずつ）の計30個である。 ④工区については、上層・下層・全層で各層につき、直径98mmが3個ずつ、直径28mmが3個ずつとし、18個で総計で48個（直径98mmが24個、直径28mmが24個）である。
■分析方法	コアサンプルを、管径に応じて挿入し（写真3-8）、反対側からスピーカによる定常音を発生する。発生音がコア表面に垂直入射するときのインピーダンスの変化から吸音率を算出する。測定装置の外観を写真3-9に示す。 A photograph showing a circular core sample, filled with dark granular material, being inserted into a cylindrical impedance tube. The tube is held in a fixture on a laboratory bench. 写真3-8 コアサンプルをインピーダンス管に挿入した状態 A photograph of the complete experimental setup. It includes a computer monitor, a keyboard, and various electronic equipment connected to the impedance tube system on a laboratory desk. 写真3-9 2マイクロホンインピーダンス管の全景

各舗装（②～⑦）の各6個ずつ採用したコアサンプルにおける吸音率の測定結果を表3-13、
図3-15、図3-16に示す。なお、表中の吸音率は6サンプルの平均値である。

- ・全ての舗装種の吸音率ピーク周波数は、800Hzであった。
- ・舗装構造が同一で施工方法の違う④と⑥工区では、ピーク周波数は、差異が見られなかったが、④工区の方が若干吸音率が高い結果を示した。
- ・卓越周波数（800Hz）における吸音率と空隙率との関係については、密粒を除く6工区の調査結果から高い相関関係（ $r = 0.83$ ）が得られた。

表3-13 コアサンプルの吸音率測定結果

舗装種		A特性吸音率	卓越周波数の吸音率	卓越周波数[Hz]
①		0.300	0.69	800
②		0.379	0.86	800
③		0.368	0.76	800H
④	上層	0.317	0.80	2000
	下層	0.339	0.84	1000
⑤		0.342	0.88	800
⑥		0.331	0.79	800
⑦		0.348	0.78	800

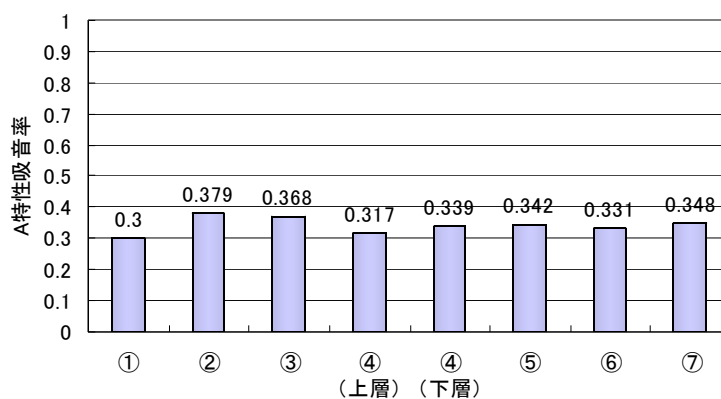


図3-15(1) コアサンプルの吸音率測定結果（A特性吸音率）

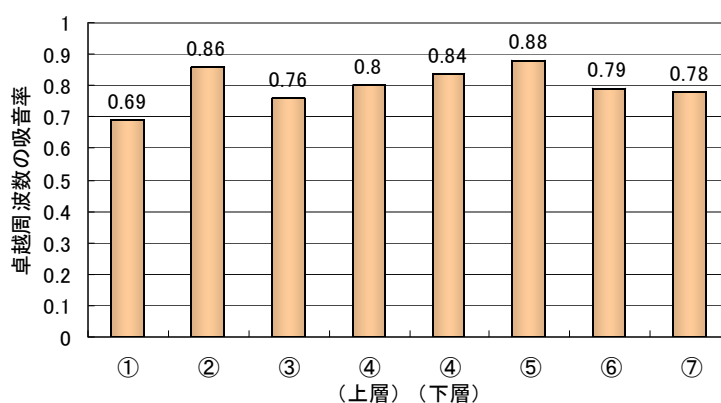
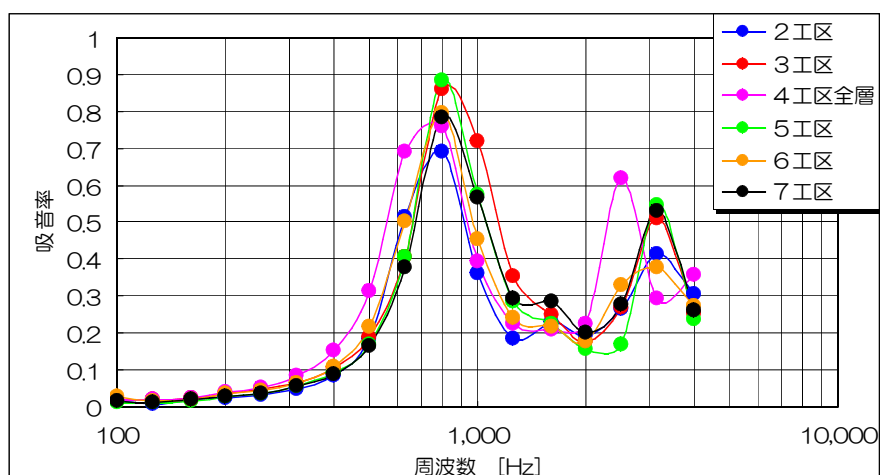
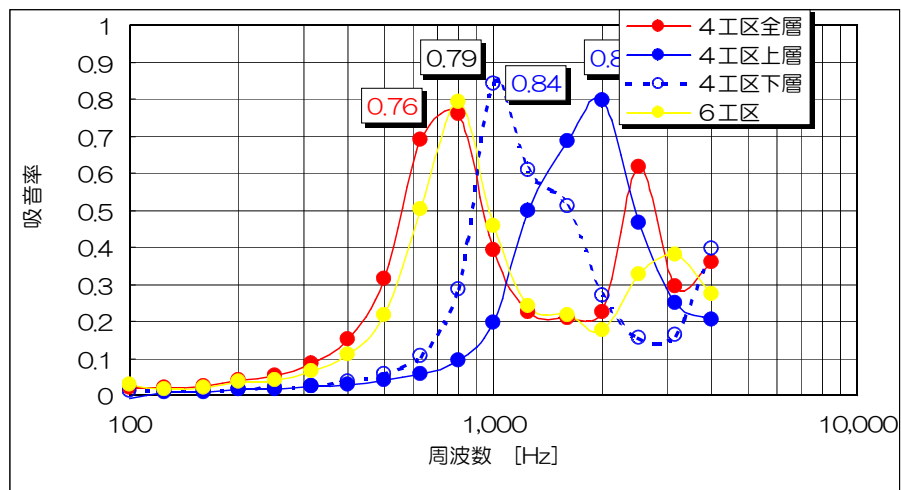


図3-15(2) コアサンプルの吸音率測定結果（卓越周波数の吸音率）

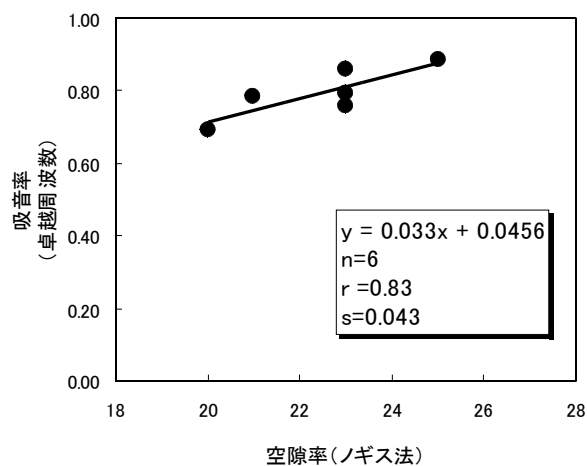
舗装工区ごとの比較



二層式排水性舗装の吸音率の比較 (4工区：上層・下層・全層, 6工区全層)



空隙率と吸音率との関係



n=データ数
r=相関係数
s=標準偏差

図3-16 吸音率と空隙率との比較

3.3.4 DS値（耐流動性）

各排水性舗装の耐流動性を評価するためにホイールトラッキング試験を行った。ホイールトラッキング試験は舗装試験法便覧別冊に準拠し、一つの舗装につき供試体を施工箇所から3個切り出して行い、その平均値からDS値を算出した。（表3-14）

動的安定度DS＝4000回/mm以上確保している舗装工区は②と⑤～⑦であった。③工区の動的安定度が低いのは施工厚に対してトップ粒径（5mm）が小さいために、混合物の落ち着き及びかみ合わせ等が弱いためと考えられる。また④工区は上下各一層ずつの施工のため、下層がコールド状態で締め固められること、及び上層が小粒径の骨材のため付着する面の接点が小さく上下層での付着強度不足が動的安定度に影響して低い結果となったと考えられる。二層同時施工の⑤～⑦では上層と下層のかみ合わせが良く、動的安定度が向上していると考えられる。

表3-14 ホイールトラッキング試験結果

	動的安定度 DS (回/mm)	変動係数 %		動的安定度 DS (回/mm)	変動係数 %
②	9000		③	1465	
	9000			2032	
	7000			2100	
平均値	8333	11.3	平均値	1866	15.3
④	2520		⑤	6300	
	2864			7000	
	2625			5250	
平均値	2670	5.4	平均値	6183	11.6
⑥	7875		⑦	5250	
	7875			3706	
	7000			5727	
平均値	7583	5.4	平均値	4894	17.7

- ②一層式（13mmTOP） 設計空隙率20%
- ③一層式（5mmTOP） 設計空隙率23%
- ④二層式（各層施工） 下層_設計空隙率23%
- ⑤二層式（二層同時施工） 下層_設計空隙率26%
- ⑥二層式（二層同時施工） 下層_設計空隙率23%
- ⑦二層式（二層同時施工） 下層_設計空隙率20%

3.4 まとめ

試験走路に施工した試験舗装による調査から、施工後初期の二層式排水性舗装の騒音低減効果と路面性状について、下記が把握された。

(1) 施工後初期の騒音低減効果

二層式排水性舗装（二層同時施工）と密粒舗装のA特性音響パワーレベルの差は以下のような結果であった。

乗用試験車：4.5dB（40km/h 定常走行時）～7.9dB（80km/h 定常走行時）

大型試験車：約 3dB（40～100km/h の定常走行いずれにおいても）

二層式排水性舗装（二層同時施工）と一層式排水性舗装のA特性音響パワーレベルの差は以下のような結果であった。

乗用試験車：0.9dB（120km/h 定常走行時）～3.4dB（80km/h 定常走行時）

大型試験車：顕著な差は見られなかった。

乗用試験車については、全ての速度域において、一層式排水性舗装を上回る騒音低減効果が確認された。大型試験車については、エンジン音の割合が相対的に大きいこともあり、乗用試験車に比べると顕著な騒音低減効果は見られなかった。

タイヤ近接音の測定結果からは、乗用試験車・大型試験車ともに上層 13mmTOP の舗装に比べて上層 5mmTOP の舗装の方が騒音低減効果は大きく、上層の骨材粒径の違いによる影響が示された。

(2) 路面性状等

MPD : 上層 5mmTOP は上層 13mmTOP に比べて値が小さく、上層の骨材粒径の違いによるMPDの違いが示された。

現場透水試験値：二層式排水性舗装（二層同時施工）では 1,234～1,298ml/15 秒となり、13mmTOP の一層式排水性舗装の 1,259 ml/15 秒と同等であった。

空隙率 : 二層同時施工では中間部に上下層の混合物の混じり合う層ができ、全体的な空隙率をやや低下させる可能性が示唆された。

吸音率 : 二層式排水性舗装を含む全ての舗装種において、ピーク周波数は 800Hz であった。

DS 値 : 二層式排水性舗装（二層同時施工）では 4,894～7,583 回/mm となり、大型車交通量が多い道路でも敷設できると考えられる。