

第3章 騒音の測定

3. 1 測定方法

一言に交通に起因して橋梁から発生する騒音といっても、大きく分けて構造音と走行音から構成されており、それらを完全に分離することは非常に困難である。このため構造音を『特定騒音』として測定しようとしても走行音を含み、橋梁周辺の『環境騒音』としての性質を帯びることになる。さらに橋梁が道路橋か鉄道橋かによってその騒音の特性は大きく異なり、特に道路橋では交通量によって変動する『環境騒音』の性質を強く示し、測定点の位置やデータ処理法が測定の目的によって大きく異なってくる。

このように橋梁から発生する騒音の測定には、騒音の実態調査のための予備測定から騒音対策を決定するための詳細な測定に至るまで、測定の対象や目的などによっていろいろな場合があり、それを一概に規定することはきわめて困難である。

しかしいずれの場合も綿密な計画のもとで実施しないと初期の目的は達成されない。

いま騒音測定の計画から最終報告までの総括的な流れを整理してみると、計画段階では ①基本計画 ②実施計画、実施段階では ③測定の実施 ④データ処理、報告段階では ⑤報告のようになる。

そこで本節では、騒音測定の計画段階で考慮すべき事項、測定・分析方法の規準、測定システム、測定・分析時の注意事項の順で述べていく。

3. 1. 1 測定計画

騒音の測定では、その目的や対象によって、騒音の計測量・評価量・データ処理法などが異なってくるが、測定計画時に検討すべき主な事項をまとめると表-3.1.1のようになる。

表-3.1.1 騒音測定の計画時に検討すべき主な事項¹⁾

基本計画	① 測定目的	音源対策,規準/基準の設定・監視,実態調査
	② 測定対象	特定騒音,環境騒音
	③ 準拠すべき規格	JIS,ISO,各種団体規格,特定仕様
実施計画	① 評価量の選定	瞬時騒音レベル,環境評価量,音源のパワーレベル
	② 計測量の選定	全音圧/騒音レベル,帯域音圧レベル
	③ 測定器の選定	騒音計,記録計,周波数分析器
	④ データ処理法の選定	現場処理,後日処理
	⑤ 測定点の選定	測定の目的によって異なる
	⑥ サンプル数の決定	測定の目的によって異なる

騒音・振動の測定に当たっては、測定器の性能あるいは測定実施者の技能や経験によって、その測定データが相違することなく客観的なものである必要がある。このためその測定は統一的な規格に準拠すべきである。現在、騒音・振動の測定器や測定方法に関する規準としては、JIS規格が用いられることが多い。そこで騒音・振動に関するJIS規格のうち主なものを挙げると次の通りである。

- ① JIS C 1502 [- 1977] 『普通騒音計』
- ② JIS C 1503 [- 1969] 『簡易騒音計』
- ③ JIS C 1505 [- 1977] 『精密騒音計』
- ④ JIS C 1510 [- 1976] 『振動レベル計』
- ⑤ JIS C 1512 [- 1983] 『騒音レベル,振動レベル記録用レベルレコーダ』
- ⑥ JIS C 1513 [- 1983] 『オクターブ及び 1/3オクターブバンド分析器』
- ⑦ JIS Z 8731 [- 1983] 『騒音レベル測定方法』
- ⑧ JIS Z 8735 [- 1981] 『振動レベル測定方法』

また騒音の評価量は騒音の時間的特性によって決められる。上記の『騒音レベル測定方法』同解説(抜粋)では、騒音はその時間的特性によって、

定常騒音 … 観測点において、ほぼ一定レベルの騒音が連続しており、騒音計の指示値に変動がないか、又は多少変動していても変動がわずかである騒音。

変動騒音 … 観測点において、騒音レベルが不規則かつ連続的に、かなりの範囲にわたって変動する騒音。例えば、ある程度の自動車交通量を有する道路の近くで観測される騒音は、ほとんどの場合変動騒音である。

間欠騒音 … ある時間間隔において間欠的に発生する騒音のうち、発生ごとの継続時間が数秒以上の騒音。一つの事象から次の事象までの時間間隔は、ほぼ一定な場合もあれば、列車や航空機の通過のように不規則な場合もある。

衝撃騒音 … 一つの事象の継続時間が極めて短い騒音。ISO 2204では、一つの事象の継続時間が1秒以下の騒音を衝撃騒音としているが、明確な根拠はない。

の4つに大別されている。

橋梁から発生する騒音は構造音と走行音から構成されており、『特定騒音』と『環境騒音』の性格を持っている。このためこれらの分類から考えると、鉄道橋から発生する騒音は『特定の間欠騒音』としての強い性格を持ち、道路橋騒音は橋のごく近傍では『特定の間欠騒音』としての性格を持ち、橋から遠ざかるに連れて『変動騒音』としての性格が強くなる。したがって道路橋騒音は、測定点の位置によって変化する『特定の間欠騒音』と『変動騒音』の二面性を持つと考えられ、その捉え方によって騒音の評価量は異なってくる。

3. 1. 2 変動騒音の評価量

『騒音レベル測定方法』では、「変動騒音の場合は、次のいずれかの方法によって等価騒音レベル (equivalent continuous A-weighted sound pressure level) 又は時間率騒音レベル (percentile level) を求める。」と規定されている。

(1) 等価騒音レベル Leq

等価騒音レベルは、実測時間内で時間と共に変化する A 特性騒音レベルと等しい平均二乗音圧を与える連続定常音の騒音レベルのことであり、次のように定義される。

$$Leq = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} (Pa(t)/Po)^2 dt \right] \quad (3.1.1)$$

または、

$$Leq = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} 10^{La(t)/10} dt \right] \quad (3.1.2)$$

ここに、

- $Pa(t)$: A 特性による音圧の実効値
- Po : 基準音圧 (20 μ Pa)
- t : 時刻 t_1 に始まり時刻 t_2 に終わる実測時間
- $La(t)$: A 特性による騒音レベル

である。

このように定義される等価騒音レベルの求め方としては次のような方法がある。

① A 特性音圧の二乗積分による方法

二乗積分平均化機能を備えた積分平均型騒音計などの測定器を使用し、式 (3.1.1) に従って実測時間に渡って A 特性音圧を二乗積分し、実測時間で平均して求める。

② 騒音レベルのサンプリングによる方法

騒音計などを用いて、実測時間全体にわたって図-3.1.1 に示すように一定時間間隔 Δt ごとに騒音レベルを測定し、その結果から式 (3.1.2) に従って次のような式を用いて等価騒音レベルを求める。

$$Leq = 10 \log \left[\frac{1}{n} (10^{La_1(t)/10} + 10^{La_2(t)/10} + \dots + 10^{La_n(t)/10}) \right] \quad (3.1.3)$$

ここに、

- La_1, La_2, \dots, La_n : A 特性による騒音レベル
- n : 測定数の総数

なおサンプリングの時間間隔 Δt は、騒音レベルの変動の程度に応じて選定されるが、騒音計の速い動特性 (FAST) を用いる場合には 0.25 秒以下、遅い動特性 (SLOW) を用いる場合には 2 秒以下とすることが望ましい。ただし騒音レベルの変動が緩やかで実測時間が数分以上に及ぶ場合には、 Δt を 5 秒程度まで広げてよい。

(2) 時間率騒音レベル L_x

ある実測時間内の変動騒音に着目した場合、騒音レベルがあるレベルを越えている時間の合計が実測時間 $(t_2 - t_1)$ の $x\%$ に相当するとき、そのレベルを $x\%$ 時間率騒音レベルという。

実際に時間率騒音レベルを求めるには、図-3.1.1に示すように騒音計の速い動特性を用いて測定した騒音レベルを実測時間全体に渡って一定時間間隔 Δt ごとに騒音レベル $L_{a1}, L_{a2}, \dots, L_{an}$ をサンプリングし、その結果を処理して所定の%時間率騒音レベルを求める。その方法としては、騒音レベルのサンプル値から図-3.1.2に示すような累積度数分布を求め、所定の時間率騒音レベルを読み取る方法が一般的である。ただし騒音レベルのサンプル値で累積度数分布を用いた場合、 $x\%$ 時間率騒音レベルは累積百分率 $(100 - x)\%$ に対応する騒音レベルで表わされる。

なお50%時間率騒音レベル L_{50} は中央値を、5%時間率騒音レベル L_{05} は90%レンジの上端値を、95%時間率騒音レベル L_{95} は90%レンジの下端値を示している。

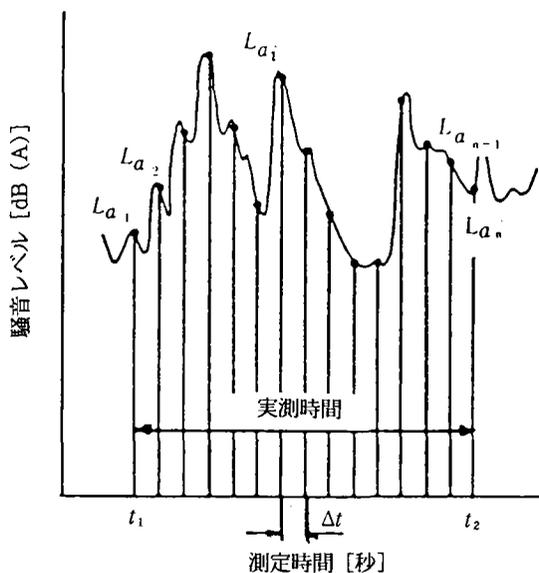


図-3.1.1 騒音レベルのサンプリング

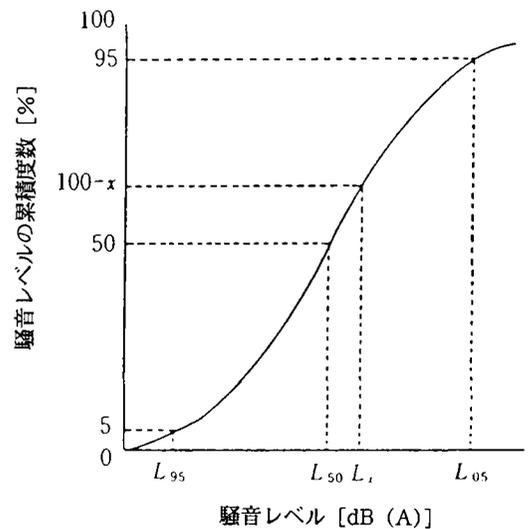


図-3.1.2 騒音レベルの累積度数分布と時間率騒音レベル

3. 1. 3 間欠騒音の評価量

『騒音レベル測定方法』では、「間欠騒音については、特定の間欠騒音を対象とするときと、間欠騒音を含む環境騒音を対象にするときがあり、それぞれ次の方法による。」と規定されている。

(1) 特定の間欠騒音

① 騒音レベルの最大値を読み取る方法

騒音の発生ごとに、騒音計の指示値の最大値を読み取る。この場合特に定めがある場合を除き騒音計の速い動特性 (FAST) を用いる。最大値がほぼ一定の場合には、数回の平均値で表示する。発生ごとに最大値がかなりの範囲にわたって変化する場合には、多数回の測定を行い、測定結果のエネルギー平均値 (パワー平均値ともいう)、累積度数分布の90%レンジの上端値などを求めて代表値とする。測定結果には必ず使用した騒音計の動特性を付記する。

また必要ある場合には、発生頻度、1回の発生ごとのおよその継続時間なども記録しておく。

② 単発騒音暴露レベル (sound exposure level) から等価騒音レベルを求める方法

発生ごとの単発騒音暴露レベルを求め、その結果から観測時間Tの間の等価騒音レベルを求める。なお単発的又は間欠的に発生する継続時間の短い騒音を表わす量として単発騒音暴露レベル Le は、次の (3.1.4) 式で定義される。

$$Le = 10 \log_{10} \frac{1}{T_0} \int_{t_1}^{t_2} (Pa(t)/Po)^2 dt \quad (3.1.4)$$

ここで T_0 は規準化時間であり1秒をとる。 $t_2 - t_1$ は騒音の1回の事象の継続時間を含む測定時間であるが、図-3.1.3に示すように実用的には、ピークレベルから10dB下のレベルを超える騒音の継続時間 $t_2' - t_1'$ で近似できる。以上の定義からも明らかなように、この量は単発的に発生する騒音のエネルギー（音圧の二乗積分値）を反映した量である。また図-3.1.3に示すように単発的な騒音の大きさをそのエネルギーと等しいエネルギーをもつ継続時間1秒間の定常騒音の騒音レベルに換算したのと考えてもよい。

(2) 間欠騒音を含む環境騒音

間欠騒音を含む環境騒音については、特に定めがある場合を除き等価騒音レベルを求める。

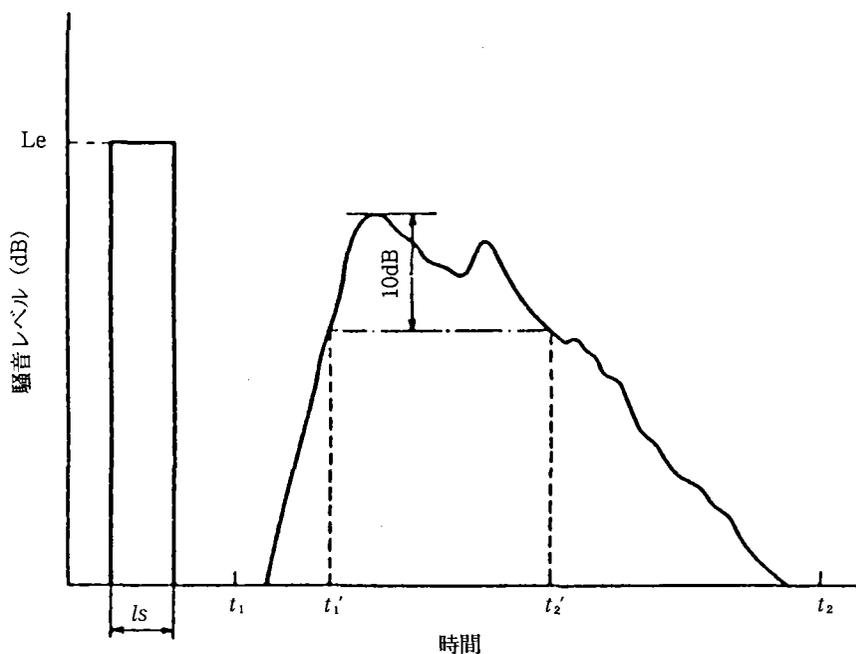


図-3.1.3 間欠的な騒音と単発騒音暴露レベル²⁾

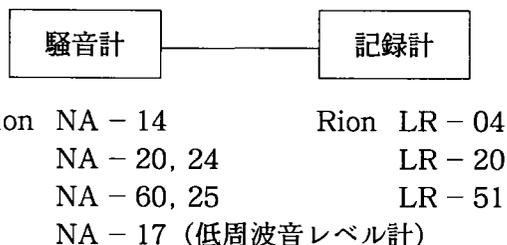
第3章 騒音の測定

3. 1. 4 測定システム

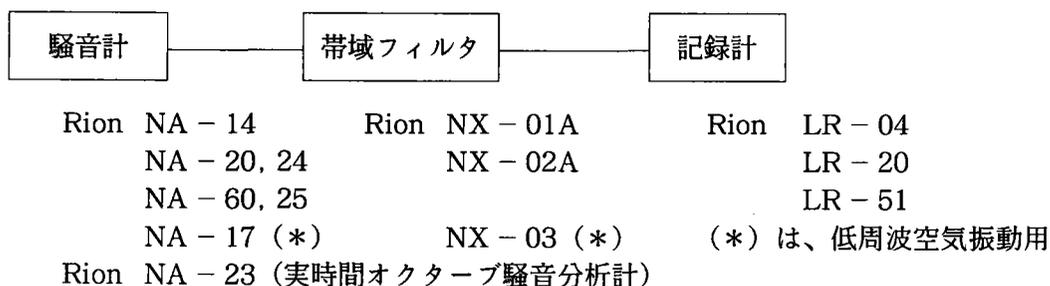
騒音測定システムは、その目的やデータ処理法などによって異なってくる。そこで簡単な測定から詳細な測定までをある程度分類して次に示す。

なお使用測定器名は一例である。

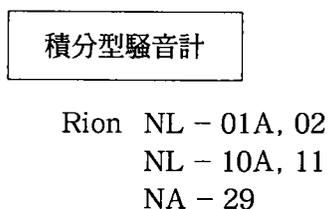
① 測定現場で全音圧レベルのみを測定する場合



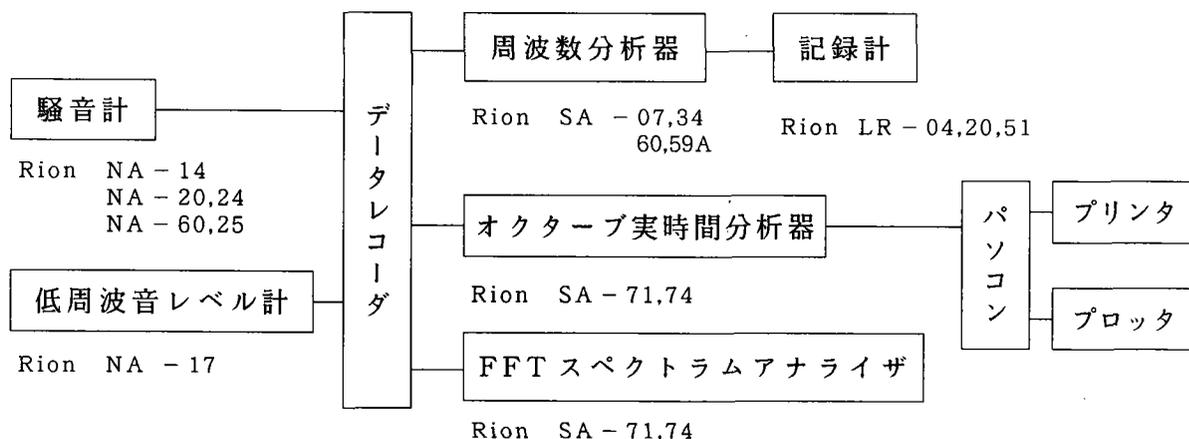
② 測定現場で全音圧レベルと帯域音圧レベルを測定する場合



③ 測定現場で等価騒音レベルや時間率騒音レベルなどを測定する場合



④ 騒音を記録し、後日詳細な分析をする場合



3. 1. 5 騒音測定の注意事項

(1) 騒音の周波数分析

騒音は周波数によって聴覚に対する作用や伝達性状などが異なる。したがって騒音に含まれる各周波数の成分を選別してそれぞれの強さを個々に測定する周波数分析は、騒音の測定法の中でも重要で、かつ騒音の影響の評価や騒音防止設計の細部の決定などに欠くことのできないものである。

騒音の周波数分析には、現在主として帯域フィルター（バンドパスフィルター）が用いられる。帯域フィルターの通過帯域は通常オクターブまたは 1/3オクターブで、その規格は表-3.1.2に示すとおりである。通過した周波数成分の強さはバンドレベルで示し、その結果は横軸に周波数、縦軸にバンドレベルをとって表示される。

また騒音のより細かな周波数成分を求めるには、騒音データをデジタル量に変換し、FFT分析が行なわれている。現在ではFFT分析結果を用いて、オクターブまたは 1/3オクターブのバンドレベルを算定できる機器も多くある。

しかし騒音をデジタル変換して行なうFFT分析は、デジタル変換のサンプリング時間内での平均的な騒音の周波数成分を表わしたものであり、全音圧レベルの最大値と各周波数成分の最大値が一致しないこともあり十分にその性格を理解して使用する必要がある。

表- 3.1.2 帯域フィルターの中心周波数と通過周波数帯域³⁾

周 波 数 Hz							
オ ク タ ー ブ			1/3 オクターブ				
下 限	中 心	上 限	下 限	中 心	上 限		
22.4	31.5	45	28	31.5	35.5		
			35.5			40	45
45	63	90	45	63	71		
			56			80	90
			71			100	112
90	125	180	90	125	140		
			112			160	180
			140			200	224
			180			250	280
180	250	355	224	250	280		
			280			315	355
			355			400	450
			450			500	560
			560			630	710
355	500	710	710	500	560		
			800			900	
			900			1000	1120
			1120			1250	1400
			1400			1600	1800
			1800			2000	2240
1400	2000	2800	2240	2000	2800		
			2500			2800	
			2800			3150	3550
			3550			4000	4500
			4500			5000	5600
2800	4000	5600	5600	4000	4500		
			6300			7100	
			7100			8000	9000
			8000			9000	
5600	8000	11200	7100	8000	9000		
			8000			9000	

(2) 騒音計の周波数特性³⁾

騒音計は図-3.1.4に示すようなA特性、C特性、平坦特性などの周波数補正回路を有している。表-3.1.3は、各周波数補正曲線を数値化したものと普通騒音計・精密騒音計における許容差を併せて示したものである。このうち、A、C特性の曲線は騒音計の指示値を人間の聴感に近づけるためのもので、A特性は Fletcher - Munson の等ラウドネス曲線の 40phone の曲線に対応しており、C特性は平坦に近い。これらの補正回路を通して測定した値を騒音レベルとして dB(A)、dB(C) と表記する。

以前には騒音の大小によって特性を使い分けたこともあったが、一般の騒音に対しては大小に関係なく A 特性による測定値が聴感との対応が良いことが世界的に認識され、現在では大部分の騒音測定は A 特性で行い、dB(A) と表記することが普及している。わが国の計量法では特に (A) の表記をせず、A 特性で測定した騒音レベルを ○○dB と表記して良いことになっているが、国際的な慣例と異なるので注意を要する。

以上述べたように騒音は一般に A 特性で測定されるが、騒音発生源の推定や低周波空気振動を含む騒音の測定などのように広範囲の周波数領域での騒音の特徴をつかむ必要がある場合には、できるだけ平坦な特性を用いて測定する方が良いと考えられる。

これは A 特性で測定した場合、騒音が 1kHz~5kHz の周波数領域では強調され、逆に 1kHz 以下の周波数領域では小さく表わされるためその特徴がうまくつかめないからである。また平坦な特性で測定した場合でも、表-3.1.3の数値を用いれば一応 A 特性の騒音レベルに換算することができるからである。

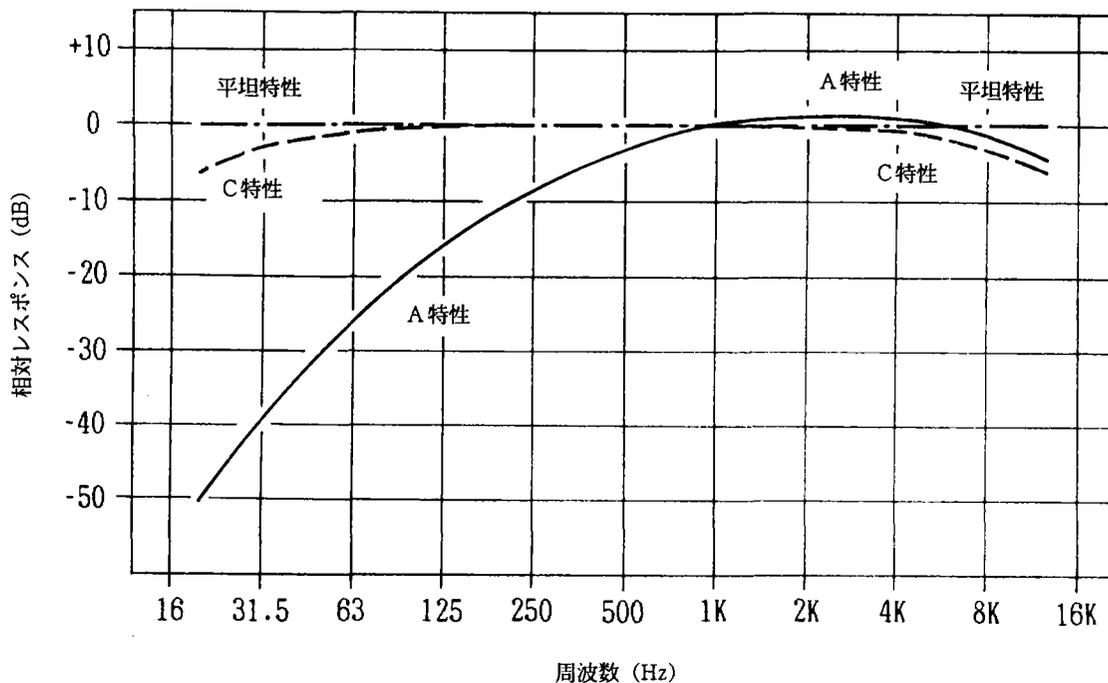


図-3.1.4 騒音計の周波数特性

表 - 3.1.3 騒音計の周波数特性^{4) 5)}

周波数 Hz	基準レスポンス dB			許 容 差 dB	
	A 特 性	C 特 性	平坦特性	普通騒音計	精密騒音計
20	-50.5	-6.2	0		± 3
25	-44.7	-4.4	0		± 2
31.5	-39.4	-3.0	0	± 5.0	± 1.5
40	-34.6	-2.0	0	± 4.5	± 1.5
50	-30.2	-1.3	0	± 4.0	± 1.5
63	-26.2	-0.8	0	± 3.5	± 1.5
80	-22.5	-0.5	0	± 3.0	± 1.5
100	-19.1	-0.3	0	± 2.5	± 1
125	-16.1	-0.2	0	± 2.0	± 1
160	-13.4	-0.1	0	± 2.0	± 1
200	-10.9	0	0	± 2.0	± 1
250	-8.6	0	0	± 2.0	± 1
315	-6.6	0	0	± 2.0	± 1
400	-4.8	0	0	± 2.0	± 1
500	-3.2	0	0	± 2.0	± 1
630	-1.9	0	0	± 2.0	± 1
800	-0.8	0	0	± 2.0	± 1
1 k	0	0	0	± 2.0	± 1
1.25k	0.6	0	0	± 2.0	± 1
1.6 k	1.0	-0.1	0	+2.5 -2.0	± 1
2 k	1.2	-0.2	0	+3.0 -2.5	± 1
2.5 k	1.3	-0.3	0	+3.5 -3.0	± 1
3.15k	1.2	-0.5	0	+4.0 -3.5	± 1
4 k	1.0	-0.8	0	+4.5 -4.0	± 1
5 k	0.5	-1.3	0	+5.0 -4.5	+1.5 -2
6.3 k	-0.1	-2.0	0	+5.5 -5.0	+1.5 -3
8 k	-1.1	-3.0	0	+6.0 -5.5	+2 -4
10 k	-2.5	-4.4	0		+3 -6
12.5k	-4.3	-6.2	0		

(3) 騒音計の動特性

温度計などと違って、騒音計は数ミリ秒から数秒で絶えず変動する現象を対象にした測定器である。しかし騒音計の指示計の指針は機械的な構造を有しているため、指針の機械的な慣性などを考慮する必要があり、継続時間が短い衝撃音などに対して十分に追従できない。この指示計の機械的な慣性などを考慮した動きのことを「動特性」と呼ぶ。変動を伴う同一の現象を2台の騒音計で測定する場合、指示計の動特性が完全に一致していないと両者の測定値に開きが生じる。

そこで騒音計の指示計の「動特性」については、JIS規格で“速い動特性 (FAST)”と“緩い動特性 (SLOW)”の2種が決められている。FASTは聴感に比較的近く、SLOWは変動する騒音の平均的な値を読み易くするためのものである。

JIS C 1502の普通騒音計の規格によると、『周波数1,000Hz、継続時間0.2sの正弦波入力による最大指示値が、その正弦波入力と周波数及び振幅の等しい定常状態の正弦波入力による指示値に対して』、“FAST”は『-1 (+0.5, -1) dBの範囲内』、“SLOW”は『-4 ± 2dBの範囲内』と決められている。またFAST、SLOWのいずれについても『周波数100Hz~8kHzの任意の周波数で振幅が一定な正弦波入力を急に加えたときの最大指示値は、定常状態の指示値

に対して+1.0dB以下とする』よう規定されている。

この規格を概念的に説明したものを図-3.1.5に示す。この図は、騒音の継続時間によって指示計の示す騒音レベルが時間的にどのように変化するかを、FAST (実線) と SLOW (1点鎖線) で示している。またその騒音レベルの最大指示値が、理論的な騒音レベルと相違している様子を示している。さらに図-3.1.6は、(a) 図に示すような変動性の音圧信号の実効値を騒音計のFAST及びSLOWの動特性でレベル記録した場合を (b) 図に表わしたものである。この図から、FASTによる記録の方が信号の振幅変化に対する追従性は高いが時間平均効果は小さいことがわかる。

このような動特性は、騒音レベルのサンプリングにより等価・時間率騒音レベルを算定する際にも影響してくる。そのためこれらを求めるときには、動特性に関して次のような規定がある。

- ① 等価騒音レベルのサンプリング時間間隔は、FASTを用いる場合には0.25秒以下、SLOWを用いる場合には2秒以下にすることが望ましい。ただし騒音レベルの変動が緩やかで、実測時間が数分以上に及ぶ場合には5秒程度まで広げてよい。なお動特性としては、SLOWを用いた方がよい。
- ② 時間率騒音レベルや累積度数曲線を求める場合にはFASTを用いる。

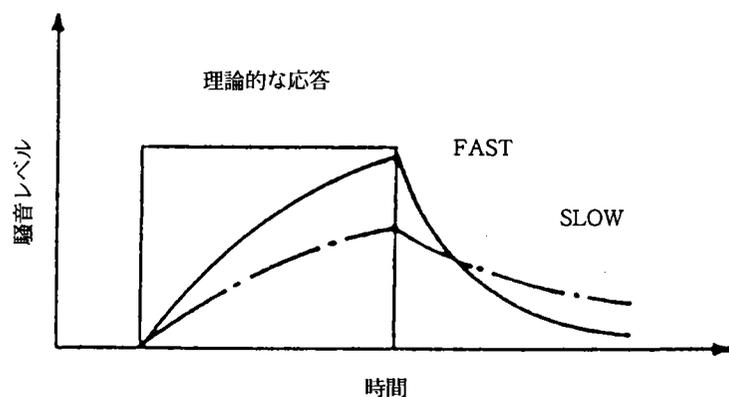


図-3.1.5 騒音計の動特性の概念図⁶⁾

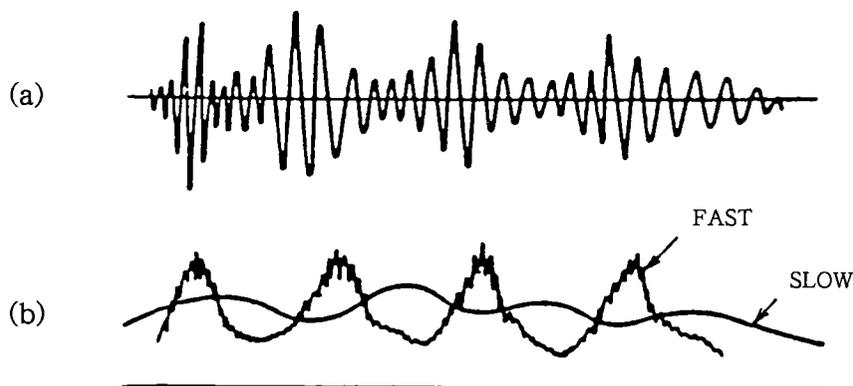


図-3.1.6 動特性による変動騒音のレベル波形の比較²⁾

(4) その他

- ① 騒音計のマイクロホンは、風の影響を受けるのでウインドスクリーンを必ず使用する。特に低周波空気振動を測定する場合には風の影響が非常に大きいので、風が十分小さいときに測定する必要がある。
- ② 騒音計とデータレコーダを接続して記録する場合には、騒音計の動特性を考慮する必要はない。
- ③ データレコーダの記録方式にはDR方式とFM方式があるが、低周波空気振動のように低い周波数を対象として測定する場合にはFM方式を用いる方がよい。

3. 2 測定例

前節でも述べたように、橋梁から発生する騒音は『特定騒音』と『環境騒音』の性格を持っている。そこで橋梁を鉄道橋と道路橋に分けて考えると、鉄道橋から発生する騒音は、『特定の間欠騒音』としての強い性格を持ち、道路橋騒音は橋の近傍では『特定の間欠騒音』としての性格を持ち、橋から遠ざかるに連れて『変動騒音』としての性格を強くするという二面性を持つと考えられる。

鉄道騒音の特徴を表わしたものが図-3.2.1であり、一般的にその測定には“速い動特性 (FAST)” が用いられ評価には騒音レベルのピークレベルをパワー平均したものが用いられる。

また“速い動特性 (FAST)” で測定された道路橋近傍での騒音レベル (平坦特性 dBF) の時間的変動を通過交通と併せて表わしたものが図-3.2.2である。

この例でもわかるように、道路橋騒音は、『特定の間欠騒音』と『変動騒音』の2つの特徴を示している。そこでこの図では、騒音レベルの頻度分布・累積頻度分布、等価騒音レベル・時間率騒音レベルの計算結果も同時に示してある。

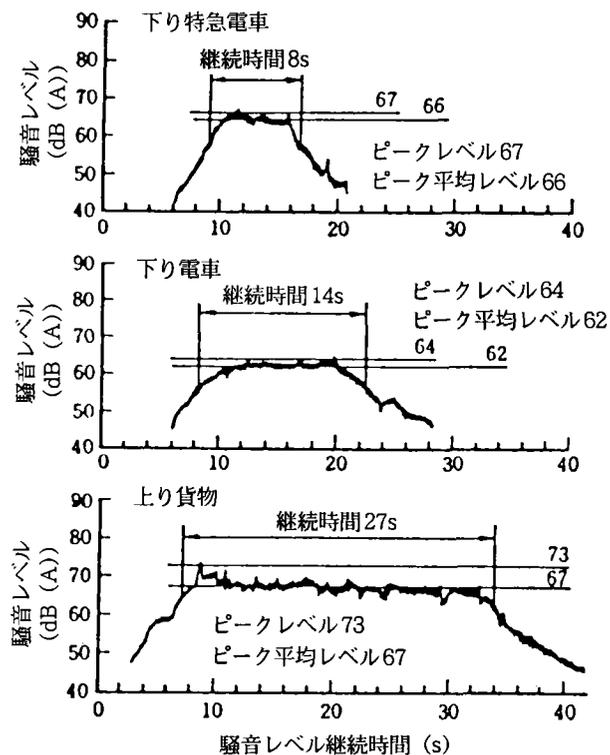


図-3.2.1 鉄道騒音の時間変動パターン⁵⁾
(高崎線鴻巣付近、平坦地、砂利道床、路線中心から距離50m)

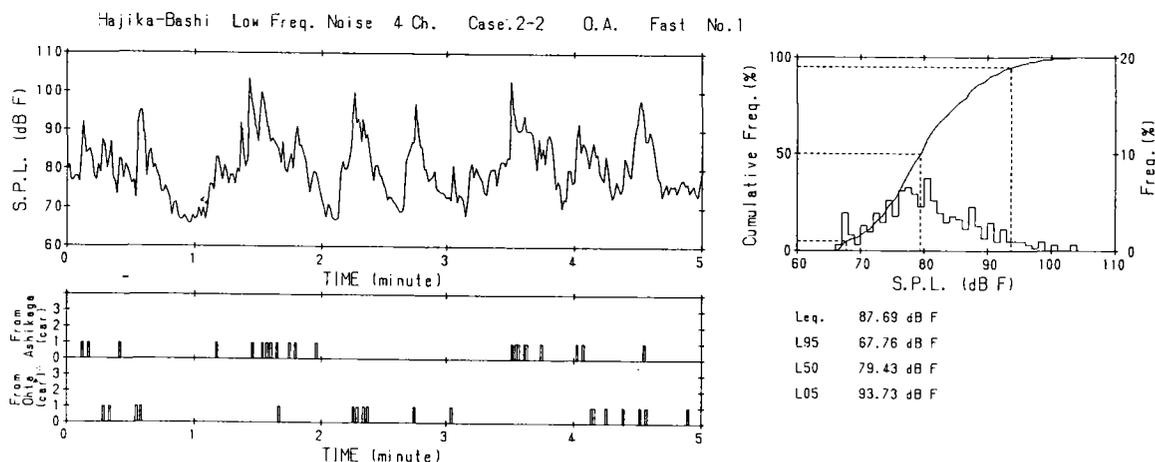


図-3.2.2 道路橋騒音の時間変動パターンの例
(葉鹿橋、床版直下、5分間)

3. 2. 1 鉄道橋

鉄道橋から発生する構造音は、鉄道騒音の内でも特にその騒音レベルが大きい。そのため騒音の実態調査や対策を目的とする測定が旧国鉄などを中心に行われてきた。ここではそうした測定の例を示すことにする。

(1) 実測例1⁷⁾

これは実橋の騒音、部材振動から鋼橋の主要騒音源を知り、効果的な騒音対策を立てるための資料を得ることを目的としている。測定対象の橋梁は、図-3.2.3に示すような単純鋼床版箱桁・無道床軌道橋であり、その測点は図-3.2.4、図-3.2.5に示す。この測定から次のような結果が述べられている。

図-3.2.6は、特急(6両編成、17型)通過時の各測点の騒音スペクトルを示したものであり、この騒音は低周波数域(31.5Hz~80Hz)と中間周波数域(250Hz~500Hz)にピークを示す特性を有している。また一般的には低周波音ほど距離減衰性が強いとされているが、距離が異なってもほぼ相似のスペクトル形状であり、周波数による距離減衰特性の違いは見られなかった。これは観測地点の環境による影響と思われる。

図-3.2.7は、橋梁各部材の振動レベルのスペクトルを示したものである。騒音レベルと同様に250Hz~1000Hzの周波数成分が大きく、部材の振動スペクトルと騒音スペクトルは類似している。したがって騒音に対しては橋梁各部材からの構造音がかなり寄与していると考えられる。

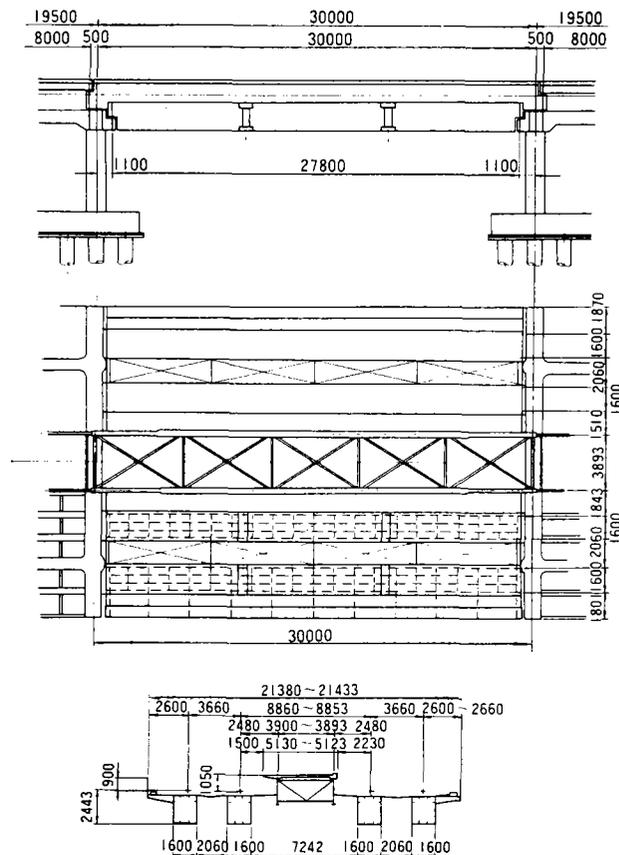


図-3.2.3 橋梁一般図(鉄道橋の実測例)⁷⁾

第3章 騒音の測定

(2) 実測例2⁸⁾

これは実橋に3種類の防音対策を順次施工し、軌道、橋梁各部の振動及び発生する騒音の比較測定を行うことによって、その対策の効果を検証することを目的としている。測定対象の橋梁は図-3.2.8に示すように上路プレートガーダー、無道床軌道橋であり、その測点は図-3.2.9~図-3.2.11に示す。防音対策の種類は、図-3.2.12に示す“軌道と鋼桁の振動絶縁対策”、“レール制振対策”および“鋼桁腹板制振対策”である。この測定から次のような結果が述べられている。

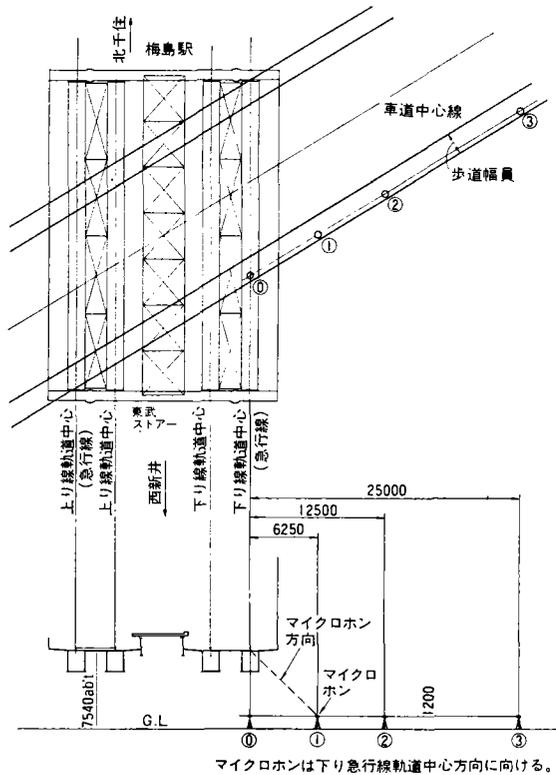


図-3.2.4 騒音測定点⁷⁾

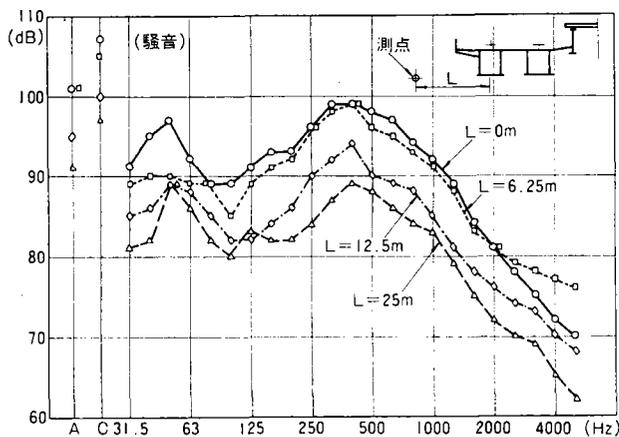


図-3.2.6 17型電車(6両)による騒音スペクトル⁷⁾

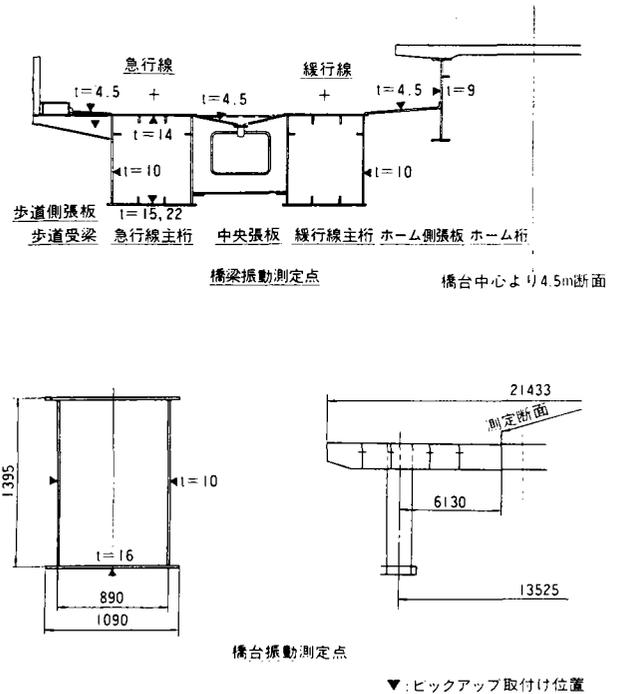


図3-3.2.5 振動測定点⁷⁾

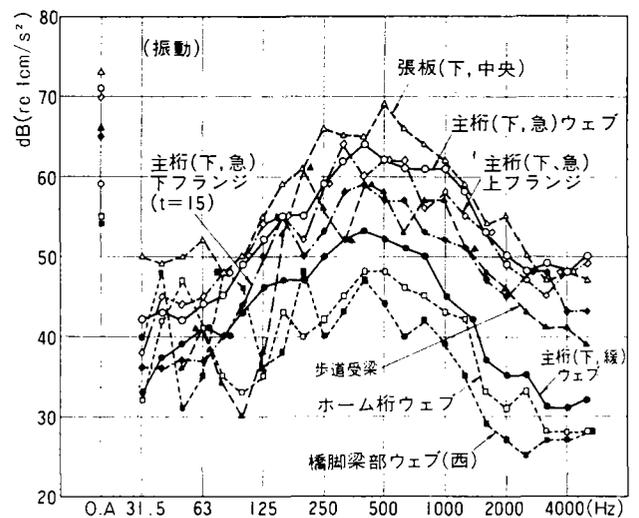


図-3.2.7 8000型電車(6両)による各部材の振動スペクトル⁷⁾

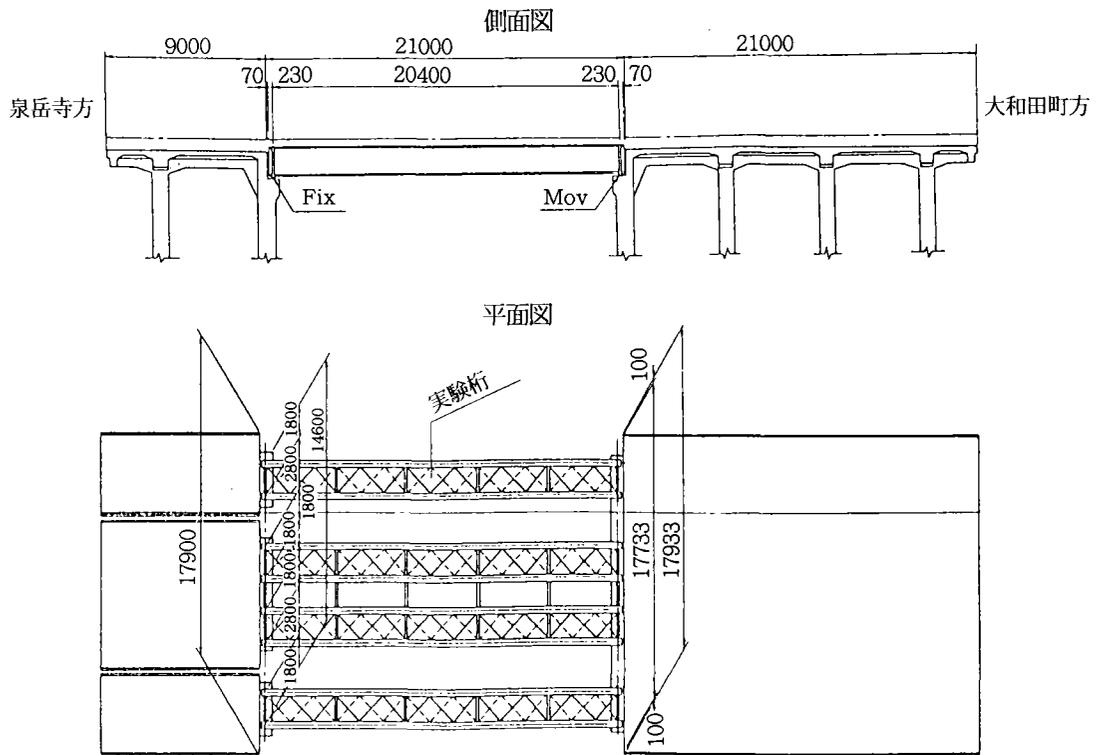


図-3.2.8 橋梁一般図（鉄道橋の実測例2）⁸⁾

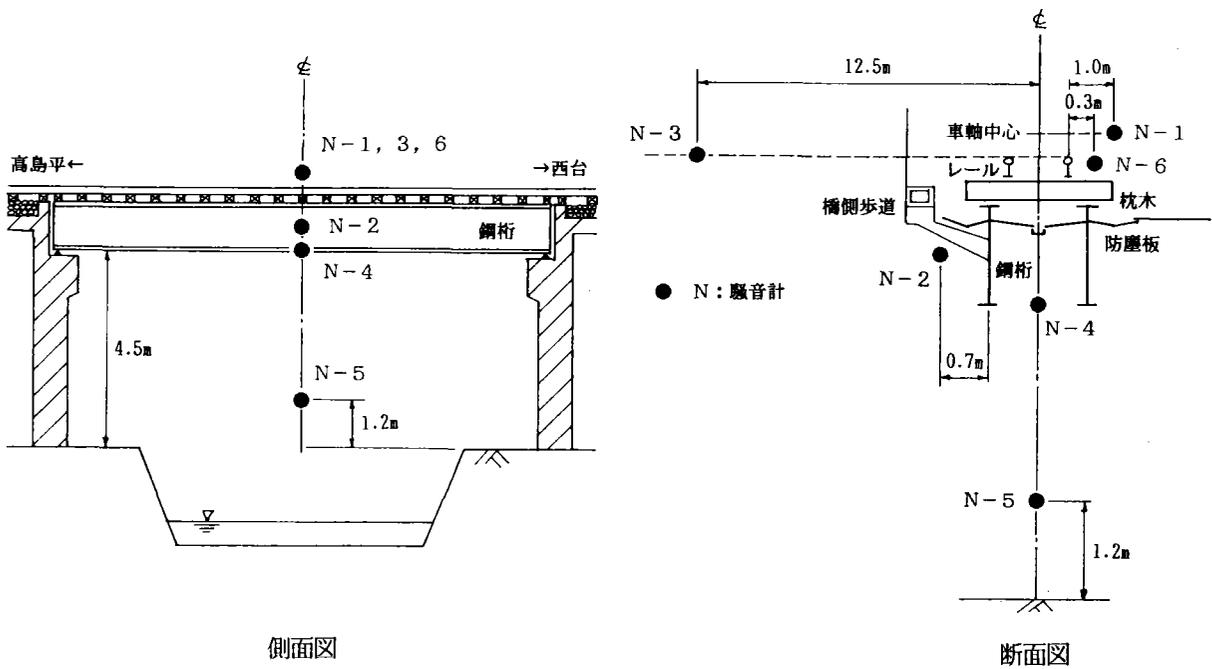


図-3.2.9 騒音測定点⁸⁾

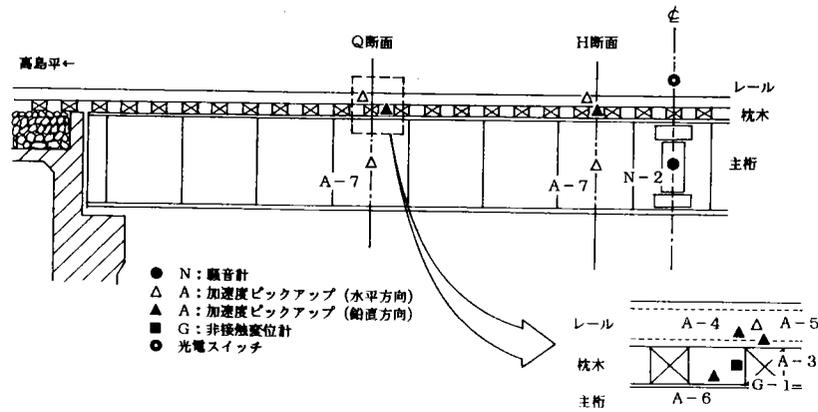


図-3.2.10 振動測定点 (側面図)⁸⁾

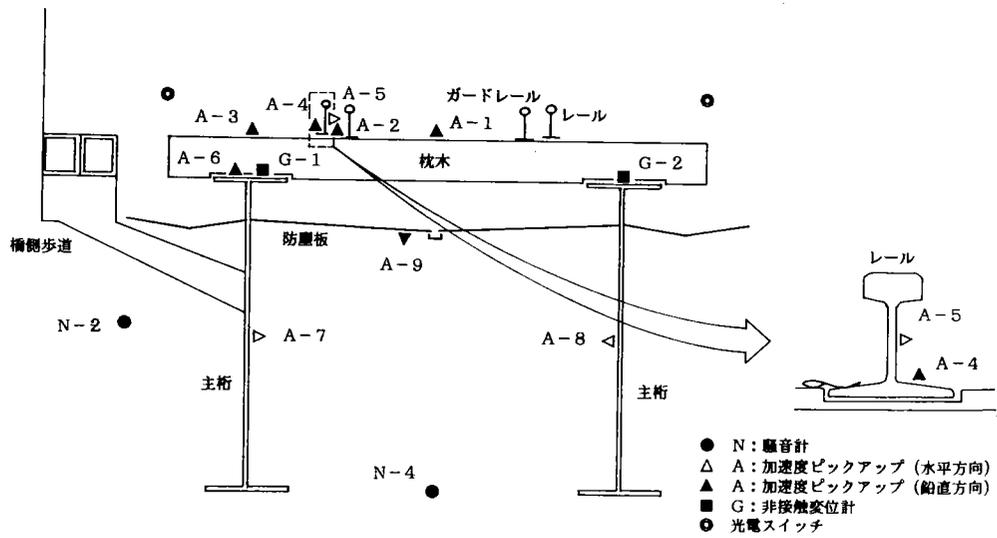


図-3.2.11 振動測定点 (断面図)⁸⁾

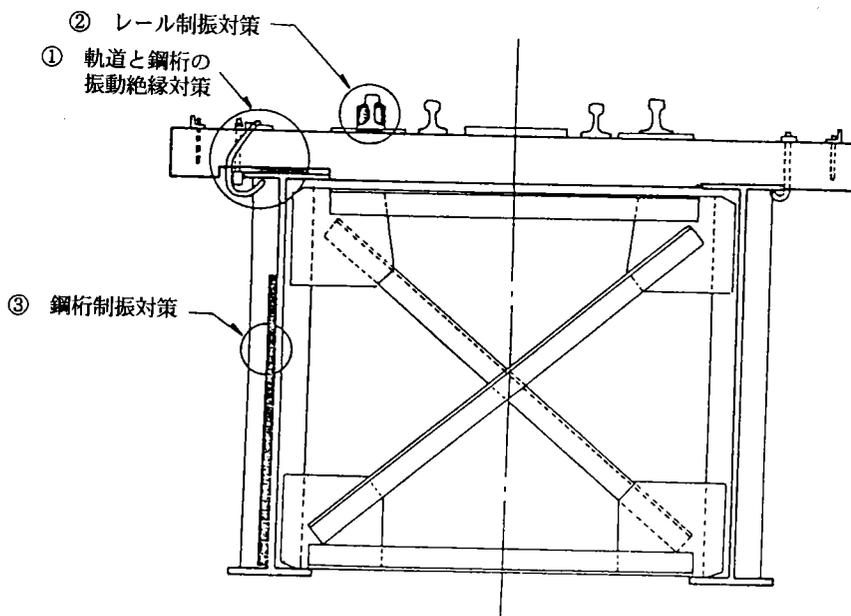


図-3.2.12 実験橋における騒音・振動の各種対策⁸⁾

図-3.2.13は、未対策時、軌道と鋼桁の振動絶縁対策時、レール制振対策時、鋼桁腹板制振対策時の各測点における騒音スペクトルを示したものである。この図より、振動絶縁対策では全ての測点で6dB程度の低下がみられるが、レール制振対策ではほとんど騒音低減効果が見られないことがわかる。鋼桁制振対策では、全ての測点で2~6dB程度の低下が見られる。特に鋼桁制振効果が著しく現われると考えられる鋼桁ウェブ横騒音,鋼橋下面騒音では、OA値でそれぞれ3dB,6dB程度の低下が見られる。鋼桁ウェブ横騒音が鋼橋下面騒音より低下していないのは、防塵板の張り出し等の他の音源の影響のためではないかと考えられる。

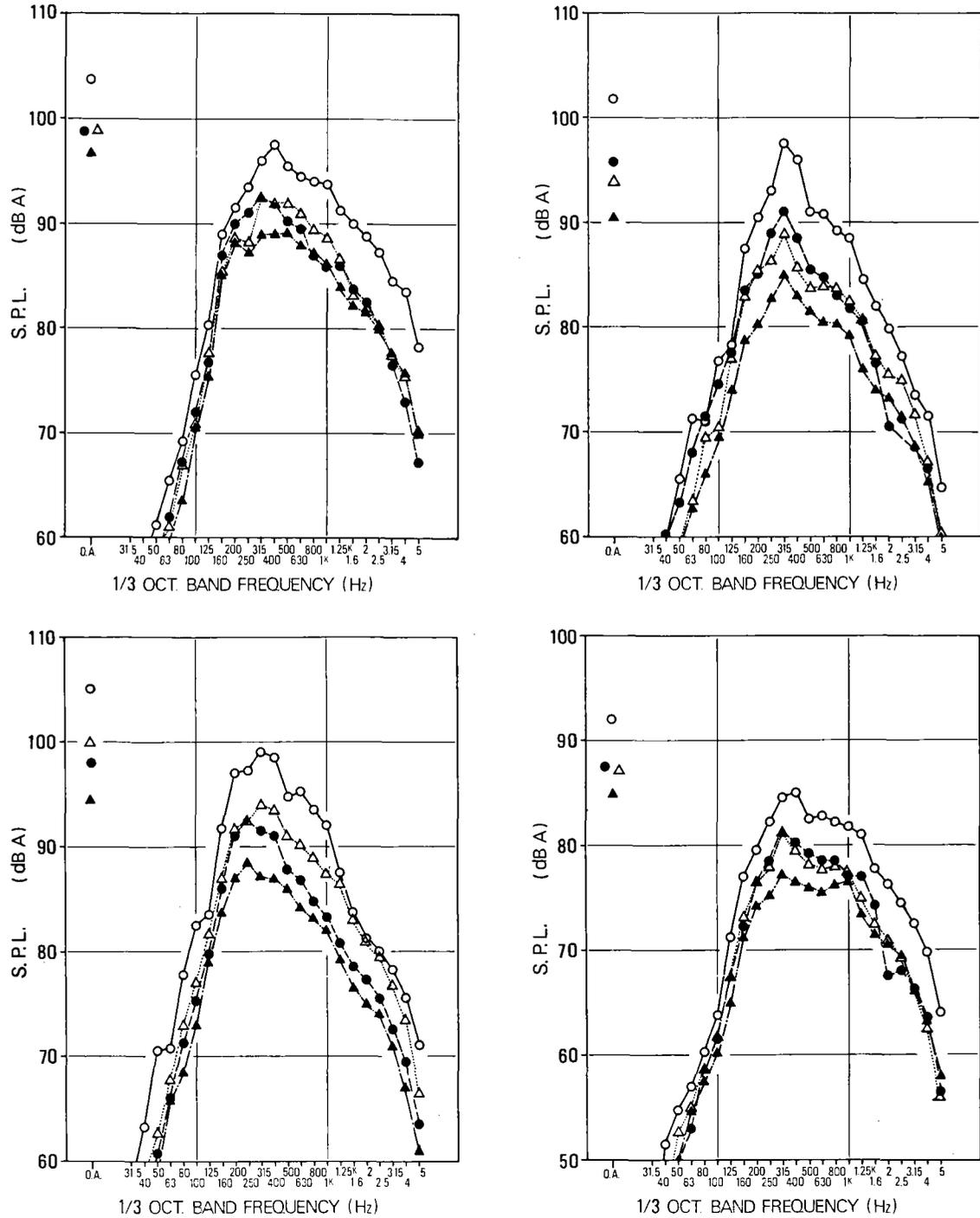


図-3.2.13 鉄道橋騒音（実測例2）の周波数分析結果⁸⁾

3. 2. 2 道路橋

現在道路橋騒音の明確な測定法、評価法はまだ確定されていない。そこで橋梁騒音の測定法、評価法を統一することによってその騒音を相互にかつ定量的に比較できるようにし、騒音源とその発生要因とを考究し騒音と振動を制御することを目的として、鋼橋技術研究会防音設計研究部会では現在数多くの橋梁で測定を実施中である。ここでは現在までにまとまった結果を示す。

(1) 実測例 1, 2⁹⁾

測定対象の橋梁は図-3.2.14、図-3.2.15に示すような単純H型鋼橋と単純合成箱桁橋であり、その測点は図-3.2.16、図-3.2.17に示すとおりである。測定の結果を図-3.2.18～図-3.2.23に示す。これらの結果から次のようなことがわかった。

- ① 葉鹿橋や鹿島橋のような鋼橋の騒音は、『間欠騒音』と捉えることができ、全通過車両の通過時騒音レベルの最大値（車両通過時騒音レベル）をパワー平均したものによって代表される。その際車両の進行方向は車両通過時騒音レベルに影響しない。
- ② 橋梁騒音では、等価騒音レベルと車両通過時騒音レベルの間には密接な関係がある。
- ③ 葉鹿橋と鹿島橋は、その騒音スペクトルに顕著な卓越周波数をもつ。
- ④ その顕著な卓越周波数は、橋梁を“はり”としてモデル化したときの曲げ振動の一次固有振動数に一致する。また橋梁から発生する低周波空気振動は、この卓越周波数に強く支配されると考えられる。
- ⑤ ジョイント音は橋梁のジョイント部の整合性や形式の違いによってその騒音レベルが大きく異なる。そのためジョイント音を軽減するためには、設計の際にあらかじめジョイント部の形式に注意するとともに、日頃の管理を充分にする必要があると考えられる。

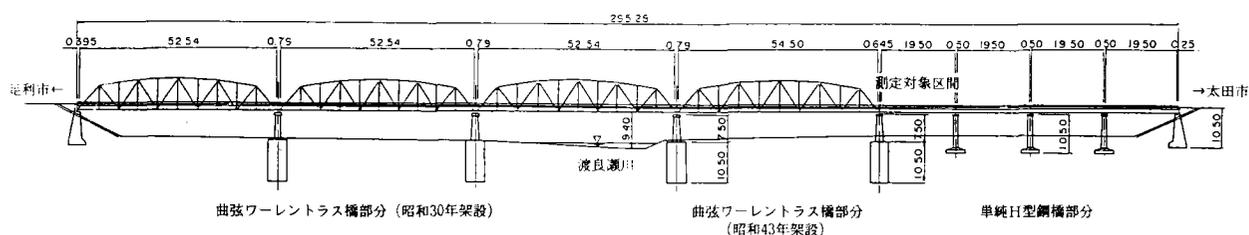


図-3.2.14 葉鹿橋の一般図

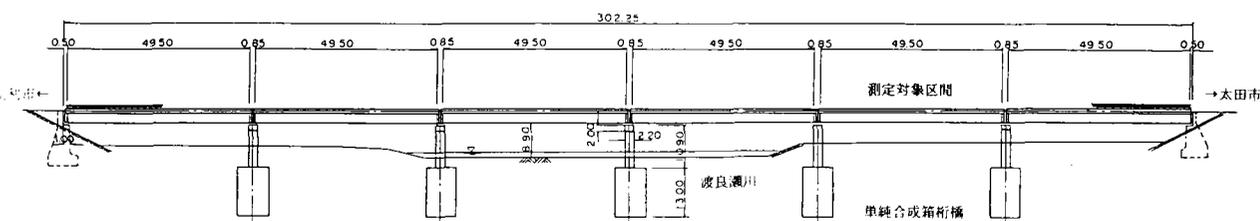


図-3.2.15 鹿島橋の一般図

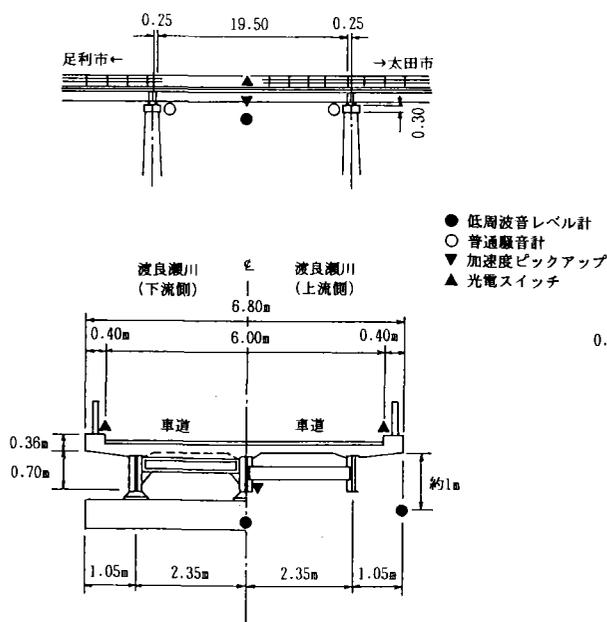


図-3.2.16 歯鹿橋の断面と測点

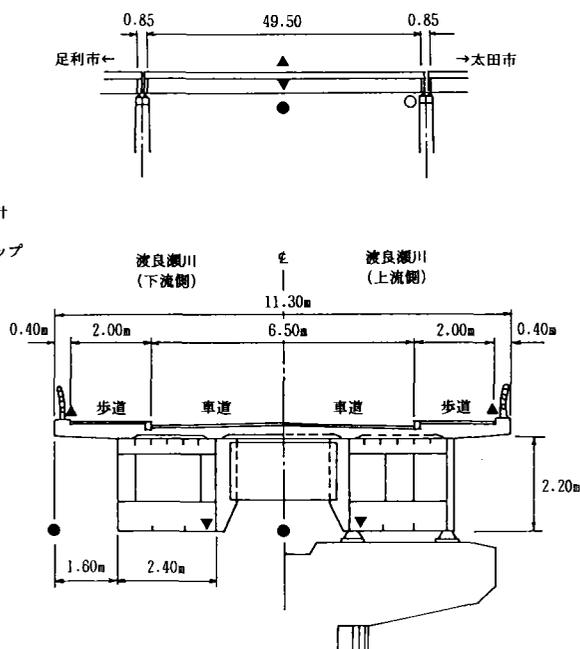


図-3.2.17 鹿島橋の断面と測点

(2) 実測例3¹⁰⁾

図-3.2.14 に示した葉鹿橋の単純H型鋼橋部分は、鉄筋コンクリート床版を直接路面として使用していたが、剥離や痘痕などが発生し路面状態が非常に悪かった。そこでアスファルト舗装による路面改修工事が行なわれたのに伴って、その騒音・振動低減効果を把握するために再度測定を行なった。測定結果を図-3.2.24 に示すが、これから以下のようなことがわかった。

- ① 騒音は、OA値だけを見ても分かるように、路面改修工事後には全ての測点で5dB~7dBの低減が見られる。また振動加速度も同様に15dB程度の低減が見られる。振動加速度に比べて騒音の低減効果が小さいのは、振動加速度の測点が鋼桁のみであり、それ以外の部材の振動による騒音や走行音の影響が大きいためと考えられる。

- ② 騒音や振動加速度のスペクトルの形は改修前後でほぼ同じ形であるが、路面改修によって8Hz~20Hz付近の周波数領域でそのレベルの低下が著しく、この周波数領域の騒音や振動が路面の凹凸に起因するものであることがわかる。4Hzのピークは葉鹿橋の曲げ1次の固有振動であるため、レベルの低下する割合が小さい。315Hz付近で改修前よりレベルが増加しているのは、アスファルトをコンクリート路面に直接オー

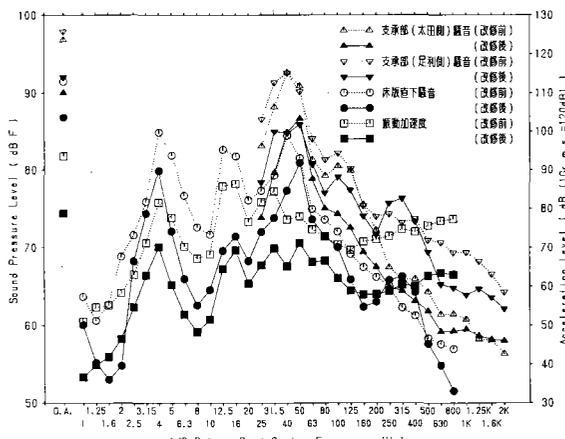


図-3.2.24 路面改修前後の騒音・振動の周波数分析結果

第3章 騒音の測定

バーレイしたため、足利側支承部のジョイントの段差が改修前より拡大し車両通過の衝撃音が大きくなったことによると考えられる。

- ③ 路面の凹凸は橋梁の騒音や振動に大きな影響をもち、それを是正する路面改修工事はかなりの騒音・振動低減効果をもつ。

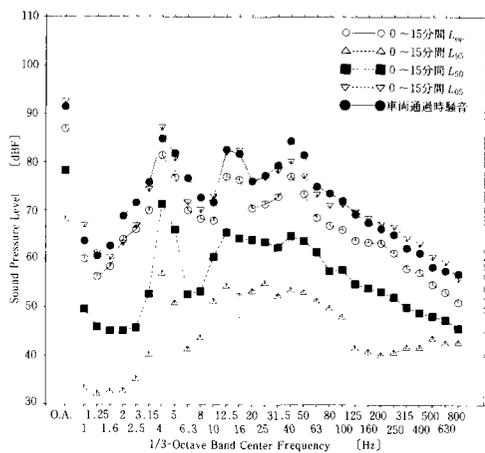


図-3.2.18 葉鹿橋の周波数分析結果 (床版直下騒音)

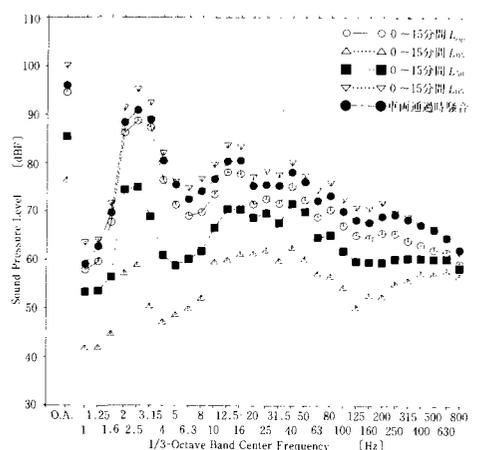


図-3.2.19 鹿島橋の周波数分析結果 (床版直下騒音)

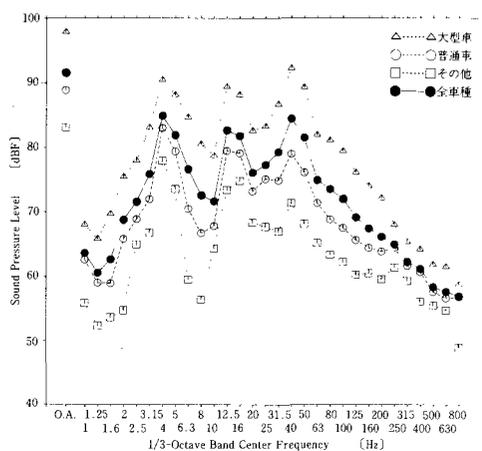


図-3.2.20 葉鹿橋の車種別による周波数分析結果 (床版直下騒音)

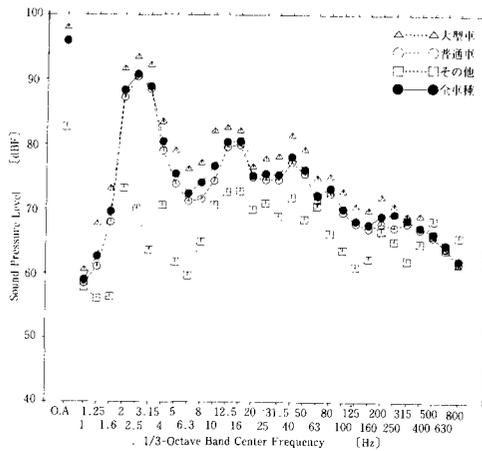


図-3.2.21 鹿島橋の車種別による周波数分析結果 (床版直下騒音)

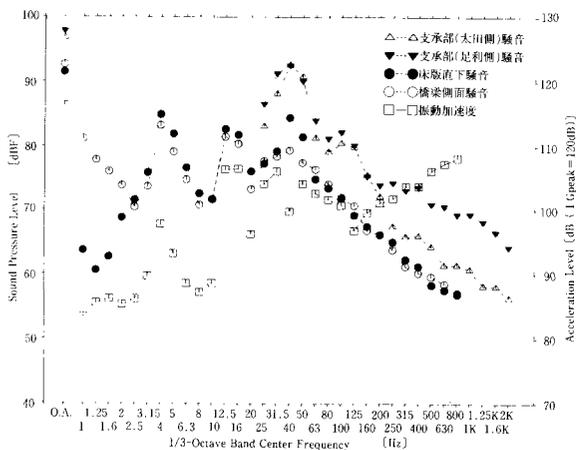


図-3.2.22 葉鹿橋の騒音・振動の周波数分析結果 (床版直下騒音)

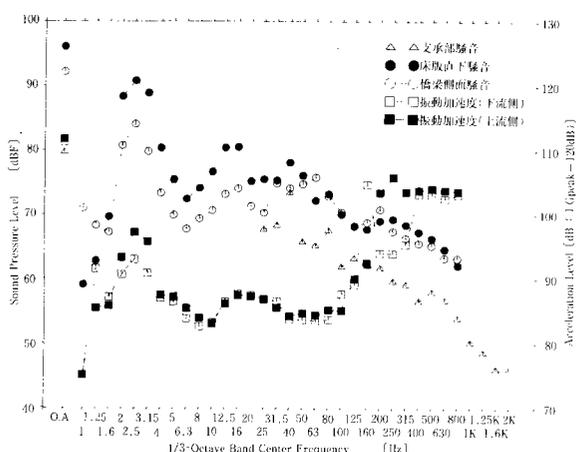


図-3.2.23 鹿島橋の騒音・振動の周波数分析結果 (床版直下騒音)

(3) 実測例4

図-3.2.14 に示した葉鹿橋は単純H型鋼橋部分と曲弦ワーレントラス橋部分から構成されている。ワーレントラス部分は架設年次が異なり形式も若干異なるので、その騒音・振動特性を知ることを目的として図-3.2.25 に示す昭和30年架設部分を測定した。測定の結果を図-3.2.26、27に示す。これらの結果から次のようなことがわかった。

- ① 図-3.2.26に示されるように、葉鹿橋の曲弦ワーレントラス部騒音は4,10,50Hz付近に卓越周波数をもつ。また50Hz以上の周波数領域で床版直下騒音はジョイント音とほぼ一致している。
- ② 図-3.2.27に示すように振動加速度は顕著な卓越周波数をもたず騒音と対応していない。またスパン中央、1/4スパンではほぼ同様なスペクトルを示し、振動モードとの関係は明らかでない。さらに支承部の振動加速度は1Hz付近で最大となり、橋梁全体が剛体モードで振動している可能性があると考えられる。
- ③ 各測点について進行方向・車種別に分析を行ったが、これらはほぼ同じスペクトルを示している。しかし大型車では、進行方向によって太田→足利の方が逆方向よりもレベルが小さくなる傾向があった。また普通車について速度別に分析したところ、速度が遅い方が騒音や振動のレベルが大きいという以外な結果を得た。これは鋼合成桁橋では見られないものであり、より詳細な分析が必要であると考えられる。

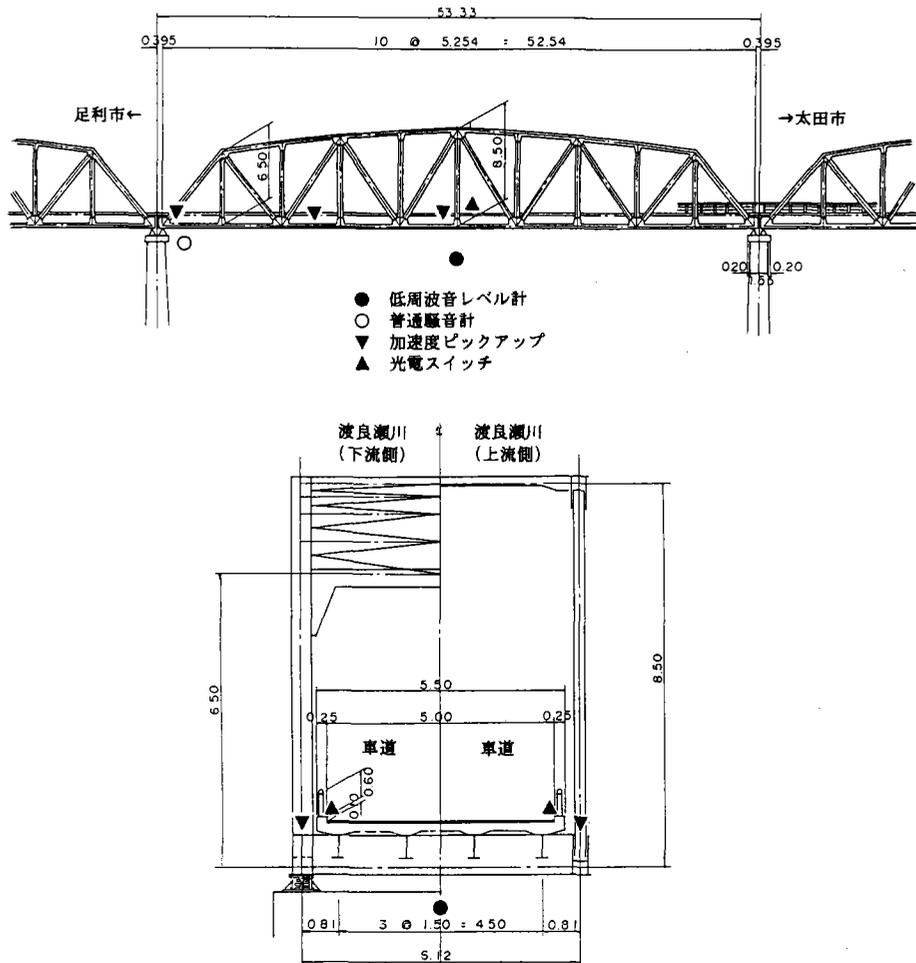


図-3.2.25 葉鹿橋の曲弦ワーレントラス部分と測点

第3章 騒音の測定

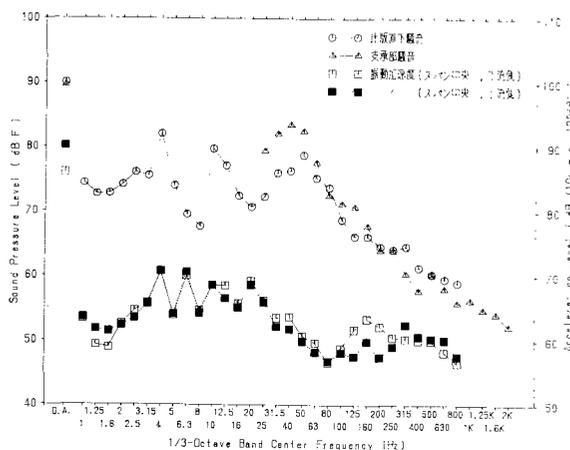


図-3.2.26 葉鹿橋ワーレントラス部分の振動の周波数分析結果

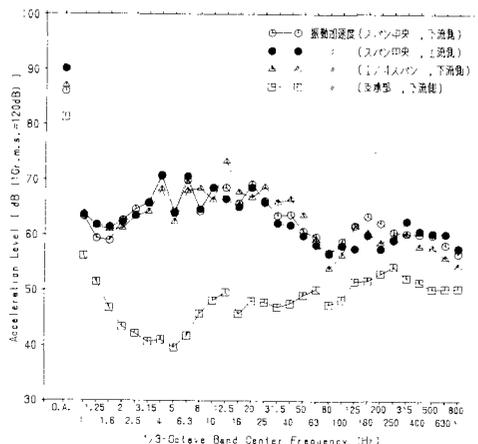


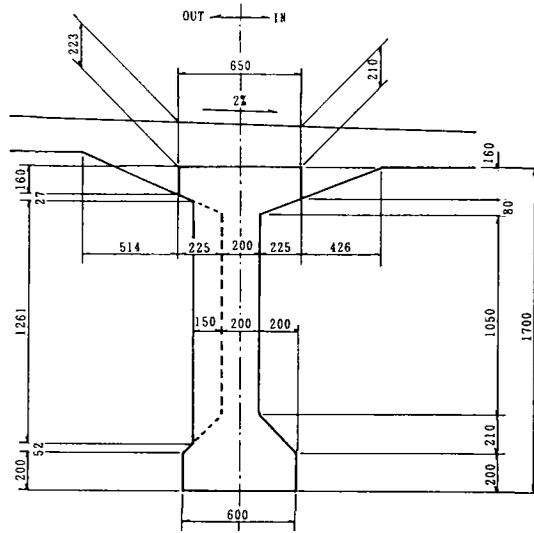
図-3.2.27 葉鹿橋ワーレントラス部分の振動の周波数分析結果

(4) 実測例5

測定対象の橋梁は、図-3.2.28に示すような北陸自動車道・道満川に架かる単純PC桁橋の東京方面上り線である。測定の結果は図-3.2.29に示す。この結果から次のようなことがわかった。

- ① 床版直下及び橋梁側面の騒音スペクトルは8~12.5Hz付近に一応卓越周波数を持ち、これは大荒戸橋を“はり”としてモデル化した場合の曲げ振動の一次固有振動数（推定値約7Hz）とほぼ一致する。
- ② 床版直下騒音と橋梁側面騒音のスペクトルは大きく異なり、床版直下騒音のレベルの方が全体的に高い。これは橋梁全幅がスパン長に比べて大きく橋梁が“板”として振動することと、床版直下騒音に何等かの“定在波”が生じたためではないかと思われる。このため床版直下で騒音を測定できないときに橋梁の横から騒音計を垂らして測定するには注意が必要である。

GIRDER SECTION SCALE 1:20



CROSS SECTION SCALE 1:100

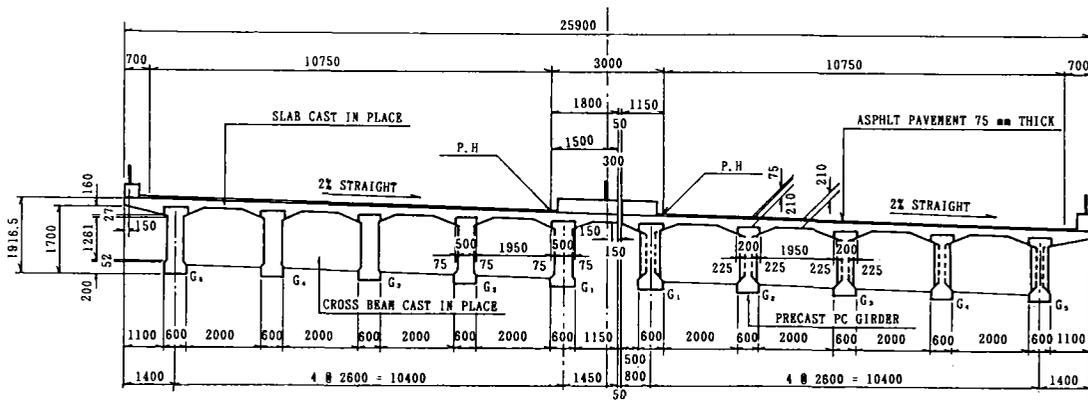


図-3.2.28 大荒戸橋の一般図と測点

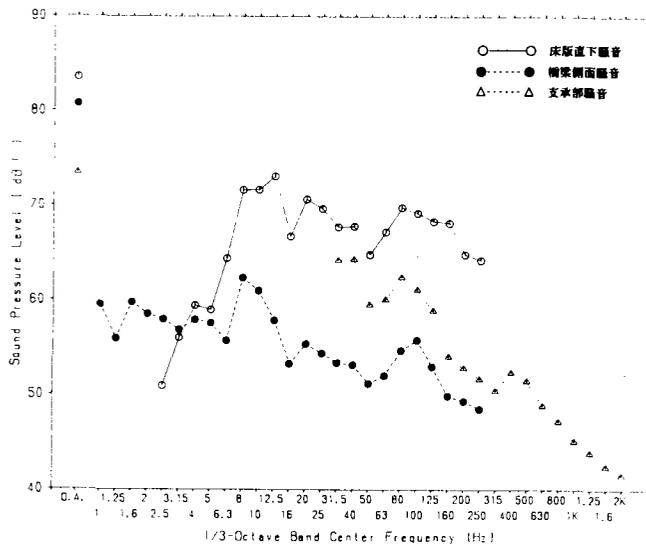


図-3.2.29 大荒戸橋の騒音の周波数分析結果

第3章の参考文献

- 1) 子安勝編・五十嵐寿一ほか共著：騒音・振動（上），コロナ社
- 2) 日本工業標準調査会審議：騒音レベル測定方法 JIS Z 8731 [-1983]，日本規格協会
- 3) (社)日本音響材料協会編：騒音・振動対策ハンドブック，技報堂，1985
- 4) 日本工業標準調査会審議：普通騒音計 JIS C 1502 [-1977]，日本規格協会
- 5) 日本工業標準調査会審議：精密騒音計 JIS C 1505 [-1977]，日本規格協会
- 6) リオン音響振動計測器 '86 RION，リオン(株)カタログ
- 7) 寺田博昌・清田錬二・塚本幸夫：箱桁橋の騒音・振動測定，横河橋梁技報 No.9，1979 - 11
- 8) 本州四国連絡橋列車走行委員会列車騒音分科会：本州四国連絡橋の列車走行に関する研究報告書 別冊3，日本鉄道施設協会，1981
- 9) 宮木康幸・藤島博英：葉鹿橋と鹿島橋の騒音・振動特性に関する研究，足利工業大学研究集録，No.16，1990
- 10) 藤島博英・宮木康幸：葉鹿橋における路面改修の騒音・振動低減効果，第17回関東支部技術研究発表会講演概要集，(社)土木学会関東支部編，1990