

III 騒音ワーキング研究成果

目次

1. 研究目的	-----	3-1
2. 鋼橋架設時の騒音レベルの測定	-----	3-2
3. 鋼橋架設時に発生する騒音の周波数分析と パワーレベルの推定	-----	3-22

1. 研究目的

建設作業騒音は工場騒音、交通騒音とともに騒音問題の一つに数えられ、杭打ち機等の機械を使用する特定の建設作業から発生する騒音については昭和43年に制定された騒音規制法の中で規制されてきた。これに対して、旧建設省では「建設工事に伴う騒音振動対策技術指針」を昭和51年に策定し、「低騒音型建設機械指定制度」を昭和58年に発足させ、建設産業の低騒音化が図られてきた。

橋梁の架設作業には特定建設作業に該当するものはないが、近年は道路交通事情により夜間の工事を余儀なくされる場合が生じており、特に市街地での工事においては、円滑な施工を進める上でも騒音に対する配慮は重要なものとなっている。しかしながら、建設機械騒音については多くのデータが示されているが、橋梁架設に伴って発生する各種の騒音の実態についてはほとんど把握されていない。

そこで、本報告では、鋼橋の架設作業において発生する騒音を測定したので、その測定結果を報告する。また、架設作業の内容を分類することによりそこから発生する騒音とその要因を整理し、架設作業の工種ごとに騒音の特性を明らかにする。さらに、これらの測定結果を基に、鋼橋架設時の騒音を抑制するための方策についても言及する。

2. 鋼橋架設時の騒音レベルの測定

2-1 騒音測定の目的

騒音レベルを測定した鋼橋の架設位置を写真2-1、図2-1に示す。本橋は、道路計画の関係で架設位置が住宅街を横断することとなり、騒音・振動・埃等、周辺環境には細心の注意を要する工事となった。そこで、工事施工段階での発生騒音および騒音が周辺住民に及ぼす影響を把握することを目的とし、騒音測定を実施した。

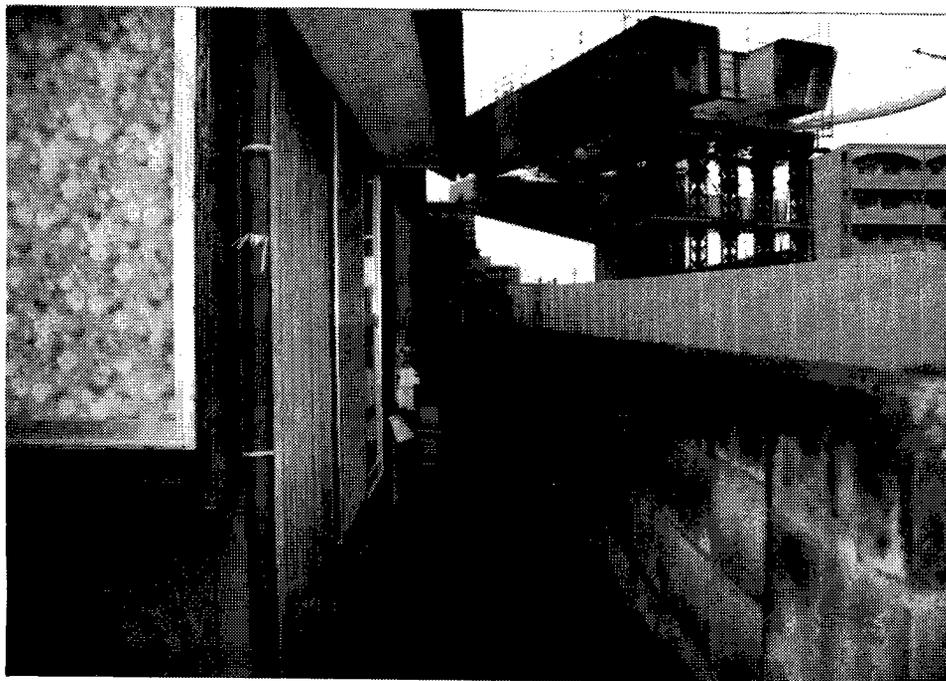


写真2-1 桁架設位置と住宅の関係

本報告では、鋼橋の架設作業項目を分類することにより、鋼橋架設作業から発生する騒音とその要因を整理し、作業ごとに騒音レベルの測定結果を報告する。

2-2 橋梁の概要

本橋の橋梁概要を下記に、一般図を図2-2に示す。

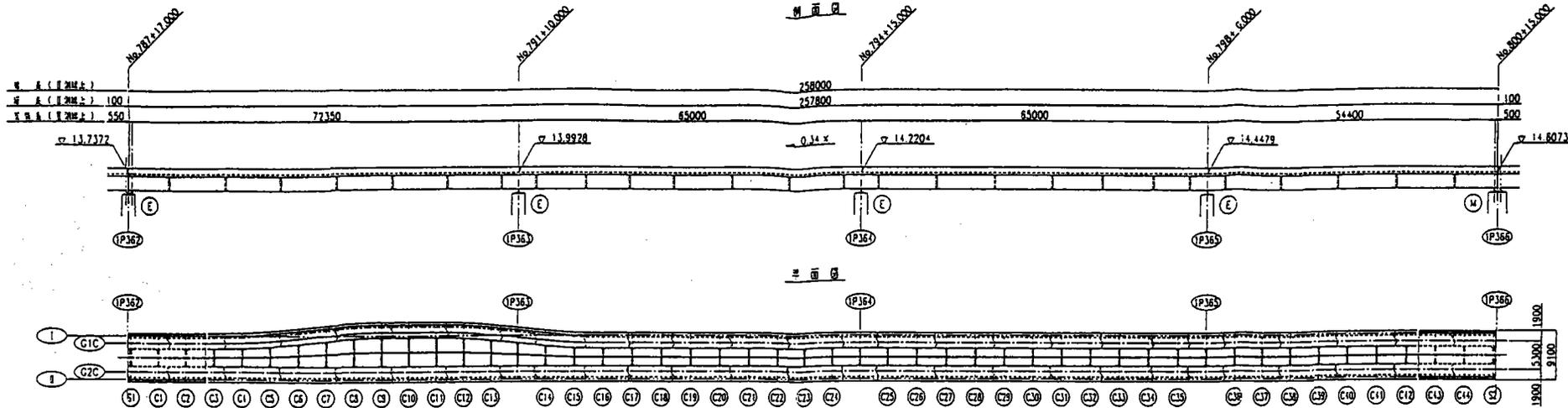
- ・橋梁形式 : 4径間連続鋼非合成箱桁橋
- ・橋 長 : 258.00m
- ・支間長 : 72.500+65.000+65.000+54.500m
- ・幅 員 : 8.000~10.000m

2-3 架設工法

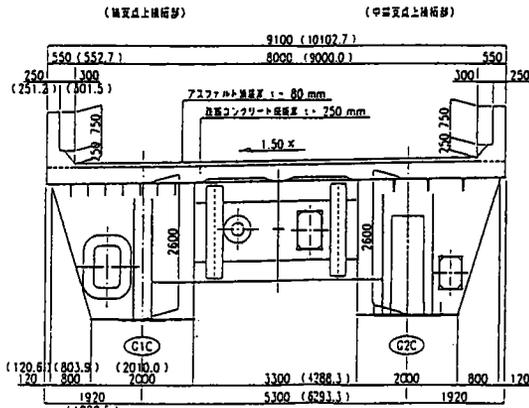
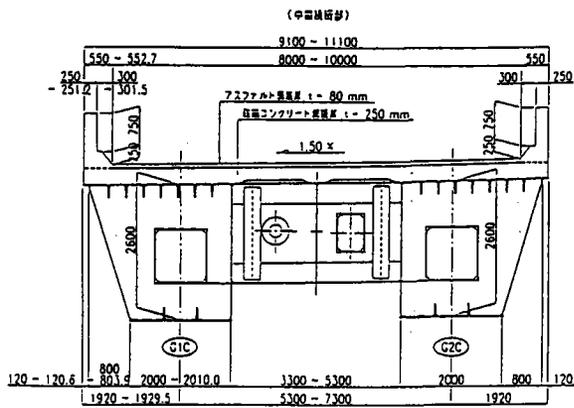
2-3-1 架設工法の選定

橋梁の架設工法は、橋梁の形式、架設地点および周囲の状況から判断して、安全確実に施工でき、かつ経済的で工期を遵守できるなど条件を満たす工法を採用する。本工事では、

構造一般図 (II 測線)



断面図 5 = 1 / 50



設計条件	
上部工形式	4径鋼管橋脚全高桁橋
橋長	258,000 m (II測線上)
桁長	257,800 m (II測線上)
支間長	72,350 m + 65,000 m + 65,000 m + 54,400 m (II測線上)
支間幅員	8,000 m - 10,000 m (標準部)
桁高	8径鋼管
橋脚	高さ: 72.7mm アスファルト舗装厚 $t = 80$ mm
床版	厚さコンクリート床版厚 $t = 250$ mm ($K = 1.25$)
桁断面径	0.34 m - 0.16 m
桁断面径	1.50 m 桁断面
傾	A IP362 : 90°00'00" , IP366 : 90°00'00"
設計水平高差	$KH = 0.18$
主要鋼材	SM40J, SM490Y, SM570, S10T
コンクリート	$\sigma_{ck} = 240$ kgf/cm ²
珪石	$\sigma_{sa} = 1400$ kgf/cm ²

構造部	S1 (IP362)		IP363		IP364		IP365		S2 (IP366)	
	G1	G2	G1	G2	G1	G2	G1	G2	G1	G2
桁高	13640	13719	13878	13973	14121	14200	14348	14428	14507	14586
桁高	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
桁高	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
桁高	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
桁高	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600
桁高	10	10	40	40	28	30	38	38	10	10
桁高	24	24	26	25	24	24	24	24	23	23
桁高	423	423	334	334	292.5	292.5	347.5	347.5	311	314
桁高	32	32	32	32	25	25	25	25	25	25
桁高	---	---	---	---	60	60	60	60	50	50
桁高	---	---	---	---	30	30	30	30	37	38
桁高	34	87	134	199	83.5	80.5	65.5	65.5	---	80
桁高	3533	3586	3576	3640	3553	3552	3600	3600	3471	3550
桁高	10107	10133	10302	10333	10548	10648	10748	10828	11036	11036
桁高	381.8	381.8	946.3	946.3	689.3	689.3	759.1	759.1	264.7	264.7

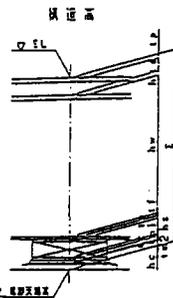
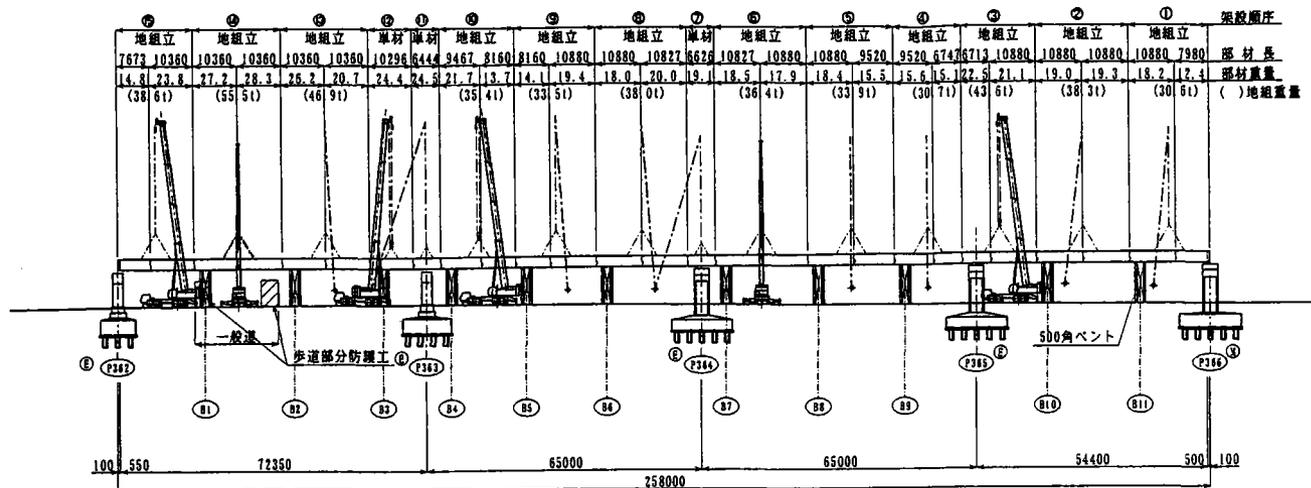


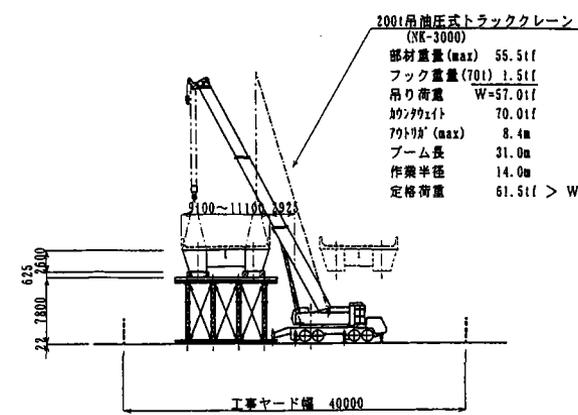
図2-2 橋梁一般図

4径間連続非合成箱桁 架設計画一般図 S=1/600

正面図



断面図 S=1/300

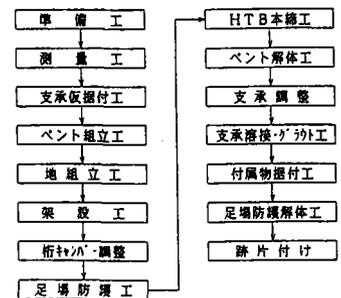


200t吊油圧式トラッククレーン 定格総荷重表

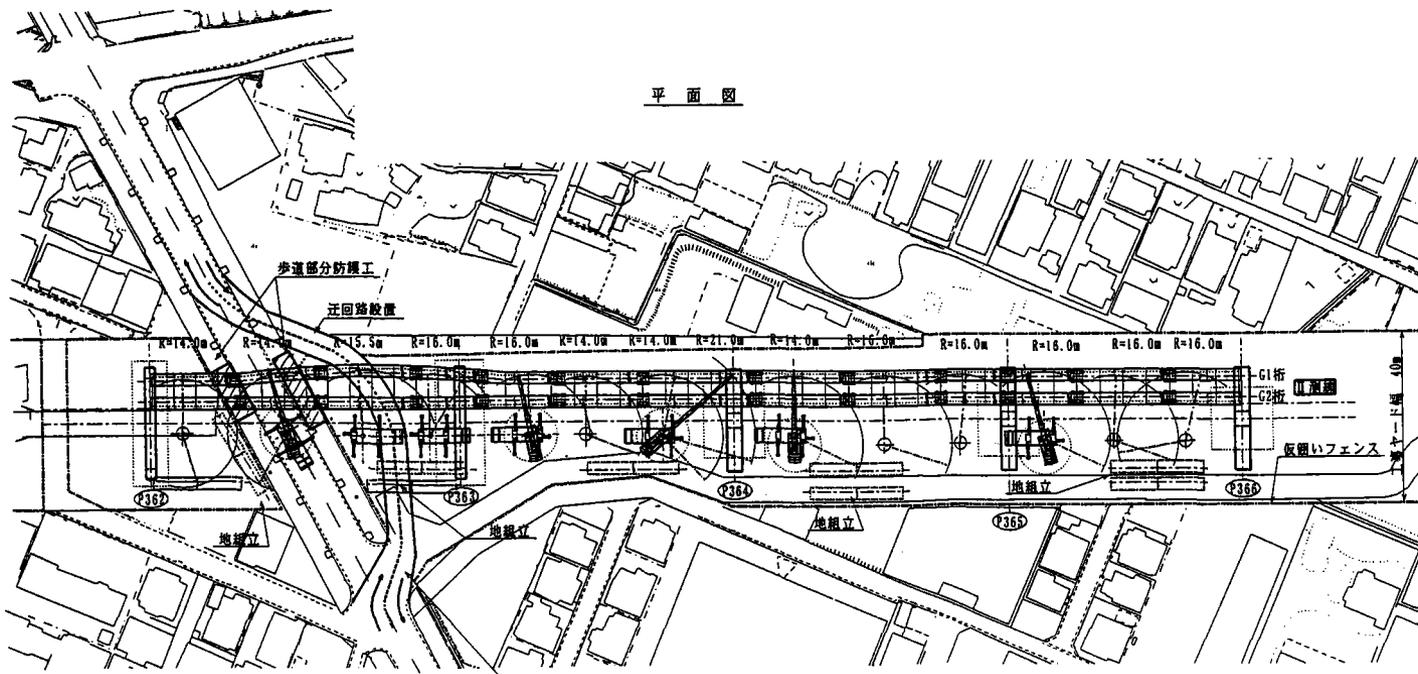
(NK-3000), 79t桁 8.4m, クレーン高さ 70t

作業半径(m)	単位(t)	
	31mブーム	40mブーム
5.0	100.0	
7.0	100.0	70.0
8.0	100.0	70.0
9.0	93.0	70.0
10.0	85.0	67.5
11.0	77.5	62.1
12.0	71.5	57.4
14.0	61.5	49.7
16.0	50.5	43.7
18.0	41.5	38.8
20.0	34.7	34.8
22.0	29.5	30.8
24.0	25.3	26.5

施工フローチャート



平面図



道路上架設時の交通規制
道路通行止後、迂回路を通す。

図2-3 架設計画一般図

桁下空間が利用可能であり、ベントが設置できる作業ヤードを確保することができたため、トラッククレーン+ベント工法を採用した。図2-3に架設計画一般図を示す。

2-3-2 架設における留意事項

本橋の架設は、市街地での工事であることから、以下のような騒音抑制対策を施した。

- (1) 昼間施工であったが、計画・現場施工ともに夜間工事と同様の対応をした。
- (2) 通常、仮ボルトや高力ボルトの一次締め使用するインパクトレンチを使用せず、作業音の低いナットランナを使用した。
- (3) ドリフトピンの代わりにハイドロピン*を使用した。

*) ハイドロピン：特殊なピンを使用し、油圧の力でピンの挿入・引き抜きを行う。通常のドリフトピンに比べ発生音が低い。

- (4) スチールハンマーの代わりにラバーハンマーを使用した。

また、継手部のボルト孔を合わせるために使用する寄せピンについては、作業性を考慮して、地域住民への説明会において使用の必要性を説明し、事前に了解を得た。

2-4 架設の作業フロー

表2-1に、本橋の架設における作業項目と予想される発生音、およびその要因(作業内容)を示す。これらの発生音を時間変化のパターンから分類すると、クレーンエンジンのふかし音のように変化の少ない騒音が一定時間続く定常的な音と、単管パイプの接触音やピン打撃音のような衝撃的な音の2種類に大きく分類できることがわかる。

表2-1 作業項目・予想される発生音およびその要因(作業内容)

作業項目	予想される発生音	発生音の要因(作業内容)
① 部材搬入	<ul style="list-style-type: none"> ・輸送トラックバック警告音 ・吊り金具接触音 ・チェーンブロック巻音 	<ul style="list-style-type: none"> ・輸送トラックの誘導 ・吊り金具の取付(HTB) ・玉掛けの準備
② 荷卸	<ul style="list-style-type: none"> ・クレーンエンジンふかし音 	<ul style="list-style-type: none"> ・玉掛作業に伴うクレーンの旋回、起伏、巻上げ、巻下げ
③ 架設準備	<ul style="list-style-type: none"> ・仮ボルト入れ替え時のハンマーによるスパナ打撃音 	<ul style="list-style-type: none"> ・添接される(架設済)側の添接板を広げる
④ 手すり取付	<ul style="list-style-type: none"> ・単管パイプ接触音 	<ul style="list-style-type: none"> ・手すり材料間配り ・スタクション取付 ・手すり取付
⑤ ジョイント足場取付	<ul style="list-style-type: none"> ・単管パイプ接触音 	<ul style="list-style-type: none"> ・足場材料間配り ・足場面組み立て ・桁への取付
⑥ 地組立	<ul style="list-style-type: none"> ・ピン打撃音(ラバーハンマー) 	<ul style="list-style-type: none"> ・主桁位置合せ

作業項目	予想される発生音	発生音の要因(作業内容)
⑦ 玉掛	・チェーンブロック巻音	・玉掛けワイヤー取付 ・チェーンブロックによる調整
⑧ 地切	・チェーンブロック巻音	・玉掛けの確認 ・チェーンブロックによる微調整
⑨ 主桁架設	・クレーンエンジンふかし音	・主桁部材を設置個所まで移動 ・クレーンの旋回、起伏、巻上げ、巻下げ
⑩ ジョイント足場組立	・単管パイプ接触音 ・足場板接触音	・上フランジに仮ボルトを挿入後、添接板の両側に面組みした足場を配置し、つなぎ材を取付
⑪ 継手作業 (ハイドロピン挿入)	・ピン打撃音 (寄せピン+ラバーハンマー) ・ナットランナ音(仮ボルト締付け)	・上フランジ、下フランジ、ウェブの順に施工 ・ボルトが通る孔に仮ボルトを数本挿入 ・パイロットホールにハイドロピンを打ち、位置決めを行う ・残りの仮ボルトを挿入 ・必要に応じて寄せピンを打つ
⑫ 玉掛け解放	・吊り金具接触音	・吊り金具の撤去(HTB)
⑬ 横桁架設	・ピン打撃音(ラバーハンマー) ・ナットランナ音(仮ボルト締付け)	・玉掛け ・落とし込み架設 ・ハイドロピン、仮ボルトの挿入
⑭ 化粧板架設	・ピン打撃音(ラバーハンマー) ・ナットランナ音(仮ボルト締付け)	・玉掛け ・落とし込み架設 ・ハイドロピン、仮ボルトの挿入
⑮ 縦桁架設	・ピン打撃音(ラバーハンマー) ・ナットランナ音(仮ボルト締付け)	・玉掛け ・落とし込み架設 ・ハイドロピン、仮ボルトの挿入
⑯ 高力ボルト本締	・ナットランナ音(HTB 一次締) ・ナットランナ音(仮ボルト外し) ・ピン打撃音(ラバーハンマー) ・ナットランナ音(HTB 本締め)	・空いているボルト孔に HTB を挿入し、一次締めを行う ・仮ボルトを外し、HTB に入れ替え一次締めを行う ・ハイドロピンを抜き、HTB に入れ替え一次締めを行う ・本締めを行う

2-5 騒音レベルの測定

2-5-1 騒音レベルの測定方法

騒音レベルの測定は、騒音規制法に定める方法により実施した。

測定位置は、架設橋梁を挟んだ左右両側の作業ヤードとの敷地境界(仮囲いの外側)および敷地境界から約50m離れた複数の地点とした。

測定時のマイクロホンの設置位置は地上1.2mの高さとし、騒音レベルは現場でレベルレコーダにて記録した。

また、測定時の騒音計の特性はA特性、レベルレコーダの動特性はFASTとした。マイクロホンの設置状況を写真2-3, 4に、レベルレコーダによる記録の様子を写真2-5, 6に示す。

表2-2に、測定に用いた機器を示す。

表2-2 測定機器一覧

測定機器名称	測定機器型式
普通騒音計	RION NA-20
レベルレコーダ	RION LR-04

2-5-2 データの評価方法

記録したデータの評価は、下記の方法で行った。

- (1) 定常的な音については、桁架設時にクレーンから発生した音のレベルで評価した
- (2) 衝撃的な音については、継手作業時に要する時間内に発生した音のピーク値で評価した



写真2-2 桁の架設状況



写真2-3 マイクロホンの設置状況(敷地境界付近)

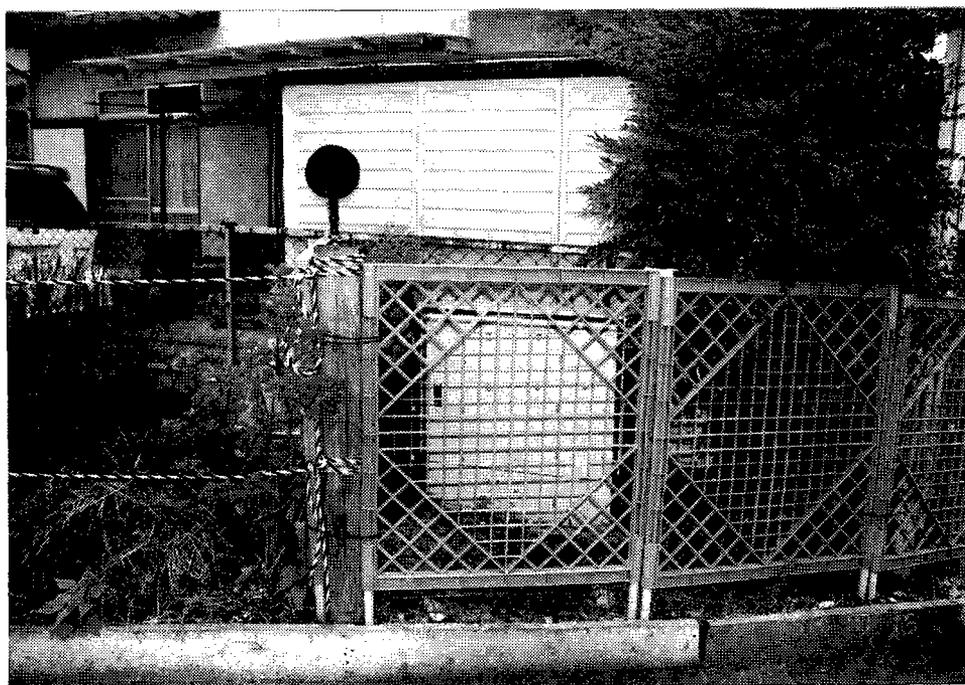


写真2-4 マイクロホンの設置状況

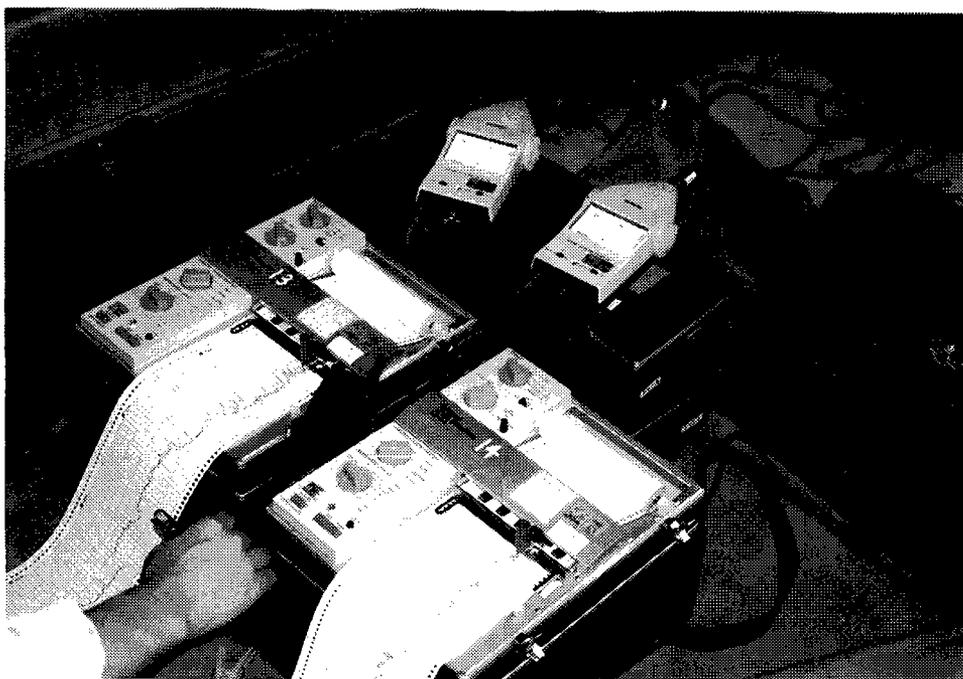


写真2-5 レベルレコーダによる記録

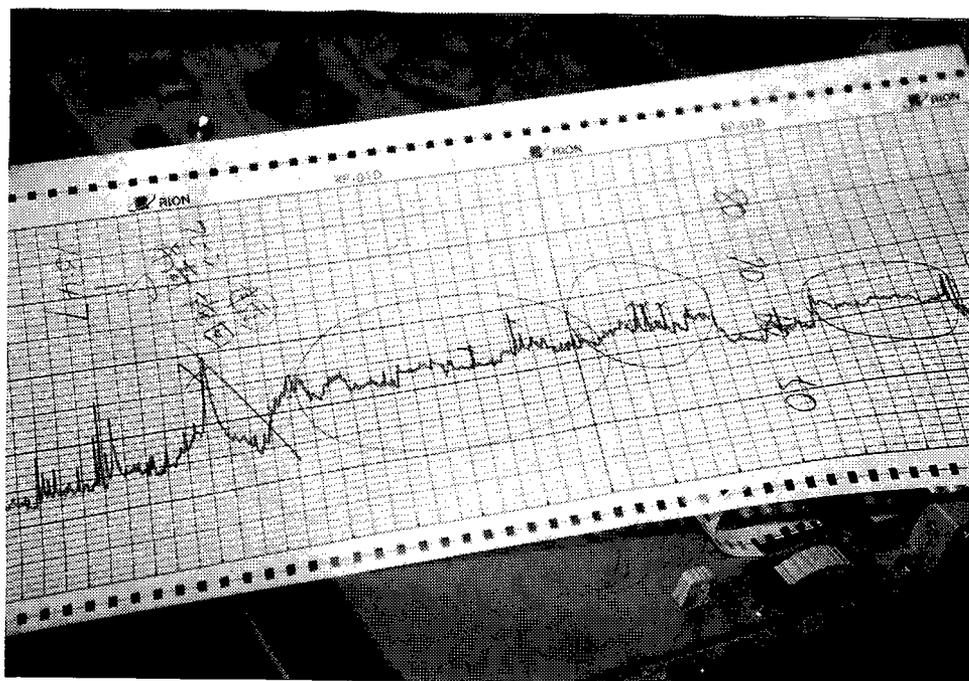


写真2-6 測定記録の一例

2-6 騒音レベルの測定結果

ここでは、表2-1に示した作業項目のうち、桁架設作業および継手作業における測定結果について報告する。

両作業ともに測定位置は図2-4に示す4個所であり、各測定位置周辺の様子は以下のようである。

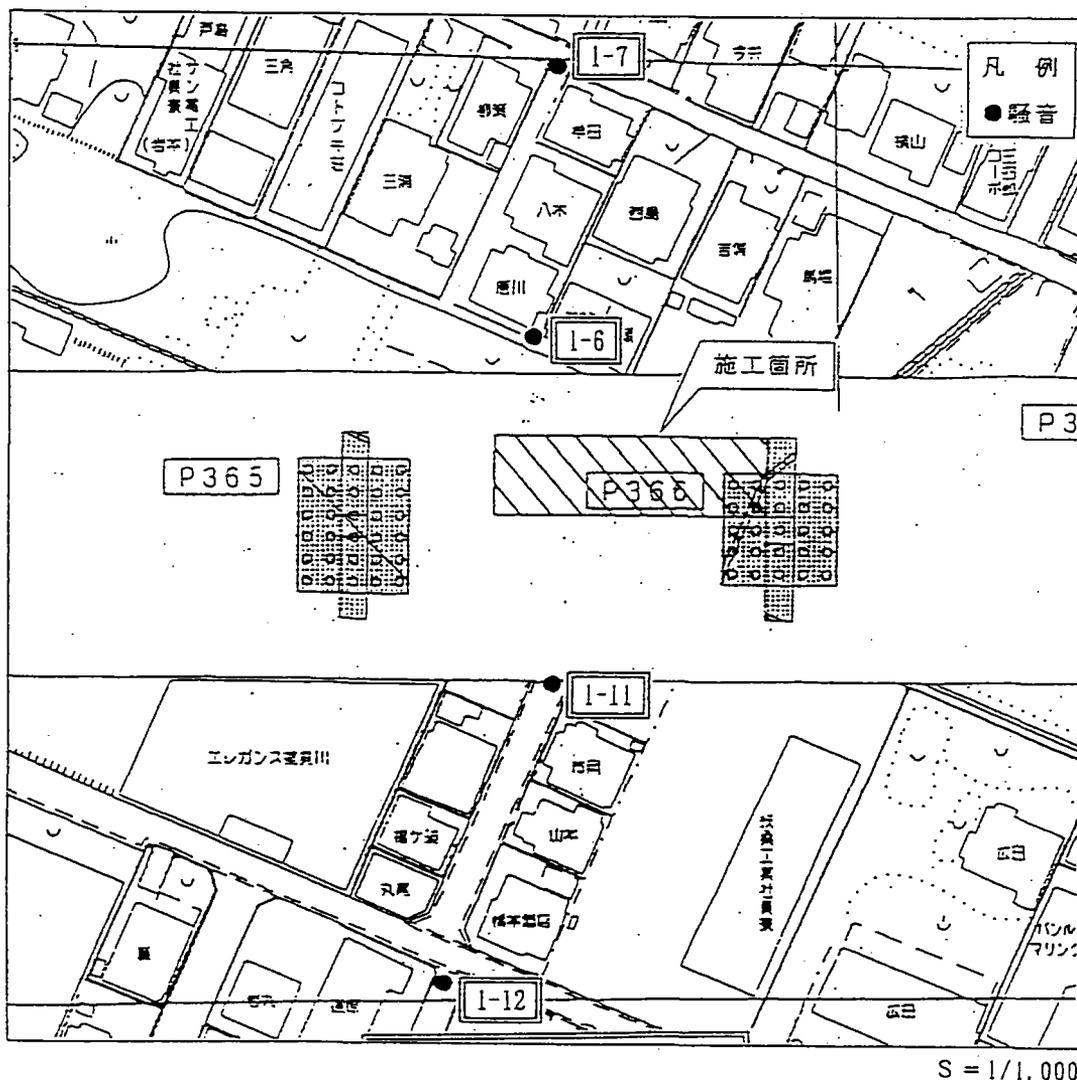
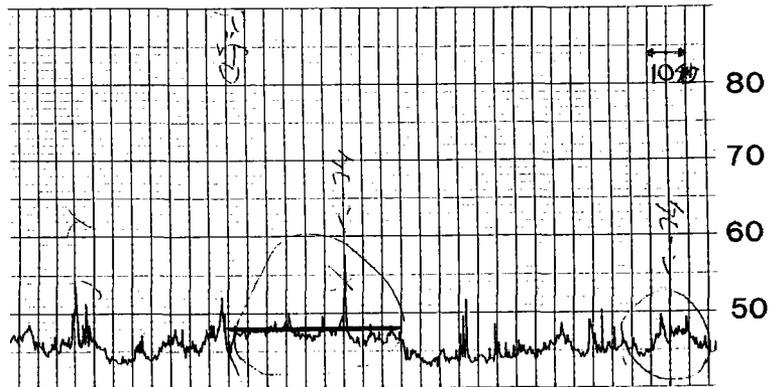


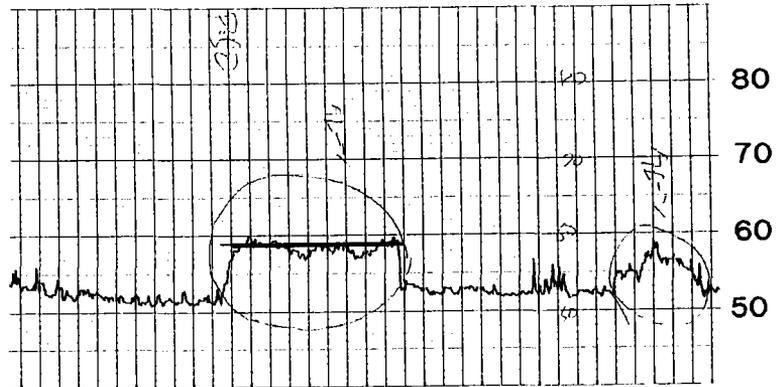
図2-4. 測定位置図

- ・ 測定点1-6 : 比較的低層住宅が多く存在する側で、仮囲い近傍の点である。
- ・ 測定点1-7 : 測定点1-6と同じ側で、仮囲いから直線距離で約40m外側の点である。周りには低層住宅が存在する。生活道路に接しているが、車両の通行は少ない。
- ・ 測定点1-11 : 測定点1-6に対し作業ヤードを挟んで反対側の、仮囲い近傍の点である。高層住宅が点在している。
- ・ 測定点1-12 : 測定点1-11と同じ側で、仮囲いから直線距離で約40m外側の点である。生活道路に接しており、比較的車両の通行がある。

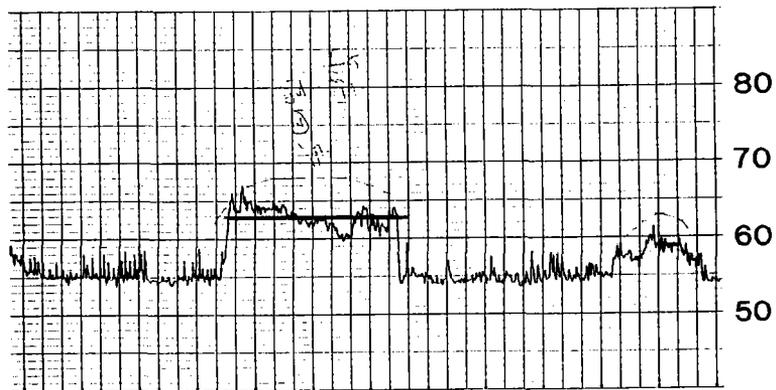
測定点1-7



測定点1-6



測定点1-11



測定点1-12

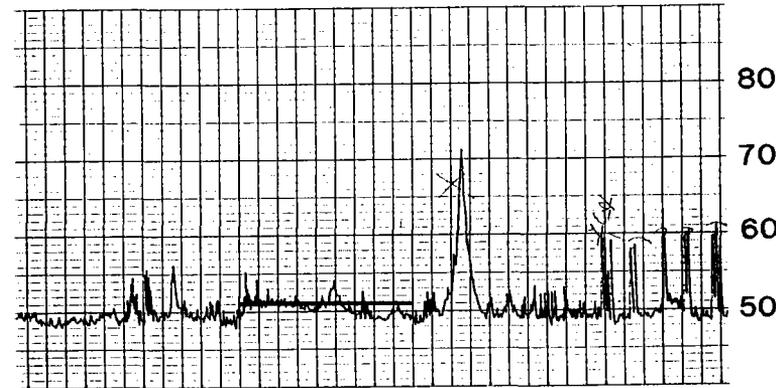


図-6 レベルレコーダの記録

表2-3 桁架設作業における騒音レベル (dB(A))

		作業騒音レベル	摘 要
1-6	32m	59	敷地境界
1-7	67m	48	
1-11	14m	63	敷地境界
1-12	55m	51	

表2-3にレベルレコーダに記録された騒音レベルデータの評価結果を示す。騒音の基準値として、騒音規制法には、『特定建設作業の場所の敷地の境界線において85dB(A)を超える大きさでないこと』と定められている。今回測定したトラッククレーンによる桁架設作業は、特定建設作業には該当しないが、その基準を準用すると、表2-3より最も高い値を示した評価地点1-11での騒音レベルは63dB(A)であり、基準値を下回る測定結果となった。

参考までに、上表に示される48dB(A)は「平均的な事務所内」、63dB(A)は「1.3m離れてふつうの会話内」程度に相当する値であった。

(2) 距離減衰

図2-7には、表2-3から騒音レベル距離減衰を求めた結果を示す。騒音レベルとその音源からの距離の関係をみると、倍距離当たりの騒音レベルの減衰値は約6dB(A)であることがわかる。

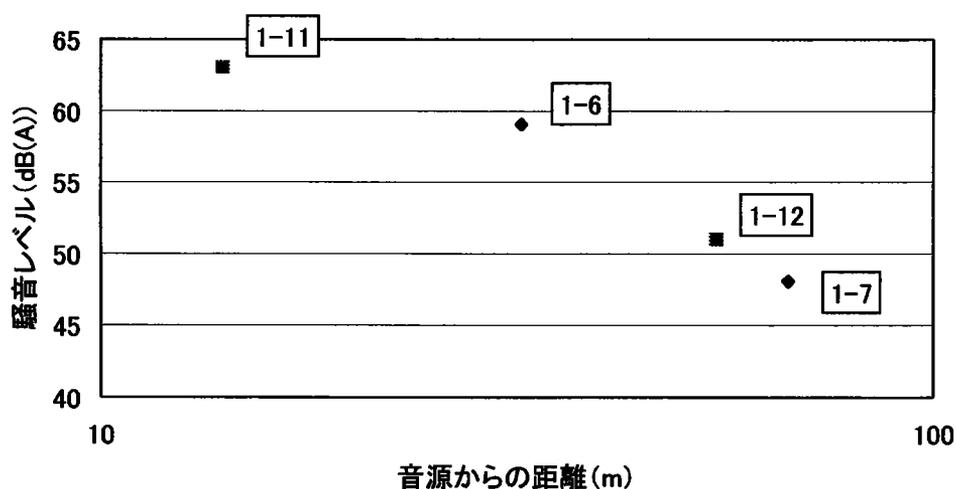


図2-7 桁架設作業における騒音レベル距離減衰

(3) 発生頻度

測点1-6における定常音の発生頻度を測った結果を図2-8に示す。

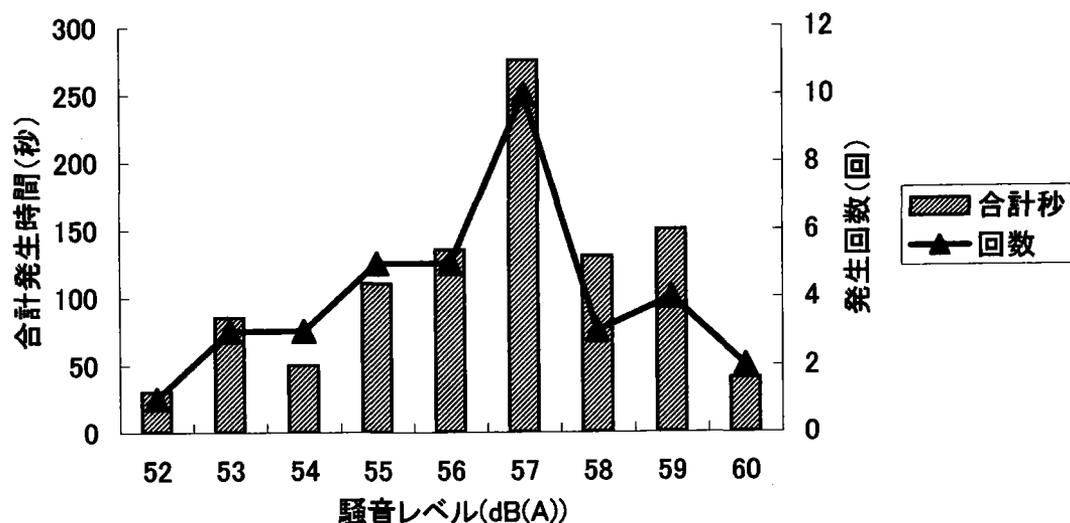


図2-8 桁架設作業における騒音レベルと発生頻度

この図は、桁架設作業を行ったある一日の内、主にクレーン作業を行った9:45～11:45の2時間の測定結果より、発生した定常音の騒音レベルとその発生時間をグラフに表している。

この作業で使用したクレーンは、低騒音型の200t吊油圧式トラッククレーンである。

この2時間の作業において、測定した定常音は合計36回、時間によると1,005秒(16分45秒)であった。その内、57dB(A)の騒音が、発生時間全体に占める割合が最も多く、27%であった。その騒音レベルは、「1.3m離れて普通の会話内」程度に相当する値であった。これは低騒音型クレーンの使用が、騒音レベルの低減に効果があることが言える。

2-6-2 継手作業時における測定結果

(1) レベルレコーダによる記録

図2-9に音源および測定位置図を、図2-10にはレベルレコーダの記録を示す。なお、レベルレコーダの紙送りは1mm/sである。

図2-10において、騒音レベルの変化は短時間で急激に増加し、これらの騒音は周期的に発生していること、発生頻度は1分間当たり4~5回であることがわかる。継手作業時には、ラチェットレンチやTCレンチ、ハンマーなどの工具と鋼桁の金属部が接触する事により騒音が発生し、瞬間的な金属音で、周期的または間欠的に変動する準定常的衝撃音となっている。

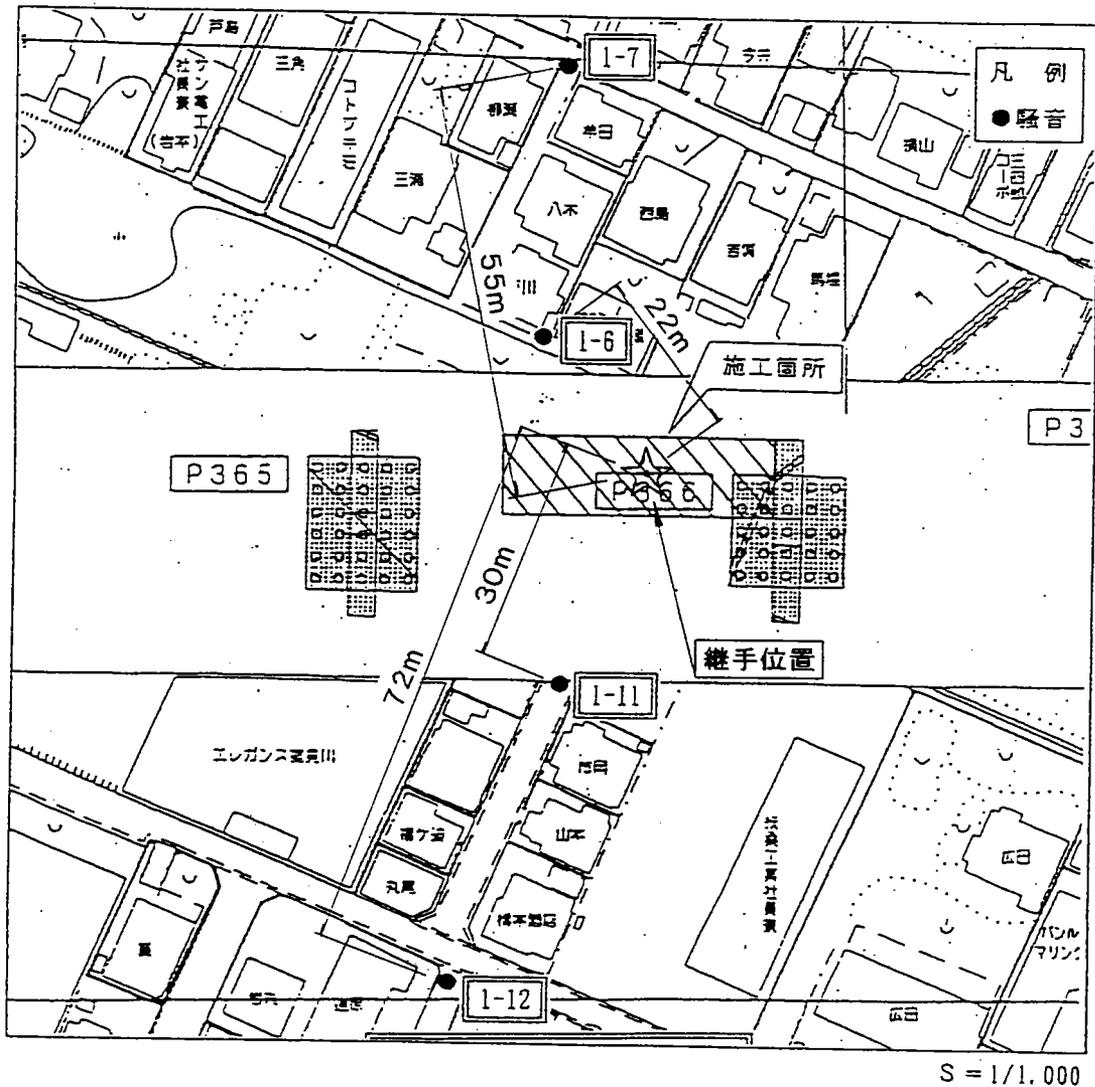
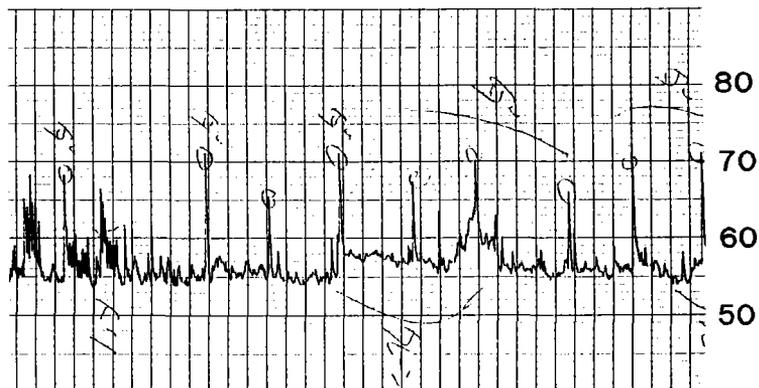
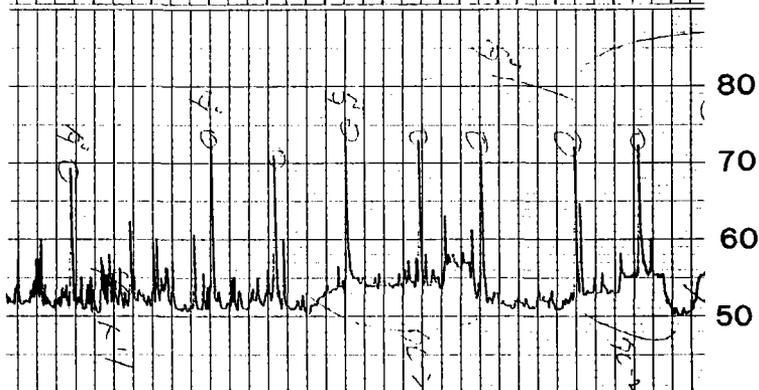


図2-9 継手作業における音源および測定位置

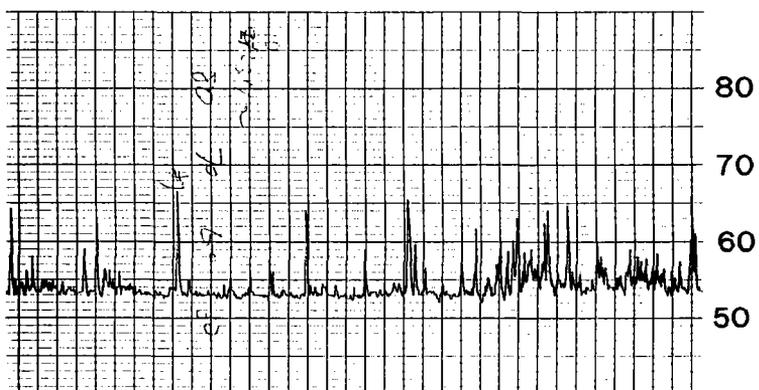
測定点1-7



測定点1-6



測定点1-11



測定点1-12

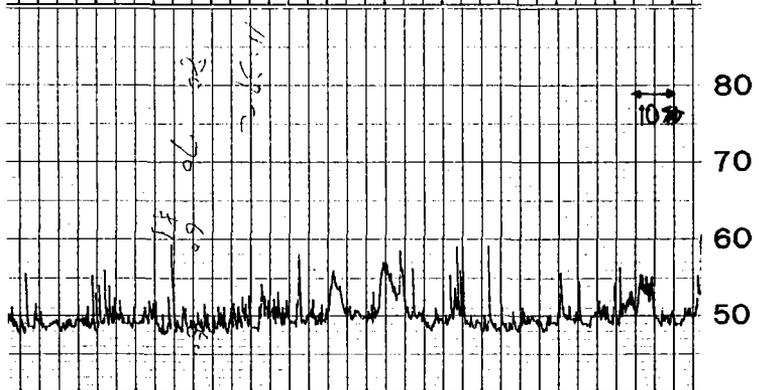


図-9 レベルレコーダの記録

表2-4 継手作業における騒音レベル (dB(A))

		作業騒音レベル	摘 要
1- 6	22m	75	敷地境界
1- 7	55m	71	
1-11	30m	67	敷地境界
1-12	72m	59	

表2-4にレベルレコーダに記録された騒音レベルデータの評価結果を示す。騒音の基準値として、騒音規制法には、『特定建設作業の場所の敷地の境界線において85dB(A)を超える大きさでないこと』と定められている。今回測定した桁架設に伴う継手作業は、特定建設作業には該当しないが、その基準を準用すると、表2-4より最も高い値を示した評価地点1-6での騒音レベルは75dB(A)であり、基準値を下回る測定結果となった。

参考までに、上表に示される59dB(A)は「1.3m離れてふつうの会話」、75dB(A)は「騒々しい街頭」程度に相当する値であった。

(2) 距離減衰

表2-4から騒音レベル距離減衰を求めると図2-11のようになる。騒音レベルとその音源からの距離の関係をみると、ばらつきはあるが桁架設時の騒音(図2-7)と同様に倍距離当たりの騒音レベルの減衰値は約6dB(A)となっている。

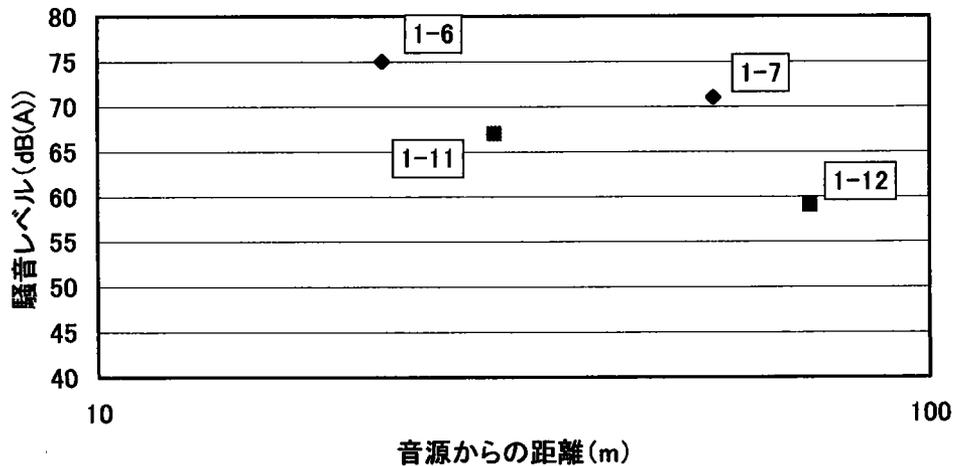


図2-11 継手作業時における騒音レベル距離減衰

(3) 発生頻度

測点1-6における定常音の発生頻度を測った結果を図2-12に示す。

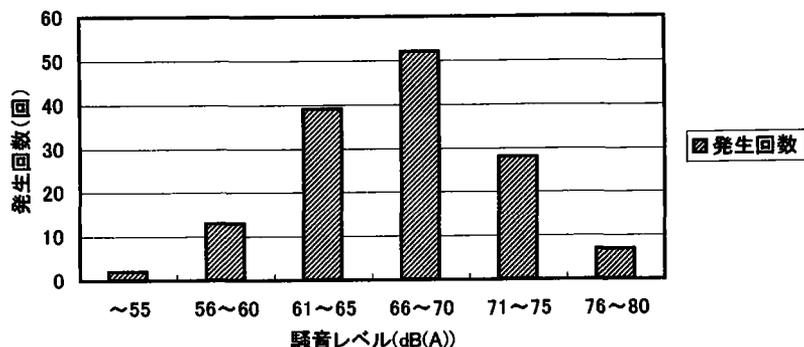


図2-12 継手作業時における騒音レベルと発生頻度

一般的な桁架設作業では、クレーンにより桁が架設された後、寄せピン等を用いて桁位置の微調整を行うことから、この図は定常音の測定と同様にして、桁架設作業を行ったある一日の内、主にクレーン作業を行った9:45~11:45の2時間2着目して、発生した衝撃音の騒音レベルとその発生回数をグラフに表している。

ただしこの作業では、前述した通り、発生騒音抑制対策として夜間作業と同様な対応で作業しているため、他の工事に比べ、衝撃音の発生回数は少ない。つまり、ラバーハンマーによる寄せピン打撃音のみ記録されている。

この2時間の作業で記録した衝撃音は合計で141回であった。その内、66~70dB(A)の騒音が、発生回数全体に占める割合が最も多く、37%であった。続いて61~65dB(A)の騒音が28%であった。その騒音レベルは、感覚として「1.3m離れて普通の会話」から「電話による会話が困難」に相当する値であった。これは基準値に比べ低い値を示しているため、ラバーハンマーの使用は、衝撃音の騒音レベルを低減できる方法の一つとして有効であると思われる。

2-7 騒音レベルの測定結果の評価

今回の測定に先立ち、架設業者側より周辺住民に対しての説明会を行っている。内容は、工事の時間帯や期間、工事の種類および測定に関する事項等である。

測定に関しては、その結果を測定箇所とともに随時掲示することとした。情報を住民へ提供する事により、少しでも苦情の割合を減らせればとの配慮である。掲示の様子を写真2-7に示す。

また、住民側でも独自に調査(巡回)を実施し、不満・疑問等が生じた場合は現場代理人へ申し出る事とした。写真2-8には、住民側のパトロールの様子を示す。

2-6に示した測定結果および周辺住民への聴き取り調査の結果より、クレーンやトラックのエンジン音等のように定常的な音を発生する工種に対しては騒音レベルが規制値を超えていても特に大きな苦情にはならず、ドリフトピンの打ち込み・TC ボルト締め工・単管パイプの接触音等の様に衝撃的な音を発生する工種に対してのは騒音レベルが規制値内であっても苦情が多く寄せられることがわかった。

今回の測定では、レベルレコーダでの記録に留まったため、苦情の多かった工種において発生する騒音の周波数特性等を明らかにすることはできなかった。

これを踏まえ、第3章では工種としてドリフトピンの打ち込みを選定し、種々の条件で騒音測定を実施して周波数分析やパワーレベル等などの観点から評価を行う。

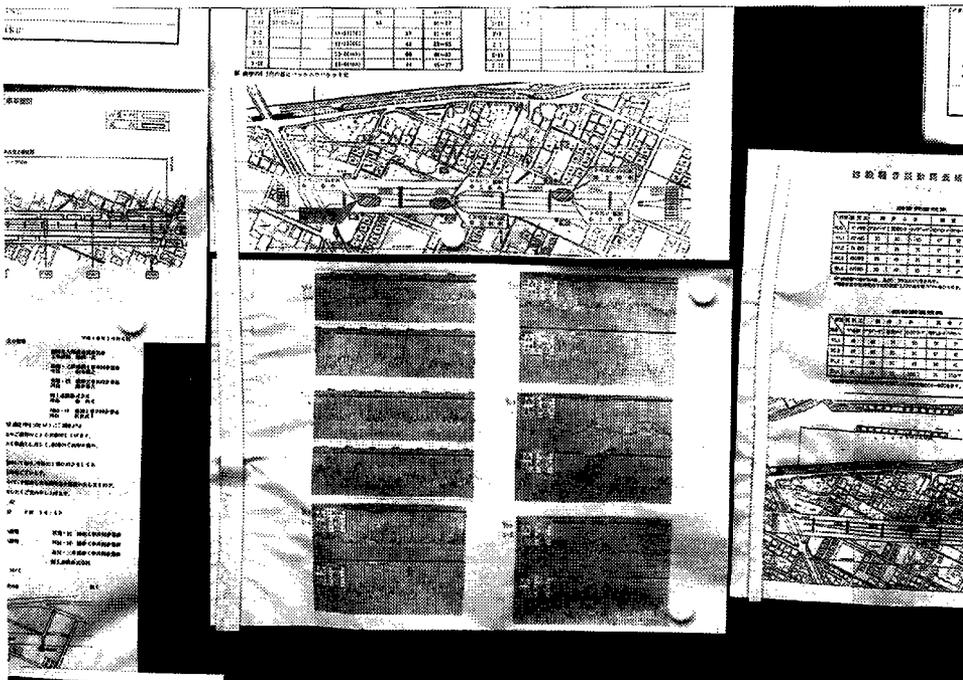


写真2-7 測定結果の掲示

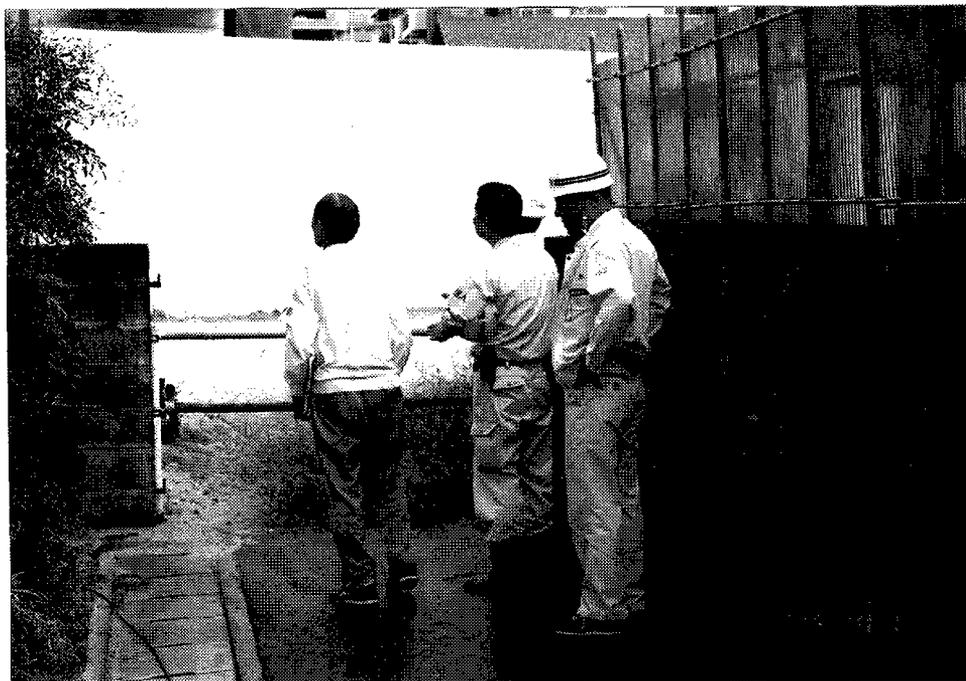


写真2-8 住民によるパトロール

3. 鋼橋架設時に発生する騒音の周波数分析とパワーレベルの推定

3-1 騒音測定目的

前章の測定結果から明らかになったように、鋼橋架設時の騒音は「建設作業騒音の規制値」を超過するレベルではなかった。しかしながら、架設現場が都市区域で住居に近接する前章の様な区域の場合、特に高音を発する作業騒音については、住民苦情（低減要望）が出される場合があることがわかった。

そこで、本章では、住民からの苦情が予想される作業騒音の特性を把握することを目的として、鋼橋架設時に発生する騒音について騒音レベルの測定ならびに周波数分析を行った。従来の作業に加えて、低騒音型の工具を使用した作業についても騒音測定を行い、その有効性についても検討した。また、騒音レベルの大きい作業騒音についてパワーレベルの推定も試みた。

3-2 橋梁の概要

測定の対象とした橋梁の概要を下記に、一般図を図3-1に示す。

- ・橋梁形式 : 単純鋼非合成箱桁橋
- ・橋長 : 58.000m
- ・支間長 : 56.645m
- ・幅員 : 8.750m

本工事は国道上に架かる架道橋の片側2車線分の架け替え工事であり、反対側2車線は架設作業中も車両が通行していた。

3-3 測定対象作業騒音

測定を行った作業騒音を表3-1に示す。

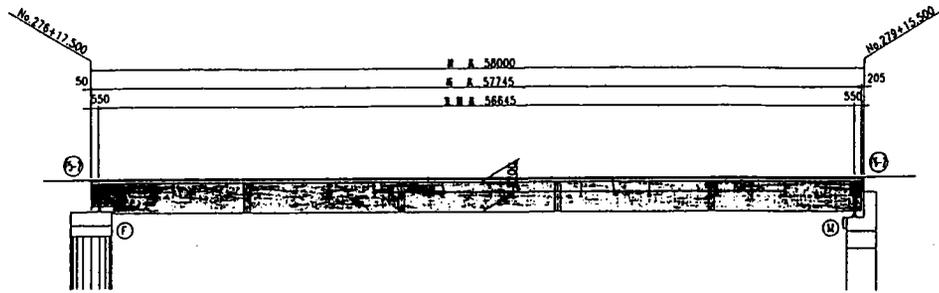
騒音の測定は23:00~5:00の夜間に通常の桁架設作業が行われる中で実施した。そのため、現場では投光器用発電機が多数使用されており、また、前述の通り反対側車線には車両が通行していたことから、騒音測定結果にはこれらから発生する音が含まれたものとなっている。そこで、これらの暗騒音の影響を把握するために、桁架設作業の開始前に平面道路上および橋桁上で暗騒音の測定を行った。

また、前章において住民から多くの苦情が寄せられることが明らかになったドリフトピンの打ち込み音については、従来のドリフトピンをスチールハンマーで打ち込む作業に加えて、騒音抑制効果が期待される工具として、ラバーハンマーを使用した場合、騒音抑制型ドリフトピンを用いた場合、電動式ピン締めを用いた場合についても騒音測定を行った。

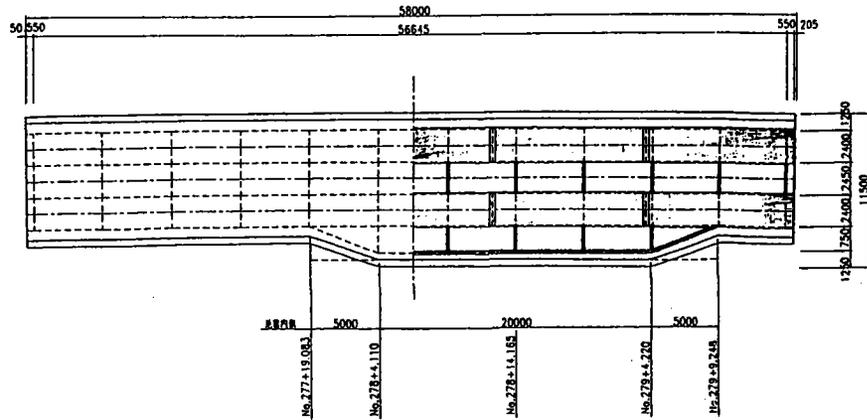
写真3-1に使用した騒音抑制型工具を示す。ラバーハンマーはハンマーの打撃面がラバーになっているものであり、騒音抑制型ドリフトピンはドリフトピンの頭部がウレタン樹脂になっている。また、電動式レンチと専用ピンは電動式ピン締めを使用し、従来のドリフトピンとハンマーは用いずに主桁の位置合わせを行うものである。

P5~P6上部工構造一般図 S=1:200, 1:100

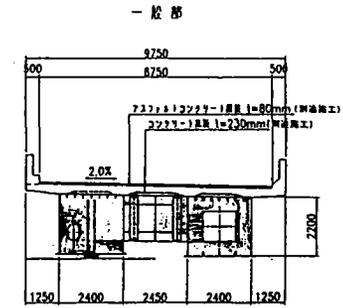
側面図 S=1:200



平面図 S=1:200



断面図 S=1:100



非常設置部

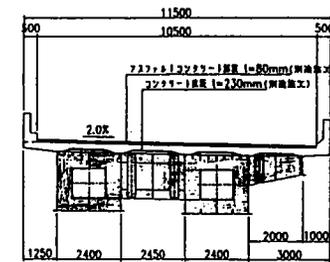
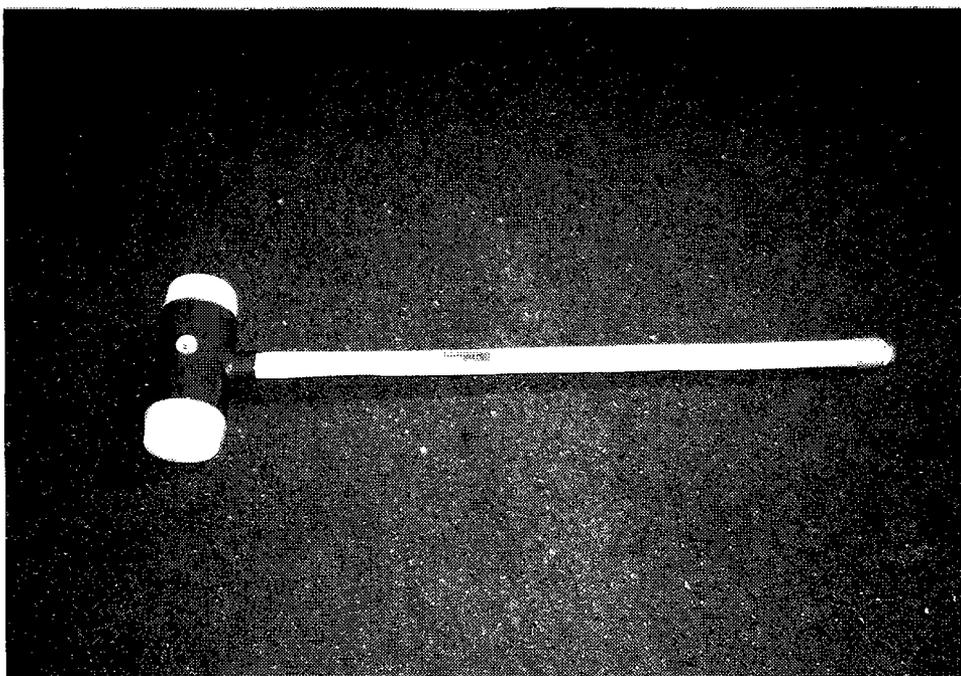
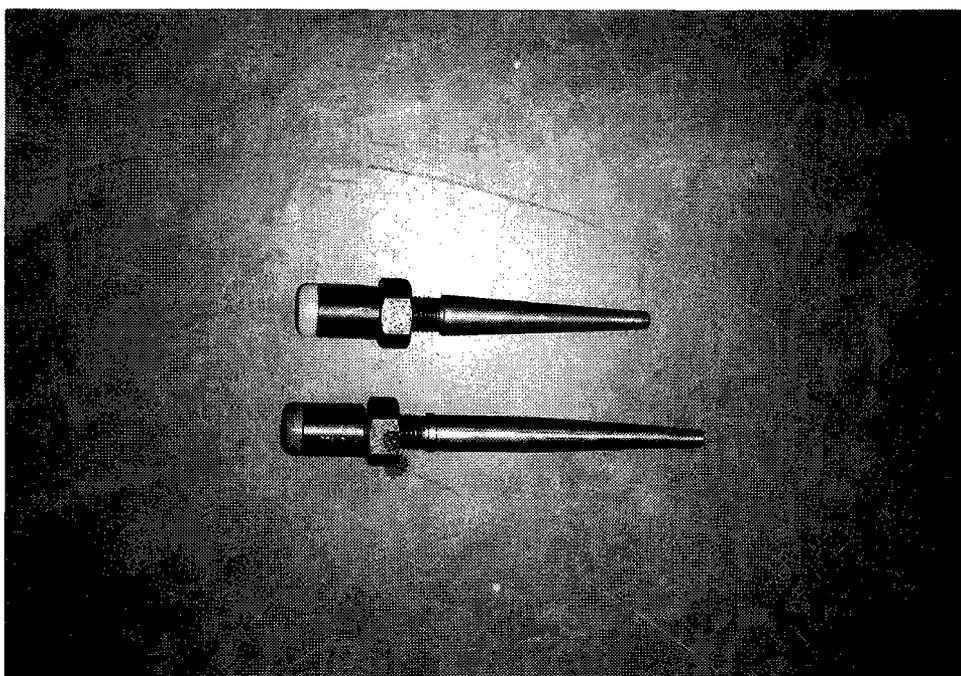


図3-1(2) 上部工構造一般図

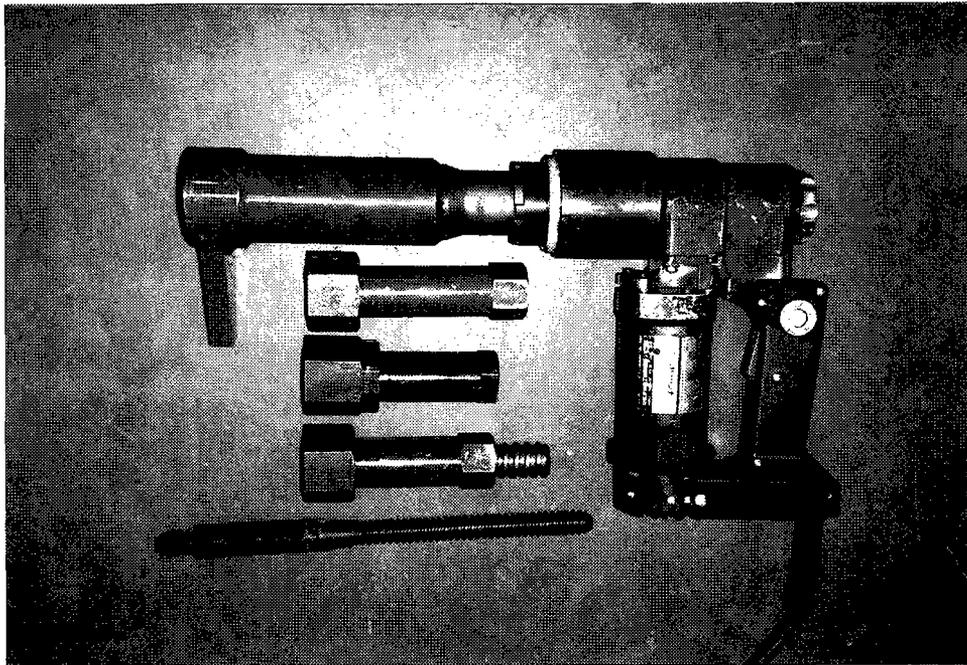


(1) ラバーハンマー



(2) 騒音抑制型ドリフトピン

写真3-1 騒音抑制型工具



(3) 電動式レンチと専用ピン（電動式ピン締め）

写真3-1 騒音抑制型工具

表 3-1 測定対象作業騒音

	作業騒音	作業内容（騒音の発生要因）
①	暗騒音（平面道路上，橋桁上）	投光器用発電機，通行車両
②	単管パイプのぶつかり音	手すりの取り付け
③	クレーンの駆動音（アイドル音，駆動音）	主桁の吊り上げ・移動
④	スチールハンマーによるドリフトピンの打ち込み音	主桁の位置合わせ
⑤	ラバーハンマーによるドリフトピンの打ち込み音	
⑥	スチールハンマーによる騒音抑制型ドリフトピン打ち込み音	
⑦	電動式ピン締め音	

3-4 騒音測定と周波数分析の概要

3-4-1 騒音レベルの測定方法

騒音レベルの測定は，騒音計の周波数補正特性をA特性，レベルレコーダの動特性をFast，紙送りを1mm/sとして行った。

騒音の測定位置を図3-2に示す。橋梁周辺で，架設中の作業騒音が安全に測定できる地点として，架設橋梁直下の地点Dおよび架設橋梁と交差する平面道路上に沿った地点A～Cの合計4地点を選定した。また，図中の仮想音源はドリフトピンの打ち込み作業を行った位置を示している。

これらA～Dの4地点において，地上1.2mにマイクロフォン（RION UC-53A）に固定するとともにレベルレコーダ（RION LR-06，LR-20）を配置して騒音レベルを測定した。

3-4-2 周波数分析

騒音計の周波数補正特性をFLATとして，音圧レベルについて周波数分析を行った。図3-2に示した測定地点とは別に騒音発生地点近くに測定機器を設置してデータを採取し，1/3オクターブ周波数分析器（RION SA-29）を用いて行った。

3-4-3 測定地点の状況と騒音の発生状況

騒音の測定は23:00～5:00の夜間に通常の桁架設作業が行われる中で実施した。測定時の天候は曇りで微風～弱風であった。

橋梁と測定点Aの間には歩道に接して2階建ての建物があり，測定点Aの近くにはクレーンが，測定点Bの近くには大型トラックがアイドル状態で停車していた。また，測定点Cの近くには小型トラック（小型発電機搭載）が停車して常時小型発電機を駆動させていた。

各測定地点における騒音の発生状況は以下の通りである。

(1) 測定点A

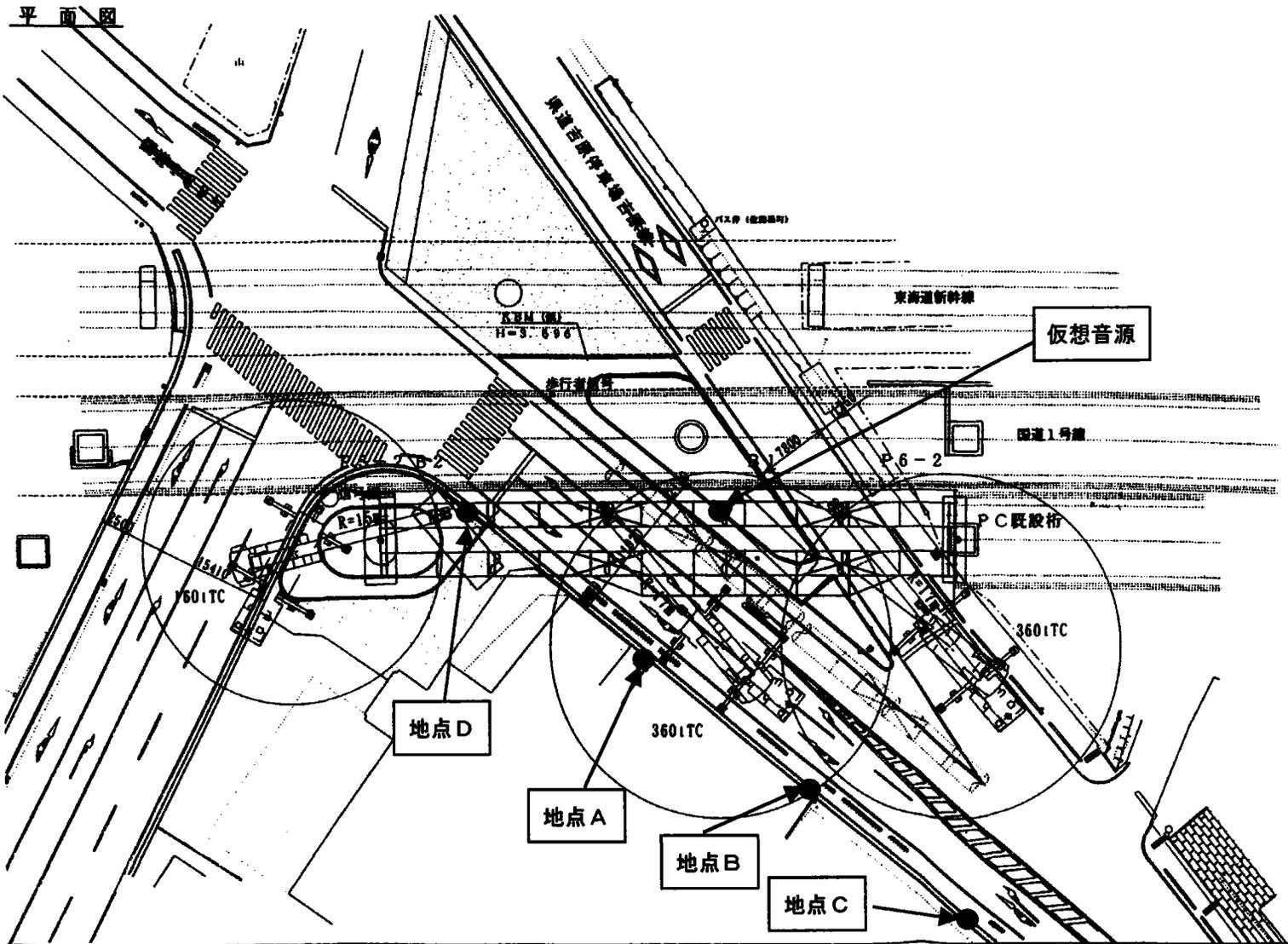


図3-2 騒音測定位置

周辺に固定音源としてクレーンが存在し、常時アイドリング音が測定されていた。クレーンのアイドリング時の騒音レベルは67～73dB(A)程度、駆動時の騒音レベルは85dB(A)程度まで上昇した。また、ドリフトピンのスチールハンマー打ちの際には80～89dB(A)の大きな騒音が記録された。

(2) 測定点B

周辺に固定音源として大型トラックが存在し、常時アイドリング音が測定されていた。測定開始後しばらくの時間、大型トラック近傍で足場取付けの準備作業をしており、足場チェーンのぶつかり音が記録された。

(3) 測定点C

周辺に音源として小型トラック（小型発電機搭載）が存在し、常時小型発電機を駆動させていたため、70dB(A)程度の発電機の音をベースとして記録していた。また、測定途中で小型トラックがマイク近傍に移動したため、比較的大きな騒音ベースとして記録された。

(4) 測定点D

架設作業中の橋桁の直下であるため、常時測定員が監視できる状況ではなく、機器を自動運転する形で記録を行った。また、ドリフトピンのスチールハンマー打ち込み時には100dB(A)を超える騒音が記録された。

3-5 作業騒音の測定結果と周波数分析結果

表3-1に示した作業騒音毎に、騒音レベルの測定結果および周波数分析結果を示す。なお、騒音レベルはレベルレコーダ記録が最も明瞭に読みとれたA地点のものを示す。

3-5-1 暗騒音

図3-3に暗騒音のレベルレコーダ記録を示す。横軸は1目盛で5秒間を表す。変動幅約5dB(A)の定常騒音で、平均値69dB(A)、最大値72dB(A)である。

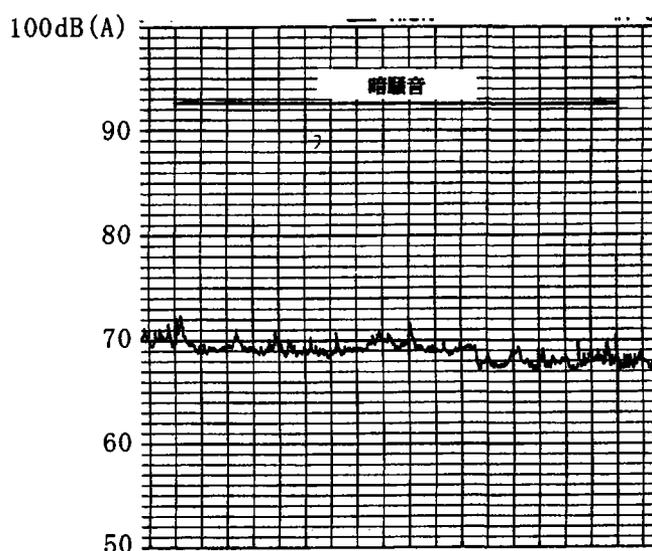
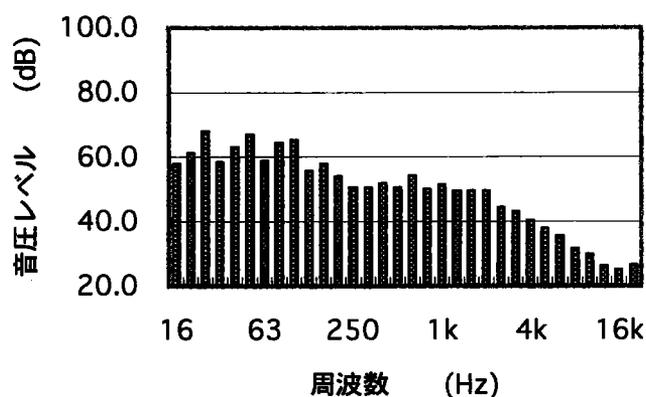
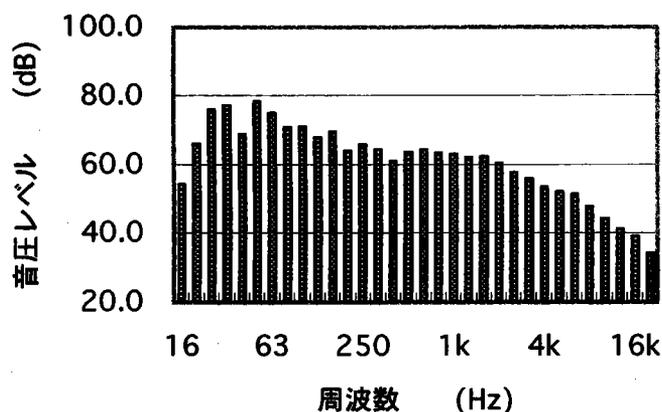


図3-3 暗騒音のレベルレコーダ記録

図3-4に平面道路上および橋面上における暗騒音の周波数分析結果を示す。平面道路上では、周波数25~100Hzの音圧レベルが大きく、暗騒音の騒音源としては投光器の発電機が考えられる。橋面上では、いずれの周波数においても音圧レベルは平面道路上よりも大きく、特に250~630Hzの音圧レベルが増大している。これは、投光器用の発電機の騒音とともに反対側車線の通過車両の影響と考えられる。



(1) 平面道路上



(2) 橋面上

図3-4 暗騒音の周波数分析結果

3-5-2 単管パイプのぶつかり音

図3-5に単管パイプのぶつかり音のレベルレコーダ記録を示す。約1秒間隔の衝撃騒音が5秒程度続く変動パターンが多く生じている。個々の衝撃騒音のピーク値バラツキはあるが、準定常衝撃騒音と考えられる。衝撃騒音のピーク値は80~89dB(A)であり、最大値は90dB(A)である。

単管パイプのぶつかり音の周波数分析結果を図3-6に示す。25~100Hzと2k~4Hzの2つのピークがあり、2k~1Hzの音圧レベルは100dBに近い値を示している。このデータには前述のような暗騒音が含まれていることから、図3-4(1)に示した平面道路上の暗騒音の周波数分析結果と比較すると、25~100Hzのピークは暗騒音においても現れており、その音圧レベルもほぼ一致していることから、25~100Hzのピークはバックグラウンドとして測定されている暗騒音であると考えられる。これより、単管パイプのぶつかり音は2k~4kHzの高周波数成分の影響が顕著であることがわかる。

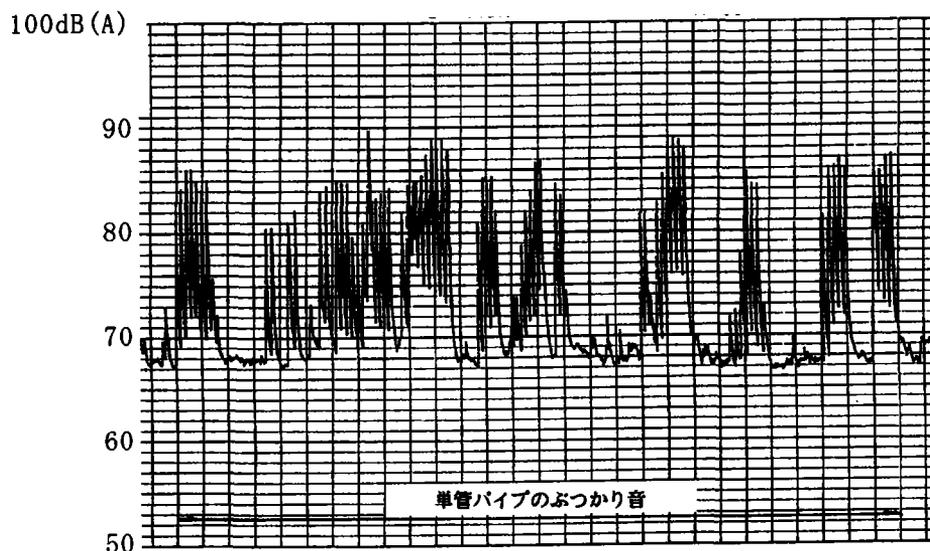


図 3-5 単管パイプのぶつかり音のレベルレコーダ記録

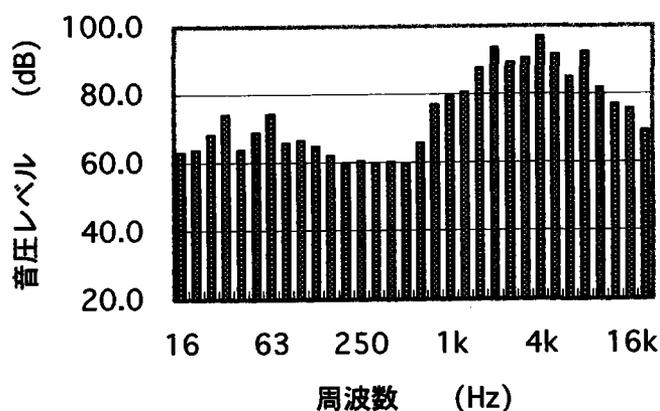
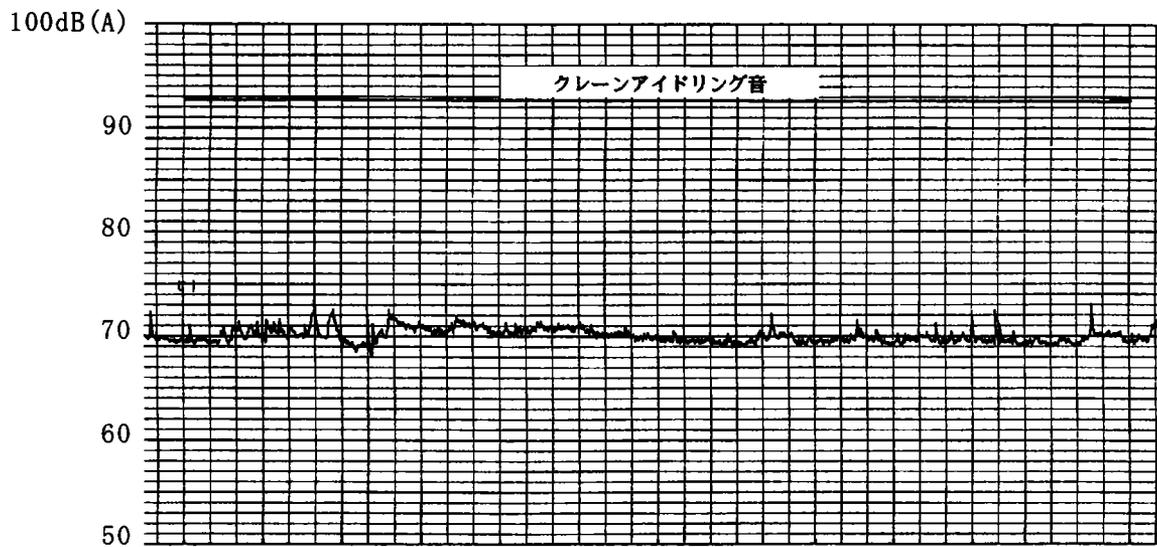


図 3-6 単管パイプのぶつかり音の周波数分析結果

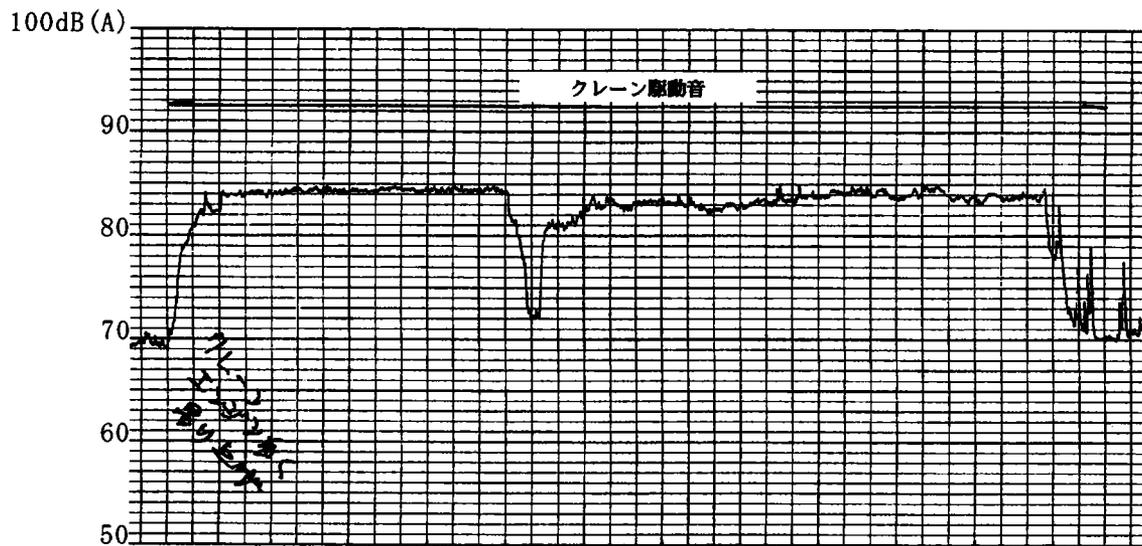
3-5-3 クレーンの駆動音

図 3-7 にクレーンのアイドリング音と駆動音のレベルレコーダ記録を示す。アイドリング音は、変動幅が約3dB(A)、平均値約70dB(A)の定常騒音で、図 3-3 の暗騒音と同様の特性を示している。駆動音は吊り上げ作業による騒音レベルの上昇と作業の中断による騒音レベルの低下が繰り返される間欠騒音である。吊り下げ作業中の騒音レベルは83～85dB(A)でほぼ一定しており、作業中断時の騒音レベルは72dB(A)である。

図 3-8 にクレーンのアイドリング音と駆動音の周波数分析結果を示す。アイドリング音は20～80Hzにピークが現れているが、図 3-4 (1) に示した平面道路上の暗騒音においても同様の周波数域にピークが生じており、これらの周波数成分においては暗騒音の影響があるものと考えられる。80Hz(A)以上の音圧レベルはほぼ一定である。駆動音は25～1kHzの広い周波数域にピークが生じている。アイドリング音の周波数分析結果と比較すると、200～1kHzの音圧レベルが増加しており、これらの周波数領域がクレーン駆動音によるものであることがわかる。

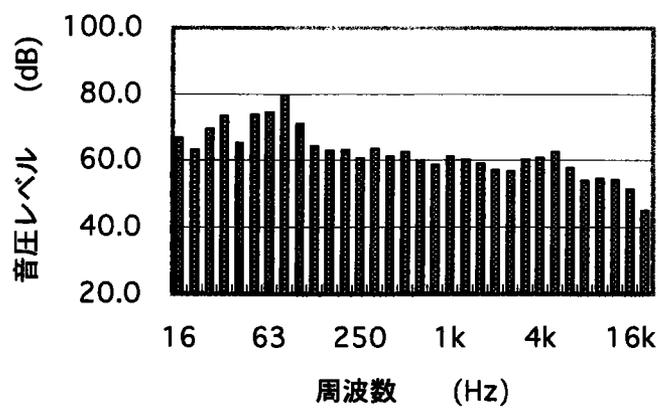


(1) アイドリング音



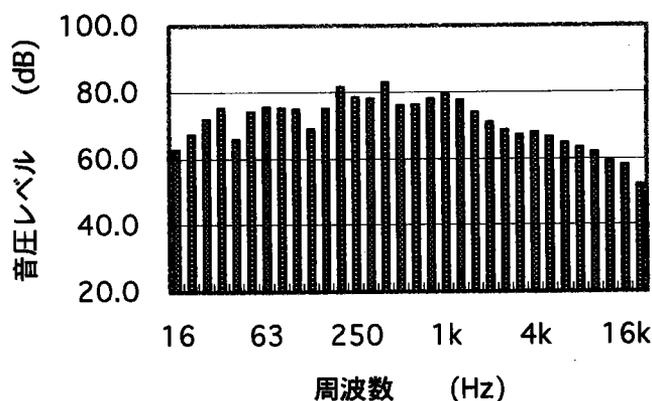
(2) 駆動音

図 3-7 クレーン駆動音のレベルレコーダ記録



(1) アイドリング音

図 3-8 クレーン駆動音の周波数分析結果



(2) 駆動音

図3-8 クレーン駆動音の周波数分析結果

3-5-4 スチールハンマーによるドリフトピンの打ち込み音

図3-9にスチールハンマーによるドリフトピンの打ち込み音のレベルレコーダ記録を示す。約1秒周期の衝撃騒音が継続する準定常衝撃騒音のパターンを示している。各衝撃騒音のピークは89~94dB(A)で、単管パイプのぶつかり音より大きな騒音レベルを示している。

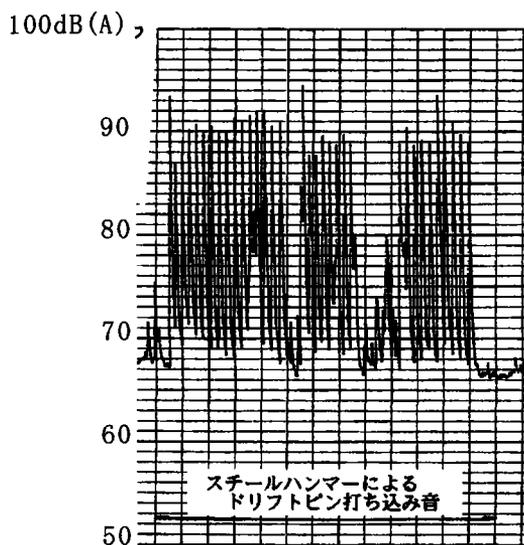


図3-9 スチールハンマーによるドリフトピン打ち込み音のレベルレコーダ記録

図3-10にスチールハンマーによるドリフトピンの打ち込み音の周波数分析結果を示す。500Hzを中心とした幅広い周波数領域の音圧レベルのピークとともに、31.5Hz以下にも顕著な音圧レベルが生じている。図3-4(2)に示した橋面上の暗騒音と比較すると、31.5Hz以下のピークは反対側車線を通行する車両等の騒音の周波数特性にも現れているが両者のレベル差は大きいので、暗騒音の影響は小さいと考えられる。

スチールハンマーによるドリフトピンの打ち込み作業では、ドリフトピンとスチールハンマーの衝突音だけでなく、打ち込みによって生じた箱桁の振動からも騒音が発生する。これより、幅広い周波数領域の音圧レベルにピークが生じていると考えられる。

また、橋面上における暗騒音の周波数分析結果（図3-4（2））と比較すると、いずれの周波数領域においても音圧レベルは増大しており、暗騒音の影響は小さいと考えられる。

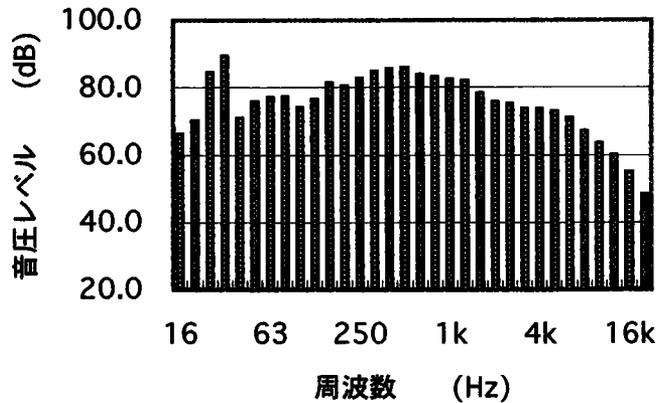


図3-10 スチールハンマーによるドリフトピンの打ち込み音の周波数分析結果

3-5-5 ラバーハンマーによるドリフトピンの打ち込み音

図3-11にラバーハンマーによるドリフトピンの打ち込み音のレベルレコーダ記録を示す。スチールハンマーを使用した場合とほぼ同様の時間変動パターンを示している。各衝撃騒音のピークの多くは87~95Hz(A)で、最大値は99dB(A)である。騒音抑制効果を期待してラバーハンマーによるドリフトピンの打ち込みを行ったが、その時の騒音レベルはスチールハンマーを用いた場合よりも大きくなり、期待したような効果は得られなかった。

前述のようにドリフトピンの打ち込み作業では、ドリフトピンとハンマーの衝突だけでなく箱桁の振動からも騒音が発生する。これより、ゴムハンマーを使用すればドリフトピンとハンマーの衝突音の騒音レベルは低下すると考えられるが、箱桁から放射される騒音のレベルは低下しないために騒音抑制効果が得られなかったものと考えられる。

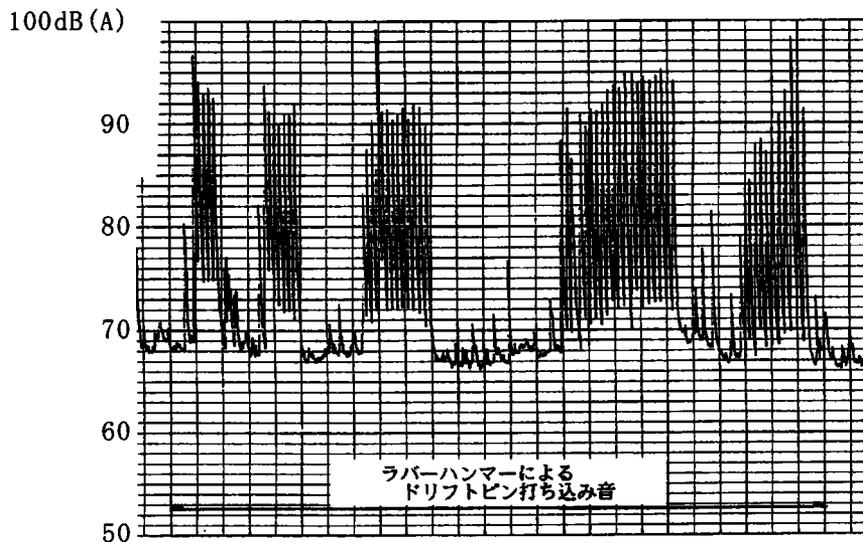


図3-11 ラバーハンマーによるドリフトピン打ち込み音のレベルレコーダ記録

図3-12にラバーハンマーによるドリフトピンの打ち込み音の周波数分析結果を示す。

スチールハンマーを使用した場合（図3-10）と比較すると、31.5Hz以下の音圧レベルは低下し、4kHz以上の音圧レベルは増大している。しかし、その他の周波数領域においては顕著な低下は生じていない。

橋面上における暗騒音の周波数分析結果（図3-4（2））と比較すると、100Hz以下の周波数領域については暗騒音の影響が大きいと考えられる。

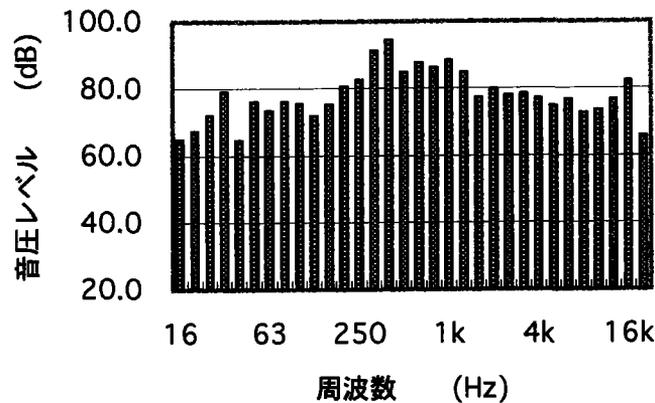


図3-12 ラバーハンマーによるドリフトピンの打ち込み音の周波数分析結果

3-5-6 スチールハンマーによる騒音抑制型ピンの打ち込み音

図3-13にスチールハンマーによる騒音抑制型ピンの打ち込み音のレベルレコーダ記録を示す。衝撃騒音のピーク値は、一箇所95dB(A)が記録されているがその他は80~90dB(A)である。衝撃騒音のピークの平均値は、通常ドリフトピンを使用した場合（図3-9）に比べて約5dB(A)低下しており、騒音抑制型ピンの効果が現れている。

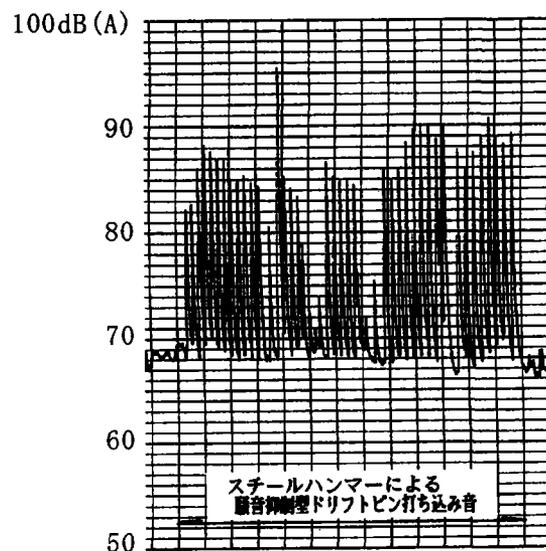


図3-13 スチールハンマーによる騒音抑制型ドリフトピンの打ち込み音のレベルレコーダ記録

図3-14にスチールハンマーによる騒音抑制型ドリフトピンの打ち込み音の周波数分析結果を示す。ラバーハンマーによるドリフトピンの打ち込み音（図3-12）と比較すると、315、400Hzにおける顕著な音圧レベルのピークが抑制され、その他はラバーハンマーによるドリフトピンの打ち込み音と同様の周波数特性を示している。

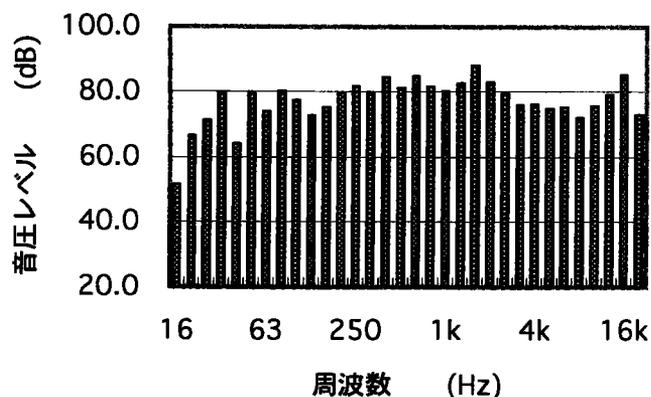


図 3 - 1 4 スチールハンマーによる騒音抑制型ドリフトピンの
打ち込み音の周波数分析結果

3 - 5 - 7 電動式ピン締め音

図 3 - 1 5 に電動式ピン締め音のレベルレコーダ記録を示す。時間変動パターンは衝撃騒音が連続した形であるが、ピーク値のバラツキが大きい。最大値は82dB(A)で、スチールハンマーによるドリフトピン打ち込み音に比べて10dB(A)以上の低下を示している。

電動式ピン締めは、ハンマーでピンに衝撃力を与えるのではなく、専用のピンを電動式レンチで締め込むものであり、ピンの締め込み、空回り等の電動式レンチの駆動状態の違いが騒音レベルのピーク値のバラツキに現れたものと考えられる。

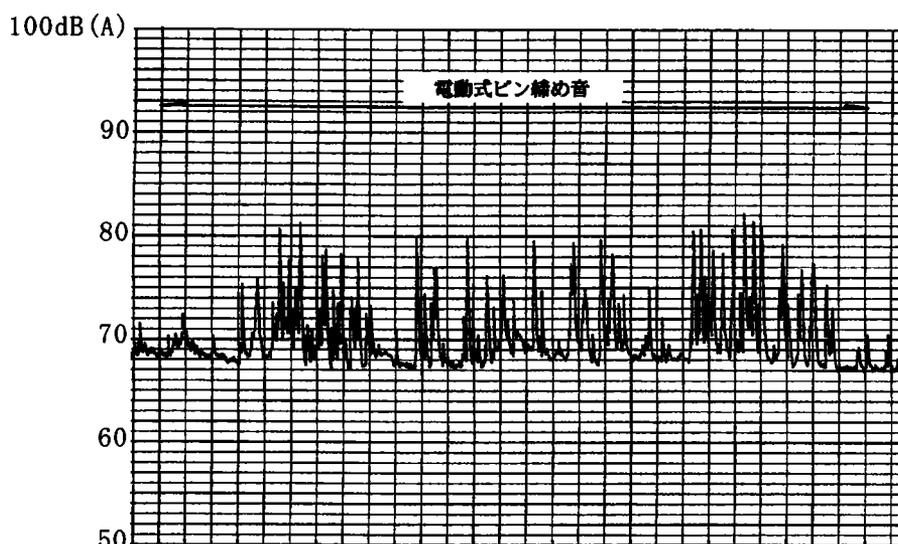


図 3 - 1 5 電動式ピン締め音のレベルレコーダ記録

図 3 - 1 6 に電動式ピン締め音の周波数分析結果を示す。低周波領域にピークがあるが、その他の周波数領域には顕著な特徴は現れていない。低周波領域の音圧レベルは、橋面上の暗騒音（図 3 - 4 (2) ）と大差がなく、ラバーハンマーを使用した場合や騒音抑制型ドリフトピンを使用した場合と同様に暗騒音の影響が大きいと考えられる。

電動式ピン締め音は、前述のように電動機の駆動状態によって騒音レベルが異なり、これに伴って周波数特性も変化すると考えられる。したがって、測定タイミングによって周波数特性が変化することが予想される。

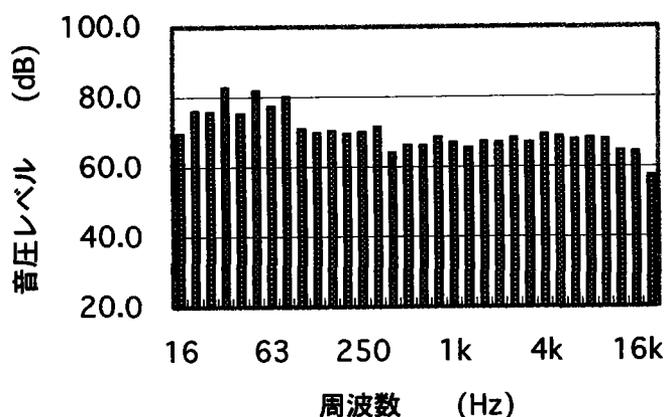


図3-16 電動式ピン締め音の周波数分析結果

3-6 パワーレベルの推定

スチールハンマーによるドリフトピンの打ち込み作業を対象に、図3-2に示した地点A～Dにおける騒音レベルの測定結果を用いてパワーレベルの推定を行った。

3-6-1 パワーレベルの推定方法

スチールハンマーによるドリフトピンの打ち込み作業の位置を仮想音源として、図3-2に示した仮想音源とマイクロフォンの位置より音源と測定点との距離を算出し、発生位置からの距離と騒音レベルとの関係を求めた。そして、打ち込み音を点音源と仮定して、以下の方法⁵⁾によりパワーレベルの試算を行った。

点音源が自由空間にあり、点音源のパワーレベルを L_w 、点音源から r (m)離れた点での騒音レベル L_A とすると、これらの間の関係式は次式で与えられる⁵⁾。

$$L_w = L_A + 20 \log r + K \quad (3.1)$$

ここに、 K は音源周辺の音響反射を考慮して決定される音響補正值である。音源が自由空間にある場合には $K=11$ 、半自由空間にある場合には $K=8$ となり、厳密には標準音源を用いて現地で決定する必要があるが、本報告では未知定数としている。

表3-2に仮想音源から地点A～Dの距離と各地点における騒音レベルを示す。これらの値は、「1本のドリフトピンをスチールハンマーで打ち込む一連の作業」の中で各測定点の最大の騒音レベルをレベル記録より5セット読みとったものである。

表3-2 スチールハンマーによるドリフトピンの打ち込み音の騒音レベル (dB(A))

地点	音源からの距離(m)	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
A	19.1	96.7	93.7	99.3	95	98.3
B	36.3	84.9	81.7	86.8	82.8	84.8
C	58.9	77.1	76.3	80.5	77.3	79.7
D	30.2	97.9	94.4	98.2	96.3	97.4

3-6-2 パワーレベルの推定結果

表3-2に示した騒音レベルのデータと式(3.1)を用いてパワーレベルを推定した結果を図3-17に示す。横軸は音源から測定地点までの距離を対数表示したものであり、縦軸は各測定地点における騒音レベルより求めた音源のパワーレベルを表している。

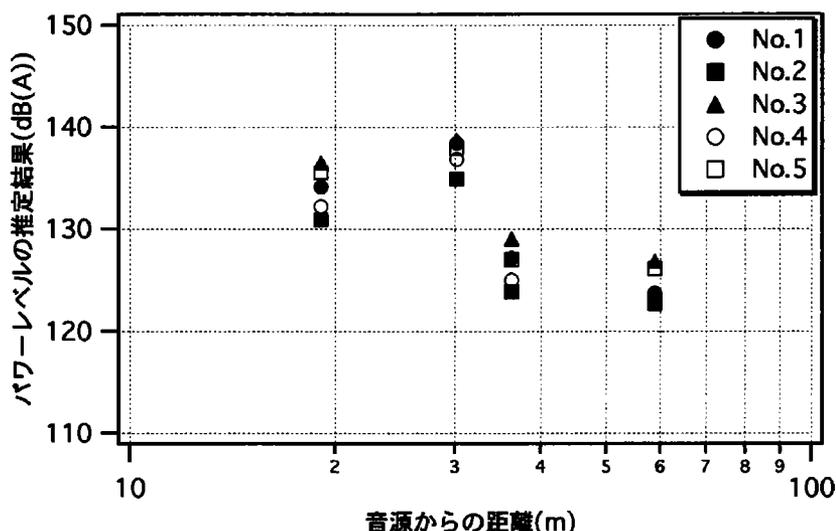


図3-17 パワーレベルの推定結果

スチールハンマーによるドリフトピンの打ち込み作業は人力による作業であるため不均一なパワーレベルの騒音が発生しており、音響補正值を考慮すればパワーレベルは110～130dB(A)程度になると考えられる。この値をその他の建設作業騒音と比較すると、ディーゼルパイルハンマー（115～140dB(A)）やドロップハンマー（115～135dB(A)）⁶⁾と同程度のレベルである。

パワーレベルが大きく推定された理由は、前述のように、同作業音は箱桁をハンマーで打つ形となるので箱桁が振動し、箱桁からも騒音が放射されること、箱桁が音源となる場合には音源と測定点との距離が表3-2の値よりも小さくなる等が考えられる。

3-7 まとめ

鋼橋架設時に住民からの苦情が予想される単管パイプのぶつかり音、クレーンの駆動音、およびスチールハンマーによるドリフトピンの打ち込み音について、騒音レベルの測定と周波数分析を行った。主桁の位置合わせ作業で発生するスチールハンマーによるドリフトピンの打ち込み音については、騒音抑制型工具であるラバーハンマーや騒音抑制型ピンと使用した場合、電動式レンチによるピン締めを行った場合の騒音測定も行い、それらの有効性についても検証した。さらに、スチールハンマーによるドリフトピンの打ち込み音についてパワーレベルの推定も試みた。

これらの結果をまとめると以下のようになる。

(1) 周波数分析の結果より、単管パイプのぶつかり音は2～4kHz、クレーンの駆動音は200～1kHz、スチールハンマーによるドリフトピンの打ち込み音は31.5Hz以下の200～1kHzの音圧レベルの影響が大きいことがわかった。

(2) 主桁の位置合わせ作業における騒音レベルは、スチールハンマーによるドリフトピンの打ち込みを行った場合に比べて、騒音抑制型ドリフトピンを使用した場合には5dB(a)、電動式レンチによるピン締めを実施した場合には10dB(A)低下することが確認できた。

(3) スチールハンマーによるドリフトピンの打ち込み音のパワーレベルの推定値は110～130dB(A)となった。

参考文献

- 1) 杉山篤：建設工事に伴う騒音・振動の実態と評価，騒音制御，Vol.1, No.3, pp.2-9, 1977.6.
- 2) 沢田茂良，太田宏：建設機械騒音の実態調査報告，建設の機械化，No.358, pp.56-60, 1979.12.
- 3) 藤本義二：建設機械の低騒音化の現状，騒音制御，Vol.5, No.4, p.4-10, 1981.8.
- 4) 前内永敏：建設機械騒音の現状－法規制と事業者の取組み－，騒音制御，Vol.19, No.4, pp.1-2, 1995.
- 5) 公害防止の技術と法規編集委員会：公害防止の技術と法規 [騒音編]，丸善，pp.54-53, 1987.7.
- 6) 土木学会：土木技術者のための振動便覧，土木学会，pp.488-489, 1985.10.