

土木工事における騒音・振動問題

伊藤 富雄*¹・道田 淳一*²・大北 五郎*³・山本 剛夫*⁴・畠山 直隆*⁵

緒 言

最近、公害といっても、大気とか河・海の汚染がマスコミをにぎわし、一酸化炭素・亜硫酸ガス・有機水銀・カドミウムなどが問題になっている。しかし、われわれの建設工事に直接関係のある騒音とか振動による公害の問題は、その提起も古く、工事の経済性、ひいては国民全体にかかわる重要問題である。

このため、土木学会関西支部では、昭和 41 年春、騒音振動委員会を設置して、建設工事に伴う騒音振動の実態調査、その防止軽減対策と許容度などにつき、調査研究を行なうことになった。以来この委員会は、毎月 1 回の会合を重ね、大学、官公庁、会社を網羅した各委員の非常な努力によって着々と成果をあげ、それらをまとめて、昭和 43 年 3 月「騒音・振動公害」を刊行するに至った。

しかしながら、騒音・振動公害に関する調査研究は、その後も着実に続けられている。このため、今年度の全国大会が関西地区で行なわれるのを機会に、合同部門研究討論会の一テーマとして、この問題を取り上げ、現場の第一線における諸問題とそれらに対する総括を、改めて世に問うことになった。この企画が、会員諸氏のためにかかお役に立てば、まことに幸せである。(伊藤 富雄)

1. 現場の第一線における諸問題 (その 1)

1.1 はしがき

近年、人口の都市集中によって、市内の各所において都市再開発を目的とした各種の建設工事が進められている。このうち、その規模の点で最も大きいと思われる地下鉄工事を取上げ、この地下鉄工事の騒音・振動問題について述べてみたい。

地下鉄工事による騒音・振動源は、主として杭打機を

はじめとする土木機械によるものと、土工用重車両から発生するものであって、一般の土木工事とあまり変わらないが、次の点で特殊なものである。

① まず、地下鉄工事は作業場所が道路であるということと、また、その区域が相当の延長にわたること。

② 現在、都市の道路は自動車交通で埋っており、したがって、同じ道路を使用する地下鉄工事は、主としてこの自動車の閑散になる深夜とか、日曜、休日の作業を余儀なくされること。

③ 工事の性質上工種が多いことと、工期が約 2 か年と長いこと。

したがって、地下鉄の建設工事は、騒音・振動問題が最も起こりやすい要素をそなえた工事ということができ

表一.1 地下鉄工事のおもな工種と使用機械と作業時間

工 種	使 用 機 械	振 動	騒 音	作 業 時 間	総 使 用 日 数 (日)
道路試掘	岩 機 コンプレッサ	一 小	●大 ●大	8°~2°(18)	15
杭打時の 布 掘り	岩 機 コンプレッサ	一 小	●大 ●大	20°~2°(6)	45
鋼杭打込み	バイルハンマー	大	●大	昼 間	150
	削 P 孔 & 機 H	小 一	小 中	20°~6°(10)	150
道路掘削	ブ レ ー カ ー コンプレッサ	一 小 大	●大 大 中	20°~2°(6)	90
路面覆工	鋼 材 打 撃 音 ハイドロクレーン インパクトレンチ	一 一	中 大 中	22°~5°(7)	90
土砂掘削	ウ イ ン チ ン ホ ッ プ カ ー	一 小 中	小 小 中	8°~8°(24)	270
材料搬入	ハイドロクレーン 重量トラック	一 小	大 小	20°~5°(9)	500
コンクリート 打ち	コンクリート打設音 パイプレンター	一 一	中 小 中	20°~6°(10)	300
	ミキサー車	一	中	20°~6°(10)	300
埋 戻 し	モビルクレーン ダンプカー	一 中	中 中	20°~6°(10)	300
路面覆工 撤	鋼 材 の 打 撃 音 ハイドロクレーン インパクトレンチ	一 一	中 大 中	22°~5°(7)	80
道路復旧	ダ ンプ カ ー ローラー	中 一	中 一	20°~6°(10)	90
鋼杭抜き	エキストラクター 振 動 杭 抜 機	大 大	●大 ●大	20°~6°(10)	120

注：本表は停留場工事例である。現在、鋼杭抜きは施工されない。ただし、●印は騒音規制のあるものを示している。

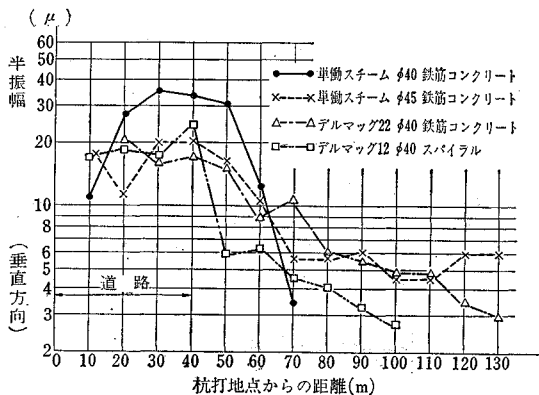
*¹ 正会員 工博 大阪大学教授(司会者)
 *² 正会員 大阪市交通局第3建設事務所長(話題提供者)
 *³ 正会員 大林組日生川西工事事務所長(話題提供者)
 *⁴ 正会員 医博 京都大学教授(話題提供者)
 *⁵ 正会員 工博 立命館大学教授(話題提供者)

る(表-1.1)。

1.2 騒音および振動問題の発生

地下鉄工事の振動が初めて問題となったのは、昭和36年6月、中央線の大阪港～弁天町間の建設工事のときであった。この路線は高架であって、その基礎には、鉄筋コンクリートφ40cmの3本継ぎ杭をスチームハンマーや、デルマッグハンマーで36mの深さの天満層まで到達させることになった工事である。沿道は比較的繁華なところであるので、振動による苦情の出ることを予想し、3チャンネルのテレバイプロメーター(明石製作所製)を備えつけて、測定しながら工事をするに決めた。これは、国鉄大阪環状線の工事中(昭和33年～34年)、その工事の振動が当時問題になったと聞いていたためである。実際の測定データは図-1.1のようにかなりの値となっているが、苦情は思ったより少なかった¹⁾。二、三の苦情に対しても振動測定器を持ち込んで測定すると、それほどまでして工事をしているのだから辛抱しようという理解が得られ、当時、測定器は思わぬ役目を果たしたのを覚えている。

図-1.1 基礎杭打込み時の振動



騒音の問題が初めて地下鉄工事に持込まれたのは四ッ橋線の建設のときであった。四ッ橋線は昭和38年3月緊急建設路線として市電を廃止し、その軌道敷を占用して工事にとりかかったのであるが、ディーゼルハンマーによる鋼杭打込み中、沿道の至る所から騒音および振動の訴えがあった。この路線はもと市電通りの繁華街で、道路幅が26mと狭いため、杭打ち場所から民家まで3～8mと近接しており、そのうえ、ビル街では音響がこだまして相当の強さになったようである。特に○病院前の施工に際しては、病院の患者から猛烈な反対運動が起こり、施工業者はもとより局側もその対策に奔走することになり、今後、鋼杭打込み時の騒音・振動について根本的な対策の必要を痛感した次第であった。

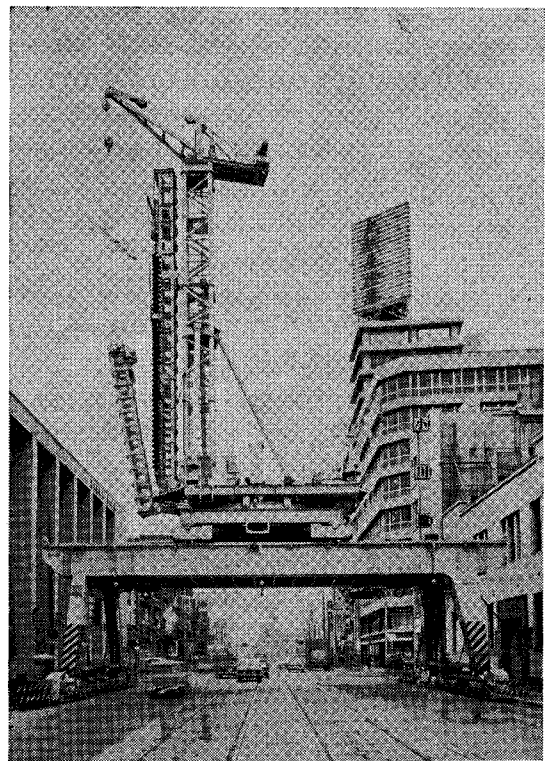
1.3 騒音・振動を軽減するための努力

技術的に騒音・振動を少なくするための方法としては、まず発生源である機械に防護装置をつける消極的な方法と、騒音・振動の発生しない新しい工法を選ぶという積極的な方法とがあるが、以下後者についての二、三の実例をあげる。

1.3.1 鋼杭さく孔建込み工法の採用

深い掘削作業の伴う地下鉄工事にとって、土砂の崩壊を防止するため、土留の支柱としての鋼杭は不可欠のものである。そこで、これを打込まずに施工する方法をかねて検討していたのであるが、工費に難点があり採用できなかった。しかし昭和40年4月、谷町線の工事が路面交通を確保するため、市電を通しながら施工することになり、市電終了後の深夜に杭打ちを実施することになり、沿道住民の睡眠時間と合致することになり、どうしても、無騒音・無振動のやり方が必要となった。そこで、初めて鋼杭打ちに変わる方法として、まず、アースオーガーによって、鋼杭長さと同じ深さの穴をあけておいて、この中に自重を利用して鋼杭を建て込む方法を採用した。しかし、地盤によっては、アースオーガーで掘った穴はくずれやすく、下部の1/3ほどは、やはり杭打機を使用しなければならなかったが、騒音・振動をかなり減少することに成功した。

写真-1.1 ゴライアス



そこで昭和 41 年 3 月、大阪の一番の繁華街である堺筋線の施工にあたって、この建込み工法に二、三の改良を加え「ゴライアス」という鋼杭建込み専用機を考案して使用した。そのおもな特長は次のとおりである。

① 道路をまたぐ四脚柱を持っていて、昼間は交通のじゃまとならず、道路上に待機できる。

② 夜間すぐにさく孔にかかれるので、工期が短くてすむ。

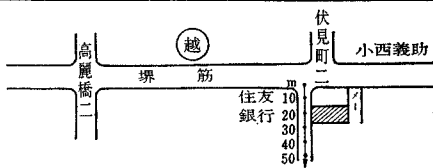
③ この機械の移動および運転は、すべて電気モーターを動力源とするため騒音が小さい。

④ タワークレーンを持っているので、鋼杭の建込みにエンジン音の高い P & H 等の補助を必要としない。

⑤ オーガーには中空軸のものを採用しているので、掘削孔(穴)の崩壊は、この中空軸よりベントナイト液などを注入することにより防げる。

実際の施工にあたって、建込み困難なときは小型の高周波振動機を使用したので振動は多少あるが、騒音については、ほとんど完全に近い状態が得られる工法となった。表-1.2 は堺筋線伏見町付近の「ゴライアス」による鋼杭建込み時のデータである。ここの地盤は $N=35$ くらいの粗砂であった。

表-1.2 ゴライアスによる騒音・振動



対称	測定位置 (m)	騒音 (ホン)	振動 (mm/sec)	摘要
作業なし	10	60~80	0.29~0.26	大型車両エンジン音
作業なし	20	60~75	0.08~0.16	大型車両エンジン音
作業なし	30	50~70	0.08~0.16	大型車両エンジン音
作業なし	40	45~60	0.08~0.16	大型車両エンジン音
作業なし	50	45~50	0.08~0.16	大型車両エンジン音
さく孔	10	65~70	0.02~0.13	40ps
さく孔	20	57~60	0.01~0.02	40ps
たて込み	2	85~90	0.40~0.60	日 平 30ps 3分間
たて込み	15	64~65	0.45~0.50	日 平 30ps 3分間

注：場所 伏見町 2 丁目，昭和 43 年 2 月 14 日 19 時~2 時

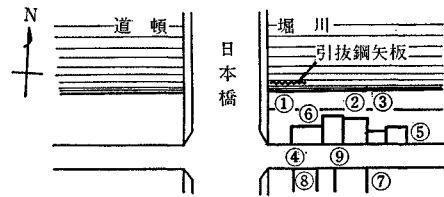
振動計 IMV.LAB.INC.VM3400型

騒音計 振動開発製 SL-400型

1.3.2 鋼杭引抜き時の廃止

鋼杭抜きはむしろ打込みよりも騒音・振動が激しいといわれるくらい問題となる工種である。また、鋼杭引抜き穴の埋めどしを完全に施工することはむずかしく、

表-1.3 バイプロによる鋼矢板引抜き時の振動



測点	距離 (m)	鋼矢板の長さ (m)	振動 (垂直) (mm/sec)	摘要
①	5	11.0	1.2~1.5	護岸上
②	10	11.0	0.7~1.3	護岸上
③	20	11.0	0.2~0.4	護岸上
④	20	11.0	0.2~0.3	道路舗装上
⑤	30	15.0	0.1	6階床上
⑥	8	15.0	0.5~0.7	敷石上
⑦	40	15.0	0.5~0.7	3階床柱
⑧	35	15.0	0.32~0.35	4階土間
⑨	28	15.0	0.36~0.40	道路コンクリート上

注：昭和 44 年 7 月 9 日

振動杭抜機 日平バイプロ NVK-50型
(1000rpm)

測定器 IMV VM-3400

沿道地盤沈下の原因ともなるので、現在、鋼杭は抜かずに埋殺しすることになっている。表-1.3 は道頓堀川沈埋工事現場の河川締切り矢板の引抜き時の振動測定である。地盤は砂または砂利混じり粗砂で $N=30\sim50$ であった。

c) シールド工法の採用

シールド工法は、道路交通に関係なくトンネル式にず

表-1.4 谷町シールドによる振動 (c/s)

測定対称	方向	半振幅 (μ)	振動数 (c/s)	振動速度 (計) (mm/s)	潤滑油使用量
普通推進 (1号シールド)	上下	3.0	19.4	0.37	15
	水平	5.25	10.0	0.33	
方向修正 (1号シールド)	上下	—	—	—	15
	水平	10.5	7.6	0.50	
普通推進 (2号シールド)	上下	3.0	3.4	0.06	50
	水平	2.5	3.4	0.05	
方向修正 (2号シールド)	上下	3.5	12.9	0.28	200
	水平	5.5	12.9	0.45	

注：①推進ジャッキ 全数 25 本 使用数 11~25 本 推力 860~1 900 t

②土質 主として砂礫層 ($N=50$) であるが、底部 1m はシルト質粘土

③振動計 保坂振動計 MTDH 型 1c 固有周期型
MTDV 型 1c 1s

④ (計) 計算により求める。 $\dot{x}=2\pi fA$

⑤期間は昭和 41 年 12 月から昭和 42 年 5 月。

い道をつくるということに特長があるが、騒音・振動問題から考えても非常に有利な工法で、すでに担当局では複線式、単線式合せて延長 7.4 km の施工例がある。しかしながら、この工法も圧気の設定として大型のコンプレッサーを必要とするので、その防振対策を忘れてはならない。なお、注意しなければならないのは、地盤により掘進中に騒音および振動を発生することである。表-1.4 は、谷町線谷町 6 丁目付近の振動測定データで、かなり大きな振動を示している。これは、シールド推進時にスキンプレートと地山との間で起こるもので、谷町線ではスキンプレートに潤滑油を塗布することによって、その減少に成功している。

1.4 今後の問題点

昭和 42 年、公害対策基本法が制定されてからこのかた、公害に対する関心が急速に高まり、また一昨年、騒音規制法が確立して都市における生活環境の保全が重要な社会の課題となりつつあるとき、この問題と直接関係のある騒音振動の発生を伴う建設工事に携わるわれわれ土木技術者にとって、今後の問題は決して少なくない。ここに、そのうちの重要なものと思われる二、三の問題を提起したい。

1.4.1 公害問題の再認識

現在工事関係者のうちには公害について十分認識していないものはないが、その実施においては必ずしも認識どおり実行されていないくらいはないだろうか。

まず、企業者にとっては、工事計画のとき、工事の施工そのものと同様、騒音・振動についての配慮をして実施計画を組む必要があり、予算担当者もその点について十分の理解が必要である。また、工事の発注にあたっては、仕様書などに、これらの公害の減少について具体的に明記し十分徹底させることが肝心ではなかろうか。

次に、施工業者にとっては、騒音・振動の発生する機械を駆使するのは下請業者であることが多く、元請業者の意志の伝達が不十分なため、問題が発生する場合が少なくない。一般に、下請業者はどうしても施工の実績のみに走り、公害についての認識が二次的になるので、この点、元請業者の方で責任をもって指導すべきである。これには、公害計等を常備して、たえずチェックをしながら監督することも一方法ではなかろうか。

なお、機械メーカーの各位には、近年建設工事に従事する労働者の不足を補って各種の機械を供給していただき、まことに結構であるが、しかしながら、これらの機械のなかには欧米の広い原野で使用されていたものの直輸入と思われるような騒音や振動について十分考慮されていないものが多く、地下鉄工事のような都心の環境のなかでの使用機械としては不向きのものも少なくないよ

うである。この点について、今後の機械の開発にあたり十分考慮されるよう希望できないものだろうか考えてみた。

1.4.2 規制、基準の明確化

現在、騒音については規制法が確立しており、その基準も明確で騒音減少のための目標となり、また、その防止のための指針として役立っている。しかし、振動については地方条例による規制があるが、それも建設工事については除外されているので、片手落ちであると思われる。振動についても一時も早く規制基準が確立され、その防止のための目標が定まるよう望まれるものである。

1.4.3 被害者の保護の徹底

一般に、土木工事はまだ公共性という名のもとに、騒音・振動のような無形の被害について、被害者側の受認を強いているくらいがあるのではなかろうか。たとえば工事の騒音問題が提起されたとき、その大きさを判定するのに、自動車交通騒音と比較するのはよいが、これでもって受認の程度をきめる尺度とはならないと思う。不特定多数の原因者のある交通騒音は、規制から除外されており、工事の騒音については、その基準が明確に決められている。とにかく被害があれば、ただちにそれに対して防護し、被害者の隔離などの処置をとり、また社会通念に反しない程度の補償金による解決も必要であろう。

最後に、公害を最少にするためには、工事関係者も被害者側と同じ立場にたつて、その被害について考え、その後、工事の公共性とのバランスにおいてこの問題を考えるならば、その解決はより一層速くなり、かつ完全なものとなるのではなかろうかと考える。

参考文献

- 1) 高橋・道田：杭打時の振動測定報告書（大阪市高速鉄道第 4 号線），大阪市交通局高速鉄道建設部，昭和 36 年 12 月
- 2) シールド工事施工記録（大阪市高速鉄道第 2 号線 16 工区），大阪市交通局第 3 建設事務所，株式会社奥村組谷町シールド工事所，昭和 42 年 12 月。

（道田 淳一）

2. 現場の第一線における諸問題（その 2）

2.1 騒音振動の発生源

最近、建設工事が大規模を要求され、これに使用される工事機械も大型化し、かつ工事期間も長期になるものが多い。これらの傾向は、騒音・振動の防止に対する新工法を開発・採用、かつ工事施工計画作成の面においてもなしうる限りの配慮がなされているのであるが、現場における騒音・振動に関する苦情処理は、当事業者に大きな負担になっている現状である。

騒音・振動の発生源は、使用されている機械の運転のために発生するものと、これらが作業をすることに伴って発生するものとに分かれるのであるが、この項では一つのものとして考えていただきたい。これらについて、われわれが実務の処理の面で資料的なものを作成したこともあるが、東京都首都整備局都市公害部環境課が関係機関で調査研究発表された資料を、「建設工事と騒音」（昭和43年1月）というものにまとめられているが、その諸表のうちから引用させていただいて、広範囲にかつ公平な補足を期することにした。

騒音・振動源になっているおもなものを工程的にあらわすと表-2.1 のようになる。

ディーゼルハンマー、スチームハンマーなどによる杭打作業にかかわるアースオーガー、アースドリルを用いる工法が開発されているが、これらによる騒音は、ディーゼルハンマーによる騒音よりも約 30 dB (A) 低い音量で、かなり効果的ではあるが、10 m 地点では 80 dB (A) をこえ、30 m 地点では 70 dB(A) をこえる騒音を発することもあるので、付近住民に与える影響は、まだ残るとされている。次に、現在一般に使用されている建設機械が運転作業中に発生している騒音についてまとめると表-2.2 のようになる。

この調査は、指示騒音計（リオン株式会社製 NA-07 型）を用い、工事機械（または作業）の位置から 10 m、30 m の点で稼働時の騒音レベルを読み取ったもので、変動の大きな音については最大値を数回読み取り、平均

表-2.1 工事工程と主要な騒音源、振動源

工事名	工法または機械	工 程		記 事
		基礎工事	躯体工事	
杭 打 ち	ディーゼルハンマー スチームハンマー パイアロハンマー ドロップハンマー	●▲ ●▲ ●▲ ●▲		a. シートパイル b. 基礎杭打ち
掘 削	バッドラックホイール ブレードリザール パワーショベル コンベア インクライン	●▲ ●▲ ●▲ ●▲ ●▲		
障 碍 物 除 去	コンプレッサ コンクリートブレイカー 爆	●▲ ●▲ ●▲		a. 地中障 碍 物 b. コンクリートはつり
ピ ア	コンプレッサ コンベア	●▲ ●▲		
コンクリート	パッキン コンクリート ミキサー コンベア	●▲ ●▲ ●▲ ●▲		a. 基 礎 b. 躯体コンクリート (周期性)
鉄 骨 鉄 筋	リベット打ち インパクトレンチ グラインダー	● ● ●		
シートパイル除去	パイルエクストラクター	●		
仮 設 ・ 設 備	ウ ィ ン チ ク レ ー ン ト ラ ッ ク	● ●▲		全 期 間 継 続 的
そ の 他	ボ ン ブ ダ ス ト シ ュ ー ト 呼 吸 機 場 内 放 送	● ● ●		

表-2.2 機械別騒音レベル（都市公害部調査）

(単位: dB(A))

機 械 名	測 定 件 数	音源から 10 m の地点		音源から 30 m の地点	
		騒音レベル範囲	平均	騒音レベル範囲	平均
ディーゼルハンマー	18	93~112	105	84~103	91
ドロップハンマー	3	97~108	101	86~97	91
アースドリル	3	78~84	81	67~77	71
アースオーガー	2	68~82	75	57~70	63
ボーリングマシン	1	83	83	70	70
ベノト	2	79~82	80	66~70	68
リベットガン	6	85~98	91	74~86	80
インパクトレンチ	1	94	84	71	71
パイプ	3	84~91	86	74~80	77
パイルエクストラクター	2	94~96	95	84~90	87
コンプレッサ	11	82~98	88	73~86	78
発電機	2	87~92	89	78~81	79
コンクリートブレイカー	12	80~90	85	74~80	76
コンクリートミキサー	5	70~86	79	65~77	71
クラムシエル	8	78~85	80	65~75	68
ドラクショベル	4	77~84	81	72~73	72
パワーショベル	2	76	76	65	65
ブルドーザー	2	76~77	76	65	65
トラッククレーン	5	75~82	78	63~75	65
ベルトコンベア	2	73~78	75	63	63
スキップ	2	75~76	75	63	68
クローラクレーン	2	81~84	82	68~72	70
モンケン	2	84~86	85	71~72	71

値を求めたもので、図式で表示すると図-2.1 のようになる。以上の騒音を、われわれ周辺にある音と騒音レベルで比較対称したものがあるので、図-2.2 に引用しておく。

以上のデータをみて判断できるように、一般に使用さ

れている建設用機械は、第三者との距離が近い市街地の工事場では騒音規制法限界に近いものがかなり多い実情である。また騒音規制法の特定建設作業に指定されているものの、主役を所持つ工事機械についての騒音調査の資料を抜萃すると表-2.3 のようになる（相互の比較を便利にするために逆二変則を適用し距離 1 m の音圧レベルに換算してある）。

振動は、強い騒音を発生している建設機械のある工事場では常に多少の振動を伴っている場合が多いのであるが、騒音の苦情に比べると人体に感じる刺激が少ないためか、特に異状な感じ方を与えない限り、あまり苦情の対称になっていない。たとえば、軟弱地盤で重機械で掘削

図-2.1 機械別騒音レベル

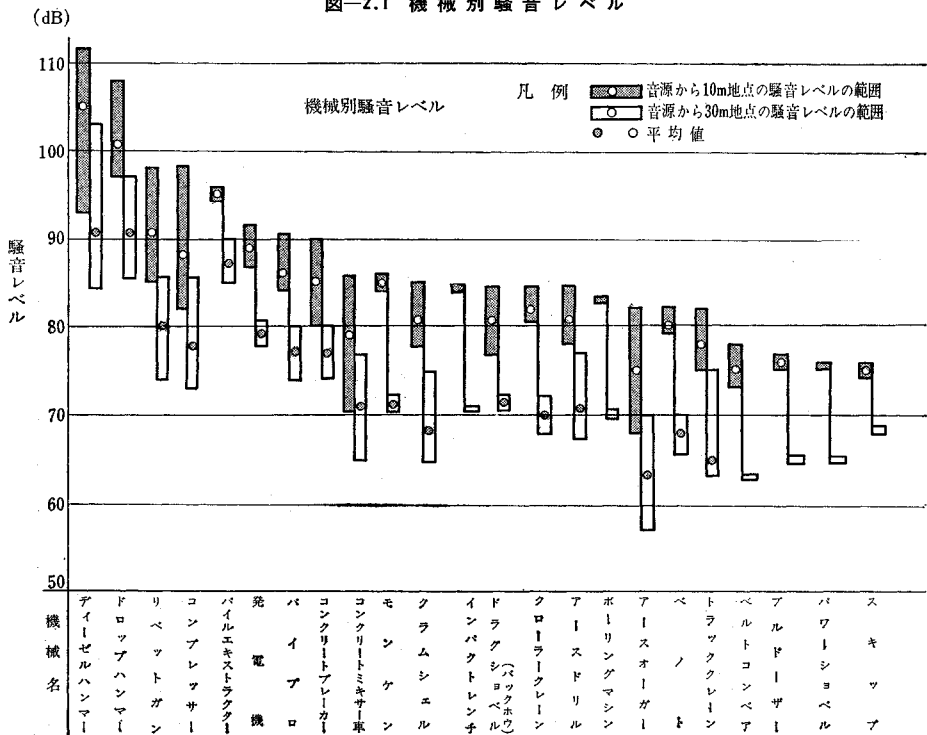
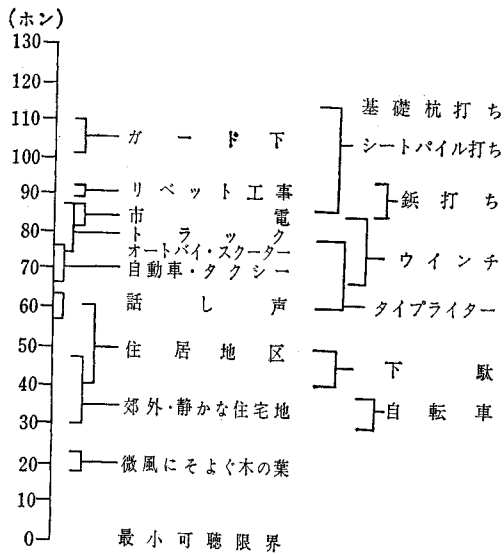


図-2.2 身近にある騒音の例



するバックホウやクラムシエルバケットが操作中に強く地盤に落下する場合、基礎杭の打止め時、硬質地盤よりはね返る振動、振動機による杭の打抜き、地盤改良のパイプ、発破の際の地響き、深夜睡眠中のシールドの推進時の響きを伴った振動、また、一般的には大型重機の移動走行時や大型トラックの走行に伴う振動であるが、これらは、工事の被害として沈下や傾斜が表面化して不

安を訴えられるようなとき、騒音などとともに抗議を受ける場合が多いようである。

2.2 騒音・振動の与える影響

われわれ工事施工にあたるものが、騒音・振動により周辺より苦情抗議としてはね返ってくる生の言葉を引用して被害の模様を判断していただきたい。

2.2.1 事業場を対象とする騒音の場合

電話の通話が聞きとりにくい。病院・学校など環境自体が静かであることを要求されるのに、これがなり立たない。ホテル、喫茶店などサービス業では客足が減る。放送局、映画館は雑音になる。特に放送スタジオでは要求度が高い。事業場従業員に不快感が生じ、イライラにより仕事の能率が低下する。

2.2.2 個人を対象とする騒音の場合

居住性が侵害される。睡眠不足になった。日常会話が不便になる。気分が落ちつきを失いいらだつ。以上が高じて神経衰弱や頭痛がする。病人、乳幼児、老人、妊婦らは健康が保てない。受験の勉強に支障をきたす。テレビ、ラジオなどの電気器具の雑音となる（電気的な問題も含まれているのであろう）などである。

以上の苦情は騒音規制法の示す騒音レベルにはなっていないくとも、音源が多角的で、また、断続的になる等、環境の不利も加わって深夜作業を行なう地下鉄工事などにおいて、紛争の原因となることが少なくない。

表-2.3 工事機械の発生騒音

騒音源	発生騒音度 dB(A)	備考
デルマックによるシートバイ ル打ち ウインチ負荷時 ウインチ無負荷時 打込み衝撃音	112~113 96~98 127~130	20HP 940~1140 rpm Diesel Hammer D-12型
バックホウ	105~116	日本車輛 100 HP
デルマックによるコンクリ ート杭打ち 打込み衝撃音	119~120	Diesel Hammer D-5 型
ベデスタル杭打ち スチームハンマー排気音 外管打込み衝撃音	120~122 103~106	
フランキーバイル打ち ウインチ負荷時 ウインチ無負荷時 打込み衝撃音	109~114 104~105 94~95	75 HP 960 rpm 重量 24 t×落差 3 m
シートバイル引抜機	113~122	TE-12 型 75 HP
コンクリートはつり工事 コンクリートブレーカー コンプレッサー負荷時 コンプレッサー無負荷時	94~97 99~100 96~98	三井精機 RA-75 型
リベットガン	125~127	
グラインダー	104~110	
コンクリートミキサー	78~89	
ドラックミキサー 走行音 ミキサー部	98~105 74~85	
コンクリートミキシンクプラ ント 砂利すくい 猫車に搬入 猫車をあける(トタンの上) 材料手練り	78~83 76~83 88~92 80~84	

2.2.3 事業場を対象とする振動の場合

騒音の被害の場合とほとんどが同様であるが、異なる被害は次のようである。精密機械組立て、コンピューター関係、印刷所などはただちに実害を生ずる。映画館ではスクリーンの画面がゆれる。パー等サービス業は客足が遠のく。装飾など装置がゆれる、などが大部分であるが、沈下や傾斜とともに、構造物、家屋の損傷を促進する場合もある。

2.2.4 個人を対象とする振動の場合

騒音の場合と同様であるが、実害として家屋、物品の

損傷がある。

われわれが実務のうえで当面する騒音・振動の苦情処理を原因別分類を考えると、杭打工事に関するものが最上位にあることは、だれでも考えつく事柄である。東京都都市公害部が昭和 37 年から昭和 41 年までの 5 年間に受付けた苦情件数は、表-2.3 のようになっている。

騒音・振動の被害の実態について考えるとき、実害として形の上にあられるもののほかは、感覚的、感情的であって、その被害の感じ方は、非常に幅の大きな差が認められるし、また同一人であっても健康状態その他で被害の感じ方に差異がある。原因する工事にまつわる理解や利害得失によっても、被害に対する苦情の表現は非常に異なるのである。

2.3 騒音・振動の防止対策の現状

騒音規制法が施行されて、その主旨に基づいて特定建設作業は正しく実行されているし、建設用重機械もその機構上にも油圧式をはじめ騒音防止の上にもかなりの効果をあげているものが少なくないが、工事現場第一線では、これら改善進歩の努力がはらわれているにもかかわらず、なお騒音の減少を要求される現場背影の様相は、むしろ逆に厳しいものが感ぜられる現状である。

特定建設作業に属する杭打工事は、これに変わる地下連続コンクリート壁や、アースオーガーを用いる現場打ちコンクリート杭に変るなど、新工法が相当の効果をあげている。しかし、これらの工程を進めるうえに表-2.2 に示す騒音レベルの比較的高い工事機械のうち少なくとも二、三の機種が協同作業を行なうことになるのと、交通規制に伴って道路工事、地下鉄工事をはじめ、都心部の工事の生コンクリート運搬車の搬入が夜間に規制されるなどのために深夜作業となることを比較してみると、第三者である工事場周辺の住民に対しては、むしろ新しい多くの騒音を感じさせるのではあるまいかと考えてしまふ。コンプレッサー、コンクリートブレーカーなど、現在の遮音方法では被害者側には満足を与えていないと思われる。したがって、現場の第一線で現在採用されている騒音対策は、工法、施工計画の場で慎重に配慮され、かつ改良された新機種をもって着工しても騒音の被害を

表-2.3 東京都都市公害部が受付けた苦情例

(昭和 37 年~41 年)

年度	苦情件数 (件)	工事関係 の苦情件 数(件)	建 築 (件)	土 木 (件)	夜 間 (件)	昼 間 (件)	申立原因(発生源別)件類 (件)				
							杭 打 ち	リ ベ ッ ト	ベ ル ト コ ン ベ ア		
昭和37年	2 326	311	185	126	113	198	ブ レ ー カ ー	29	25	3	3
コンプレッサー							25	25	2	2	
ミキサー車							16	16	3	3	
シートバイル打ち							8	8			
ダンプカー							6	6			

受ける側から出される要求に追いつかない場合が少なくないので、日々の作業計画に際し、騒音源を時間的、空間的に組み合わせ、その配置を考えて、騒音の被害を感じている人達に理解と協調を求めるより仕方ない現状にあると考えられる。

2.4 騒音・振動の今後の問題点

建設工事の施工の第一線にあるわれわれが、騒音・振動による被害をなくするように建設工事場の立地条件に応じた工法や新しい改良型の建設機械を厳しく選定し、日々の作業は騒音規制法の限界以下で行なわれているのか否かを公正に計数的に測定して管理するなどの管理体系を早く確立することが好ましいことであるが、道田氏も求めておられるように、工事仕様のうち、特に工法の騒音・振動に関する仕様を詳細に指示することや、建設機械の消音遮音の上限界を下げるのが可能なケースのうえにおける調和が得られ、かつ管理面で計測的に実体を把握して、初めて第三者からの抗議が公平な判断のもとに処理されることになる。

今回、学会の専門部会がこのテーマをあげられたのも何らかの体系体勢をつくりたいとの切実な現状に当面していることにほかならないと思われるが、この討論会が一転期となることを心から念願する次第である。

(大北 五郎)

3. 騒音の問題に関する総括

3.1 はしがき

騒音とは、それを聞く者にとって、好ましくない音を総称して使用する用語であり、従来、物理学で使用されてきた、楽音、噪音（非楽音）のすべてを包含する。したがって、騒音の感覚的な大小を評価するにあたっては、音の物理的な強弱だけでは不十分で、その他の属性を考慮する必要がある。音の属性として、最初に取上げられたのは、物理的な強弱であり、これと感覚量（大きさ）とを結びつけるため、感覚量は外界の刺激量の対数に比例するという Weber-Fechner の法則を適用して、強さのレベル (Intensity Level, 単位 dB) あるいは音圧レベル (Sound Pressure Level, 単位 dB) が提唱された。さらに、音の周波数特をも考慮する必要にせまられ、多数の被検者を用いての実験的研究の結果、大きさのレベル (Loudness Level, 単位 phon) あるいは知覚騒音レベル (Perceived Noise Level, 単位 PN-dB) が提唱されるとともに、感覚量を加味した（特に周波数特性ならびに強弱について）単一の数値を直読しうるような指示計器としての騒音計もくふうされてきた。その

指示値を騒音レベルといい、単位をホン (A) あるいは dB(A) として、広く騒音測定に応用されているのが現状である。音の強弱と周波数特性以外の属性については、これからの問題である。

騒音の影響としては、上述のような実験室的な音の大小、あるいは、うるささといった感覚への影響以外に、一般住民の感ずる不快感、日常生活の妨害、生理機能の変化、聴力障害などを考慮する必要がある。

3.2 不快感

騒音は、「さわがしい」「気分がいらいらする」「不愉快になる」「腹がたつ」といった情緒的な不快感を人々に与えるということは、各地の苦情、陳情あるいはアンケート調査の結果などによって、すでによく知られた事実である。これらの不快感は、まず第一に、騒音レベルと関係する。すなわち、騒音レベルの増加につれて、不快感の程度ならびに訴えの百分率は増加する。アンケート調査の結果は、主として社会的条件に起因する住民の関心の度合い、個人差などによって、かなり変化するが、長田・渡部・山本が、日本公衆衛生協会から委託されて調査した騒音関係の文献から拾ってみると、情緒的影響については、室外騒音で、50% の人が被害を訴える騒音レベルは、住宅地域で 50 ホン (A)、商業地域で 55~59 ホン (A)、学校では 50~54 ホン (A)、病院では 45~49 ホン (A) 程度である。イギリスの騒音委員会の報告²⁾では、室外騒音で、昼間 50 ホン (A)、夜間 35~40 ホン (A) で、約 30% の人が被害を訴えているという。不快感に関連する騒音の第二の特徴としては、ピッチ（音の高さ、主として周波数に関連）があげられる。ピッチの高い音は、ピッチの低い音よりも、より不愉快に感ずる。騒音レベルは、前述のように、この影響が加味されているが、なお、完全ではない。第三の特徴は、騒音の時間的変動である。騒音の強さ、もしくは周波数構成がたえず変化する場合、定常な場合にくらべて、より強く不快感を訴える。しかも、強さの変動の方が、周波数構成の変動よりも、より高度の影響を与える。土木学会関西支部騒音・振動委員会³⁾が、建設騒音、特に矢板の打込み、あるいは引抜き工事の際の影響につい

図-3.1 がまんできないと訴える者の百分率
(矢板の打込み、引抜き時)

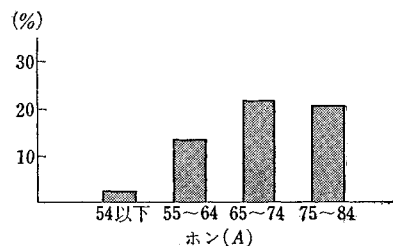
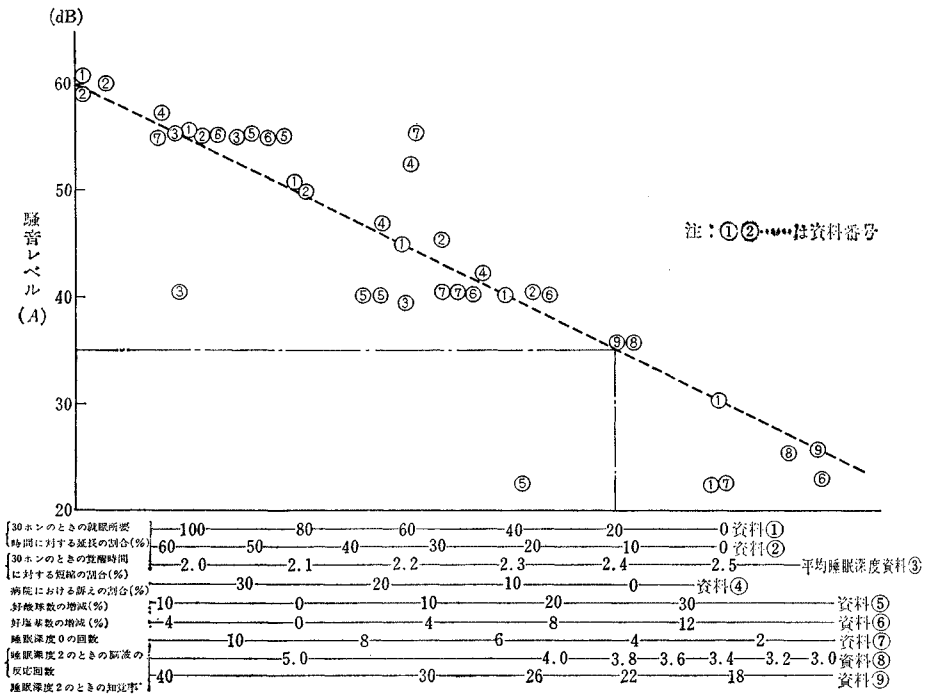


図-3.2 睡眠に及ぼす騒音の影響



て、各種のアンケート調査をしているが、そのうち、「がまんができない」という回答を、2回の調査を通じて集計した結果が図-3.1である。一般騒音(工場あるいは交通騒音など)にくらべて、訴えの頻度が少ないように思われるが、質問内容その他の相違を考慮すれば、厳密な比較はできない。

3.3 睡眠への影響

生活環境審議会・公害部会・騒音環境基準専門委員会がまとめた騒音と睡眠との関係を図-3.2に示した。丸印のなかに記入した数値は資料番号であるが、その詳細は省略する。この図の見方について一言すると、たとえば、騒音レベルが35ホン(A)のときは、30ホン(A)のときにくらべて、寝つくまでの時間が20%ほどのび、また、目ざめの時間が10%ほど短縮されるということを示す。同じく騒音レベルが35ホン(A)では、脳波による睡眠深夜度(0から3まで、数値が多くなるほど深度は深まる)は平均2.4、病院での睡眠妨害に対する訴えの頻度は1~2%となる。その他の項目については、それぞれの項目に対応するスケールを読み取ればよい。以上の結果のみでは、どこから線を引けばよいか、いいかえれば、睡眠に影響を与えない限界のレベルを考えることは困難であるが、この点に関し、本委員会に提出された長田の資料⁷⁾では、「音なし[20~25ホン(A)]」の場合と有意差を認め得なくなるレベルとして、

睡眠深度で27ホン(A)、好酸球で34ホン(A)、好塩球で40ホン(A)という数値を呈示していることは、はなはだ興味のあるところである。

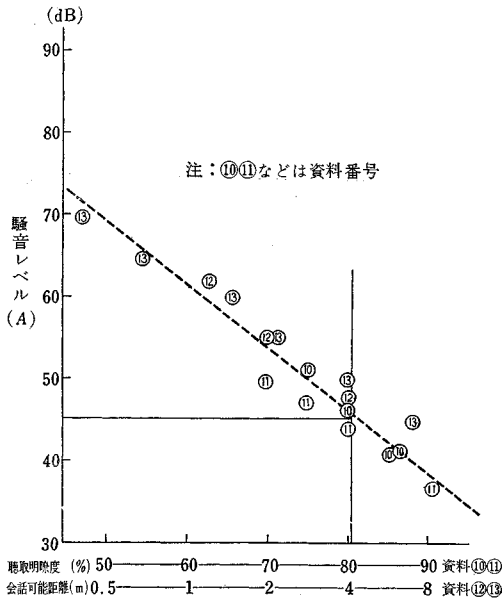
3.4 作業能率の低下²⁾

騒音の作業能率に及ぼす影響については、作業能率の変化が、温熱条件、採光・照明・色彩条件などの変化とも結びついており、また、作業場が変わること、あるいはテストを受けることなどに起因する志気の向上にも関連しているため、十分な結論は得られていないが、騒音レベルが90ホン以上になれば、誤謬の数は確実に増加する。これは、騒音の時間的特性が連続的であろうと、間欠的であろうと、それに関係なく、また、その騒音に馴れた人でも起こってくる。

3.5 会話妨害

会話妨害に関しては、小林、Beranek、ISOの成績について、騒音環境基準専門委員会⁷⁾のまとめた資料を図-3.3に示した。丸印の番号は資料番号を示し、⑩⑪は小林(dB(C)で表示)、⑫はBeranek(NCで表示)、⑬はISO(NRNで表示)の成績であるが、図-3.2では近似的な換算を施し、いずれもホン(A)で示してある。騒音レベルが45ホン(A)であれば、聴取明瞭度は約80%、通常会話の可能距離は約4mとなる。

図一3.3 騒音による会話妨害



3.6 生理機能への影響^{1), 5), 6), 7)}

騒音の生理機能に及ぼす影響としては、自律神経系および内分泌系に対するものが、その主体をなしている。

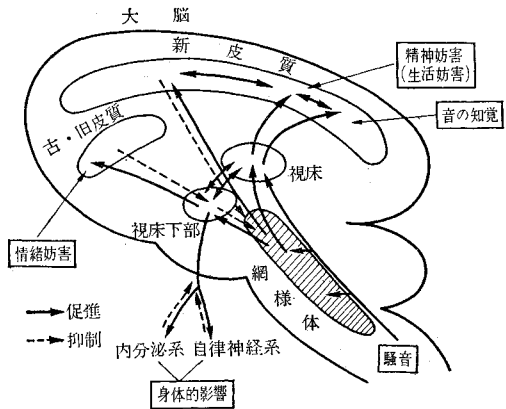
自律神経系に及ぼす影響としては、交感神経系の緊張に由来する血圧、脈搏数、呼吸数、脳内圧、発汗、新陳代謝などの増加、唾液、胃液、胃の収縮回数、収縮の強さなどの減少、末梢血管の収縮などの諸変化が 50~70 ホン (A, B, C の特性は明らかでない) の騒音で起ってくる。しかし、これらは馴れの現象が著明で、繰返し騒音に暴露されると、以上の諸変化は次第に消失するようである。

自律神経—内分泌系への影響は、公害としての騒音の環境基準の設定とも関連して、最近特に関心がもたれている。坂本らによると、騒音に暴露されると、いわゆる緊急反応 (emergency reaction) が起こり、副腎髄質のホルモン、すなわち、アドレナリンの分泌が高まり、交感神経系の緊張に由来する前述の諸現象が出現すると同時に、一方では、騒音は間脳—下垂体系の感受性を低下させ、副腎皮質刺激ホルモン (ACTH) の分泌減少ひいては副腎皮質ホルモンの分泌減少をもたらすと述べている。また、下垂体からの性腺刺激ホルモン (ゴナドトロフィン) の分泌減少、甲状腺刺激ホルモン (サイロトロフィックホルモン) の分泌増加も報告している。以上の諸変化は 70 ホン (おそらく B) 程度から始まるという。上述の性腺刺激ホルモンの分泌減少は、空港周辺の農家での「鶏の産卵率の低下」あるいは「乳牛の乳の出の悪化」などの訴えとも関連していると思われる。一

方、有菌らは 70 ホン (おそらく A) 以上の騒音によって、ACTH の血中放出が促進され、それによって副腎皮質ホルモンの分泌増加をもたらすと主張している。さらに田多井らは、55 ホン (A) 程度の騒音によっても副腎皮質ホルモンの分泌は増加し始め、あるレベル (70 ホン (A) 程度) までは増加し続けるが、強い騒音 (85 ホン (A)) に精神負荷が加わると、逆に低下するという興味ある成績を発表している。

中枢神経系への影響としては、脳波の α 波ブロッキング (50 ホン (A) 程度から)、 θ 波、 β 波の増加 (70 ホン (A) 程度)、精神電流反射の増加 (GSR, 80 ホン (A) 程度)、あるいは、動物実験ではあるが、脳内アンモニア濃度の上昇 (80 ホン (A) 程度) などの報告があるが、統一的な見解にまではたちいたっていない。

図一3.4 騒音の神経系・内分泌系に及ぼす影響
(田多井ほか・「騒音振動防止に関する総合研究」報告書 (2), 科学技術庁研究調整局, 昭和 42 年による)



田多井らは、図一3.4 の模式図を示し、騒音の影響を次のように考察している。すなわち、騒音は耳から入って神経インパルスを経床を経て新皮質に送られ、さらに、網様体を経て新皮質に達するインパルスと相まって、感覚 (音の認知・識別) を生ぜしめ、同時に他の精神活動に影響して、記憶、意志などに妨害 (精神的妨害) を与える。一方、網様体から古・旧皮質へは、視床下部を介してインパルスが伝達され、不快感 (情緒妨害) をひき起こし、さらに視床下部から循環、呼吸、消化などの自律神経系を介しての影響と、下垂体—副腎系を中心とする内分泌系への影響をひき起こす。しかも、これらの経路は互いにフィードバックをもっているから、現象面に現われる影響は、さまざまに修飾される。すなわち、生理機能の変化は、そのほとんどが、騒音の精神ならびに情緒的影響の反映であると称している。

3.7 聴力への影響

騒音職場に永年勤務した作業者の聴力を、オーディオグ

ラムに描いてみると、通常 3~6 kHz の高周波音域の聴力、特に 4 kHz 付近の聴力が強く障害を受けていることがわかる。この 4 kHz 付近の聴力損失は、騒音性難聴の重要な特徴の一つで通常 C⁵dip といわれている。これは、オーディオグラム のうえで、音階の C⁵(=4 096 Hz) に相当する位置で深い谷を形成するところから名づけられたものである。このような聴力損失は、内耳の毛細胞、支持細胞などの変成に基づくものである。騒音レベルが、90 ホン(A)以上の騒音に、1日8時間、週5日以上、10年以上の期間にわたって暴露されると、会話聴取に支障をきたす程度の難聴にまで進展する可能性がある。われわれの研究室では、音の強さ、騒音の周波数特性、時間的変動、騒音に対する暴露様式(連続的に暴露されるか、あるいは断続的に暴露されるかの相違)をすべて含めた許容基準を作製し、日本産業衛生協会⁸⁾でも採用されたが、一般住民を対象とした、いわゆる公害としての騒音の場合は、難聴者を発生するほどの騒音に遭遇することは、きわめて稀と思われるので、その詳細は省略する。

3.8 建設騒音に対する規制基準

建設作業に伴う騒音は、「騒音規制法」(昭和43年、法律第98号)の適用を受ける。その概略は次のとおりである。まず、建設騒音の規制を受ける区域が都道府県知事によって指定される。この指定区域内で建設作業を行なう場合に限って規制を受けることとなる。しかし、建設騒音の特殊性(公共性、技術的に対策が困難、一時的かつ短期間、場所の代替性が少ないことなど)を考慮して、以上の指定区域は、工場騒音の指定地域よりもその範囲がせばめられている。次にこれらの区域内で建設作業を行なう場合でも、表-3.1の第1行に記載した5種類の建設作業に限って規制が行なわれる。これを「特定建設作業」という。指定区域内で特定建設作業を伴う建設工事を施工しようとする者(元請業者)に対しては、届出義務が課せられている。さらに、特定建設作業に伴

って発生する騒音が表-3.1の基準に適合しないで、しかも、周辺的生活環境が「著しく」そこなわれると都道府県知事が認めるときは、騒音防止方法の改善とか、あるいは、作業時間の変更が勧告される。この勧告に従わない場合は、改善または変更命令が出される。以上が「騒音規制法」による建設騒音の規制の概要である。

3.9 むすび

以上、騒音の人体に及ぼす影響と、建設騒音の規制の概要について説明したが、騒音の各種の物理的性質との関係が定量的に最もよく把握されているのは、感覚的な音の大小、聴力への影響、ならびに会話妨害に関するものであり、その他の影響に関しては、さらに定量的な諸関係を明らかにする必要がある。特に建設騒音は衝激的な騒音であり、この種の騒音の影響に関する知見は、きわめて乏しいといわざるを得ない。

参考文献

- 1) 日本公衆衛生協会：騒音関係文献抄録集，1,2，昭和42,43年度
- 2) Committee on the Problem of Noise : Noise-Final Report., Her Majesty's Stationery Office, London, 1964
- 3) 土木学会関西支部騒音・振動委員会：建設工事に伴う騒音，振動の調査報告書，昭和44年
- 4) 生活環境審議会・公害部会・騒音環境基準専門委員会：騒音環境基準設定資料，昭和44年
- 5) 土木学会関西支部編：騒音・振動公害，昭和42年度
- 6) 佐藤竺・西原道雄編：公害対策Ⅱ，有斐閣，昭和44年
- 7) 山本剛夫：騒音の生理機能への影響，産業公害，4，547~550，昭和43年
- 8) 許容濃度等委員会騒音班：日本産業衛生協会，許容濃度等委員会勧告の騒音の許容基準について，産業医学，11，533~538，昭和44年

(山本 剛夫)

4. 振動の問題に関する総括

4.1 まえがき

土木工事は公共性の強いものが多く、限定された期間

表-3.1 特定建設作業に伴って発生する騒音の規制に関する基準

(単位：ホン)

規制基準項目	特定建設作業 杭打ち機、杭抜き機等を使用する作業	びょう打機を使用する作業	削岩機を使用する作業	空気圧縮機を使用する作業	コンクリートプラントまたはアスファルトプラントを設けて行なう作業
作業場所の敷地境界線から30mの地点における騒音	85	80	75	75	75
騒音の発生を禁止される時間帯(例外あり)	午後7時~翌朝7時	同 左	午後9時~翌朝6時	同 左	同 左
騒音を発生することのできる時間の長さ(例外あり)	1日10時間以内	1日10時間以内	1日10時間以内	1日10時間以内	1日10時間以内
騒音を発生することのできる日数(例外あり)	連続6日間以内	連続6日間以内	連続6日間以内	1カ月間以内	1カ月間以内
騒音を発生することのできない日(例外あり)	日曜日その他の休日	日曜日その他の休日	日曜日その他の休日	日曜日その他の休日	日曜日その他の休日

注：佐藤・西原編：公害対策1.昭和41年による。

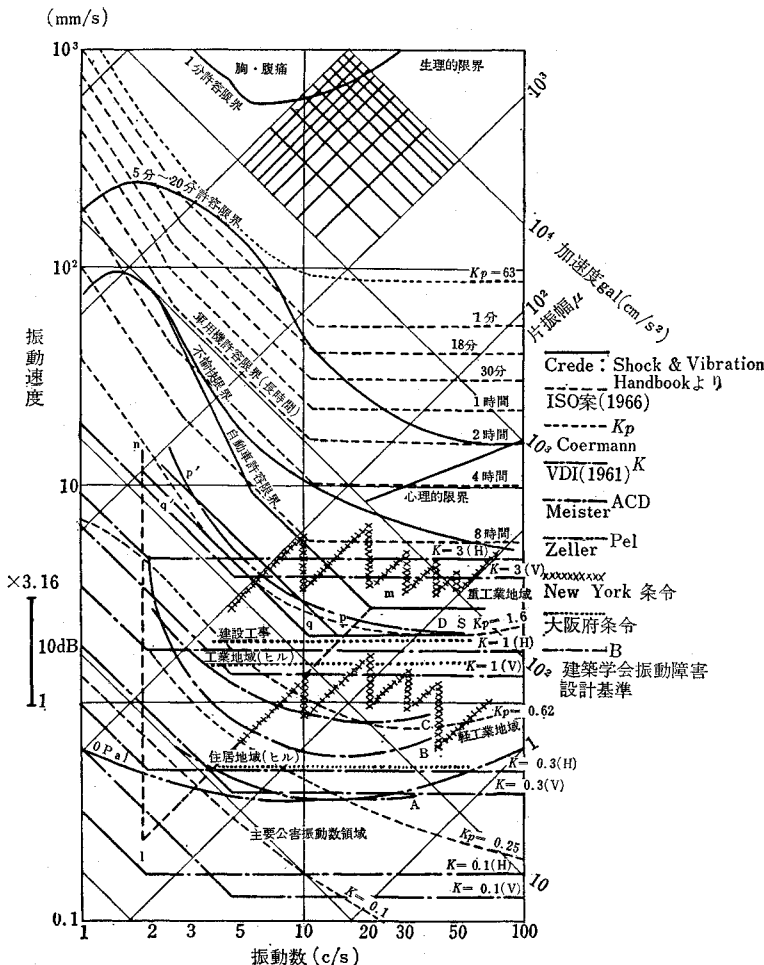
に行なわれる臨時的なものであるが、工事による振動の防止軽減に対しては被害者の立場にたつて十分な配慮が払われなければならない。しかし工事をする以上、現場周辺の生活環境に全く影響を及ぼさないことは不可能であり、ここに振動についても許容値の問題が生じ、規制基準の明確化の必要を生ずる。振動も公害対策基本法において公害の定義のなかに含まれているが、騒音規制法のような国の個別法は、まだ制定されていない。しかし、工場振動については地方条例によって規制基準が定められている地方自治体が多いが、土木工事については若干の地方自治体に指導基準が設けられているに過ぎない。

4.2 振動の影響の評価について

音であれば耳という一つの器官を通してのみ受入れるので音の物理量と、耳の感覚に関する多くの研究があり、国際的にも十分評価されている。しかしながら、振動については人体の各部位においてさまざまな受入れ方

をし複雑であるので、その評価法の確立がむずかしい。人体は 5 c/s 以下では一つの質量として振動させられるが、振動数が高くなるにつれて人体各部が部分的に共振する現象が起こり、さらに振動数が高くなると弾性波として人体中を伝播するといわれるが、人体の姿勢と上下、水平などの加振方向によって感じ方が異なるであろう。こうした振動感覚の研究として有名な Meister のものがある¹⁾。彼は人体全体が一樣な運動をなすようにして実験を行ない、姿勢と加振方向のいかんにかかわらず、人間の感覚度を 6 段階に区分して振動数による等感覚曲線を定めた。図-4.1 中の Meister A は、ようやく感じる程度の下限、C はよく感じる程度の下限、D は強く感じる程度の下限を示したものである。さらに三輪の研究²⁾によれば、振動に対する感覚はきわめて複雑で立姿勢と座姿勢、さらに加振方向によっても異なり、水平動は上下動に比して感じにくく、感覚度に約 10 dB の差があることが知られた。

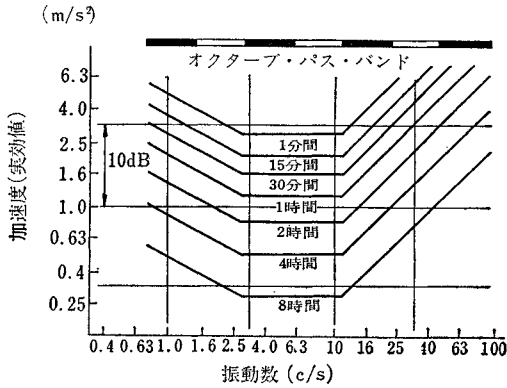
図-4.1 各種振動値の比較



次に、これらの研究の結果、得られた等感覚曲線をもとにして騒音における感覚単位ホン (phon) と同様に、その数字を聞いただけで振動数のいかんにかかわらず、その振動感覚の程度を知りうる単位を設定する必要が痛感されるが、こうした試みはいくつか行なわれている。Zeller はこの等単位として Pal 尺度を提案した。Pal = 20 log d/d₀ で表わされ、d₀ は 1 c/s における感覚値半振幅 0.008 cm である。さらに、ドイツ VDI ではおもに労働衛生の立場より等価単位として K 値を定めた。K = α a f² / √(1 + (f/f₀)²) で表わされ、d は mm、f₀ は 10 c/s、α = 0.71 K 値/mm/s² で曲線を折線に直して表示した。また国際標準化機構 (ISO) の TC 108/WG-7 において「人間の振振を評価する提案」として示されたものがある³⁾。この特色は、暴露基準時間を含めたことである。暴露基準は図-4.2 に示されているが、この折線は上下動用であって、水平動については 3 dB 下げて用いる。しかしこの ISO 案は輸送機関について考えられたもので、家屋における振動障害の評価に対しては、ただちに適用しにくいものである。

以上述べたいくつかの資料を含め

図-4.2 振動数の関数としての振動暴露基準
(正弦振動での疲労-能力減退境界)



て、多くの資料を一括して示したものが図-4.1である。振動公害問題は、上述のように振動に対する人間の感覚のみで定まるものではなく情緒的影響を考慮に入れることが必要であり、この点に関する研究が進められなければ適正な基準の設定がなしていくように思われる。この点に着目して土木学会関西支部騒音振動委員会では、第二阪神国道の工事について「杭打ちによる住民の訴えと騒音振動の実測値との対応」の調査を行なった⁹⁾。図-4.3は、振動レベルと振動および騒音振動両者による情緒的影響の関係を、図-4.4は振動レベルと振動感覚との関係を示した。振動レベルA~Dの区分は表-4.3に示した。図-4.4から知られるように、実測値から考えて無感覚であるべき領域において少し感じると回答し

図-4.3 振動レベルと情緒的影響

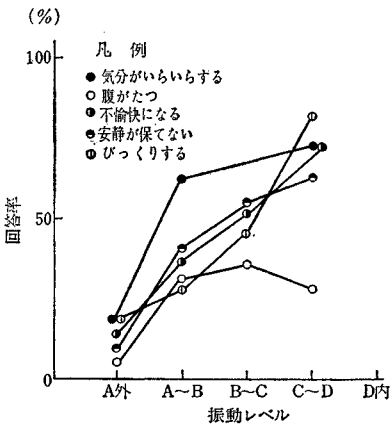
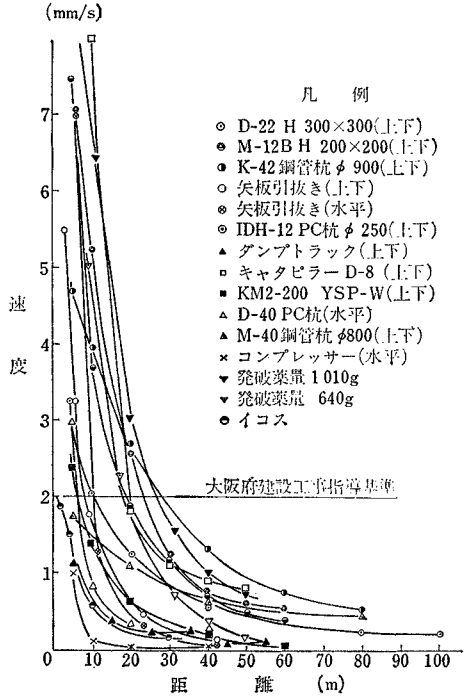


表-4.1 振動区分

区分	地上振動速度 (mm/s)	屋 予 想 振 動 速 度 (mm/s)	備 考
A	0.15	0.3	屋内で有感限界
B	0.3	0.6	地上で住宅地域夜間基準
C	0.5	1.0	地上で準工業地域夜間基準
D	1.0	2.0	地上で工業地域夜間基準

図-4.4 各種振動源による速度値と距離の関係



ており、被害者意識が強調されている。こうした傾向は、情緒的および身体的影響に対する回答にも表われている。

土木工事における公害のレベルは、被害、加害両者の中間的位置で決めざるをえないが、振動・騒音公害は人間の感覚のみでなく、身体的影響、さらに情緒的影響が問題であろうし、暴露時間の評価ともかみ合わせる必要があり、残された問題が多い。

4.3 振動計測上の問題について

振動計測の対象として、一般に、変位、速度、加速度の三つがある。また、これらの読取り方にも、尖頭値、実効値、平均値の三つがある。もし、波形が正弦波であれば、それらの間の換算は容易であるが、複雑な波形になると簡単ではない。一般に公害用振動計としては指示型計器により振動レベルを読み取る方式のものが便利である。大部分のものは受振器に速度または加速度型のものを用い、微分、積分回路によって必要に応じて指示器に、変位、速度、加速度のいずれかを指示させるものであり、目盛りは尖頭値あるいは実効値のものが多い。波形に無関係に真の値を指示させるためには、計器の動作原理と目盛りの方式が一致することが必要である。

公害振動を対象とする振動計では、少なくとも振動の人体感覚を考慮した特性を与えることが必要である。前述のように、人体に及ぼす振動の影響の評価が確立され

ていないということは、当然振動計測法の開発を妨げているといえよう。守田は、公害振動に対しては実効値表示をすることにし、公害振動レベルとして dB 数で表わされる振動レベルを提案した⁹⁾。補正回路は、一応 ISO の提案曲線を振動数は、そのままにして振動レベルのみを引下げて用いる。振動レベルとは 11.2 c/s を境にして、それより高い振動数の範囲では速度レベルに、低い範囲では加速度レベルに一致した形の dB 数であって、2.8 c/s 以下は少しく変形されている。加速度レベルは $1 \text{ gal} = 1 \text{ cm/s}^2$ の加速度を、速度レベルは実効値 0.014 cm/s を基準とした dB 数である。山本と島海は、ISO の提案曲線、Meister の感覚曲線 A と C、速度一定の各場合を振動計の補正回路とした場合の指示値の比較を行なったが⁷⁾、補正回路の特性として基準値が異なるのみで、大差がないことが知られた。

現在では、公害用として指示型振動計が多く用いられているが、この種の振動計には全く規格がないため、機種によって測定値がかなり異なる場合もあって、混乱を生じているといつてよい。できるだけ早く、騒音計のように振動計の形式、電気回路、指示方式を規格化することが必要である。

指示型振動計を用いて地盤あるいは建物などの振動を測定する場合の測定法については、前出の騒音振動委員会において試案を作成した⁹⁾。

4.4 振動の実態について

土木工事の振動源から発生した振動は、地盤のさまざまな地質条件の中を、縦波、横波、表面波としていろいろな速度と波形で伝わり、反射、屈折を繰返して地表に到達するもので、その様相はきわめて複雑である。こうしたことが、振動公害に関する、測定、評価、対策の技術の進歩を遅らせている原因ともいえる。

土木工事の中で最も烈しい振動を生起するものは杭打ちである。したがって、公害として最も問題が多く、測定資料も多い。この杭打ちについても、地盤の硬軟、成層条件、杭および杭打機の諸元などによって振動は異なった様相を呈するが、波動伝播の複雑さのために、地盤の N 値などとの対応すら、なかなかつけにくい。図—4.5 は、各種振動源による振動程度の若干例を示したものである。

4.5 軽減対策の若干例について

振動軽減対策には、振動源自体に対策を講ずる直接的方法と、振動の距離による減衰の利用や振動伝播を遮断するなど間接的方法があるが、振動源対策が最も重要である。振動軽減の技術の開発は、振動発生機構と振動伝播の複雑さのために遅れているように思われるが、以下

に軽減対策の若干例をあげる。

① 振動公害問題の最も多いのは、基礎工事の際の杭打ちである。このため、無音無振動基礎工法が大きく取上げられている。図—4.5 中にイコス工法を用いた場合の振動程度を示してあるが、矢板打ちなどよりはるかに振動は小さいが、やはり振動が発生する。工事の性質上、建物などへの距離もほとんどない場合が多いと思われるので問題であり、さらに工法の改良が必要である。

② これも無音無振動基礎工法の一例である。場所打基礎工法に用いられるアースドリルによって直径 1 m の穴を掘削した場合の作業工程別の振動速度を、杭の中心から 6.5 m の位置で測定した結果、各作業工程において、すべて大阪府建設工事指導基準値 2 mm/s を越えていた⁹⁾。特にハンマーグラブ掘削の際には、振動速度 7.5 mm/s に達した。この種の機械の改善が望まれる。

③ 杭に近い地点では、打込み深さが小さい間は地盤の振動の振幅も加速度も大きいので、あらかじめオーガーで 6~8 m 掘削しておいてから杭を打込むことが考えられる。若干例の測定結果では、振動程度の減少効果のほとんど認められなかった場合と、30~40% 程度の効果の認められた場合とがあった¹⁰⁾。いずれにしても、打込み時間の減少は暴露時間の減少となるので、軽減効果はあげたことになる。

④ 杭の打込みに際して、衝撃式よりも振動式杭打機によった方が地盤の振動が小さいという考えがある。地盤の振動は、その地質条件によるもので必ずしも振動式杭打機によった方が振動が小さいとは限らない¹¹⁾。また打込みに時間を要するときは振動暴露時間が長くなり、明らかに、振動式杭打機による方が不利になる場合がある。しかし、加振振動数が 100 c/s 程度の高周波振動杭打機を使用し、杭の縦振動を利用して打込むと地盤振動が著しく小さくなった例がある¹²⁾。

⑤ これは、振動伝播遮断の一例である。幅 2 m の杭打込み位置をあらかじめ床掘りし、両側に長さ 11 m の鋼矢板を打列べておいて、直径 90 cm、長さ 30 m の鋼管杭を打込んだところ、杭から 10~15 m の位置で地盤の振動速度を 1.5 mm/s 程度に下げることができた¹³⁾。鋼矢板の打込みに際しても振動が発生するが、より大きな振動発生の予想される鋼管杭の打込みに対して考えられたものである。

⑥ トンネル工事に際しての発破法の改善による振動軽減策の一例である。後藤¹⁴⁾は、トンネル内の発破による発破点直上の地盤の振動を測定して、同じ火薬量を用いても 3 段目の発破による振動速度は 1 段目の心抜発破の振動速度の $1/2$ 以下しかならないことを見出した。これは、3 段目の発破はすでに 1 段目の発破によって心抜きが行なわれ自由面が増していることによるので、1

段目の心抜発破を少ない薬量で行なえば、後段の発破に多くの薬量を用いても振動的には大きな問題にならないことを示している。公害が問題とされるときは、施工能率のみを考えず、両者のかね合いを考えるべきであろう。

4.6 振動規制基準について

大阪府の建設工事に対する指導基準は、振動速度 2 mm/sec である。この基準は 図-8 中に水平な直線として示されている。前述の Meister の研究によれば、同図中の l_m , l_n で区分される領域内では人間の感覚度は振動の加速度に比例し、 l_m の外側では速度、 l_n の外側では衝動に比例する。いま 2 mm/s の直線をみれば約 15 c/s 以上は速度領域にあり、15 c/s 以下は加速度領域にある。もし、守田試案のように ISO の折線を振動数はそのままにして 2 mm/s のレベルまで引下げれば、図中の sqq' の折線になる。もし守田試案のように振動レベルを考えるのであれば、人間の感覚度に合せて sqq' の折線は spp' の折線にした方が合理的であるように思われる。すなわち、15 c/s を境にして高振動数側は速度レベルで、低振動数側は加速度レベルで示すことが妥当であり、図中の Meister の D 曲線の形に近似する。工場の公害振動の住居地域の基準のような低いレベルに対しては、主要公害振動数領域内では速度レベルで十分であろう。守田試案や大阪府の基準などについて再検討する必要があるように思われる。

4.7 おわりに

土木工事における振動の問題に関する諸問題点をあげ

たが、討議の素材となれば幸いである。またこれらは土木学会関西支部騒音振動委員会において討論されたものが多く、また資料も同委員会に提出されたものを使用させていただいた。関係各位に厚く謝意を表する次第である。

参考文献

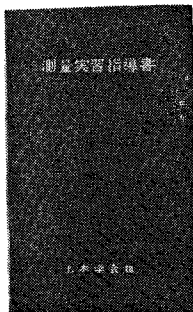
- 1) 応用物理, 8-3, 1939, 3, pp. 27~32
- 2) Miwa T.: Evaluation Methods for Vibration Effect, Ind. Health, 1967, 5., pp. 183~205
- 3) 岡田晃: 振動の国際的基準について, 公害と対策, 2-2, 1966. 2., pp. 33~40
- 4) 鳥海勲: 土木学会関西支部「騒音振動公害」, 1968. 3. pp. 138
- 5) 土木学会関西支部騒音振動委員会: 建設工事に伴う騒音振動の調査報告書, 1969. 3.,
- 6) 守田栄: 振動公害の問題点と工場振動の実態, 公害と対策 6-3, 1970.3. pp. 172~180
- 7) 畑中元弘: 土木学会関西支部「騒音振動公害」, 1968. 3. pp. 41~43
- 8) 土木学会関西支部騒音振動委員会: 公害振動測定法(案), 1968. 9.
- 9) 日本建設機械化協会関西支部: 建設工事に伴って発生される騒音振動の実態と対策について, 1969.
- 10) 建設工学研究所: くい打ちによる地盤および建物の振動ならびに騒音について, 1967. 2.
- 11) 畠昭治郎: 二, 三の建設機械の振動, 騒音について, 騒音振動委員会資料, 振動, No. 9
- 12) 建設省第治阪神国道工事事務所: 木津川鋼管くい打ち騒音振動調査報告書, 1969.9.
- 13) 鳥海勲: パイプハンマーとディーゼルハンマーの比較, 騒音振動委員会資料, 振動, No. 81.
- 14) 京都大学路線施設学研究室: 京都市水道局新山科浄水場導水トンネル新設発破工事による振動測定調査報告書, 1968.9.

(畠山 直隆)

構造実験指導書

B5・112 / データシート 36 / 折込付図 2
450 円 (〒 70 円)

1. 電気抵抗線ひずみ計によるひずみの測定
 2. はりの実験
 3. トラスの部材応力の測定
 4. 柱の実験
 5. 鉄筋コンクリート部材の実験
 6. PC ばりの実験
 7. ラーメンの実験
 8. コンクリート部材の非破壊試験
 9. 光弾性実験
- 付・光弾性実験の原理ほか



測量実習指導書

新書・234 / データシート 9 / 折込付図 4
450 円 (〒 80 円)

1. 測量にあたっての一般的注意
 2. 距離測量
 3. 角測量
 4. トラバース測量
 5. 平板測量
 6. 水準測量
 10. 路線測量
 11. 写真測量
 12. 工事測量
- 付・野帳

土質実験指導書

340 円 (〒 70)

土木材料実験指導書

490 円 (〒 70)

水理実験指導書

250 円 (〒 70)

●学校教育用一括購入される場合は、特別な優遇措置がありますから、詳細は下記へお問合せ下さい●

東京都新宿区四谷1丁目 電話 351-4131(直通) 振替東京 16828 番 土木学会刊行物頒布係