

鍛造工場の騒音・振動について

高山 孝 千葉 幸雄 望月 富雄

1 はじめに

東京都における鍛造工場は騒音・振動公害の最たる工場として、公害の調査がくりかえしなされてきたが、現在では工場再配置対象工場として移転誘導がはかられている。すでに京浜3区埋立地につくられた鍛造業を主とする鉄工団地は盛業中であり、京浜6区埋立地にも工業団地がつくられつつある。しかし、昭和48年12月現在、東京都には128工場の鍛造工場（埋立地の工場は含まれず）が存在しており、これら工場のすべてを収容するだけの用地の確保は難しく、また鍛造工場側もすべて団地へ移転する意志があるわけではなく、意志があっても移転資金等複雑な問題がからんでいて、今後の推移の難しさを示している。また鍛造工場に猶予されていた振動規制についても昭和50年4月から適用を受けることになる。

このような過渡的状況のなかで公害対策をどう進めればよいか問題となっているので、これら工場の騒音・振動の実態と、公害防止の可能性についての資料を得るため本調査を実施した。

2 鍛造工場の騒音調査

(1) 調査内容および測定機器

鍛造機から発生する騒音は、パワーが大きく、衝撃性であり、しかも多くの場合振動が伴い付近住民に公害として多大な被害を及ぼしている。

鍛造工場の騒音についてはすでに多くの調査報告がなされているが、本調査では主に次の事項について調査を行った。

①鍛造機の騒音レベルおよび騒音スペクトル、②鍛造機騒音の距離特性、③鍛造工場の騒音レベル日間変動調査、④鍛造工場の敷地境界線付近の騒音レベル。

測定工場数は19工場を対象のハンマはボード・ドロップ・ハンマ(B. D. H.)、エア・ドロップ・ハンマ(A. D. H.)、ベッヘ式ハンマの3種類である。

測定、分析に使用した計測器は次のとおりである。

精密騒音計 B & K社 TYPE 2203

指示騒音計 RION社 NA-09

高速度レベルレコーダ RION社 LR-03

B & K社 TYPE 2305

広帯域周波数分析器 B & K社 TYPE 2112

データ・レコーダ NAGURA IVD型

(2) 鍛造機の騒音レベルおよびスペクトル

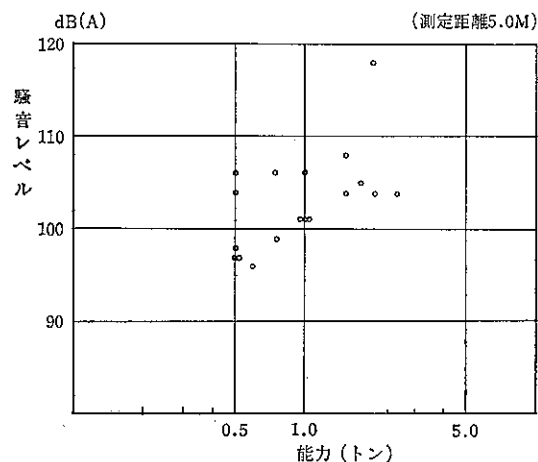
ア 鍛造機の騒音レベル

測定は鍛造機から5m地点、地上1.2mの位置に精密騒音計を設置し、データ・レコーダに騒音を収録し、のちに実験室で分析を行った。鍛造作業時の騒音レベルは、数回の打撃時におけるピーク値の平均で示してある。なお5m地点で測定できなかったものについては5m地点のレベルに換算した値を用いた。

図1はB. D. H. について能力別にまとめたもので、能力は0.5~2.5トンの範囲のものを示している。騒音レベルは平均103dB(A) (96~118dB(A))となっているが能力による差異はみられない。図2はA. D. H. 能力3/8~5トンについての結果である。騒音レベルは平均110dB(A) (105~118dB(A))で、B. D. H. と比較していくぶんレベルが高い傾向にある。

以上の結果からみて、騒音レベルは型式・能力により

図1 ボード・ドロップ・ハンマの能力別騒音レベル



多少の差はみられるが、加工物による差のほうが大きいようである。また防振装置（吊基礎）のある鍛造機の騒音については一般固定基礎の鍛造機に比べて特に効果があるとはいえないようである。

イ 鍛造機、その他の騒音発生源の騒音スペクトル

図3 図4 B.D.H.の能力別騒音スペクトル

図5 A.D.H.の騒音スペクトル

図6 ベッヘ式ハンマの騒音スペクトル

以上3種類のハンマについてスペクトルを比較してみると、ハンマ型式による差はなく、いずれも125~4000Hzで平坦な特性を示している。このような鍛造機騒音独特の間欠的な衝撃音と高帯域成分の大きい騒音は聞く側にとっては非常に不快となろう。

ハンマに次いで騒音発生源となっているものに炉音が

図2 エア・ドロップ・ハンマの能力別騒音レベル

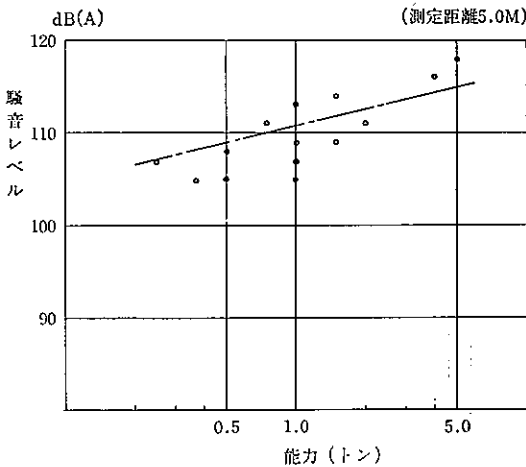
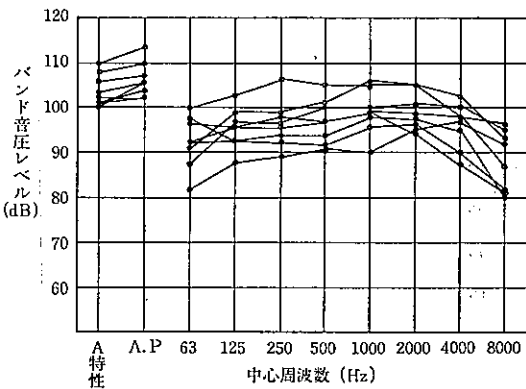


図3 ボード・ドロップ・ハンマ（能力1トン未満）の騒音スペクトル



あげられるが、騒音レベルは90dB(A)前後(距離約2m)である。スペクトルは図7に示すように代表的な低周波騒音であるといえる。

図8はコンプレッサー室内の騒音スペクトルを示す。

図4 ボード・ドロップ・ハンマ（能力1トン以上）の騒音スペクトル

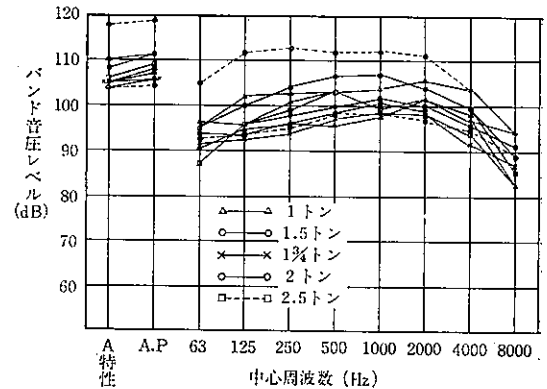


図5 エア・ドロップ・ハンマ（能力1トン以上）の騒音スペクトル

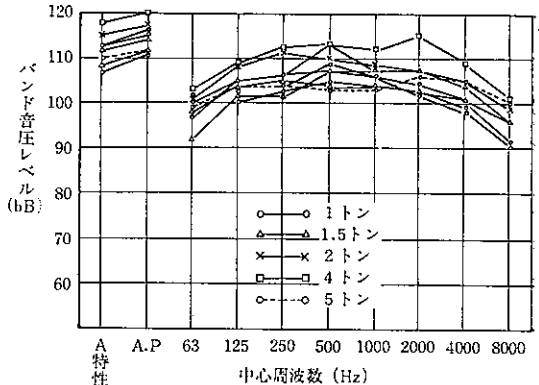
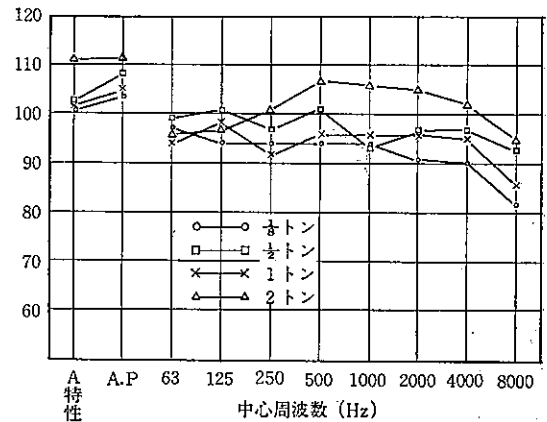


図6 ベッヘ式ハンマの騒音スペクトル



(3) 鍛造機騒音の距離特性 (図9)

鍛造機から発生する衝撃騒音が距離によってどのように変化するかを知るために、鍛造機から一定の距離毎に騒音計を地上高1.2mに設置し、データ・レコーダに収録し、のちに実験室で解析を行った。図より鍛造機騒音は音源からの距離が2倍になる毎にレベルは6dBずつ減衰する点音源的傾向を示している。この結果から鍛造機から発生する騒音が70dB(A)まで減衰するのに要する距離はどの程度かを概略計算してみると、A. D. H. の場合、約500m (300~1,000m) 程度必要とし、B. D. H. については約250m (100~1,000m) の距離が必要となる。

(4) 鍛造工場の騒音レベル日間変動調査 (図10)

鍛造工場の騒音発生時間、衝撃音の割合、暗騒音とのレベル差等を知るために騒音計と高速レベル・レコーダにより終日記録を行った。選定した工場は郊外の準工業地域に立地してある中規模工場で、エアハンマが3台と炉、コンプレッサー等が設置されている。建物構造は木造、外壁は下見板張りで開口部が多く、都内の一般的鍛造工場と同じような解放的構造である。

騒音計のマイクロホンは鍛造工場から約30m離れた従業員詰所の軒先に設置し、レベル・レコーダはペン速度fast、紙送り速度0.3mm/secとした。図は毎正時付近約1分間のレベル記録である。

鍛造作業はA. M. 8:00~12:00, P. M. 13:00~17:00まで連続して行われており、衝撃音レベルは90dB(A)程度になっている。P. M. 17:00以後はすべての作業は中止するが、工場から約180m離れたところにある幹線道路の交通騒音が記録されている。A. M. 0:00からはバーナーの燃焼が開始され、そのため65dB(A)の定常騒音が発生しているわけであるが、夜間におけるこの類の騒音は問題となる場合が多いようである。

(5) 鍛造工場の敷地境界線付近の騒音レベル (図11)

現在操業中の鍛造工場において、ハンマ作業による衝撃音が敷地境界線周囲でどの程度になっているかを知るために、騒音計とレベル・レコーダを用いて境界線付近で10m間隔毎に測定を行った。鍛造機からの距離、伝搬途中の遮へい物の影響も考慮されるが、敷地境界におけるレベルのみに注目するとほとんどの工場は70dB(A)をこえていて、なかには100dB(A)をこえる工場も数工場みられた。調査工場の多くは敷地が狭く、住宅等が密接

しているので早急に騒音防止対策が必要であろう。

(6) 鍛造工場の建物構造

調査を行った鍛造工場の建物構造を分類すると、鉄骨造が大部分でその他の構造としては木造のものが2~3

図7 炉音の騒音スペクトル

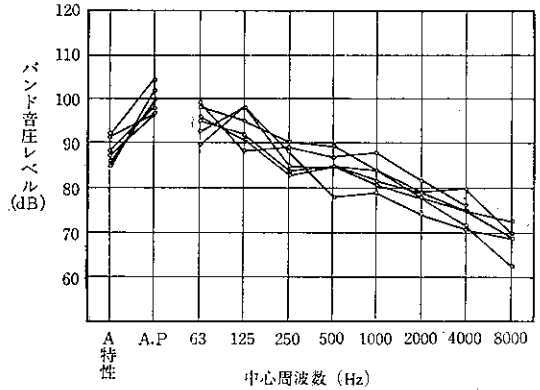


図8 コンプレッサー室内の騒音スペクトル

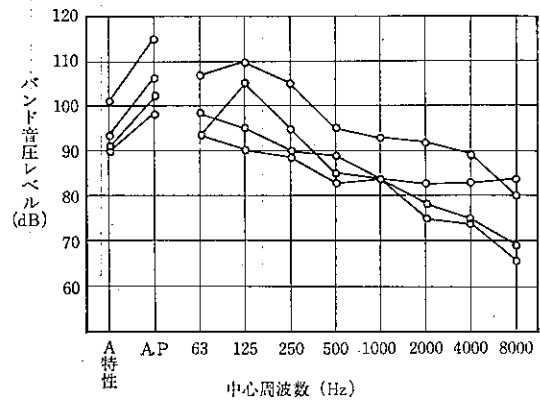


図9 各種鍛造機騒音の距離減衰

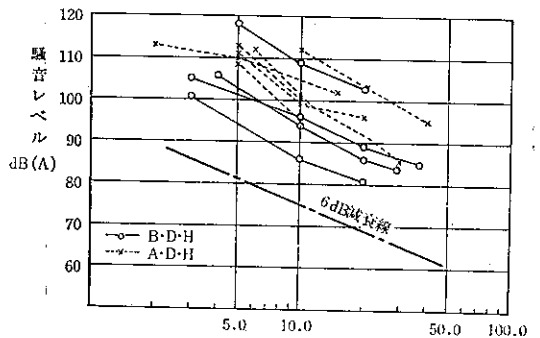
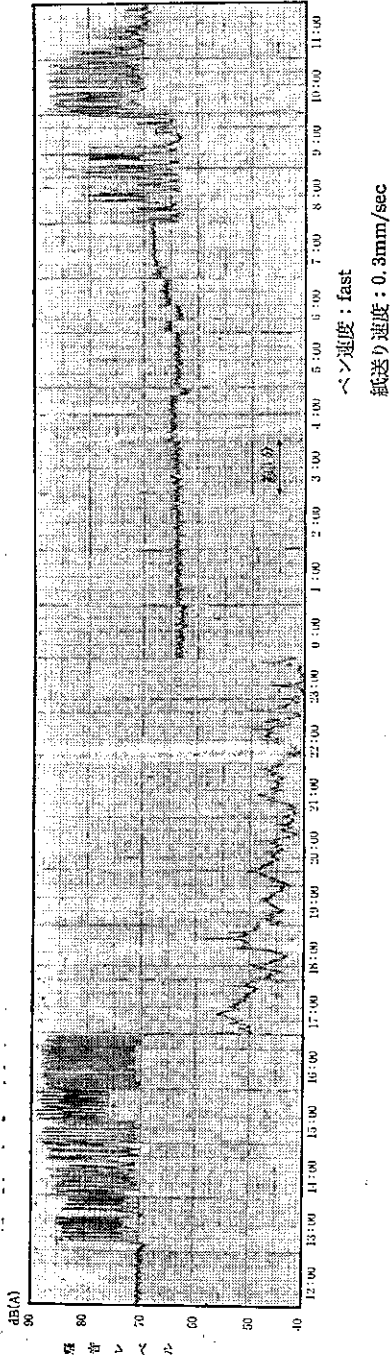


図10 鍛造工場の騒音レベル日間変動



ある程度である。外壁は波形スレートまたは波形鉄板、下見板張り等が多かったが、4囲全部あるものは少なく、多くの場合2～3面で極端なものは壁はなく屋根のみの工場もみられた。鍛造作業は高熱を伴うこと、粉塵が発生すること等のためにこのような構造にしてあるものと思われるが、騒音防止の観点からは最悪の状態である。

鍛造機から発生する作業音は、衝撃的な騒音を発生させるので、加工形態を変更しない限りにおいて大幅な減音は得られないであろう。また加熱炉の燃焼音についても、低周波に勢力のある騒音であるため、対策は難しく、現在の防止技術ではこれらの騒音発生源を所要透過損失をもつ建物内におさめることが、最も確実な方法といえよう。

計画的に騒音防止対策が行われている工場を調査する機会があったので、その概略について説明する。

敷地は、住宅地からかなり離れた山間部に位置しており、自然環境の良好な場所である。鍛造作業は一般に①材料切断部門、②加熱部門、③鍛造部門、④仕上げ部門の四つからなっていて作業場レイアウトはこれら工程毎に隔壁で分けし、各作業の連絡はコンベアによって行われている。主要な騒音発生源である鍛造部門の建物構造は、鉄骨造で壁体はスパンクリート2重(厚さ100mm、中空層あり)とし、内壁は表面に穴あき石綿板、背後は吸音材(グラスウール)が充填されている。加工物の搬出入口は可能な限り小さく、かつ音響的に閉ざされており、炉側と鍛造作業者との連絡はのぞき窓から行っている。室内の採光はほとんど人工照明によって計画がなされているが、天井の近くに取付けてある高窓からの自然採光も少しある。密閉された作業場内には換気設備および冷房設備が完備していて、炉が別室になっていることが熱負荷計算においてプラスになっている。また内壁が吸音処理されているため反射による音圧レベルの上昇が少なく、良好な作業環境が得られている。

外部に対しては壁体の遮音性能は良好であるが作業者や車の出入口となるスチールドアの部位から騒音の透過があり、若干の問題を残しているようである。このように鍛造工場についても一般的騒音型工場と同じような考え方で建物構造による騒音防止の可能性がある。

(7) 指示騒音計と衝撃騒音計の指示値の比較

騒音の測定は通常、J. I. S. [において規格が定められている指示騒音計が多く用いられているが、鍛造機の騒音

図11 敷地境界線付近の騒音レベル

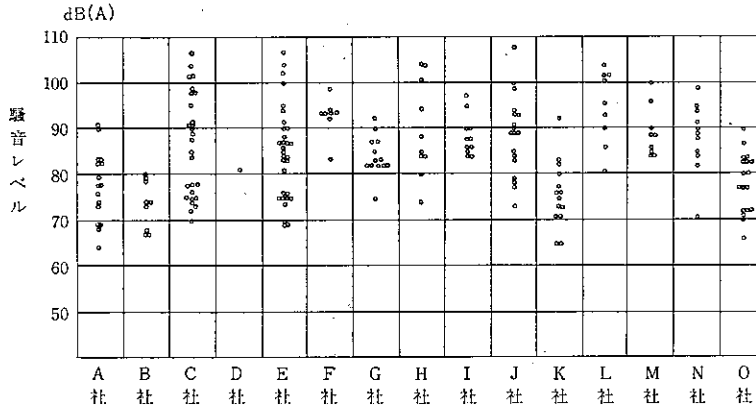
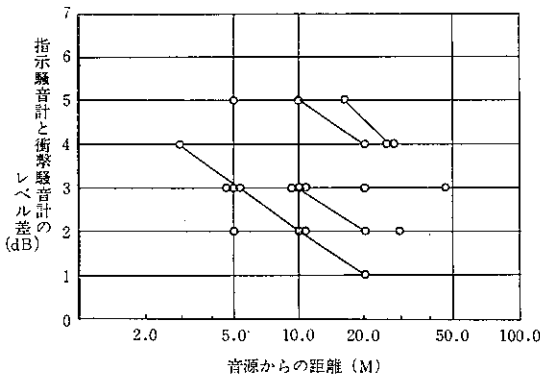


図12 指示騒音計と衝撃騒音計の指示値の比較



のような衝撃的な音の測定には、多くの問題を含んでいて、衝撃音の測定方法、測定計器および評価法（ラウドネス、うるささ）等については、これからの研究課題である。

本調査では I. E. C. で提案されている衝撃騒音計（時定数 35m/sec）を使用して鍛造衝撃音を測定し、指示騒音計との比較を行ってみた。なお衝撃騒音計の読取りには Hold 回路を利用した。距離別による指示値の比較をしたのが図12である。指示値の差はかなりバラツキがあるが、平均で約 4 dB 程度衝撃騒音計の指示値が大きくなっている。騒音計の平均化時間（指示騒音計の動特性 fast 200 msec にほぼ同じ）よりも短い継続時間の音の測定では指示値に差が生じるので騒音評価に関する問題が残ろう。

2 鍛造工場の振動調査

(1) 調査内容および測定機器

鍛造機の振動について、主に次の項目について調査を実施した。①地表面上における鍛造機の発生振動レベルおよび振動スペクトル、②振動の地表伝播特性、③地表振動と建屋振動の関連、④鍛造工場の振動レベル日間変動調査

測定に使用した計測器は次のとおりである。

公害用 3 チャンネル振動レベル計 RION社 VM-08

振動レベル計 RION社 VM-12A

データ・レコーダ SONY社 PFM-15

高速度レベルレコーダ RION社 LR-03

万能分析器 RION社 SA-33D

(2) 鍛造機の振動レベルおよび振動スペクトル

鍛造機は重錘の落下または加圧動作を利用して加熱鋼材を加圧成形するもので、打撃時の衝撃振動が地表面でどの程度の大きさになっているかを調べてみることにした。測定は鍛造機から10m離れた地盤上にX方向（振動源の方向）、Y方向、Z方向の振動加速度を検出する振動ピックアップを設置し振動を計測した。振動レベルは、指示計器の動特性を0.2秒として指示計から読み取った。なお振動の大きさは変動毎の指示値の最大値を平均した。表1は測定結果を示す。対象の機械はB.D.H. 9例（吊基礎2例）、A.D.H. 9例（吊基礎4例）、ベッヘ式ハンマ3例、合計21例についての結果であるが、ハンマ型式によるレベル差はみられないが、方向別に比較するとZ方向の振動レベルが総じて水平方向よりも大きく

表1 鍛造機の振動レベル (10.0M地点)

(dB)

ハンマ種別	防振装置なし			防振装置あり(吊基礎)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
ボード・ドロップ・ハンマ	66 (59~74)	68 (62~74)	78 (63~89)	52 (48~56)	46 (44~47)	59 (53~64)
エア・ドロップ・ハンマ	67 (63~73)	71 (61~80)	76 (69~83)	62 (48~66)	62 (49~69)	65 (55~75)
ベッヘ式ハンマ	65 (61~69)	61 (57~64)	74 (71~76)	—	—	—

図13 ボード・ドロップ・ハンマの振動スペクトル

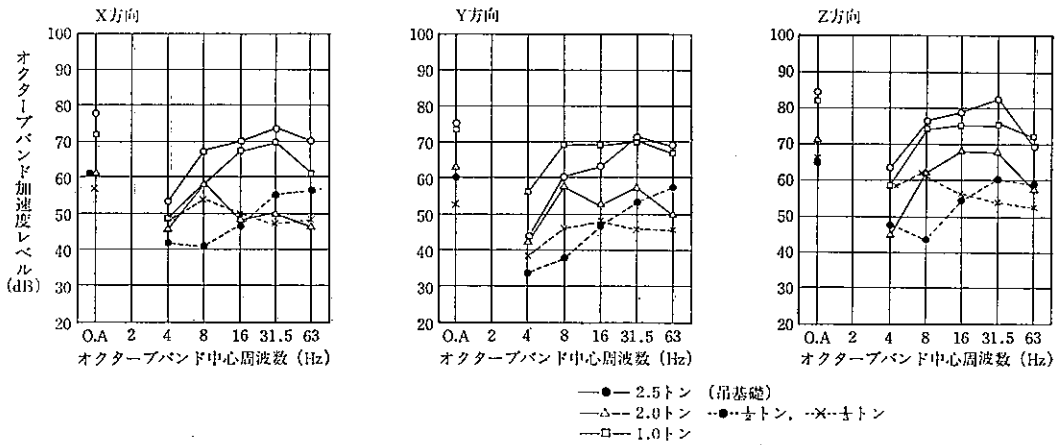


図14 エア・ドロップ・ハンマの振動スペクトル

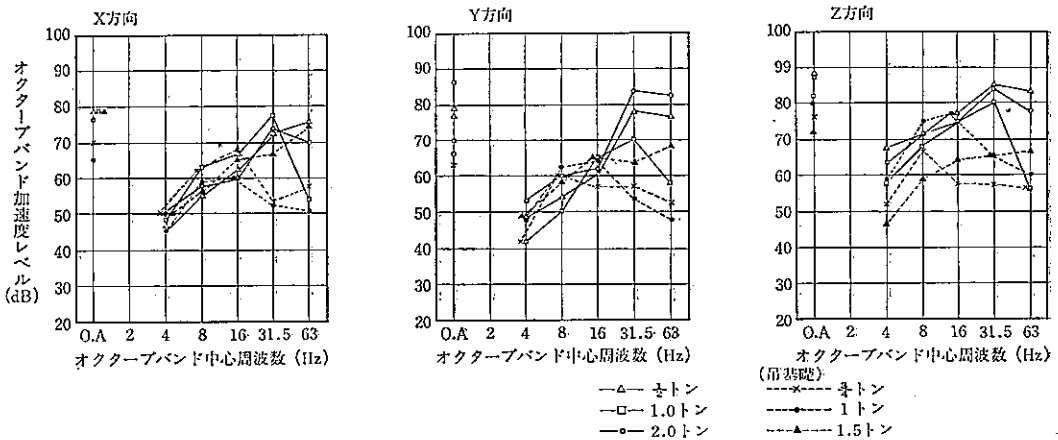
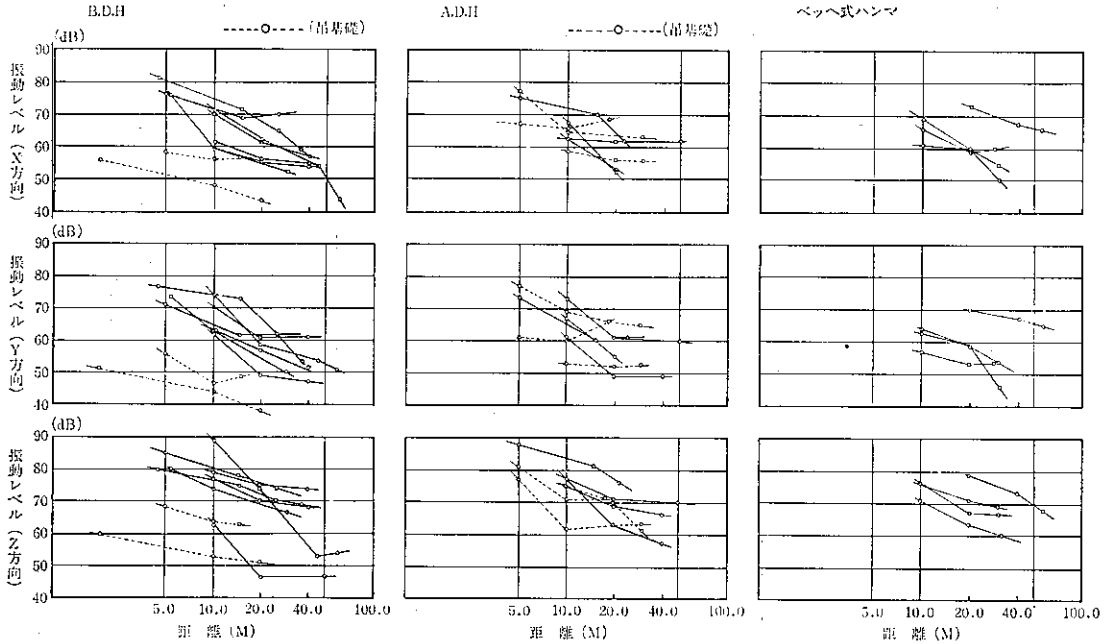


図15 ハンマ別による振動レベルの距離減衰



なっている。これは鍛造機の重錘の運動方向が上下動のためであろう。

鍛造機の振動レベルは能力による差が明瞭ではなく、加工材料の形状、寸法、基礎構造等の条件がレベルにより多く影響しているものと思われる。

図13、図14はハンマの型式および方向別、10m地点における地表面上の振動スペクトルである。鍛造機から発生する振動エネルギーは振動源からの伝播経路や地質などによって拡散のしかたが複雑であり、その振動数も地盤の硬さ、軟らかさの状態等地盤の性質による影響を受けやすい。]

(3) 振動の地表伝搬特性

ピックアップを鍛造機から一定間隔毎に地表面上に設置し、(2)項のような測定法に従い調査を行った。

図15はハンマ別にまとめた結果である。多くのハンマについては距離が離れるに従いレベルは減衰する傾向にあるが、それぞれ地盤の状態が異なるために減衰勾配には一様性がみられない。振動スペクトルについては、鍛造機からの距離が大きくなるに従い、低帯域における減衰が高帯域と比較して鈍くなっている。低帯域の振動成分が遠距離まで伝搬していくため、工場近辺の住宅に与

える影響が大きいようである。

(4) 地表振動と建屋振動の関連

「東京都公害防止条例」の振動規制は敷地境界線の地盤で測定することになっているが、振動公害として問題になるのは地表振動ではなく工場近接の住宅内に住んでいる人々が振動を感じて問題になるケースが多く、このような問題点をも含めて鍛造工場に近接している社宅・事務所等の建築物の振動と地表振動の関連について調査を行った。ピックアップの位置は地盤上、1階床上、2階床上とし、3地点同時測定を行った。なおピックアップのX方向は振動源の方向で、建物の梁間方向、桁行方向については考慮しなかった。

図16は木造建築物についての結果である。図の横軸は地盤上の振動レベルを基準にして1階または2階における振動レベルとの差を示す。階上の振動が大きい場合は正、逆に小さくなる場合は負となる。

木造建築物についてみると水平方向(X、Y方向)の2階床上の振動レベルが地盤上よりも10dB以上も大きくなることもある。一般に1階での増幅は小さいようである。RC造については比較的建物内の増幅は少ないようであるが、測定したものの中には3階部分Y方向で

20dB も大きくなっている建物もみられた。Z方向は比較的増幅は小さいようである。

図17は木造建築物の地盤振動に対する建物内の増幅の程度を周波数別にみたものであるが、水平方向における4～8 Hzの2階部分でのレベルの増大が目立っている。

建物に振動が加わると、その建物はそれに固有な周期で振動する。建物によって揺れかたがそれぞれ違うのである。一般に剛構造物ではその固有振動周期は比較的短

い。木造2階建では0.1～0.5秒程度、鉄筋コンクリート構造では階数が少ないほど短く、多くなるほど長くなる。建物の固有周期は、その平面の形や構造体の断面、それを構成する材料の種類等によって千差万別であるが、階数がわかればおおよその見当はつけられるようである。日本建築学会指針によれば、地階を含む全階数をNとしたとき、建築の固有周期Tは次式のようにあらわされている。

$$T = (0.06 \sim 0.10)N$$

建物の固有周期と発生振動の周期が似ていると、建築物は大きな振幅をもって揺れることになる。

地表における最大振動方向はZ方向であるが、この振動が建物内でZ方向のみに増幅されるとは限らない。水平方向の増幅がより大きくなる場合が多いようである。

(5) 鍛造工場の振動レベル日間変動調査

鍛造工場の作業による振動の発生時間、暗振動とのレベル差等を知るために終日測定を行った。選定した工場は「騒音レベル日間変動調査」と同じ工場である。

ピックアップを鍛造機から約30m離れた地表面上に設置し、振動レベル計(RION社, VM-12A)のZ方向出力を高速度レベルレコーダ(RION社, LR-03, ペン速度fast, 紙送り速度 0.3mm/sec)に記録させて、毎正時毎のレベル記録から約1分間のみを切り取り24時間にまとめたものが図18である。

鍛造機が作業している A. M. 8:00～12:00, P. M. 13:00～17:00の間は70dB 前後の振動が絶えず発生していて、17:00以後は作業を中止し、暗振動が記録されている。A. M. 0:00からはバーナの燃焼が始まり、そのための振動が発生しているようであるが、レベルは低くなっている。

(6) 垂直振動感覚補正特性と水平振動感覚補正特性による振動レベルの比較

振動レベル計には I. S. O. 人体全身振動感覚曲線を取り入れた垂直振動感覚補正回路が内蔵されていて、垂直振動と水平振動のいずれの場合もこの回路を利用して振動レベルを測定している。そしてこの回路を利用して測定した水平方向の振動の大きさの規制は、垂直方向の振動よりも10dB 大きく緩和している。これはI. S. O. の人体感覚曲線によると垂直振動の感覚は水平振動と比較して、8 Hz以上の振動については約10dB 大きくなるということが知られているからである。

図16 木造建築物の床の振動性状

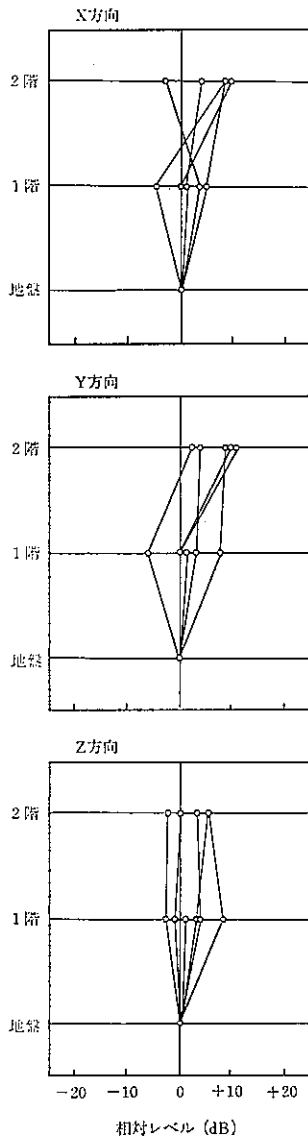
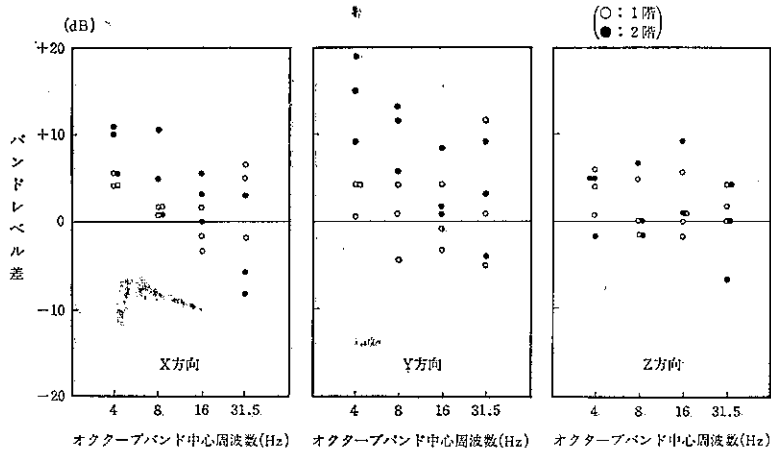


図17 木造建築物（2階建）の地盤振動に対する周波数別影響



そこで今回の調査対象機械の鍛造機について、地表面上および建物内における垂直振動感覚補正特性による振動レベルおよび水平振動感覚補正特性による振動レベルを求めて、両者の違いをみることにした。図19は測定結果である。あきらかに水平振動感覚補正特性による振動レベルは、垂直振動感覚補正特性による振動レベルより約10dB低い数値になっている。しかし建物内の測定例では差が5～6dBの場合もみられるわけで、これは含まれる振動の周波数成分が低いためであろう。

本来ならば水平方向の振動は水平振動感覚補正回路を用いて測定すべきであると思われる。

おわりに

鍛造工場の騒音・振動公害は、今回の調査結果からもやはり他の業種工場に比べて著しいことがわかった。鍛造工場の公害防止対策として、従来振動防止対策にその視点が注がれていたが、騒音公害についてもその防止が

大変なことといえよう。調査の結果から概略的にいえることは、振動については能力1/2トン程度までであれば防振の可能性が高く、もちろんこの能力以上であっても多額の経費をかければ可能性はあるが、工場敷地が狭少では防止手段は難しい。

騒音防止については、隣家と接近していればいるほど建家の遮音構造は重量のあるものにせざるをえなくなるので、実際問題としては公害防止対策が可能な工場は極めて少ないと思われる。このことから、工場団地等への移転誘導は是非必要である。しかし移転するまでの過渡的段階ではこのような騒音・振動を放置することなく、可能な限り低減させる指針ともいべき防止対策が必要であろう。

参考文献

建築学大系“地震、振動学” 彰国社

図18 鍛造工場の振動レベル日間変動

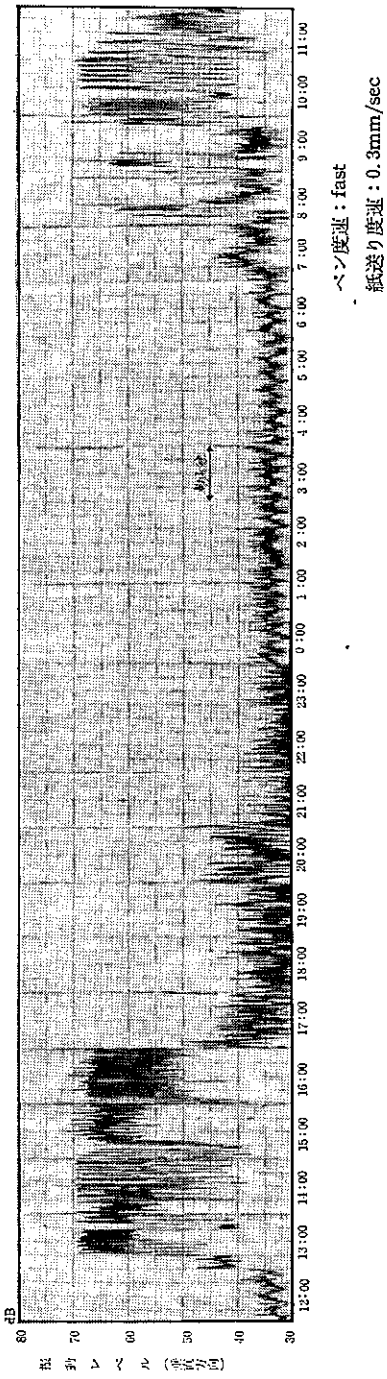


図19 垂直および水平振動感覚補正特性による振動レベルの比較

