

# くい打機械の騒音について

望月 富雄 宮本 俊二 菅野 菊江

## 1 はじめに

建設工事における騒音源は多種多様であるが、一般にレベルが高い。なかでもディーゼルパイルハンマ、ドロップハンマなどのくい打機械の騒音は著しくレベルが高く、その最たるものである。また、これらのくい打機械は各種の工事で使用されているが、その割合は比較的に高いものである。さきに実施した調査の結果<sup>1)</sup>では、建築工事においては、山留工事ではディーゼルパイルハンマは30%、ドロップハンマは18%、基礎工事ではディーゼルパイルハンマは26%、ドロップハンマは13%の割合で使用されていることが明らかにされている。

騒音のレベルが著しく高くかつ使用ひん度が高いことは工事現場周辺の住民に大きな影響を与えており、苦情の多い原因ともなっている。このため、防止対策の一環として、これらのくい打機械の騒音の測定、調査を実施して、騒音の性状および測定の問題点について検討をおこなってきたが、この内容を集約して報告するものである。

## 2 騒音レベル、距離減衰特性、騒音スペクトル

ディーゼルパイルハンマ、ドロップハンマの騒音レベルは機械の性能、くいの種類、打込みの深さ、土質、貫入抵抗などによって変わるものであり、距離減衰特性は地形、反射体や遮蔽物の有無等に左右される。したがって、その実態を解明するためには多数の測定例が必要になるが、ディーゼルパイルハンマについては18測定例、

ドロップハンマは4測定例が得られたので、これらについて検討をおこなったが、その内容はつぎのとおりである。図1には測定系の構成を示してあるが、騒音レベルは指示騒音計のよみとり、騒音スペクトルは指示騒音計を通して録音し、録音したものをオクターブフィルタで測定している。

### (1) ディーゼルパイルハンマ

#### ア 音の波形

ディーゼルパイルハンマの音の波形を写真1に示している。この波形は、ディーゼルパイルハンマIDH-22で試験くい(600mmφ、肉厚125mmの鋼管くいを打ち込み、岩盤まで到達させ、打撃してもくいが沈下しないようにしたくい)を打撃したときの音を、くい心から10mの地点で指示騒音計C特性で録音し、これを再生して、蓄積形オシロスコープに導入して得たものである。

したがって、打撃音を50~8,000 Hzの周波数帯域に制限した波形となっているが、解析のためにはとくに差し障りはない。ディーゼルパイルハンマは1回の打撃に対して1つの音を発生していると感覚的には受けとっているが、写真1の波形には機械の動作原理のとおり2つのレベルの高い波があらわれている。はじめの波は打撃

写真1 ディーゼルパイルハンマの音の波形

図1 測定系の構成

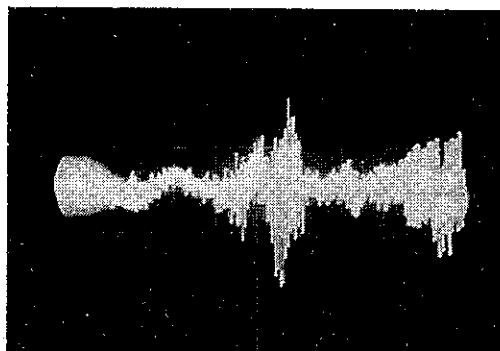
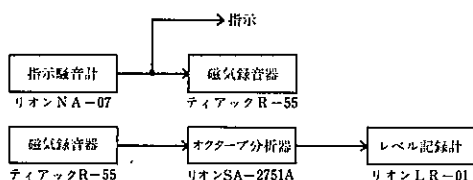


図2 騒音レベルdB(A)と打撃エネルギーとの関係

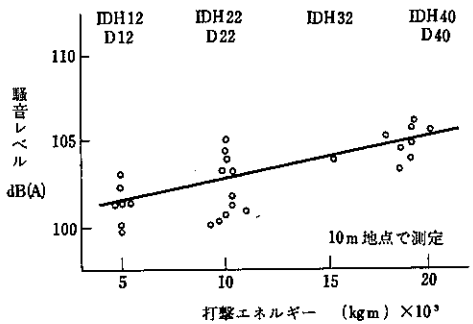


表1 距離別騒音レベル

ディーゼル パイルハン マの形式名	くいの 種類	騒音レベルdB(A)		暗騒音と ほぼ同等 になる距 離(m)
		くい心 から 10m	くい心 から 30m	
IDH-22	試験くい	102	93	—
D-22	Hくい	98	85	70
〃	〃	105	98	120
〃	〃	95	86	100
〃	〃	107	101	50
〃	〃	108	102	50
K-32	〃	102	88	100
〃	PCパイル	103	87	60
〃	〃	95	87	100
IDH-22	〃	99	87	50
D-12	〃	93	85	100
D-30	〃	103	94	100
〃	〃	105	98	100
〃	〃	93	86	90
〃	鋼管くい	100	94	100
K-32	〃	100	84	100

によるものであり、2番目はエンジンの爆発、打撃による合成波である。波形から、ディーゼルパイルハンマの音は急激に立ち上るとともにレベルの変動は激しく、持続時間は短いという衝撃的性格をもつものであることがわかる。全体としての持続時間は約120 msec、第1波は約20 msec、第1波と第2波との時間間隔は約80 msec、第2波の持続時間は20 msecとなっている。

イ 騒音レベル、距離減衰特性

騒音レベルは前述した諸量と関数関係にあるが、原始的な変数である打撃エネルギーと騒音レベルとの関係についての解析をおこなった報告<sup>2)</sup>がある。この報告では、試験くい(前述のもの)を形式性能を異にするハンマで打撃して、くい心から10m離れた地点での騒音レベルを測定し、打撃エネルギーとの関係を求めているが、この関係をあらわしたものが図2である。これによると、同機種ではばらつきが約±3 dB以内であるが、異なった機種間では、たとえば12形と40形では平均では4 dBであり、各々のばらつきを考慮に入れると約10 dBの差であることがわかる。

通常工事現場では12形から40形間の機種が多く使われているのであるから、音源としては約10 dB以内の差であることになる。この結果は、一種の標準状態とも考えられる試験くいに対する打撃から求めたものであるから、他の変数(くいの種類、土質、貫入抵抗等)が複雑に関係する工事現場での結果とは若干の違いが出るものと思われるが、ディーゼルパイルハンマの騒音レベルの目安をつけるときは便利である。

表1は試験くいを打撃したときおよび工事現場17ヶ所において、騒音レベルをくい心から10m、30m離れた地点で測定した結果を示したものである。ハンマの種類、くいの種類、土質、貫入抵抗等の違いを含めて、10m地点では、最高112 dB(A)、最低93 dB(A)、平均105 dB(A)であり、30m地点では、最高103 dB(A)、最低84 dB(A)、平均91 dB(A)である。表中にある暗騒音とほぼ同等となる距離とは、工事現場から見透しのきく方向において、くい打の打撃音によってその周辺の騒音のレベルが上昇しなくなるために必要な距離という意味である。これは種々の道路事情、地形、暗騒音等を示す市街地において、どの程度の距離をとればくい打の影響を受けないかという目安をつけるために実施したものである。10m地点で

図3 距離による減衰特性

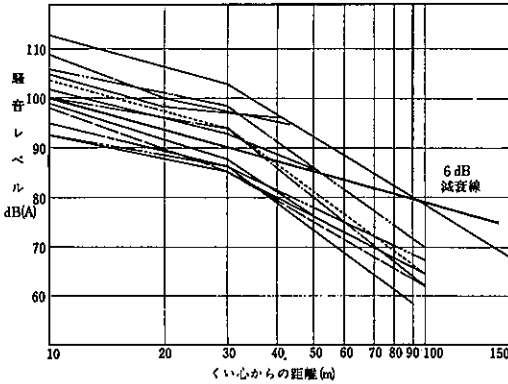


図4 くい心から10m地点での騒音スペクトル

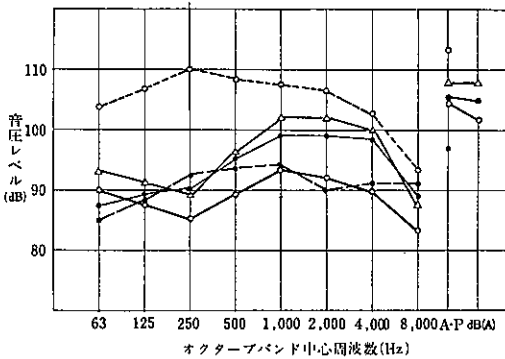
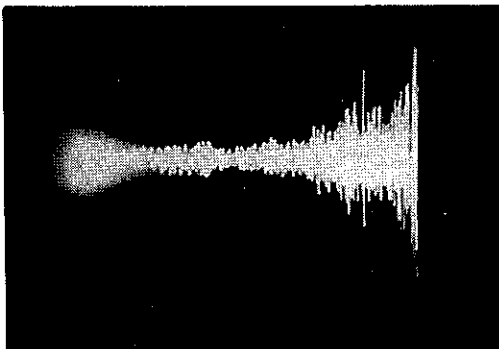


写真2 ドロップハンマの音の波形



の騒音レベルが100 dB(A)程度の場合には約100 m前後の距離を必要とするという結果が得られた。また、最大は10 m地点での騒音レベルが112 dB(A)の場合で、その距離は150 mであった。

図3は距離減衰特性を図示したものである。くい心から約30 mまではほぼ倍距離で約6 dBの低下となっているが、それより遠い距離では倍距離で約16 dBの低下をしており、減衰が大きくなっている。この原因としては、測定している工事現場は普通ある程度の広がりをもっているものであるので、近距離では倍距離で6 dB近くの減衰特性を示し、距離が遠くなると、電柱、看板、表示柱、その種々の遮蔽物の影響をうけて著しく減衰するものと考えられる。

図4はくい心から10 m離れた地点でのディーゼルパイルハンマの騒音スペクトルを示したものである。測定例は5である。スペクトルの分布を見ると、いずれの場合も各バンドにわたって82 dB以上の音圧レベルを示しており、広い周波数範囲にかなりの成分をもっていることがわかる。これは衝撃音の共通の性質でもある。中心周波数1 KHz前後にピークが現われており、それより低周波領域、高周波領域はともに減衰傾斜となっているが、低周波領域の傾斜がやや大きいものとなっている。その主成分は500 Hz～4 KHzの間にあることが見られるが、この領域は一般に高い聴感特性を示すものとされているのである。また、中心周波数63, 125 Hzのバンドで音圧レベルが上昇しているものがあるが、これは、1つは試験くいを打撃した場合、他の1つは打止り時の打撃であるために、打撃時の反作用が大きいために、くいやくい打機械等が振動することに起因する音が発生するためであるとおもわれる。

## (2) ドロップハンマ

### ア 音の波形

ドロップハンマの打撃音の波形を写真2に示している。これは錘の重量1.6 tonのドロップハンマでコンクリートくいを打撃したときのくい心から5 m離れた地点での音の波形であるが、ディーゼルパイルハンマの場合と同様な方法で求めたものである。ドロップハンマは錘の落差による打撃力を応用するものであるため、ディーゼルパイルハンマの場合とは異なった波形となっている。打撃の瞬間に急激に立ち上り、この時が最もレベルが高い。

表2 距離別騒音レベル

くい心からの距離 (m)	騒音レベル dB(A)			
	ハンマ 2.0ton P.C.パ イル打	ハンマ 2.0ton Hくい 打	ハンマ 2.0ton P.C.パ イル打	ハンマ 1.6ton コンクリ ートくい打
5	—	—	—	96
10	97	108	98	91
20	—	—	—	85
30	91	98	86	—
40	—	—	—	79

図5 距離による減衰特性

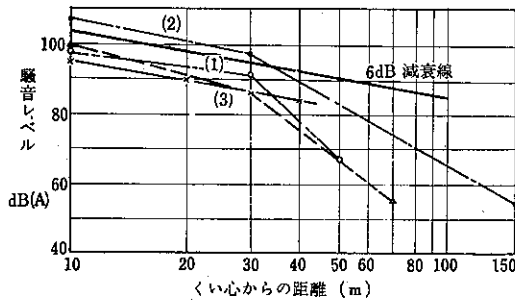
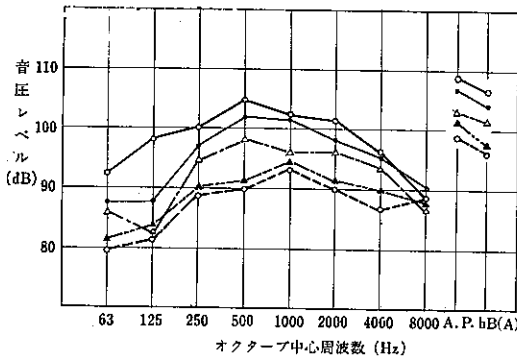


図6 くい心から10m地点における騒音スペクトル



その後は指数関数的に減衰しているが、音の持続時間は約800w sec程度となっている。波形から見ると、ディーゼルパイルハンマの音の方がレベル変動が激しくかつ持続時間が短くなっており、より衝撃的な音であることがわかる。

イ 騒音レベル, 距離減衰特性, 騒音スペクトル

表2はドロップハンマの騒音レベルを距離別に測定した結果をしめしたものである。錘の重量, 落差, 土質, くいの種類等の違いを含めて, くい心から10m離れた地点では91~108 dB(A), 30m離れた地点では81~98 dB(A)である。ディーゼルパイルハンマの測定例に比して測定例が少ないのではあるが, だいたいにおいてこの程度の値を示すものとおもわれる。図5には距離減衰特性を示している。くい心からの距離が30m近辺までは倍距離で約6 dB減衰の傾向が見られるが, それ以上になると減衰が大きくなっている。この理由はディーゼルパイルハンマの場合と同様である。

図6はくい心から10m離れた地点でのドロップハンマの騒音スペクトルを示したものである。スペクトルの分布を見ると, 中心周波数63~8,000 Hzの各バンドの音圧レベルはいずれも80 dB以上となっており, 広い周波数範囲にわたって高い音圧レベルを示している。中心周波数500 Hzと1,000 Hzにスペクトルのピークがあらわれているが, その前後は減衰傾斜となっている。250~4,000 Hzのバンドにその主成分が分布していると概括的には言える。

ディーゼルパイルハンマの音と同様に, 聴感特性の高い領域に主成分をもっていることがわかる。

3 ディーゼルパイルハンマ, ドロップハンマ音に対する測定器の指示特性

ディーゼルパイルハンマの音は前掲の写真にもあるように, 急しゅんな立ち上りをもつとともに大きさの変動は激しく, かつ持続時間の短い性状を示す騒音である。ドロップハンマの音についてもほぼ同様なことが言える。このような性状を示す音, いわゆる衝撃音の測定に適合する測定器の規格は定められていなく, 現在はその審議がおこなわれている段階でもある。このため, 現在のところでは, 定常的, 連続的な騒音の測定に適合する指示騒音計 (JIS C 1502に規定される)を用い, その動特性

をfastにして、指示計指示の最大値を読みとる方法が一般的に採用されているのである。指示騒音計を用いてディーゼルパイルハンマやドロップハンマの音を測定するとき、瞬間的に振れる指示を追跡して、その最大の振れ位置を確認することになるのであるから、測定器に読みとりにくさや煩わしさを与えるのみならず、読みとりの誤りをすることもある。レベル記録計は各種の騒音の測定に供されているものであるが、自動記録することが本来の機能であるから、指示騒音計の動特性と同等の記録特性が得られるならば、この点を補うことができる。さらに、レベル記録計は、記録速度を100 dB/secとすると、通常の騒音については指示騒音計の指示値にほぼ対応した指示をすることは一般に知られているが、これらの衝撃音に対して如何なる指示を示すものであるかを解析することも必要である。

この観点から、ディーゼルパイルハンマ、ドロップハンマの音について、レベル記録計の記録速度を変えたときに得られる記録波形と指示値について、さらにそれらの指示値と指示騒音計の指示値とを対比して検討した内容について述べる。

(1) ディーゼルパイルハンマ

図7 測定系の構成



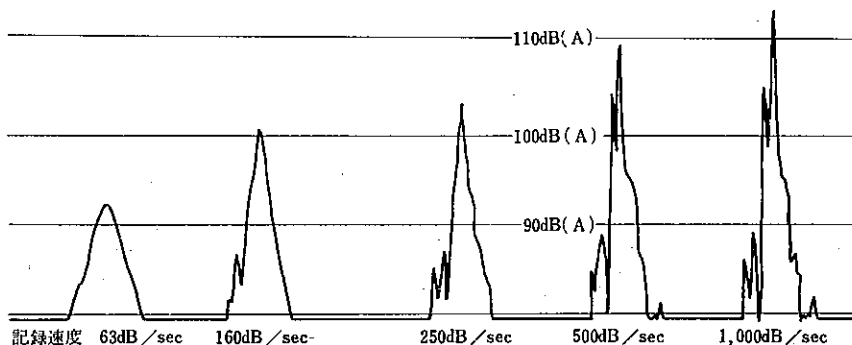
ディーゼルパイルハンマIDM-22で前述した試験くいを打撃したときの音を指示騒音計(C特性)を通して録音し、これを再生して精密騒音計に入れるとともに、レベル記録計にも導入する方法によって、レベル記録計の記録速度を変えたときの記録特性および精密騒音計とレベル記録計の指示の対比をおこなった。図7は測定系の構成を示したものである。

前掲の写真1と同一の音をレベル記録計の記録速度を変えて記録した波形を示したものが図8であるが、記録速度は63、160、250、500、1,000dB/secである。1,000 dB/secの記録波形は写真の波形とかなりの対応が見られるが、記録速度が小さくなるにつれて、その記録波形はなまったものとなっており、1,000dB/secとは約17 dBの指示差がでていいる。このときの騒音計の指示値は102 dB(A)である。この結果は、記録速度を適切に設定すれば、指示騒音計(動特性fast)と同等の指示特性を持たせうることおよびディーゼルパイルハンマの音の最大値を指示することを可能とする可能性のあることを示唆するものと言えよう。

図9は記録速度を変えたときのレベル記録計の指示値と精密騒音計の指示値との開きを示したものである。

これによると、記録速度160 dB/secでは騒音計指示値との開きは平均値で-2 dB、ばらつき幅は(-1~-4 dB)であり、250 dB/secでは平均値で+1 dB、ばらつき幅は(0~+2 dB)である。したがって、この中間の記録速度である200 dB/sec程度にすると騒音計(動特性fast)の指示特性と同等になるものと推定される。500 dB/secでは平均値で+5 dB、ばらつき

図8 ディーゼルパイルハンマ騒音の記録波形



幅は(+4~+8 dB)である。ISO提案の“騒音のうるささの評価”のなかで、衝撃音を騒音計(動特性fast)で測定したとき、測定値を+5 dBの補正することが示されているが、500 dB/secのときの平均値はこの値と一致している。又、IEC提案の規格に適合する衝撃音計によりディーゼルパイルハンマの音を測定するとき、騒音計(動特性fast)による測定値との開きは3~7 dBであることを示した報告もある。この報告の結果と比較すると、500 dB/secのときはほぼ一致していることになる。

記録レンジに他の変動騒音があるとき、これは図10のような場合であるが、記録速度が250 dB/sec以下の場合にはレベル記録計の指示値が高めに出ている。これはレベル記録計の動特性は記録速度と記録軌跡の長さの両方によって変わるものであるため、この場合は記録軌跡

図9 ディーゼルパイルハンマ騒音に対するレベル記録計と騒音計の指示値の開き

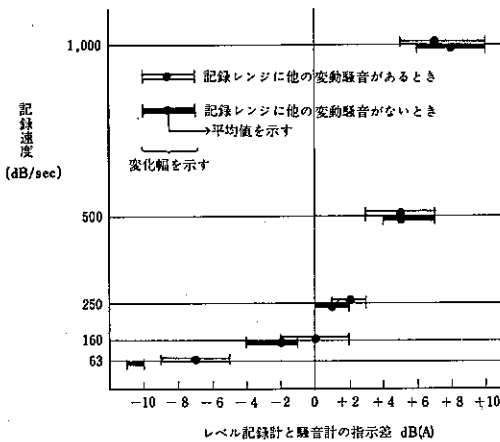
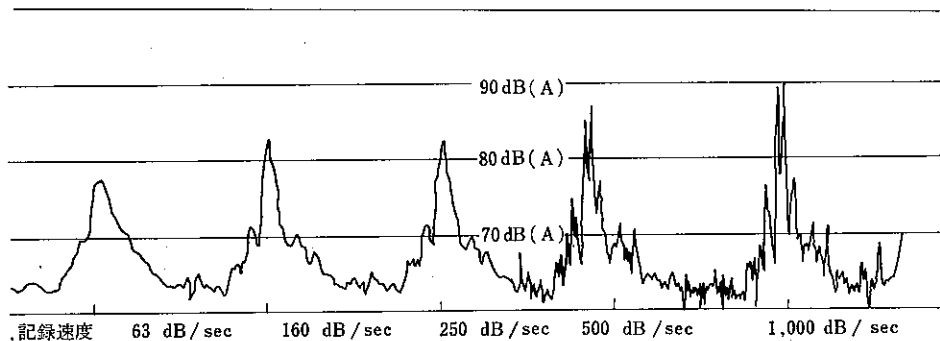


図10 ディーゼルパイルハンマ騒音の記録波形



が実質的には短くなったため、音の変化により追従したためとおもわれる。

(2) ドロップハンマ

ハンマ重量1.6 tonのドロップハンマでコンクリートくいを打撃したときの音を前項のディーゼルパイルハンマの場合と同様な方法で、レベル記録計の記録速度を変えたときの記録特性および精密騒音計とレベル記録計の指示の対比をおこなった。

前掲の写真2と同一の音をレベル記録計の記録速度を変えたときの記録波形を図11に示してある。ディーゼルパイルハンマの音の場合とほぼ同様に、1,000 dB/secでは写真の波形とよく対応した形をしているが、記録速度が低くなるにしたがって波形がなまってきている。1,000 dB/secと63 dB/secの場合では約12 dBの差がでている。この音の騒音計の指示値は96 dB(A)である。

図12は記録速度を変えたときのレベル記録計の指示値と精密騒音計の指示値との開きを示したものである。

記録速度160 dB/secでは騒音計指示値との開きは平均値で-2 dB、ばらつき幅は(-3~0 dB)であり、250 dB/secでは平均値で+2 dB、ばらつき幅は(+1~+4 dB)である。

500 dB/secでは平均値で+4 dB、ばらつき幅は(+2~+5 dB)である。63, 160, 250 dB/secでの開きをみると、ドロップハンマの場合はディーゼルパイルハンマの場合より(+側)に移行しているが、1,000 dB/secでの開きは(-側)に移行している。この傾向はディーゼルパイルハンマの場合の他の変動騒音が記録レンジにある場合と似ているが、この場合も図11に見られるよう

図11 ドロップハンマ騒音の記録波計

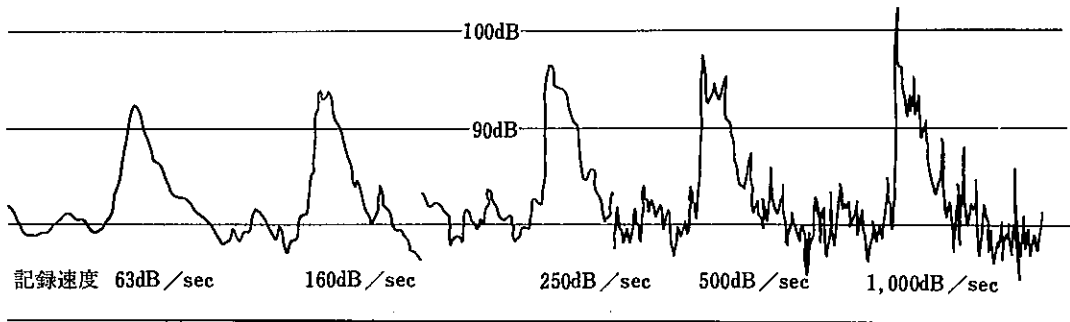
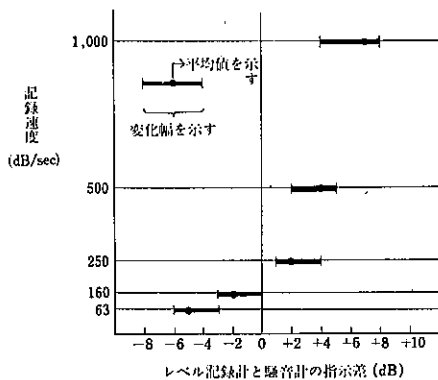


図12 ドロップハンマ騒音に対するレベル記録計と騒音計の指示値の開き



に変動騒音が記録レンジにあらわれている。この点を考慮に入ると、ドロップハンマの場合もディーゼルパイルハンマの場合と同様に、160dB/secと250dB/secの中間の記録速度である200dB/sec程度が騒音計（動特性fast）の指示にほぼ一致するものと考えられる。また、ISO提案の衝撃音の補正+5dBに相当する指示を示す記録速度は500dB/sec程度であろうとおもわれる。

#### 4 おわりに

ディーゼルパイルハンマ、ドロップハンマから発生する騒音について基本的な問題である騒音レベル、距離減衰特性、騒音スペクトルおよび測定器の指示特性についての解明を試みたがこれを総括すると次のとおりである。

ディーゼルパイルハンマの騒音については、くい心が

らの距離が10mでは93~112dB(A)、30mでは84~103dB(A)の間にあたり、ドロップハンマについては測定例が少ない点もあるが、10mでは91~108dB(A)、30mでは81~98dB(A)の間にあるという結果が得られた。距離による減衰は、いずれの場合も、障害物、反射体のないときには倍距離で6dB減衰を示すが、障害物、反射体の多い市街地の道路沿いでは、見透しのきく方向であっても減衰が大きくなり、倍距離で16dB程度の減衰を示している。騒音スペクトル測定の結果によると、いずれも広い周波数範囲にわたって高い音圧レベルを示しているが、250、500Hz~4,000Hzに主成分をもっており、耳の感度の高い領域に主成分をもつ騒音であると言える。

レベル記録計でこれらの騒音を測定するときは、記録速度を200dB/sec程度にすれば、指示騒音計の指示にほぼ一致する指示を得られることが判明した。これらの衝撃の音は人間の耳には騒音計の指示する値よりうさく感じられるものであるが、記録速度を500dB/sec、1,000dB/secとするときには指示騒音計の指示値をそれぞれ5dB、8dB上回る値が得られた。衝撃音についての人間の主観にもとづいた評価方法が確立されていない現時点では結論を求めることは尚早であるが、レベル記録計による衝撃音の測定の可能性を示すものと言える。

#### 参考資料

- 1) 東京都首都整備局“建設工事に伴う騒音・振動公害の実態と障害の評価に関する提案”昭和43年8月
- 2) 中野有朋 杭打機械の騒音とその対策

石川島播磨技報 8巻49号