

ディーゼルパイルハンマーの防音カバー について

望月 富雄 菅野 菊江

1 まえがき

建設工事において発生する騒音は、各種の工事用機械の作動により発生するものが、主なものである。その低減化を進めるにあたっては、騒音発生機構の改善された機械での施工、あるいは騒音発生量の少ない機械を使用する工法の採用にある。しかし、現在工事現場で使われている多くの機械は、この点について未だ解決されていない。したがって当面の工事騒音対策としては、既存の機械に防音装置を装着して発生騒音を極力軽減する必要がある。

そこで防音装置開発研究の一環として、工事騒音のうちでも最も問題となる基礎工事における杭の打ち込みに用いられるディーゼルパイルハンマーに対する防音カバー¹⁾の試作を行なった。(既報、東京都公害研究所年報第1巻(騒音振動編))その結果2,3の問題点があったので、今回改良を加えて新しい型の防音カバーを製作し、その騒音試験を行なったので概要を報告する。

ディーゼルパイルハンマーは、現在既存杭の打ち込み機械としては比類のないもので、大きな打撃エネルギーをもっているため発生する騒音も非常に大きい。騒音レベルは10m離れて93~112 dB(A)、30mで90~103 dB(A)、150m離れても68 dB(A)前後で、衝撃性の騒音で振動を伴うため、施工現場周辺の居住者に与える日常生活への支障も相当大きい。この打ち込み工法に替る工法として、すでにアースオーガ・アースドリルなどにより地盤を穿孔して、杭を建込んだり(打止りはハンマ使用)築造する方法も開発されているが、作業条件、能率、工費等に制約されるので、依然とディーゼルパイルハンマーで打ち込む現場が多い。

2 ディーゼルパイルハンマーの音の発生

ディーゼルパイルハンマーは、直立した上部シリンダ、下部シリンダと、その中を上下するラム、下部シリンダ

にはめこまれたアンビル、燃料タンク、ポンプおよび起動装置などから構成されている2サイクルディーゼルエンジンである。まず起動装置でラムを吊り上げると、所定の高さからラムは自動的に落下を始める。落下の途中で下部シリンダ中央部の燃料ポンプのカムを動かし、これにより一定の燃料がアンビル上面の球面皿部に注入される。さらにラムの落下により、下部シリンダに設けられた吸排気孔を閉じ、シリンダ内の空気を圧縮する。ラムは圧縮行程の終わりにアンビルを打撃し、杭を打ち込む。打撃と同時にアンビル上の燃料を霧化する。これが燃料室へ噴射され、高温の圧縮空気により着火し燃焼する。この燃焼ガスの圧力が杭をさらに打ち込むと同時に、ラムを上方にはねあげる。シリンダ内のガスは膨張してラムを押し上げ、ラムが吸、排気孔を開くと外部に排出される。排気が行なわれるとラムはさらに上がり、シリンダ内圧は外気圧以下となり、吸排気孔から新鮮な空気が吸い込まれ燃料ポンプのカム、プランジャはもとの位置にもどり、次の打ち込み行程をくり返す。以上のような行程でハンマーが作動するが、音の発生はラムとアンビルの打撃の際におこり、わずかに遅れて燃焼の行程で爆発音が発生し、本体から放射される。排気の行程では排気孔から高周波の排気音がでる。この他打撃による振動が杭に伝わり、杭からも音が放射される。これらの音でレベルの高いのは打撃音、爆発音で、排気音や振動伝達音のレベルは前者に比べ低い。普通の騒音測定ではこれらの音は区別されずに同時に観測されるのである。また発生騒音の性状は定常的なものでなく、主としてハンマーの容量、杭の種類、土質、杭の貫入状態、貫入抵抗によって変化する。²⁾

3 防音カバーの構造

ディーゼルパイルハンマーの、発音源を、一つ一つ処理することも必要であるが、当面の騒音対策と言う見地か

ら、早急に実施できる防止方法として、ハンマー及び杭の一部をすっぽり筒状の遮音材で覆う方法を基本に設計、

図1 防音カバーの概略図

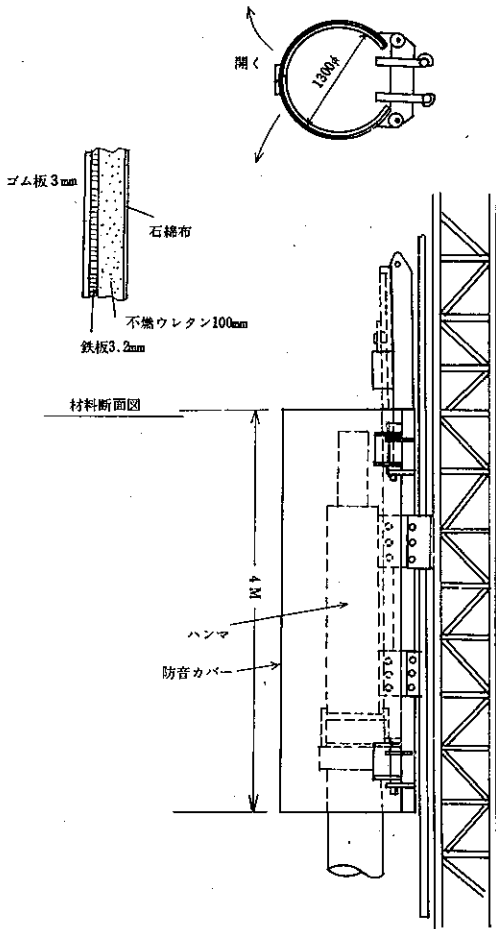
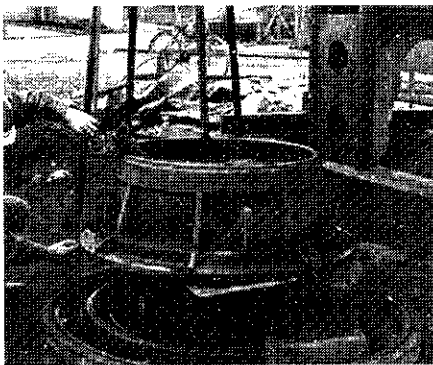


写真1 テスト杭



製作した。既報の試作カバーは、ハンマーと杭並びに杭打機のマスト全体を遮音材で覆うもので、長さ4mのカバーを地上約1~5mの位置で杭打機に固定するものであった。この形式では長い杭の打ち始めには、ハンマーがカバーの上にはみ出てしまうため、今回はハンマーとカバーが同時に下降できるように改良することとした。それにはハンマーとマスト全体を覆う形式では、櫓の上部に移行できないので、ハンマーと杭の一部を覆い、カバーの外側に留金具を付けて、杭打機のガイドリッドにそってスライドさせるようにした。ハンマーの取付は、カバーの内側に取付けたリッド及び留金具でセットできるようにした。櫓への吊り上げは、ハンマーとカバーが一体になっているので一本のワイヤーロープで足りる。カバーの前面部は試作カバーと同様、杭の建込み、ハンマーの調整、点検が容易にできるように開閉式にした。カバー直径は、2,200kg級のハンマーが取付けられるようハンマー外径、吸排気量を考慮して1,300φ、カバー全長は試作カバーで4mと6mでは減量に大差ないことから4mとした。本体の遮音の主材は3.2mm厚の鉄板でL型棒(50×50×6mm)で補強し、内側に吸音材として不燃ウレタン(100mm)を張り、さらにその内面を2.6mmの石綿布で被覆して耐火性をもたせた。カバー外板の鉄板の表面には、打撃時の振動伝達による二次的音の発生を少なくするよう3mm厚のゴム板を接着した。総重量は約1.5tである。

概略図は図1に示す。

4 試験の方法

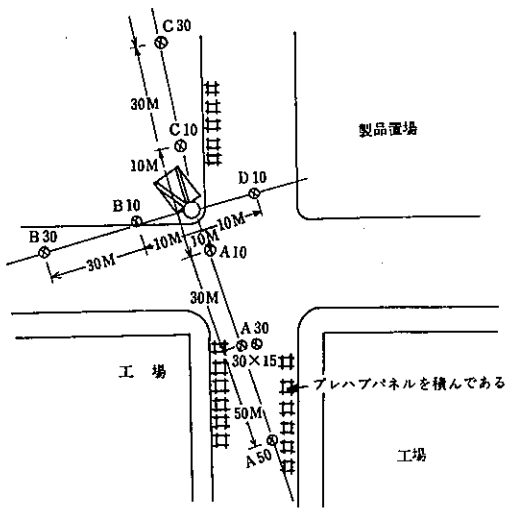
製作した防音カバーの効果を確かめるために、杭打ち試験台で、防音カバーの有無における騒音レベルを測定した。

杭打ち試験台は、直径1.5mの鋼管杭を地下15mまで打ち込んで岩盤に到達させ、鋼管の内部にコンクリートや砂をつめてハンマーで打っても沈下しないようにしたテスト用の杭である。打撃はこのテスト杭の頂部にキャップを付け中心部に堅木の板を挿入して行なった。

(写真1参照)

こうしたテスト台は、実際の施工現場における杭打ち状態とは異なり、ハンマーの運転状態が定常的で、発生する騒音もほぼ一定の状態で行なうことができる。

図2 測定位置の見取図(⊗が測定点)



試験の際運転したハンマーは1DH22型(石川島播磨重工業, ラム重量2,200 kg, 打撃回数50~52 blow/min 一打撃当たりの仕事量5,500 kg·m) 打撃位置(杭の高さ)は地上約1 mで常にこの高さで打撃を行なった。

測定点の配置は図2に示すごとく, 杭を中心に前方向(A方向)は直線上に10 m, 30 m, 50 mの地上1.2 mと30

m離れた地上15mの高さに, クレーンでマイクロホンを吊り高い場所での騒音レベルも測定した。杭打機の左方向(B方向), 後方向(C方向)は10 m, 30 m, 右方向(D方向)は10 m離れた地点, 計9ヶ所に測点を設定した。A10, B10, C10, D10, の4点はそれぞれの測点に騒音計を配置して同じ打撃の音を同時に測定した。A30, B30, C30, A50, 30×15の地点も同時測定を行なった。

レベルの読取りは, カバーの有無におけるそれぞれの騒音を指示騒音計(リオン製, NA07型)のFastで打撃時の最大指示値を20回読みとり, それを算術平均して各測点における値とした。実験室でチェックしたところ騒音計の相互の指示差が1~2 dB程あったので, 補正したものを表1に示す。

なお, 防音カバーの有無における周波数スペクトルをみるためにA10地点で, それぞれの打ち込み時の音を録音し実験室で分析した。

測定条件としての試験場周辺の建物等による音の反射の影響は, 打撃時の音について, 測点と建物の近く及び開放された箇所を騒音計をもって廻ったところ, 測点と開放された箇所とにレベルの差異はなかった。また試験場の暗騒音は56 dB(A)風速2 m/S以下であった。

表1 ディーゼルパイルハンマー用防音カバーの防音効果測定値

(単位: dB(A), (c))

測点 騒音計の 特性	A10		B10		C10		D10		A30		B30		C30		30×15		A50	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
① 防音カバーなし	109	111	106	108	107	109	109	110	100	101	97	101	96	99	98	101	91	93
② 防音カバー付	98	107	95	106	99	105	99	106	91	99	90	100	89	98	91	98	83	92
① - ② 減音量	11	4	11	2	8	4	10	4	9	2	7	1	7	1	7	3	8	1
試作カバー 減音量	-		7	2.5	8	2.5	7	1	7.5	0.5	5.5	0.5	-		(26.4×14.7 m) 8.5 3.5		-	

(注) 測定場所 清水建設(株)相模機械工場 杭打機試験台
 測定月日 1970年11月18日 くもり
 使用ハンマー 1DH22型(石川島製) 打撃位置 地上約1.0m
 測点 Aは杭打機の前方向, Bは左方向, Cは後方向, Dは右方向, 数字は距離(m)を示す。
 測定器 KKリオン製 NA07型指示騒音計 5台

5 試験の結果

各測点におけるレベル及び防音カバーの有無によるレベル差は表1のとおりである。

この測定によると杭から10m離れたところで、カバーなしの場合A特性で107～109dB(A, B, C, D方向)カバー付95～99dBで減音量8～11dBである。前横方向で減音量が大きく、後方向でやや少ないようである。これはカバー後部の取付金具箇所の間隙によるものと思われる。30m離れた地点(A, B, C方向)では減音量が10m地点よりも劣っているが、防音カバーの長さの関

写真2 防音カバーの後部

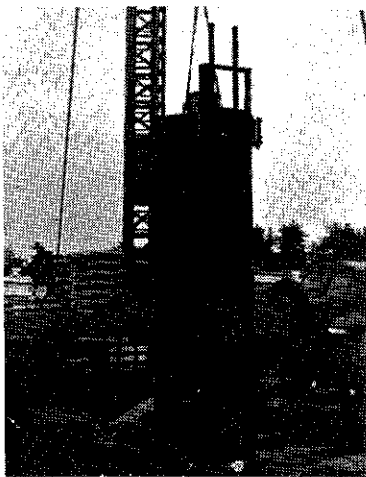


表2 指示騒音計と衝撃騒音計の指示差

騒音計	防音カバーの有無	
	防音カバーなし	防音カバー付
指示騒音計 (リオン製 (NAO7型))	A特性	107
	C特性	108
衝撃騒音計 (B&K社製 Type- 2204)	A特性	113
	C特性	114
指示差	6	3

(注) 指針速度 指示騒音計 Fast (0.2秒)

衝撃騒音計 0.04秒

20打撃の平均値を示す

係によるものと考えられる。聴感補正回路A特性とC特性の値において、減音量がA特性で大きく、C特性で小さくなっているが、防音カバーを取付けたことにより、高周波成分の減衰が大きく低周波成分の減衰が少ないためであろう。

ハンマーの音のような衝撃性の騒音については測定法が問題にされるが、今回の測定に使用した指示騒音計とインパルス精密騒音計(B&K社製 Type2204)で、同じ打撃音を同時にそれぞれの指示値を読みとって(インパルス精密騒音計の方はHoId回路を用いて読みとった。)対比してみると表2のようになった。

この結果ではA, C特性の関係では差がなく騒音計によってカバーなしの場合6dB, カバー付3dBの指示差がある。カバーを付けることにより衝撃騒音の波形に変化があったためであろう。

図3はA10地点で精密騒音計(B&K社Type2204)のマイクロホン及び増幅器を通してLinear出力からデーターレコーダ(NAGRA IV-B型)に接続して打撃音を録音し、1/3オクターブバンド(リオン製SA-20型直視式分析器使用)で分析した結果を示したものである。これによると200Hz以下のバンドではカバーの有無による差はほとんどなく(カバーを付けたと少しではあるが高くなっているものもある。)200Hzより高周波帯域においてカバーを付けた場合の減衰がけん著に現われている。低周波帯域における減衰値がもっと多いと、騒音計のC特性で測った値ももっと低くなるであろうが現在のカバーの形式では難しい。人間に影響が大きいいわゆる高周波帯域での減衰が大きく、A特性での減衰値が約10dBもあり、人間の感覚にもカバーなしの音よりはしのぎやすいやわらかい音に聞えるはずであり、一応設計どおりの防音効果を示しているといえる。

6 防音カバーを取付けた場合の作業性について

実際の施工現場で使用した実績が少ないので、今後実際に使ってみているいろいろ確認すべき点もあり、予想しなかった問題も起こるかもしれないが、カバーを取付けて作業をすることにより、カバーのない場合には必要としない機械や時間を要することになるが、騒音軽減の代償とみれば無視できるものと思う。

まず、カバーを取付けるためにクレーン車(吊上能力

図3 周波数分析結果

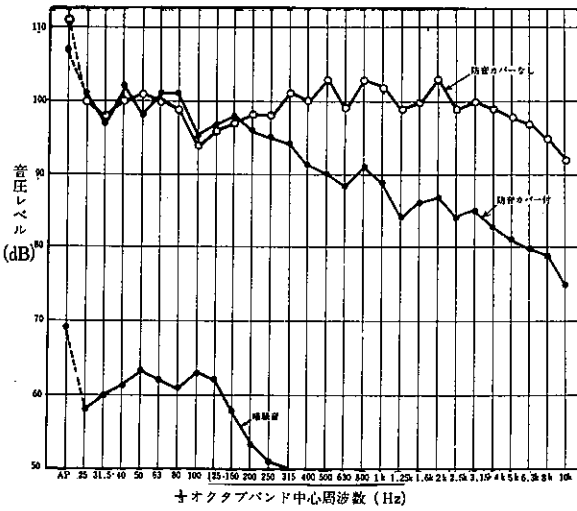


表3

運転経過時間 (分)	0	5	10	20	25	30
温度(℃)	13	26	27	30	36	37

写真3 防音カバーを装着して打撃時の測定



7 t、ブーム長さ15m程度) 1台とオペレータ及び作業員2~3人を必要とし取付所要時間約30分(試験時)位かかる。現場ではカバーを付けたまま杭の吊り込みを行なうことになるが、普通の現場でカバーを付けない場合、直径500mmの鋼管杭の吊り込み所要時間5~7分、現場の状況が悪く、杭打機の正面から吊り込みができない場合10分位といわれている。カバーを取付けて吊り込みを行なう場合には作業能率が約20%程度低下するものと思われる。

防音カバーを取り付けることにより、ハンマー周辺の換気が十分に行なわれず、ハンマーを過熱させることも考えられるので、ハンマーを連続運転してハンマーの吸排気孔付近の外気温を測定したら表3のようであった。

この試験では準備期間がなかったためハンマー自体に温度計を取付けることができなかった。したがって、以上の結果からハンマーの過熱の有無について判断することはできないが、排気については、この程度であれば問題はないと思われる。

7 評価と問題点

騒音レベルについては、10m離れた地点で8~11dBの減音量があり、試作カバーを上まわる成果をあげることができた。しかし騒音規制法の規制基準を確実に下まわるまでには至らない。試作カバーのハンマーと槽と一緒に覆う形式に比べ今回製作したハンマーだけを覆う形式のものは、この試験では防音効果がややよい。取付方法についても固定式に比べ、ハンマーの移行とともにスライドする今回の防音カバーは打撃点の高い位置での音もカバーできる大きな利点がある。ハンマー及びカバーを杭打機の槽のリーダマストに取付けるために、防音カバーの後部に留金具がでており、その箇所には隙間ができるが、今回の試験の結果では大きな防音ロスとはなっていないようである。

この防音カバーを装着して作業をやると作業能率の面で多少マイナスになるが、実用機として使用に供しうるものとする。

今後さらに万全なものにするために、減音量を増すようカバーの長さとか頂部を絞るなどの点も考慮し、カバーの開閉部の固定方法を改良することや、ハンマーから出る油の飛散防止用パフファを付けることも必要と思う。

表4 減音効果 d B(A)

音源からの 距離	10 m		30 m		50 m	
	騒音 レベル	減音量	騒音 レベル	減音量	騒音 レベル	減音量
防音カバー なし	109	—	100	—	91	—
防音カバー 付	98	11	91	9	83	8

また、ハンマーメカ及びハンマー形式の相違で取付金具の寸法が異り、現状ではハンマー形式ごとに防音カバーを製作するようになるが経済性、互換性の見地からハンマーの取付金具の統一化を早急にはかる必要がある。

今回の騒音試験では、地上近くでの打ち込み音の測定であったので、長い杭を打ったときの高い位置での防音効果や、くい打機に装着して上部にスライドした時の重量バランス、長時間運転した場合に、カバーやハンマーが過熱により異常をきたさないか、作業上の支障の程度などの未確認の事項について、実際の工事現場でカバー装着時の施工状況を確める必要がある。

8 むすび

試作カバーに改良を加え現場で実用に供しうのような

防音カバーの製作を行なったのであるが、防音効果としては表4のような成果を得ることができたので一応所期の目的を達したものと思う。

しかし、騒音規制法の30 m離れて85dB(A)の基準や現場付近の居住者の日常生活に及ぼす影響の程度から考えると、より一層減音量の大きいものであることが必要である。騒音発生が少ない機械、工法の開発が実現するまでの期間不満足ながら、一応暫定的な防止法としての使命をはたすものと思う。今後の抜本的な防止方法としては、杭打ちに伴う振動の問題も含めて、全く別の工法によるくい打ち方法を実施して、市民生活の安居を乱すことなく工事を遂行すべきである。

なお、本防音カバーの設計製作を受託されました日本建設機械化協会の基礎工事用機械技術委員会の方々、騒音試験にあたり格別の御協力を賜りました清水建設株式会社機械部の方々に厚くお礼申し上げます。

参 考 資 料

- 1) 望月、菅野 東京都公害研究所年報
第1巻第3部 (1970) P 99
- 2) 中野、有朋 日本音響学会誌
第24巻第5部 (1968) P 182