

16. 低騒音型油圧パイルハンマの技術評価

—建設省の技術評価制度による—

建設省建設経済局 吉岡敏郎

1. はじめに

民間における建設技術に関する研究開発成果に対し、その適用性、安全性等について評価を行い、その結果を公表することにより新技術の積極的な活用および民間における研究開発の一層の促進を図ることを目的として、昭和53年度に建設技術評価制度が創設された。本報告では、この制度によって昭和58年度に評価を実施した「低騒音型油圧パイルハンマ」について、評価の概要を紹介する。

2. 開発の背景

基礎杭の打撃に伴って発生する騒音、振動、ディーゼルハンマ使用時に発生する油煙の飛散などにより、都市部やその近郊では打撃による杭の設置がほとんど許されない状況であり、場所打コンクリート杭等によって基礎杭が設置されているが、施工の経済性、支持力の確実性、荷重の増大に対する杭の沈下量の増加割合等で解決が待たれる課題が残されている。このような理由から、低騒音型で必要な打撃性能を備えた打込杭工法の開発が望まれていることから、建設省では建設技術評価規程にもとづく技術評価課題のひとつとして「低騒音型油圧パイルハンマの開発」をとり上げ、研究開発を一般から広く募集した。

3. 研究開発の目標

昭和58年1月13日付の官報で告示した「低騒音型油圧パイルハンマの開発目標」は次に示す4項目である。

(1) 低騒音型の杭打ち機であること

騒音規制法（昭和43年）で杭打作業は特定建設作業に指定され、その規制値は作業場所の敷地境界線から30m離れた地点で騒音値85ホンとなっている。この規制値は施工する立場からは厳しいものであるが、住民の立場からは耐えがたいものである。このため油圧パイルハンマでは杭打設時に発生する騒音の目標値を杭打機から30m離れた地点で騒音値80ホン以下とした。この数値は従来のディーゼルハンマに比較すれば15～20ホン程度小さな値である。

振動については、施工個所の地質や地形などにより著しく異なり、客観的な評価を行うことが困難であるので、開発目標にとり上げないこととした。

(2) ラムの落下高さが任意に設定でき、打撃性能が優れていること

油圧パイルハンマの特徴として、地盤条件や杭種、杭径に応じて打撃力を任意に変えて打込むことが機構上可能である。この長所を活かすためにラムの落下高さが10cm程度のピッチで任意に設定可能であることが要求される。また、打撃性能はディーゼルハンマとほぼ同等の性能を有するものであることとした。

(3) 施工管理基準が確立していること

油圧パイルハンマはディーゼルハンマとその機構が異なるので、杭の貫入特性がディーゼルハンマ

のそれとは異なることも予想される。したがって、杭の打ち止め管理を正確に行うために油圧パイルハンマを使用したときの杭の動的支持力の算定方法を確立しておく必要がある。動的支持力算定として建築では建築基準法施行令第93条（地盤及び基礎ぐい）に基づく建設省告示による算定式（告示式）が使用され、土木では道路橋示方書・同解説に示された式（宇都式）などが用いられているが、油圧ハンマの場合について、これらの式の適用性を明確にするとともに、点検、初期打設の方法等を含んだ施工管理基準が整備されていることを開発目標の一項目とした。

(4) 施工性にすぐれ、経済的であること

ディーゼルハンマと比較し、施工能率を大幅に低下させることがなく、かつ他の低騒音工法等と比較して経済的であることを一般への普及を考慮して開発目標の一項目とした。

4. 開発された技術の概要

建設技術評価規程第3条に基づき、昭和58年1月13日付官報で研究開発を募集したところ、神戸製鋼所、三和機材、新栄鉄工所、武江建設興業・セボル、日本コンクリート工業・日立建機、日本車輛製造、間組技術研究所・トキワ建機、前田製管の8グループから応募が寄せられた。これらのグループによって開発された低騒音型油圧パイルハンマの基本的な作動原理は図-1に示すように、油圧ユニットから油圧シリンダ下部に供給される圧力油によってピストンロッドに連結したラムを所定の高さまで上昇させ、ラムが所定の高さまで達すると、油圧シリンダ内の急速油圧開放バルブが作動し、シリンダ内部の油を低圧側に戻すことによりラムを自由落下する。これを繰返すことによりラムは連続的に杭を打撃するものである。また、ラムの落下時にも油圧シリンダ上部室に圧力油を送り込むことにより落下時にはラム重量だけでなく、下向きの加速力が働くようにしたものもある。ラム落下高の調整は、ラム上昇時の時間をタイマーで設定する無段階調整方式と、ハンマケース側面に設置された近接スイッチにより10cmごとに落下高を調整する方式がある。

ラムの杭打撃時の力を杭に均等に伝え、杭頭を保護するためのアンピルのクッション材にはディーゼルハンマと同様に樫などを用いるものが多いが、機種によっては図-2に示すような油圧クッションや水を利用しているものもある。

5. 技術評価の範囲

技術評価にあたり、その前提として既製杭の打設は本技術開発の成果の一部である施工管理基準を的確に運用すること、および油圧パイルハンマを構成しているハンマ本体、油圧ユニット、操作制御盤および付属装置は適正な品質管理のもとに製造されたものであることを条件とし、開発目標に達しているかどうかを評価した。

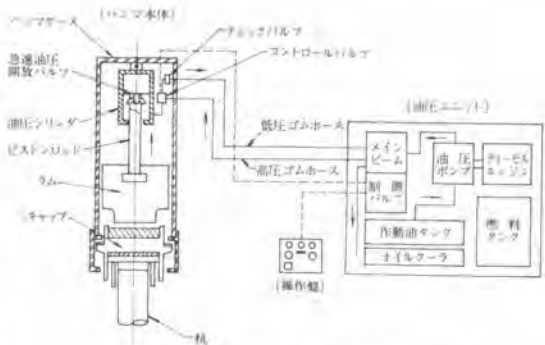


図-1 油圧ハンマの作動原理

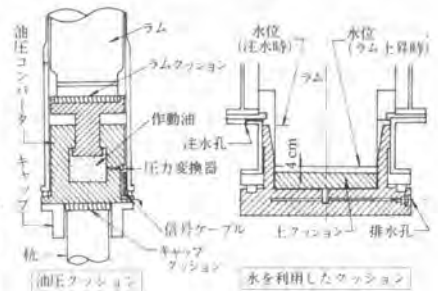


図-2 クッション機構

6. 評価の内容

評価は応募 8 グループから評価申請のあった 12 機種について、各機種の最大能力に対応するコンクリート杭および鋼管杭の打設試験を行い油圧バイルハンマの性能を確認することにより実施した。評価にあたり、評価項目は開発目標を考慮して、①建設工事環境の改善（低騒音化）、②施工性、③施工管理手法の確立、④機械の性能、⑤開発の経緯、⑥経済性の 6 項目とした。

(1) 性能確認試験

油圧バイルハンマの性能を客観的に評価するために同一の施工条件のもとで杭の打込試験を実施するとともに、当該機種に相当する能力を持つディーゼルハンマによる杭の打込試験を行い、性能の比較検討をした。また、一部の杭については鉛直載荷試験を実施し、支持力特性についても調査した。

(a) 実験場所は、建設省土木研究所構内で土質柱状図および根入れ図を図-3に示す。

(b) 試験杭の仕様

表-1 試験杭の仕様

	コンクリート杭 (PACA 種) (適用規格 JIS A 5337)			鋼管杭 (適用規格 JIS A 5525)	
	φ400	φ500	φ600	φ500	φ600
外径	φ400	φ500	φ600	φ500	φ600
肉厚	65mm	80mm	90mm	9mm	12mm
長さ	15m (7+8m)	15m (7+8m)	15m (7+8m)	16m (8+8m)	16m (8+8m)
断面積	684cm ²	1,056cm ²	1,442cm ²	139cm ²	222cm ²
重量	2,670kgf	4,110kgf	5,620kgf	1,700kgf	2,900kgf



(c) 比較用ディーゼルハンマは 25 型、35 型、45 型を使用。

(2) 試験方法

(a) 打込試験

(i) 打込方法は、杭全長を打撃により打込み、支持層に杭径の 2 倍以上打込んだ。尚油圧バイルハンマの操作は評価申請者が派遣した操作員が行った。

① コンクリート杭 (PHC 杭)

地表面から 13.5 m までは施工性を考慮してラム落下高さを任意に調整して打込んだ（自然打込み）。13.5 m からラム落下高さ H を、 H_{max} （最大ラム落下高）→ $1/4 H_{max}$ → $2/4 H_{max}$ → $3/4 H_{max}$ → H_{max} の順に 5 条件を設定し、一連の計測を行った（条件打込み）。打止め深さは 14.5 m とした。

② 鋼管杭

地表面から 14.5 m まで自然打込みを行い、14.5 m から 15.5 m までの間で条件打込みを行った。

(ii) ディーゼルバイルハンマによる打込みは、打始めから打止めまで燃料噴射量の調整は行わず連続して打込み、油圧バイルハンマのような条件打込みは行わなかった。

(b) 測定項目および測定方法

(i) 騒音レベルの測定は、杭が自沈した区間を除き、打込深度 1 m ごとに一連の 5 打撃についてピーク値レベルを読みとり平均値を求めた。

(ii) 打込所要時間および打撃回数はストップウォッチとマニュアルカウンタを利用して測定した。

(iii) 貫入量およびリバウンド量は杭の貫入状況が安定する深度 10 m 付近から貫入 1 m ごとに通常



図-3 土質柱状図および杭根入れ深さ

の貫入試験紙により測定した。

(iv) 杭頭打撃力および杭頭打撃ひずみ波形は杭頭にひずみゲージを貼付し、打撃時に測定した。

(v) ラムの衝突速度は16mm高速度カメラを使用し、 $H_{max} \sim 1/4 H_{max}$ の各条件につきラム落下開始から衝突までを連続して計測した。

(vi) 作動油の温度、圧力、流量等は油圧ユニットに装備されたメータを直読して行った。

(e) 載荷試験

杭の打込後1カ月間養生させ、土質工学会制定の「クイの鉛直載荷試験基準」に基づき実施した。

(3) 試験結果

(a) 建設工事環境の改善（低騒音化）

杭打機より30m地点において条件打込時の4方向の平均値と自然条件打込時における総打撃に対する平均値（4方向）に母標準偏差の推定値を加えた値を求めた。

(b) 施工性

(i) ラムの落下高さ設定機能については、設定方法、調整範囲、1分間の落下高さ別打撃回数、安全性について調査した。

(ii) 1打撃の貫入量については、騒音レベルを満足し、かつ打止め時のラム最大落下高さにおける1打撃貫入量が相等の能力を持つディーゼルハンマによる1打撃貫入量以上となることを確認した。

(iii) 実打撃速度については、建設省土木工事標準歩掛より求めたディーゼルハンマの値の1/2以上であることを確認した。尚施工能率の向上については、今後よりいっそうの研究開発が望まれる。

(c) 施工管理手法の確立

各種杭、杭径、地盤に対して合理的な施工管理手法が確立しているかを評価した。一部の機種については各種の杭、杭径に対し施工管理手法が十分でないものが見られたが、性能確認試験を実施した杭についてはおおむね妥当な施工管理手法が確立していた。

(d) 機械の性能

(i) ラムの衝突速度については、おおむね自由落下に近い速度であった。

(ii) 油圧系統の性能安定性については、油圧ユニットに装備された計器により作動油の温度および圧力を測定し、油圧系統の性能安定性を確認した。

(e) 開発の経緯

油圧バイルハンマの耐久性評価に代えて開発時期、販売実績、施工実績などを調査した。

(f) 経 済 性

杭1本当たりの施工費について全体カバーの防音カバー付きディーゼルハンマによる施工費と比較した。建設省土木工事標準歩掛を準用し、運賃等の間接的経費、両工法で共通の費用は除いている。

7. あとがき

評価の内容について概要を説明したが、詳細については評価申請者別に建設省から評価書が公表されるのでそれを参考にさせていただきたい。評価された低騒音型油圧バイルハンマが適切に利用され、建設工事環境の改善に役立てば幸いである。

表-2

杭 種	ランタリート杭	コンタリート杭	鋼管杭
	φ500	φ600	φ600
杭打込長さ	13.5m	13.5m	14.5m
使 用 バイルハンマ	JASPP付 ディーゼル バイルハンマ	JASPP付 ディーゼル バイルハンマ	JASPP付 ディーゼル バイルハンマ
	35 型	45 型	35 型
	施工費	34,500円	36,600円

低騒音型油圧バイルハンマ評価結果一覧表

※ 但し、試験結果はラム重6.5～7.2tの申請8社のデータを示す。

開 発 目 標	評 価 基 準	評 果 結 果				
		評 価 内 容	性能確認試験結果他		算 出 値	
			油圧バイルハンマ	ディーゼルバイルハンマ		
(1) 低騒音型の杭打ち機であること。	騒音レベルは、杭打ち機から3.0m地点において80デシベル以下であること。	杭打ち機から3.0m地点において条件打ち込み時の騒音レベルが4方向の平均値で80デシベル以下であること。また自然打ち込み時の騒音レベルは総打撃に対する平均値(4方向平均)に標準偏差の推定値を加えた値が85デシベル(法規制値)以下であること。	評価基準を満足している。 但し、評価基準を越えた1機種については「現状では低騒音型と認め難いが、将来、防音構造を強化することにより低騒音化が図れる。」と評価した。 (注) 右記*印の試験結果はジャバラ型防音カバーの使用により、評価基準を満足した。また範囲については7社のデータ	〔条件打ち込み時〕 ○コンクリート杭 72.6～79.8dB(A) ○鋼管杭 72.3～79.5dB(A) 〔自然打ち込み時〕 ○コンクリート杭 74.9～81.7dB(A) ○鋼管杭 76.2～89.0dB(A)	〔自然打ち込み時〕 ○コンクリート杭 93.3dB(A) ○鋼管杭 83.4dB(A)	
(2) ラム落下高さが任意に設定でき、打撃性能が優れていること。	地盤条件や杭径に応じて、ラムの落下高さが10cm程度のピッチで任意に設定できること。	ラムの落下高さが最低10cmピッチで任意に設定できる機能を有すること。	時間設定による無段階調整方式と位置設定による段階調整方式があり、いずれも評価基準を満足している。	10cm以下のピッチで任意に設定可能	杭体及び地盤に応じて変化する。	
	打撃性能は、ディーゼルバイルハンマとは同等の性能を有するものであること。	騒音レベルを満足し、かつ打止め時の1打撃買入量が、相当するディーゼルバイルハンマとは同等の打撃性能を有していること。	打止め時のラム落下高さにおける1打撃買入量は相当するディーゼルバイルハンマと同等の打撃性能を有しており、かつ、騒音レベルも満足している。	○コンクリート杭 2.3～10.6mm 〔平均5.2mm〕 ○鋼管杭 1.16～23.0mm 〔平均14.6mm〕	○コンクリート杭 2.0mm ○鋼管杭 9.0mm	
	自然打ち込み時の杭一本当たりの打撃速度は、建設省土木工事機構基準より算出したディーゼルバイルハンマの値以上であること。	評価基準を満足し、実用性があると認められる。	○コンクリート杭 0.31～1.08m/min ○鋼管杭 0.77～2.57m/min	○コンクリート杭 0.57m/min ○鋼管杭 0.64m/min		
(3) 施工管理基準が確立していること。	油圧バイルハンマの買入特性は、ディーゼルバイルハンマのそれとは異なることが予期される。したがって、油圧バイルハンマのための動的支持力公式を確立しておく必要がある。	施工方法、初期打設の方法、打止め管理式等の施工管理基準が確立していること。	一般的な施工管理基準が確立していると認められる機種と、性能確認試験を行った機種、杭径に関する施工管理基準が確立していると認められる機種があった。	従来より施工管理基準は確立している。		
(4) 施工性に優れ、経済的であること。	油圧ユニットや油圧ホースのハンドリングの煩雑さ等により、ディーゼルバイルハンマと比較し、施工効率を大幅に低下させることがないこと。また、他の騒音対策工法と比較して経済的であること。	全体カバー方式の防音カバー付ディーゼルバイルハンマと比較して、杭一本当たりの施工費が低廉であること。	性能確認試験における施工条件で、全体カバー方式の防音カバー付ディーゼルバイルハンマによる杭一本当たりの施工費を比較した結果経済的であった。なお、試算は建設省土木工事標準歩掛等に準じ、運賃等の間接経費及び、両工法で同様の費用となるものは省略した。	○コンクリート杭 19,700～32,900 ○鋼管杭 11,100～24,000	○コンクリート杭 34,500 ○鋼管杭 27,900	
	機種の性能	最大落下高さにおけるラムの衝突速度は、自由落下の理論速度の90%以上であること。	評価基準を満足し、機械効率が良いと認められる。	94.0～100% (平均96.9%)		
		作動油の温度、圧力が安定していること。	いずれも安定していることが認められる。			