

第25回 国土技術開発賞 創意開発技術賞受賞

油圧ハンマの騒音防止装置
鋼管杭の低騒音打撃工法の開発

〔受賞者〕 丸泰土木株式会社

〔本稿執筆者〕 丸泰土木株式会社 梅田 巖, 谷本 静夫

以下に、第25回 国土技術開発賞で創意開発技術賞を受賞した「油圧ハンマの騒音防止装置」を紹介します。

1. 技術開発の背景及び契機

鋼管杭の打撃工法は、基礎杭の施工方法としては最もシンプルなものであり、無排土で地盤条件等の制約もほとんど受けず、工程性・経済性・品質性において最も優れているが、打撃時の騒音の大きさから、中掘り杭工法等の静的な圧入力による低騒音工法に取って代られてきた。

しかし、鋼管杭や鋼管矢板の仕様が最大径長尺化してきた現在では、貫入力がさほど強くない中掘

り杭工法単独での施工は次第に困難となり、大規模な補助工法が必要となってきた。

このような問題の解決のためにも、唯一の弱点である騒音問題を克服し、打撃工法の復活を期して本装置の開発に着手した。

(1) 初号機の製作

騒音防止装置の初号機の製作は、フライングハンマ工法による鋼管杭打設時の騒音を極力低減すること、及び取扱いが簡単で壊れにくいことに主眼を置き、適用杭径は最大で $\phi 1,600$ mmとした。その他の要求事項は、次号機以降で検討することにした。

初号機の具体的な構造を図-1に示す。騒音防止装置は上部・下部の防音室からなり、下部防音

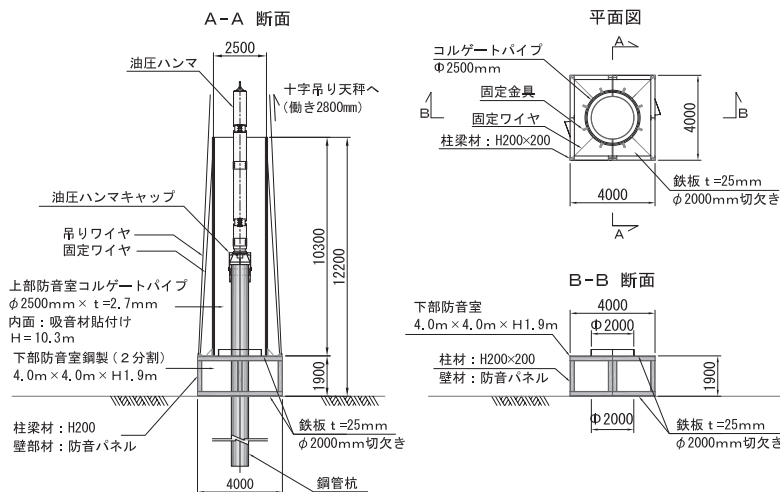


図-1 初号機（試作機）の構造図

室は運搬を考慮して2分割できる構造とした。上部防音室はコルゲートパイプ製（ ϕ 2,500 mm, $t=2.7$ mm, $H=10.3$ m）であり、その内面には吸音材（軟質ウレタンフォーム： $t=50$ mm）が取り付けられている。下部防音室は鋼製で、現地組み立て後の寸法は、 $W=4.0$ m \times 4.0 m, $H=1.9$ m であり、その内面には吸音材（軟質ウレタンフォーム： $t=100$ mm）が取り付けられている。

上下防音室の接続は、ボルト又はブルマンで行う。下部防音室の天井と床の鉄板（ $t=25$ mm）には、杭及び油圧ハンマの貫通孔（ ϕ 2,000 mm）が設けられている。

初号機の防音性能確認試験は、2017年12月に当社機材センターにて実施した。測定は普通騒音計のほかに、部材改修のデータ取得の目的で精密騒音計を使用して周波数帯別の騒音低減効果を求めた。

防音性能確認試験の実施状況を写真-1に示す。1/3オクターブバンドの騒音測定結果では、周波数の全域に対してほぼ一様な防音効果が認められた（図-2）。なお、装置全体の騒音低減効果は約-25 dBであった。

(2) 2号機の開発

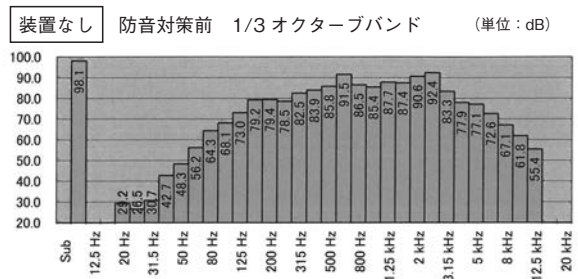
前述のように初号機の防音性能確認試験において騒音低減効果として-25 dBを得られたため、2号機製作の目標は装置の使いやすさを第一目標に、さらなる防音性能の向上を第二目標とした。

上部防音室は、本体部材をコルゲートパイプ（ $t=2.7$ mm）から加工のしやすいライナープレート（ $t=2.7$ mm）に変更し、透明アクリル板（ $t=20$ mm）の窓を取り付けた。下部防音室には、打止め管理用の窓をアクリル板（ $t=20$ mm）で設置するとともに、壁鉄板を4.5 mmから6.0 mmに増厚した。

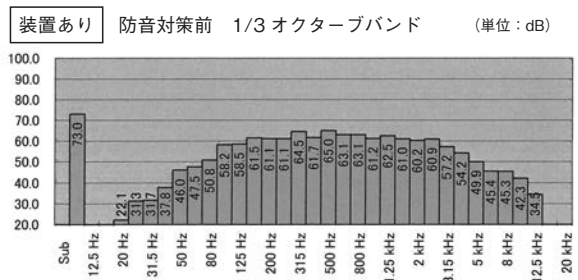
これらの対策の結果として、使いやすくなったという成果以外に、-30 dBの騒音低減効果を得ることができた（写真-2、表-1）。



写真-1 初号機の防音性能確認試験
（左：装置なし，右：装置あり）



※ GL+1.2 m 25 m 地点で測定



※ GL+1.2 m 25 m 地点で測定

図-2 初号機の騒音測定結果グラフ

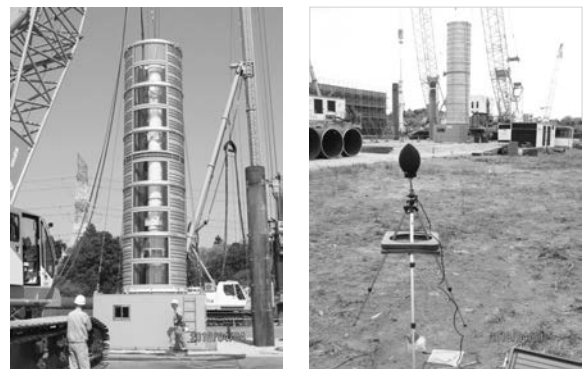


写真-2 2号機
（左：外観，右：性能試験）

表-1 2号機の騒音測定結果表

防音装置	測定位置	測定時間	作業工程	騒音測定結果 (dB)							
				L _{eq}	L _{max}	L ₅	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	L ₉₅	
なし	金属側 25m 地点	13:25:55 ~ 13:27:34	油圧ハンマ 鋼管杭打ち	92	101	98	97	86	62	60	
	金属側 50m 地点			84	94	91	89	79	59	56	
	アクリル側 25m 地点			93	103	100	99	85	64	57	
	アクリル側 50m 地点			85	96	92	90	77	54	50	
あり	金属側 25m 地点	13:58:45 ~ 14:01:22	油圧ハンマ 鋼管杭打ち	66	69	68	67	65	64	64	
	金属側 50m 地点			59	67	61	60	58	57	56	
	アクリル側 25m 地点			67	73	69	69	67	66	64	
	アクリル側 50m 地点			66	70	68	68	66	64	59	

騒音計のメモリーカードに記録したデータを専用ソフト（リオン社製 AS-60 管理ソフト）を用いて解析した。

【備考】 L_{eq}：等価騒音レベルを示す。 L₅₀：中央値を示す。
 L_{max}：最大値を示す。 L₉₀：80%レンジの下端値を示す。
 L₅：90%レンジの上端値を示す。 L₉₅：90%レンジの下端値を示す。
 L₁₀：80%レンジの上端値を示す。

(3) 実用機 (3号機) の開発

2号機において騒音低減効果と作業性に問題がないことを確認できたため、実現場で必要となる梯子、手摺、採光窓等の設備の追加と下部防音室の透明アクリル板窓のサイズアップを行い実用機とした。実用機の外観を写真-3に、仕様を表-2に、その構造を図-3に示す。



写真-3 実用機 (左: 正面側, 右: 背面側)

表-2 実用機の仕様

	重さ (t)	寸法 (m)	仕様
上部防音室	5.0	φ2.5×H10.6	ライナープレート t=2.7mm 補強リング H125×125 吸音材 t=50mm 窓 (アクリル板: t=20mm)
下部防音室	11.0	W4.0×L4.0×H1.9	骨組み H200×200 上下床鉄板 t=25mm 吸音材 t=100mm 壁鉄板 t=6mm 窓 (アクリル板: t=20mm, 25mm)
全体 (合計)	16.0	W4.0×L4.0×H12.5	重心が低い

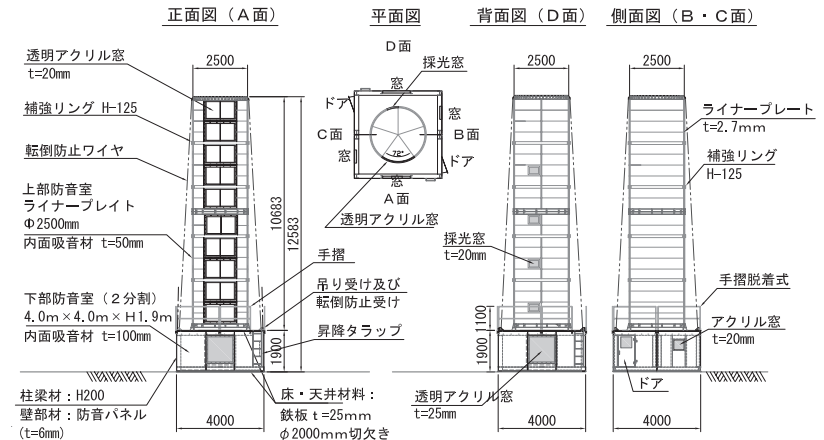


図-3 実用機 (騒音防止装置) の構造図

2. 技術内容

(1) 本技術の用途

本装置はフライングハンマ工法による次の作業に適用できる。

- ① 中掘り圧入最終打撃

- ② バイプロハンマ併用最終打撃
- ③ 圧入併用最終打撃
- ④ 建込み最終打撃

なお、本装置は、鋼管矢板の打止め作業にも適用できるが、鋼管矢板の設計天端が施工基面以下の場合に限る。

(2) 騒音防止のメカニズム

騒音防止のメカニズムの特徴は、装置の形にあるといえる。それを図-4に示す。打撃面で発生した騒音は、ハンマキャップの形状から、その多くが下方に向かって空气中を伝播する。

上部防音室は騒音を下部防音室へと導くことを主な役割とし、下部防音室は断面積が急拡大するその入り口で拡散、減衰した騒音を、広い壁と床面積で吸音し、遮音する役割を担っている。

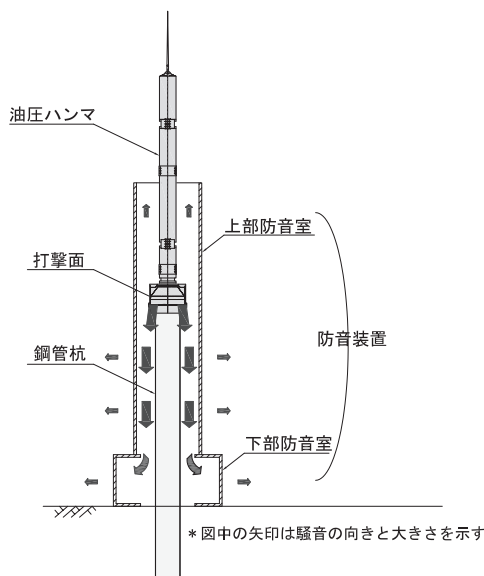


図-4 騒音防止のメカニズム

(3) 防音性能

本装置の防音性能確認試験を千葉県袖ヶ浦市の実現場で行う機会があった。その時の騒音測定状況を写真-4に、測定結果を図-5に示す。

騒音防止装置の有無により騒音の大きさに30 dBの差が確認できる。

また、低騒音工法の代表として、中掘り杭工法（先端根固め方式）の騒音データを四角で示している^(注1)が、油圧ハンマ工法（本装置あり）のラインとそのエリアがほぼ一致している。このことから、本工法が低騒音工法であることを確認できる。

本装置を使用すれば、特定建設作業における騒音の規制値（敷地境界において85 dB：図中の青ライン）を十分クリアすることができる。

（注1）中掘り杭工法（先端根固め方式）のデータは、



写真-4 実用機
(左：装置なし、右：装置あり)

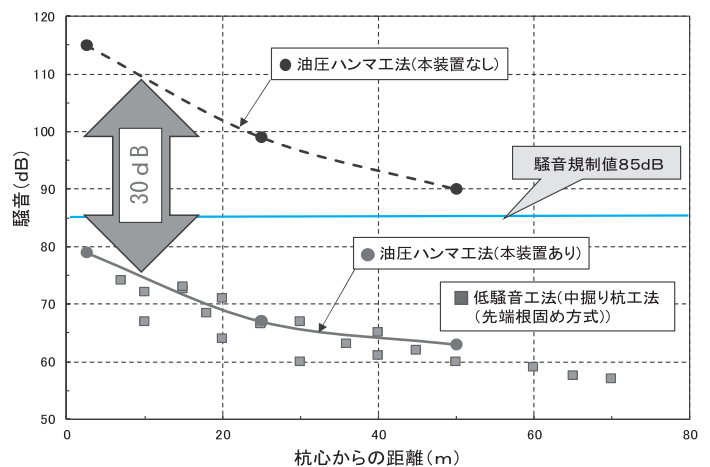


図-5 低騒音工法との騒音比較

鋼管杭 - 施工と施工管理 - : (一般社団法人鋼管杭・鋼矢板技術協会 2009) p.414 の図から読み取った値をグラフ化した。

(4) 取扱い性能

取扱い性能の第一は、クレーンを使用して、杭に被せるように置くだけで、設置完了となることである。1回の吊り作業なので、作業時間は約10分と短時間で済む。総重量は16tであり、比較的軽量にできている。

第二は、本装置の壁に透明アクリル板の大きな窓が設置されており、打設状況を常に確認できることである。このため、打止めのレベル測量等も通常どおり行える。なお、窓部の防音性能は標準部と同等の性能を有している。

第三は、本装置が3ブロックで運搬可能であり、従って組立・解体作業は半日程度の作業で済むことである。また、強風に対する構造安定性も

基準風速 30 m/s に対して 1.5 の安全率を有している。

3. 技術の効果

技術の効果については、次の3とおりの事例で経済性を主に紹介する。

- ① 中径短尺杭の場合の効果算定すると、経済性は46%、工程は6%それぞれ悪化した。これは当社機材センターにおいて実施した鋼管杭（φ 812 mm, L=13.0 m）の試験施工を、中掘り圧入先端根固め工法と中掘り圧入最終打撃工法で標準積算を行い比較したものである。なお、この値は NETIS 登録に使用している。
- ② 小径短尺杭の実施工において、経済性の悪化は承知の上で、総合評価により本装置が採用された例として、岸和田丘陵地区整備工における鋼管杭（φ 700 mm, L=8.5 m）の打設工事がある。工法が中掘り圧入先端根固め工法から中掘り圧入最終打撃工法に変更された事例である。
- ③ 大径長尺杭の実施工において、地盤条件等が厳しい場合は、補助工法が軽微な「継手部先行削孔（もみほぐし）油圧パイプロハンマ併用最終打撃工法」が、補助工法が大規模となる「事前置換え中掘り杭工法」よりも優位となる。新名神高速道路淀川橋工事の鋼管矢板（φ 1,200 mm, L=37.5 m）の標準積算では経済性が10%向上し、工程も53%向上した。中掘り杭工法では適用杭径が1,000 mm程度だが、フライングハンマ工法には適用杭径に制限がないため、本装置の大型化は有効となる。

4. 技術の適用範囲

本技術は、道路・鉄道・港湾等の構造物基礎の鋼管杭や鋼管矢板の打設作業に適用可能である。

適用杭径は、下部防音室の貫通孔の直径から作業余裕を両側に 200 mm 取るため、鋼管杭の場合は外径で 1,600 mm 以下、鋼管矢板

の場合は継手の外々の長さが 1,600 mm 以下である。打設長については特に制限はない。

5. 活用実績

2023年10月現在における本装置の活用実績を表-3に示す。実績は31件と幅広い分野で使われており、特に国土交通省の工事が多く、全体の約60%となっている。

表-3 本装置の活用実績表

事業主	件数	内 訳	内訳件数	都道府県別
国土交通省	19	中部地整	1	三重県
		中国地整	1	山口県
		四国地整	17	徳島県
農林水産省	1	北陸農政	1	新潟県
地方自治体	6	三陸町	1	宮城県
		横浜市	1	神奈川県
		横須賀市	1	神奈川県
		岸和田市	1	大阪府
		徳島県	2	徳島県
NEXCO	2	東日本	1	神奈川県
		西日本	1	大阪府
電力	1	四国電力	1	愛媛県
民間	2	民間	2	千葉県・神奈川県
合計	31		31	

6. まとめ

本装置の開発により、打撃工法が騒音問題から解放され、本来持っている優位性が十分に発揮されるようになった。

なお、今回の受賞の対象ではないが、近年、大型の騒音防止装置を製作し、供用が始まっている（写真-5）。

騒音防止装置	大型
油圧ハンマ	S-350
クレーン	500 t 吊り

大型騒音防止装置の仕様	
防音性能	-30 dB
適用最大杭径	φ 2,500 mm
上部防音室	W4.8×4.8×H19.8 m×28.0 t
下部防音室	W6.0×6.0×H2.3 m×15.5 t
全体	W6.0×6.0×H22.1 m×43.5 t



写真-5 大型の騒音防止装置