

打込み工法による鋼管杭の騒音発生機構（その3）

塩井 幸武*, 境 友昭**

Noise Generation from Steel Pipe Pile by Driving (Part 3)

Yukitake SHIOI, Tomoaki SAKAI

Abstract

A new pile driver is devised, which reduce driving noise of steel pipe pile, based on the theory developed last year. The field driving test has proved that the new hammer, divided in 2 parts, reduces noise in accordance with the value induced from the stress wave theory. Furthermore, the field test proved that a extended tip cover plate of steel pipe pile can increase its point bearing capacity greatly.

Keywords: Steel pipe pile, noise, pile driving, stress wave

1 ハンマの騒音対策効果

昨年度の研究に引き続き、本年度は、実際にハンマを製作し、そのハンマによって杭打ちを行い、発生する騒音との関係を試験した。

ハンマの設計段階では、1次元波動理論によって、ハンマ、クッションおよび杭系をモデル化し、計算波形から騒音を推定した。ハンマ形状を変更して計算を繰り返し、騒音が小さくて、打ち込み特性に優れたハンマの仕様を定める方針によって、ハンマの設計を行った。

1.1 ハンマの製作

ハンマは、以下を基本仕様、目標として設計した。

- (1) 試験対象杭を外径 300 mm の鋼管杭とする。
- (2) ハンマの質量を 4,000 kg 程度とする。
- (3) 騒音パワーレベルの目標値を 100 dB (A)/1 m に設定する。
- (4) この時の打撃力の最大値を 600 kN に設定する。

このための方法として、ハンマを2つに分割し、下側の質量部で打撃力を立ち上げ、遅れて上側のハンマが打撃することによって、打撃力の継続時間を増し、杭の貫入性を向上させる方法を用いた。

(3) の目標値は、騒音のパワーレベルが杭の露出長に比例することから、露出長 1 m 当たりのパワーレベルとして設定している。露出長とパワーレベル (L_w) の関係は、(1) 式のとおりである。

$$L_w = L_{w0} + 10 \log L \quad (1)$$

ここで、 L_{w0} は露出長 1 m 当たりのパワーレベル、 L は杭の露出長 (m 単位) である。これまでの理論解析の結果、パワーレベルは、打撃力の立ち上がり速度に支配されることがわかっており、このため、最大打撃力を規定しない場合、騒音の目標値は設定できない。よって、ここでは、最大打撃力が 600 kN となる打撃条件で、騒音の目標を設定した。

ハンマの設計および製作は、油圧ハンマの主メーカーである日本車両が担当した(図-1)。設計時のパワーレベルは、101 dB(A)/1 m である。この強さは、杭の露出長さが 10 m の時、パワーレベル 111 dB(A) となり、従来の油圧ハンマの

平成 11 年 10 月 15 日受理

* 構造工学研究所・教授

** アプライドリサーチ(株) 代表取締役

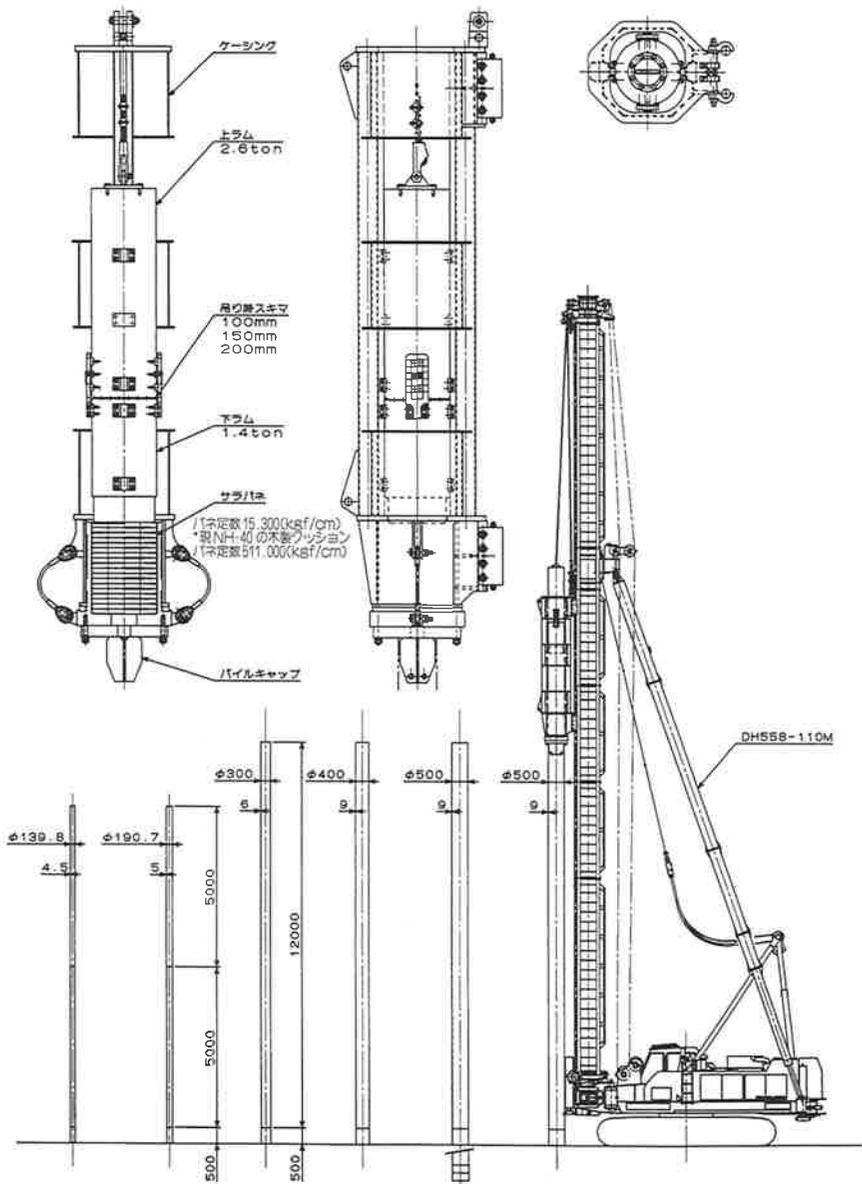


図-1 鋼管杭の低騒音ハンマ試験概要

騒音より約 25 dB(A) 小さい。

1.2 騒音測定

1.2.1 目標

騒音対策ハンマの性能試験のために、実際の杭を対象として試験を行った。

騒音試験に供した杭は、外径 300 mm の鋼管杭であり、露出長が 7 m である。したがって、目標となるパワーレベルと杭芯から 15 m 地点での騒音レベルは、表 1 のようになる。

1.2.2 測定結果

騒音は、 L_A Slow Peak で行った。測定位置

表1 騒音の目標値

パワーレベル	109.5 dB(A)
15 m 点の騒音	80.0 dB(A)

での当初の暗騒音(Back-ground Noise)は、約 67.5 dB(A)であった。また、遠方での機械の作業が停止すると、56 dB(A) から 57 dB(A) となった。このため、遠方での機械が停止している状態で騒音測定を行うこととした。

騒音の測定は、ハンマの設定条件を変更しながら実施した。

設定変更の理由は、騒音の発生原因が、(1)ハンマの打撃力に依存するもの、および(2)機械的な緩み(インターギャップなど)に起因するものがあり、実験の目的から、(1)の打撃力に起因する騒音のみの発生量を特定する必要があったためである。

まず、設計当初の初期設定で試験を行った。この結果は、表2のとおりである。その後、変更を加えて、(2)によって発生する騒音を低減し、(1)の騒音のみを測定する方法を用いた。

初期設定での騒音

クッション変更(1)後の騒音

木製クッションを2枚クッションの上部に挿入して再度試験を行った。その結果は、表3のとおりである。

クッション変更後(2)の騒音

表2. 初期の騒音レベル(音源距離: 14.6 m)

測定番号	ハンマの落下高さ	打撃力の継続時間	騒音レベル
10-16	1.0 m	52 ms	99 dB(A)

表3. クッション変更(1)後の騒音レベル(音源距離: 14.6 m)

測定番号	ハンマの落下高さ	打撃力の継続時間	騒音レベル
17-20	1.0 m	52 ms	97.7 dB(A)

表4. 騒音レベル(音源距離: 14.6 m)

測定番号	ハンマの落下高さ	打撃力の継続時間	騒音レベル
30	1.0 m	52 ms	94.8 dB(A)
31-32	1.0 m	52 ms	93.8 dB(A)

上部のクッションをゴムとし、木製クッションを2枚、その下に挿入して試験を行った。その結果は、表4のとおりである。

表4の中の試験番号31-32は、ハンマのフレームを多少吊り上げて試験したものである。これは、ハンマが落下した後で、ハンマのフレームが再度衝突して騒音を発生することが考えられたためである。この結果、騒音レベルは、1 dB 低減したが、この段階ではまだ金属音が発生した。その原因としては、皿パネを用いたクッションの内部での騒音の発生が推察された。

クッション変更後(3)の騒音

クッションの皿パネの間に、ゴム製のクッションを挿入し、皿パネと皿パネが衝突することによって発生する騒音を低減する方法を施し、試験を行った。その結果は、表5のとおりである。

2 解 析

2.1 対策目標との比較

騒音は、皿パネの間にゴムクッションを挿入し、クッションからの騒音ができるだけ小さくなっている条件で算定する。表5に示すように、

表5. クッション変更(3)後の騒音レベル(音源距離: 14.6 m)

測定番号	ハンマの落下高さ	打撃力の継続時間	騒音レベル
33	1.0 m	47 ms	81.7 dB(A)
34	1.0 m	44 ms	83.6 dB(A)
35	1.0 m	44 ms	82.4 dB(A)
36	1.0 m	44 ms	83.4 dB(A)
38	1.0 m	46 ms	84.6 dB(A)

表6. 設計と実際の比較

	計算 (設計)	測定	比較
騒音レベル (15 m)	80.0 dB(A)	81.7 dB(A)	+1.7 (dB)
打撃力	676 kN	859 kN	+1.0 (dB)
継続時間	50 ms	48 ms	

騒音が最も小さい時の値は、81.7 dB(A) である。

表6に示すように、設計した騒音レベルと測定した騒音レベルは、実測値の方が1.7 dB大きい。しかし、設計時の打撃力と実際の打撃力に違いがあり、測定時の最大打撃力の方が騒音レベルになおして比較すると1 dB大きい。これらの条件を考慮して設計値と実測値を比較すると、表6に示すように実測値の方が0.7 dB大きい

ことになる。

2.2 打撃力波形

打撃力波形は、設計と実際ではやや異なる(図-2)が、表6に示すように打撃力の継続時間がほぼ等しい。これから、ほぼ設計どおりの打撃力波形(図-3)が得られているものと考えられる。

2.3 鋼管杭 500 mm の打撃力、支持力測定

外径 500 mm の鋼管杭 (図-4) の騒音測定と

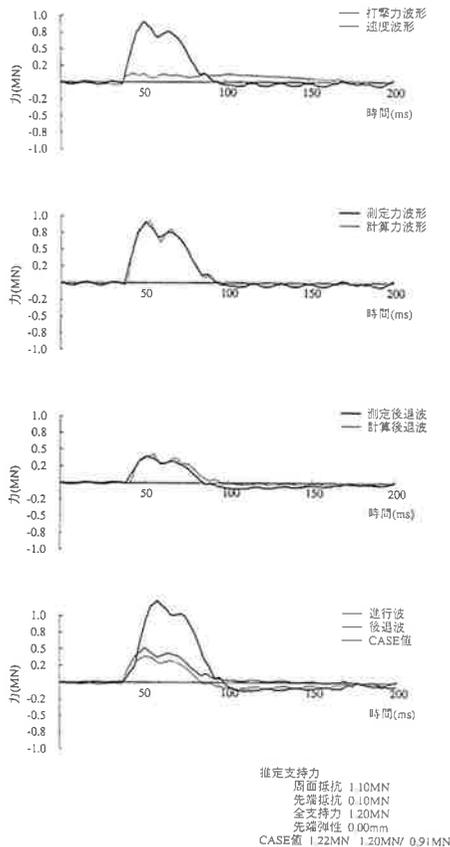


図-2 騒音測定時の打撃力波形の1例

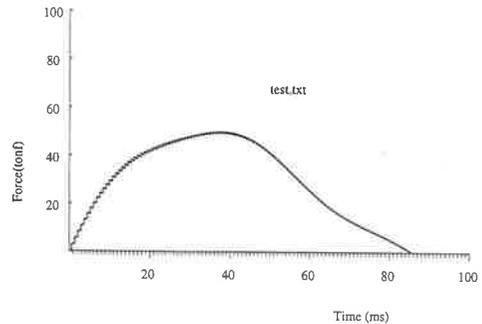


図-3 低騒音ハンマによる打撃力の合成波形の1例

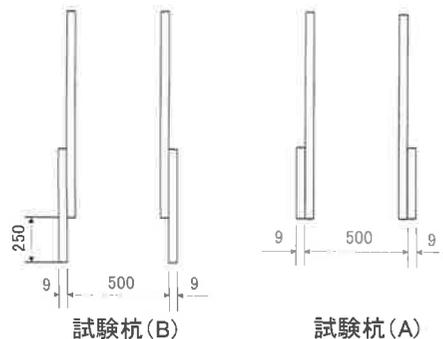


図-4 鋼管杭 500 mm の先端形状

打込み工法による鋼管杭の騒音発生機構（その3）

表7. 鋼管 500 mm：試験杭 A 騒音レベルと動的支持力（音源距離：14.6 m）

落下高さ (m)	騒音レベル dB(A)	CASE 法		波形マッチング		
		現場	波形解析	周面抵抗	先端抵抗	合計
0.1	73.6	0.31	0.58	0.45	0.0	0.45
0.2	84.0	0.54	0.79	0.60	0.0	0.60
0.3	84.7	0.67	1.00	0.85	0.0	0.85
0.4		0.83	1.23	0.90	0.1	1.00
0.5	94.4	0.94	1.30	0.95	0.1	1.05
0.6	85.3	1.02	1.51	0.95	0.25	1.20
0.7	86.9	1.04	1.50	1.03	0.25	1.28
0.8	87.6	1.15	1.72	1.03	0.27	1.30
0.9	86.4	1.23	1.74	1.03	0.28	1.31
1.0	86.7	1.32	1.87	1.03	0.40	1.43
1.2	88.9	1.44	2.06	1.03	0.50	1.53
1.5	90.7	1.61	2.29	1.03	0.70	1.73

表8. 鋼管 500 mm：試験杭 B 騒音レベルと動的支持力（音源距離：14.6 m）

落下高さ (m)	騒音レベル dB(A)	CASE 法		波形マッチング		
		現場	波形解析	周面抵抗	先端抵抗	合計
0.1		0.28	0.50	0.45	0.0	0.45
0.2	81.6	0.49	0.78	0.60	0.0	0.60
0.3	83.8	0.66	0.98	0.80	0.2	1.00
0.4	85.2	0.73	0.97	0.70	0.45	1.15
0.5	86.5	0.89	1.19	0.70	0.50	1.20
0.6	87.1	0.97	1.19	0.70	0.50	1.20
0.7	87.8	1.02	1.33	0.30	0.80	1.10
0.8	88.6	1.19	1.59	0.10	1.05	1.15
0.9	90.7	1.26	1.61	0.25	1.00	1.25
1.0	90.9	1.32	1.77	0.25	1.10	1.35
1.2	91.4	1.37	1.77	0.25	1.10	1.35
1.5	90.7	1.53	2.03	0.25	1.40	1.65

動的支持力測定を行った。その結果は、表7(補強バンド無：試験杭 A)、表8(補強バンド有：試験杭 B) のとおりである。

2.3.1 騒音の比較

図5に試験杭 A, B の測定結果を示す。

2.3.2 支持力の比較

図6, 図7に動的支持力試験の結果を示す。両者の全支持力に差はないが、試験杭 A では周面支持力が大きく、試験杭 B では先端支持力が大きいという違いがある。

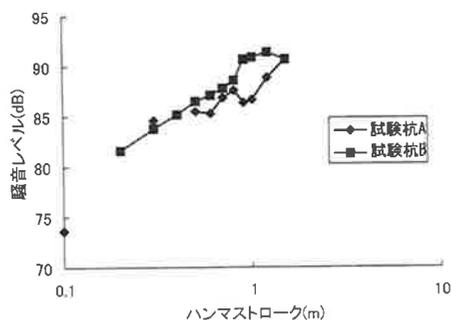


図-5 騒音の比較

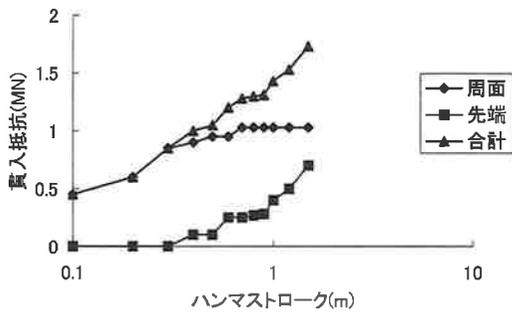


図-6 試験杭 A の打撃力・反力

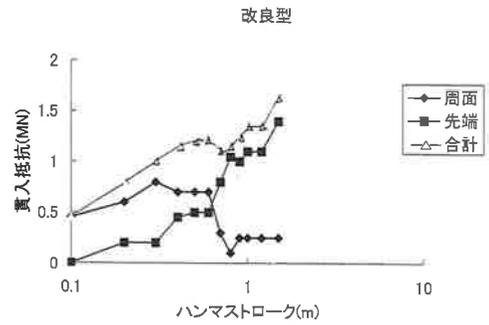


図-7 試験杭 (B) の打撃力・反力

杭頭に作用した打撃力と全動的貫入抵抗の関係から判断すると、この打撃力の範囲では、杭は極限支持状態となっていないと考えられる。

したがって、両者の杭の全抵抗が同じような値になるのは、入力としての打撃力が同じであるからである。