

打込み工法による鋼管杭の騒音発生機構

塩井 幸武*, 橋詰 豊**, 土谷 正幸***, 境 友昭****

Noise generation from steel pipe pile by driving

Yukitake SHIOI*, Yutaka HASHIZUME**, Masayuki TSUCHIYA***
and Tomoaki SAKAI****

Abstract

The steel pipe pile foundation with many preferable properties, is economical using driving method but it is not adopted in urban area because of intolerable noise and vibration during driving. We investigate effects of cushion to reduce noise by driving, mechanism of noise generation from pile, etc.

From the site measurements of pile driving, we found that noise from the pile head is relatively small but the radiated one from pipe body is main part. The effective countermeasures shall be based to control the gradient of impact strain raising in the pile.

Keywords : steel pipe pile, noise, pile driving, dynamic sustaining force

1. ま え が き

従来鋼管杭は、打込工法によって施工されるのが一般的であった。しかし、打撃に伴う騒音や振動などの環境問題から、次第に打込による施工は少なくなった。しかし、鋼管杭の場合、打込による施工の方が安価でかつ確実な支持力が得られることから、騒音・振動の問題を解決し、打撃による施工方法を復活させることが望まれている。

本試験は、これらの要請に応えるため、鋼管杭の騒音対策型打込工法の開発を目的とし、打撃時の鋼管杭の騒音発生機構の解析を行うものである。

2. 音の発生機構

2.1 鋼管杭の騒音

ディーゼルパイハンマによる打撃で鋼管杭基礎を施工する時、発生する騒音のパワーレベルは、ほぼ 120dB から 125dB の範囲である。

2.2 振動する物体からの音の発生機構

振動する表面からの音は、物体の表面と接触している空気の粒子が押しつけられることによって発生する。この時、物体の表面の振動速度とその表面での空気の粒子の振動速度は等しくなる。このようにして発生した空気の振動は、媒質としての空気中に拡散し、音として認識される。

2.3 鋼管杭の音の発生機構

鋼管杭からの音は、鋼管杭が振動することによって発生する。杭は打撃されることによって上下方向にも振動するが、これは一般的には音

平成9年10月15日受理

* 構造工学研究所・教授

** 大学院工学研究科土木工学専攻博士前期課程・2年

*** 鋼管杭協会 施工分科会長

**** (株)アプライドリサーチ代表

とはならない。何故ならば、空気は気体であるため、剪断抵抗を持たず、したがって杭が上下方向に振動してもこの振動は、空気に伝達されないからである。

鋼管杭から音が発生するのは、鋼管杭が半径方向に呼吸し、これによって鋼管杭と接した空気に圧縮、引張り方向（縦方向）の振動を与えるからである。このような杭の半径方向の呼吸振動は、打撃された杭が鉛直方向に圧縮され材料のポアソン比によって半径方向に伸延するためである。

打撃力の時間波形を $F(t)$ 、杭の外径を D 、ポアソン比を ν とすると、杭の半径方向の拡大 u は、

$$u = D\nu \frac{F(t)}{AE} \quad (1)$$

となる。ここで A 、 E はそれぞれ杭の断面積、縦弾性係数である。杭の呼吸速度は、この u の時間微分であるから、

$$\frac{du}{dt} = D\nu Z \frac{1}{AE} \frac{dv(t)}{dt} \quad (2)$$

となる。ここで Z は、杭の機械インピーダンスであり、杭材の弾性波の伝搬速度を C_p とすると、 $Z = AE/C_p$ の関係がある。また、 $v(t)$ は、打撃力の粒子速度であるから、その時間微分は加速度である。式を整理し加速度の時間波形を $a(t)$ とすると、

$$\frac{du}{dt} = D\nu \frac{1}{C_p} a(t) \quad (3)$$

が得られる。

打撃力が杭頭に発生し、これが杭先端部へ伝達していく過程で、杭は打撃力の波形の微分に対応して順次拡大縮小する。打撃力の波長が空气中に露出した杭の長さよりも長いと考えると、杭は同位相で呼吸することになり、打撃による杭の呼吸振動は、音として空气中に放射される¹⁾。

この時、発生する音の平均仕事量(パワー)は、杭の露出長を L として、

$$W = \pi \rho c \left\{ \frac{du}{dt} \right\}^2 DL \quad (4)$$

となる。ここで、 ρ 、 c は空気の密度、空気中の音速であり、この積は音響インピーダンスである。 du/dt が2乗となるのは、音の場合のエネルギーは、粒子速度と音の圧力の積であり、音圧 p は、音の粒子速度を v として $p = \rho cv$ となるからである。これから、鋼管杭から発生する騒音は、

$$W = \pi D^3 L \nu^2 \frac{\rho C}{C_p} \langle A^2 \rangle \quad (5)$$

となる。すなわち、発生する音のパワーは、杭の外径の3乗、杭の露出長、および杭の加速度の2乗に比例することになる。これを音響パワーレベルで表示すると、

$$L_w = 5.67 + 30 \log D + 10 \log L + 20 \log |A| \quad (6)$$

2.4 音の発生機構の確認方法

鋼管杭から発生する音が、杭の呼吸振動に



写真-1 鋼管杭の打込試験

¹⁾ 波長が杭の露出長よりも短いと、正方向の振動(ソース)と負の方向の振動(シンク)が混在し、音の放射効率が低下する。

よって発生している場合、前節から明かなように、音圧波形と杭の加速度波形は、全周波数帯域にわたって一致する。すなわち、杭の加速度を入力 x 、音圧を y とすると、

$$Y(\omega) = G(\omega)X(\omega) \quad (7)$$

が成立する。ここで ω は角周波数、 G は系の周波数応答関数であり、この場合、 G は、周波数によらず一定の値となる。すなわち、周波数応答関数の周波数スペクトルは平坦となる。

3 試験方法

鋼管杭の打撃時の騒音の発生機構を試験によって確認するため、現場での測定を行った。試

験では、ハンマ（ラム）とクッションの接触部に空気音対策を主眼としたクッション付加装置をとりつけて、その性能の確認を行った。(写真-1)

3.1 試験場所

宮城県石巻市蛇田地区内、蛇田跨道橋工事現場

3.2 試験日時

1996年10月21日(月)13時20分から16時30分

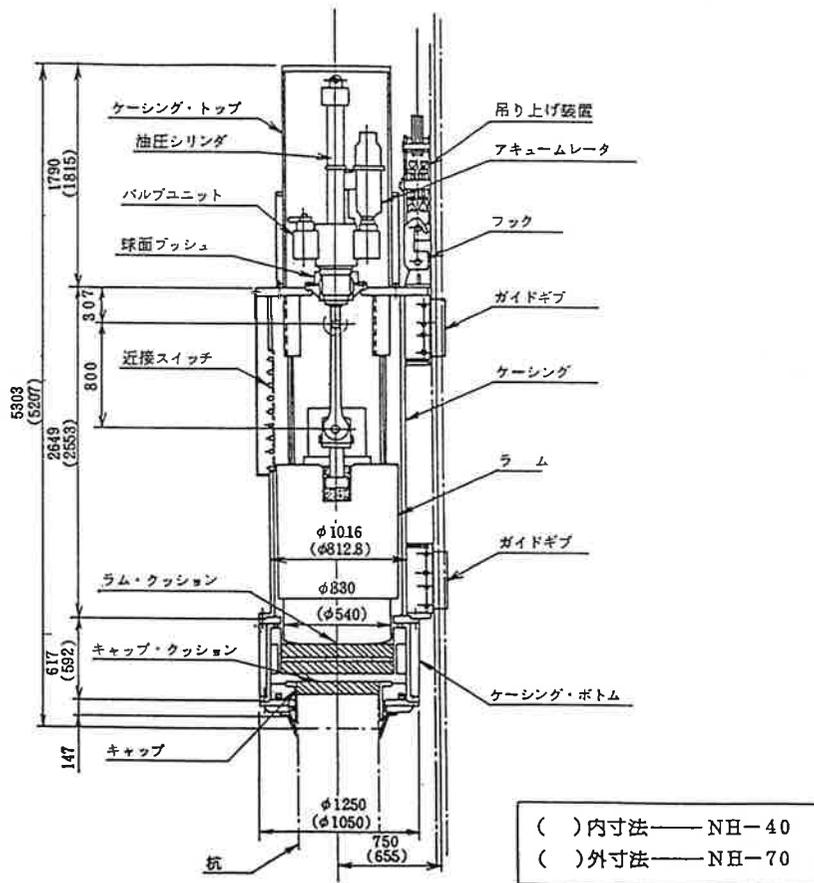


図-1 本体構造図

3.3 試験対象の杭, 杭打ち機

試験対象の杭は, 鋼管杭で直径 800 mm, 長さ 32 m (10 m+10 m+12 m), 上杭の断面積は, 394 cm² である。試験は, 同現場の杭 No. 25 を対象とした。

杭打ち機は低騒音型油圧パイルハンマ (NH-70) でハンマ本体の構造を図-1 に示す。ハンマの重量は 7.0 tf である。

3.4 測定方法

3.4.1 杭の加速度および打撃力

杭の動的支持力 杭頭から 2D (1.6 m) の位置の対角方向 2 か所に DPAS-5 センサー (加速度計, およびひずみゲージ) を取り付けて, 打撃時の力及び加速度を測定した。(写真-2)



写真-2 センサーの取付位置

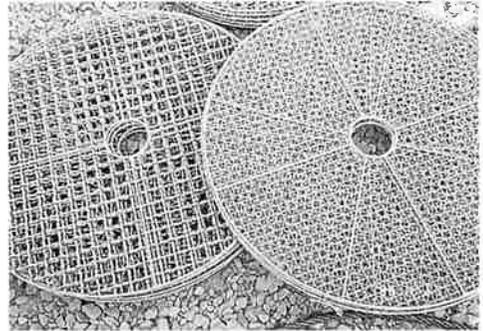


写真-4 細目と太目のクッション



写真-5 細目クッション 5 枚の設置状況



写真-3 JIS 騒音計



写真-6 細目クッション 10 枚の設置状況

表-1 クッションの条件

(ファイル名データ名)	クッションの条件
DP01-DP05	通常クッション (クッション入替前)
DP06-DP10	細目 5 枚 (写真-5)
DP11-DP16	細目 10 枚 (写真-6)
DP17-DP22	太目と細目の組み合わせ (太細太細太細細細)
DP23-Dp26	通常クッション (クッション入替終了後)

表-2 振動数とその発生原因

原因	周波数
(1) 鋼管杭露出部の波動共振	$5,126 / (3.1 \times 2) = 826$
(2) 鋼管杭露出部の空気共振	$340 \times 4 / 20 = 68$
(3) 打撃周波数	$1,000 / (1.7 \times 2) = 294$

杭からの放射騒音 加速度計の内、1 個の測定軸を杭の半径方向にし、また杭から 2.5 m 離れた位置に精密騒音計を設置し、杭の鉛直方向の加速度、水平方向の加速度および音波形を同時測定した。

測定装置 測定は、いずれの試験においても DPAS-5 相当の測定装置を用いて行い、データは A/D 変換してコンピュータに取り込んだ。A/D 変換の速度は、 $100 \mu\text{s}$ データ数は 1 ch 当たり、1,000 個である。すなわち、測定時間は 100 ms (0.1 秒) となる。

3.4.2 杭の露出長さとは騒音の大きさ

杭の暴露長さ(地上に露出している杭の長さ)と発生する音の大きさの関係を調べるため、杭の打込み 1 m 毎に、杭中心から 20 m および 30 m の位置 (地上 1.2 m) で騒音の測定を行った。(鋼管杭協会)測定は、騒音計の動特性 Fast (測定の時定数、約 0.2 秒) である。(写真-3)

3.5 クッションの効果の測定

3.5.1 空気音対策クッションの組み合わせ

クッションは、ハンマが既存のクッションと衝突して発生する空気音の低減を目的として製作したものである。本試験で使用したクッションは、金属を網目状に編んだものである。クッ

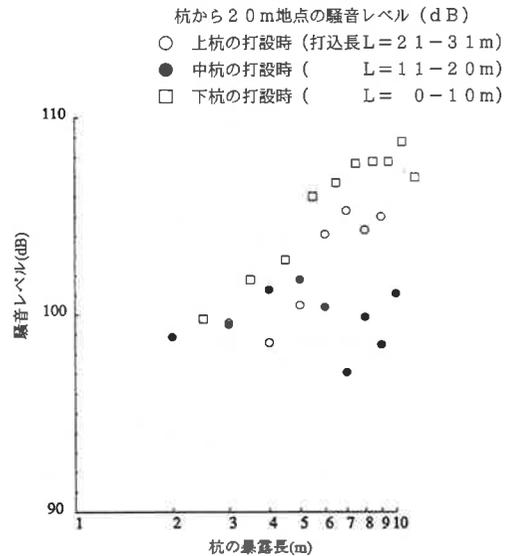


図-2 杭の暴露長さとは騒音レベルの関係

ッションとしては、細目(素線の直径 2 mm) (写真-4 右側)と太目(素線直径 5 mm) (写真-4 左側)の 2 種を準備し、次の組み合わせによって試験を行った。

- (1) 細目 5 枚
- (2) 細目 10 枚
- (3) 太目と細目の組み合わせ (太細太細太細細細)

表-3 クッションによる騒音低減効果

記号	クッション	騒音レベル dB (A)	
		20 m	30 m
	既存 (檜)	95.0	90.9
(1)	細目 5 枚	93.8	87.9
(2)	細目 10 枚	92.7	87.0
(3)	組み合わせ	92.3	87.0
	既存 (檜)	94.7	89.3

3.5.2 測定方法

測定は、音の発生機構の試験および騒音測定（杭中心から 20, 30 m）によって行った。

4 測定結果

4.1 測定波形

杭の加速度および音の同時測定結果を参考資料-1 に示す。図の縦軸は A/D 変換の電圧値、横軸は周波数を示す。

測定したデータの名称と測定条件とは、表-1 に示す。

4.2 杭の振動加速度と音

参考資料-2 に加速度波形および音の波形の周波数スペクトルおよび周波数応答関数を示す。スペクトルは、周波数、パワーとも対数軸で表示している。スペクトルは、最大値を 0dB として標準化したものであり、これは周波数応答関数についても同様である。図中 (A) は加速度、(N) は音を意味する。周波数応答関数は、加速度を入力、音を出力して求めたものである。測定及び解析波形を個別に見ると、200 Hz、300 Hz および 800 Hz の帯域で応答がピークとなるものがあるが、全体的に見ると、ほぼ加速度と音は、1 対 1 の対応関係にあると言えよう。主たる成分は、200 から 800 Hz の中にある。このような振動数の発生原因には様々なものがある。表-2 に、おもなものを示す。

(1) は、鋼管の露出部（この場合の測定では 3.1 m）を弾性波動が往復して発生する共振振動数である。波動の伝搬速度が 5,126 m/s の時、共振周波数は、826 Hz およびその整数倍となる。(2) は、鋼管杭を底面が固定された気柱とみなした場合の共振周波数であり、分母の 20 は、鋼管の閉塞深度であるが、ここでは計算上 20 m としている。(3) は、打撃力の振動数であり、これは、打撃力がピークに至る時間 1.7 ms から求めている。実際に具現化する振動数は、この整数倍となる。

4.3 杭の深度と騒音

杭の打設深度と発生する騒音の関係については、鋼管杭協会が測定した。この結果を参考資料-3 に示す。

また、測定結果を整理して図-2 に示す。図では、杭の暴露長（空気中に出ている長さ）を横軸、対数で示している。縦軸は、騒音レベルであり、これは、式 (6) に示すように、騒音のパワーレベルが杭の暴露長さの対数に比例する関係があるからである。図に示すとおり、暴露長さが 10 倍となることによって、騒音レベルは、ほぼ 10dB 大きくなる傾向となっている。

4.4 クッションの効果

今回試験したクッションの騒音低減効果について、鋼管杭協会によって杭から 20 m 地点、30 m 地点で測定された結果を参考資料-4 に示す。

表-4 動的貫入抵抗の解析

杭の区間長 (m)	貫入抵抗 (tonf)	粘性抵抗
6.64	0.0	0.0010
6.64	0.0	0.0010
6.64	20.0	0.0010
7.10	200.0	0.0010
7.10	100.0	0.0010
34.12	320.0	
生端抵抗	200.0	0.26
合計	520.0	

測定結果のまとめを表-3 に示す。

ラムと既存のクッションの間に挿入した今回のクッション部材は、杭頭での空気音の対策を主眼としたものであり、したがって、全体に杭から発生する騒音の寄与率が大きい中では、その効果が小さい。メッシュのクッション部材を用いることによって、ラムとクッションの間に狭まれた空気が強制的に排除される時に発生する音は大きく低減するが、全体としての効果は大きくならない。

メッシュ状クッション部材によって空気音がほぼ防止されたと考えると、この状態での空気音の全体の騒音に対する寄与率は、42% と推定される。

$$Cr = 1 - \frac{10^{9.29}}{10^{9.53}}$$

である。各条件での騒音の大きさは、平均し次の値を用いた。

クッション部材無し	95.3dB
クッション部材つき	92.9dB

5 騒音対策のまとめ

5.1 騒音の発生機構

杭打ち時の騒音は、(1) 杭から発生する騒音と (2) ラムとクッションとの接触面で発生する空気音によって構成される。その寄与率は、前

表-5 道示による支持力推定値

クッション材	動的支持力 [g]
無し	280.184592
小5枚	414.7324386
小10枚	494.2379843
大3小4	473.8356381
無し	199.059495
大5枚	223.5818144
無し	416.6549691
無し	631.717402

者がほぼ 60%、後者が 40% と推定される。

5.1.1 杭からの放射音

杭からの放射音のパワーレベルは、式 (6) で表現される。杭の露出長が 1/10 となることによって、騒音の大きさは、10dB 低減することになる。今回の試験では、杭の露出長が 10 m から 1 m となることによって、約 11dB の騒音が低減している。この値は、計算によって得られる値よりも大きい。これは杭の露出長が短くなった場合、実際的な自由面の大きさは実寸より小さくなるからと推定される。(杭が地盤と接する位置では、杭の半径方向の膨張は、地盤によって拘束され、騒音の発生に寄与する杭の表面積は実寸よりも小さい。)

今回の杭打ちでは、打撃力の立ち上がりから計算される平均加速度は、2,300 m/s² (3.8 m/s の最大速度に達するまでの時間は、1.65 ms で

あり、これから平均加速度は、約 $2,300 \text{ m/s}^2$ と計算される。)である。このとき、杭から放射される騒音のパワーレベルは、126dB と計算される(杭の露出長さ 3m)。騒音レベルから推定される騒音パワーレベルは、約 127dB であり、ほぼ等しい値となる。

5.1.2 空気音

空気音は、杭からの騒音が小さくなった時点では、騒音源として認識されることになる。計算によると、杭の露出長が 10 m の場合、空気音の寄与率は、5.4% に低減し、この対策が完全に行われたとしても、全体の騒音は 0.2dB しか低減しない。

5.2 今後の騒音対策

今回の試験および解析によって、鋼管杭の打撃時の騒音の発生機構が明らかになった。騒音を低減するためには、杭の加速度(打撃力の立ち上り速度)を低減する必要がある。立ち上り速度(加速度)を $1/2$ とすることによって、騒音対策効果は 6dB と計算される。また、 $1/4$ とすれば、10dB 以上の騒音対策となる。ただし、杭からの放射音が 10dB 低減されると、杭頭部分から発生する空気音の寄与率が相対的に高くなり、その対策が必要となる。今回のクッション部材は、その空気音対策として有効であることは、確認されている。今後の騒音対策としては、(1) 打撃力の立ち上り速度の低減、(2) 空気音対策、の手順となろう。

6 杭の動的支持力

今回の試験では、騒音の測定と同時に、杭の動的貫入抵抗の測定も行った。杭はヤットコ打ちで打ち止めされることから、打ち止め管理としての動的貫入抵抗の測定とはならなかった。測定結果を表-4、および参考資料-5 に示す。

なお、道路橋示方書に示す動的支持力の推定値は表-5 のとおりとなった。クッション材無し(樫の木)の表面が荒れてハンマ底面とのなじみ

が悪くなり、その結果、リバンド量が小さくなったためと考えられる。波動論による動的貫入抵抗(表-4)と道路橋示方書による動的支持力(表-5)の値の間に大きな差はなかった。このことは当初懸念されたクッションの介在によって、支持力の判定に大きな影響が生じていないことが判明した。

7 次年度以降の計画

7.1 打撃力波形による音の発生量の予測方法の開発

波動理論による杭打ちシミュレーション計算によって杭頭に発生する打撃力波形を生成、この打撃力波形の微分を求め、これを入力として音の波形を生成する。このときの伝達関数(加速度と音)は、今回測定解析したものをを用いる。

7.2 クッションの機構

ついで、クッションを色々な形式としてシミュレーション計算を行い、騒音発生量が小さくかつ杭の打ち込み特性に影響の小さいクッションを求める。

計算によって妥当なクッションが決定できれば、これを実際に制作するための材料特性の検討、クッションの構成方法について検討し、これを製作する。

7.2.1 第2回試験とまとめ

作成したクッションを実際に使用して発生する騒音の測定を行う。

この段階で所期の性能が確認できれば、後は耐久性の問題となる。性能が発揮されていない場合には、打撃力波形を測定し、その原因を探索する。

謝 辞

本研究は(株)鋼材倶楽部からの大学助成金で実施されたもので、このような機会を提供していただいたことに厚く御礼を申し上げます。ま

打込み工法による鋼管杭の騒音発生機構

た、現場での計測には建設省東北地方建設局仙台工事々務所、株式会社本間組の御協力があったこと記し、感謝の意を表したい。この他、騒音計測やクッションの製作にあたっては株式会社地盤試験所、岡部テック株式会社の御支援、油

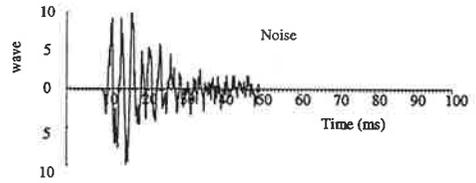
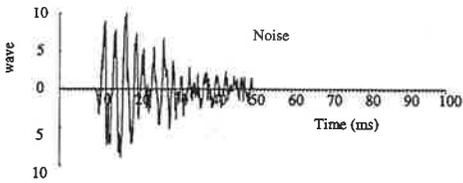
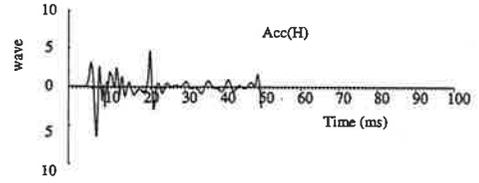
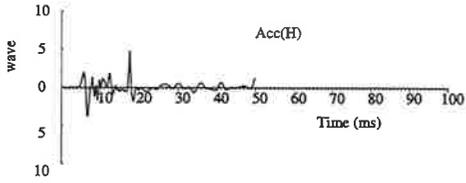
圧ハンマの操作、クッションの入替などで日本車輛株式会社、佐々木建設株式会社の御協力をいただいで良好な計測ができたことに感謝している。

参考資料-1 測定波形

加速度 (水平)

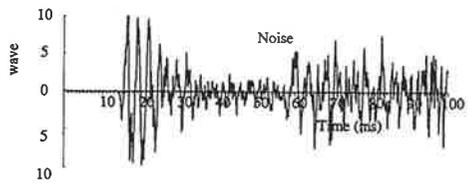
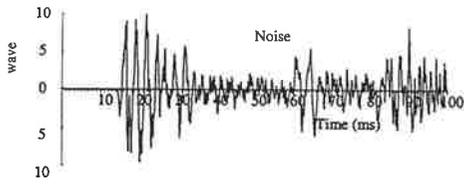
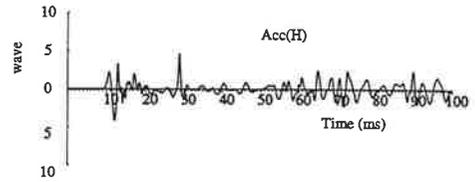
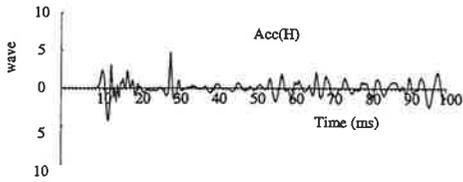
加速度 (垂直)

音



dp01.dat

dp02.dat

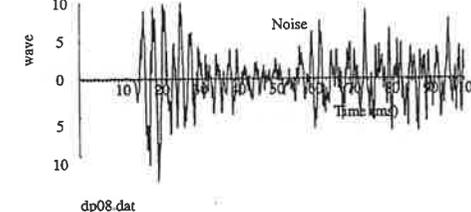
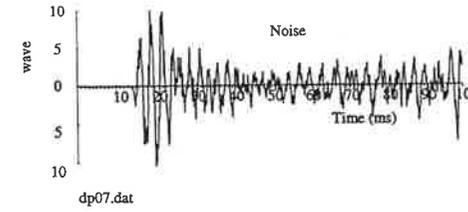
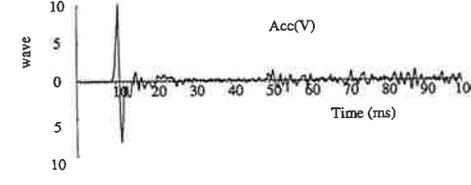
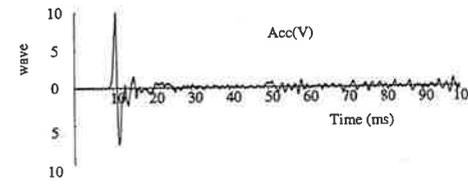
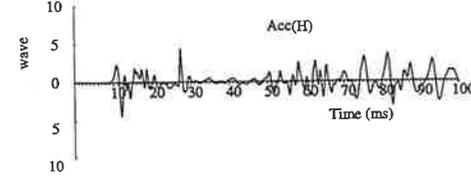
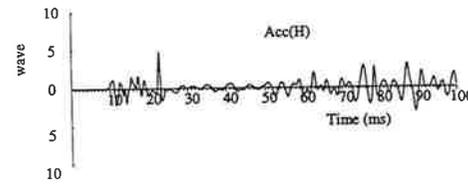
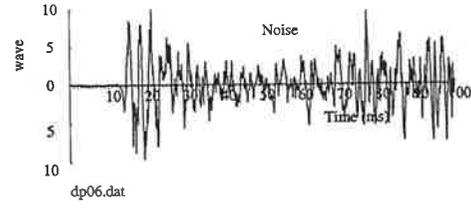
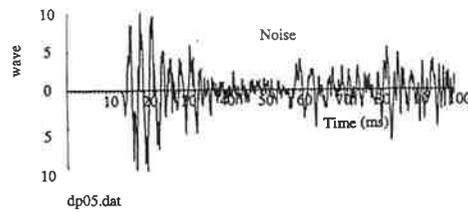
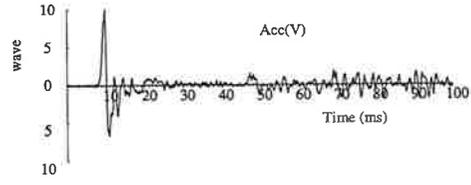
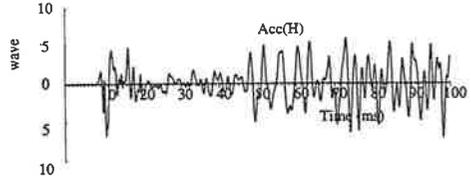
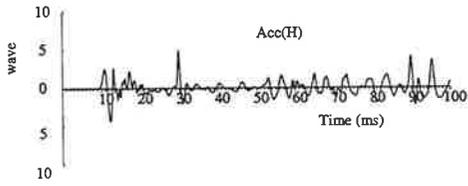


dp03.dat

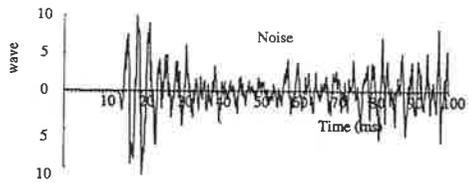
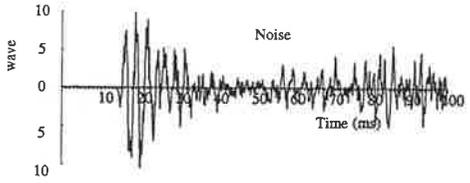
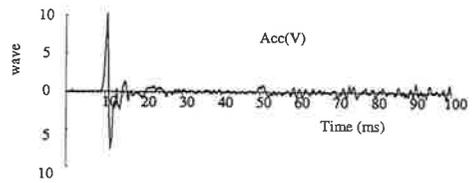
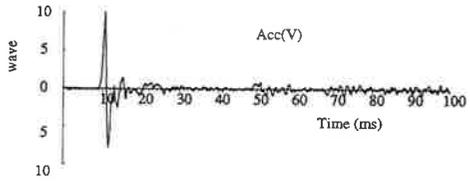
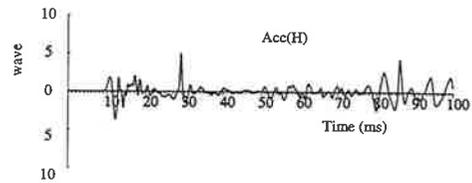
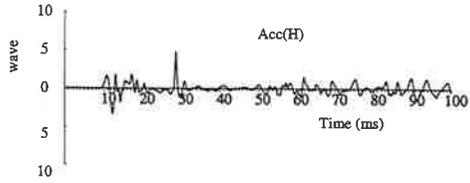
dp04.dat

打込み工法による鋼管杭の騒音発生機構

参考資料-1 のつづき②

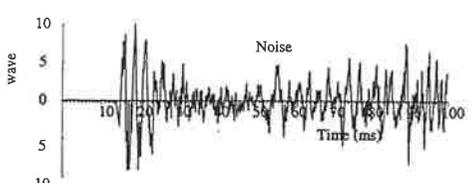
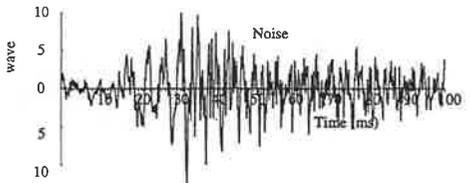
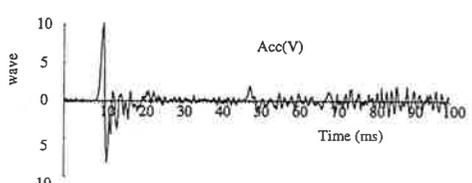
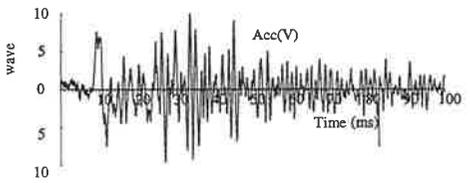
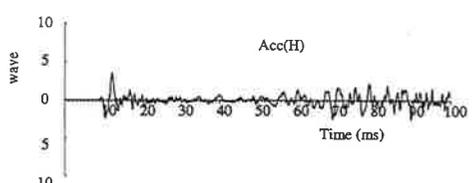
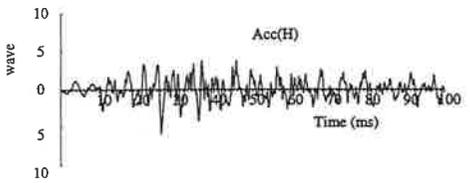


参考資料-1のつづき③



dp09.dat

dp10.dat

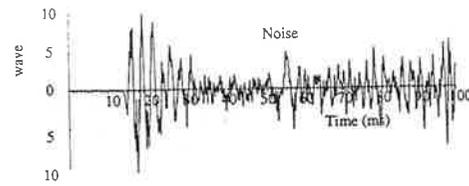
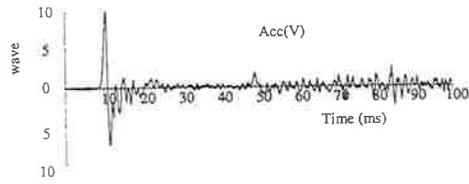
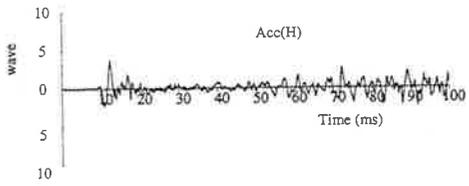


dp11.dat

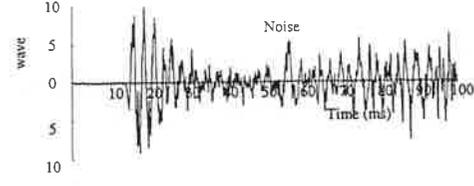
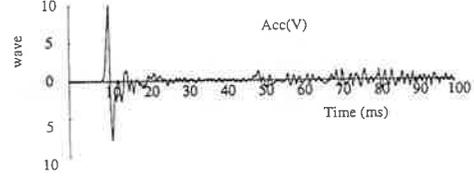
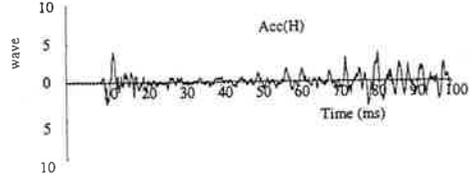
dp12.dat

打込み工法による鋼管杭の騒音発生機構。

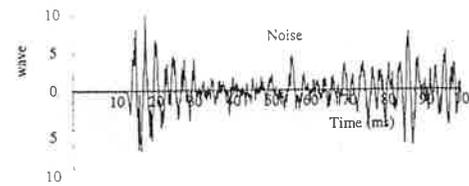
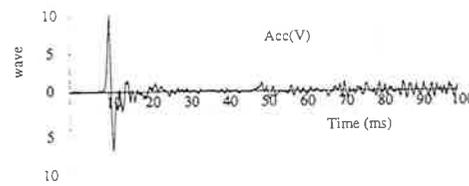
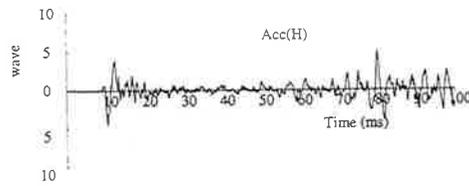
参考資料-1 のつづき④



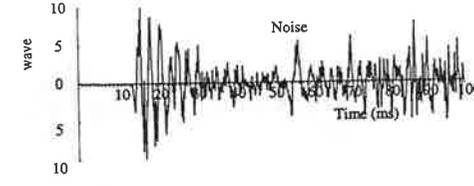
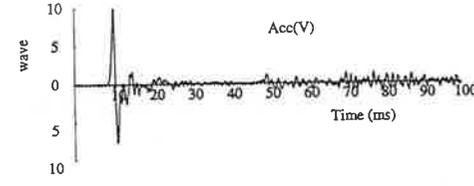
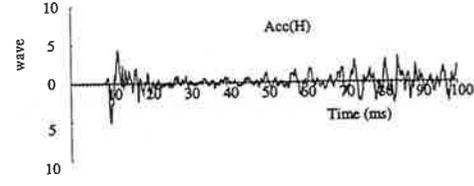
dp13.dat



dp14.dat

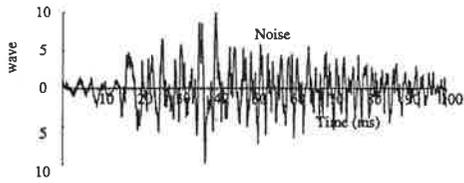
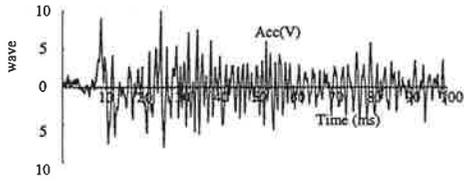
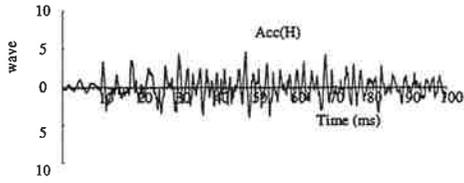


dp15.dat

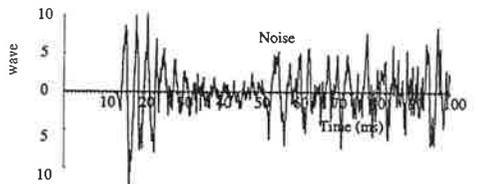
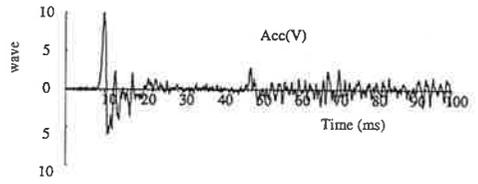
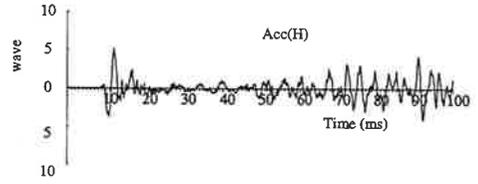


dp16.dat

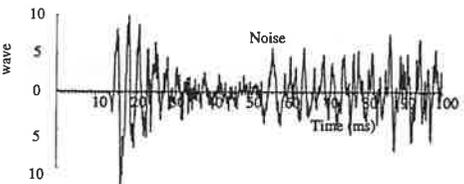
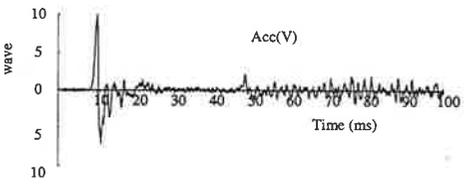
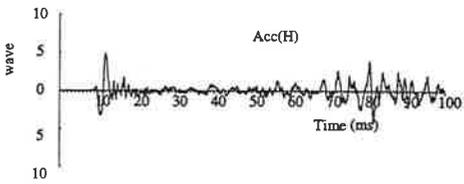
参考資料-1 のつづき⑤



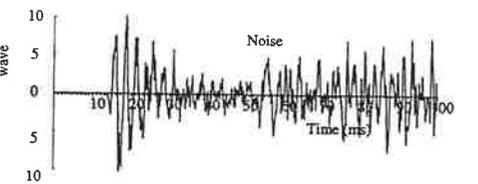
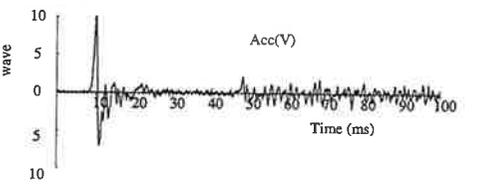
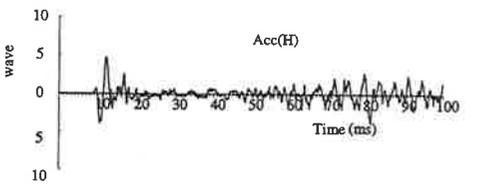
dp17.dat



dp18.dat



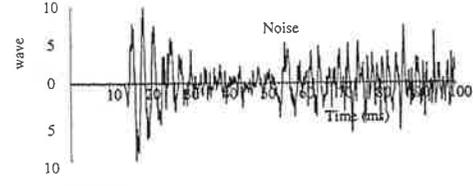
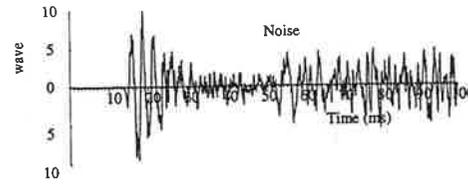
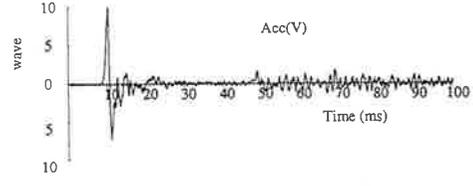
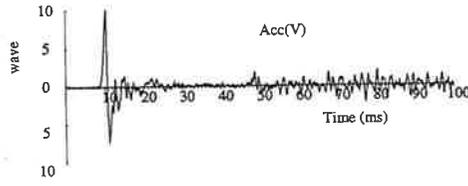
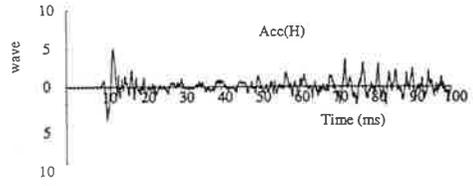
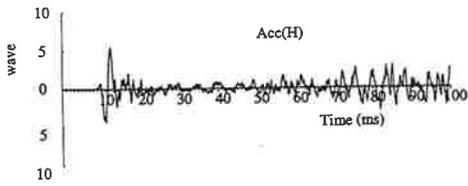
dp19.dat



dp20.dat

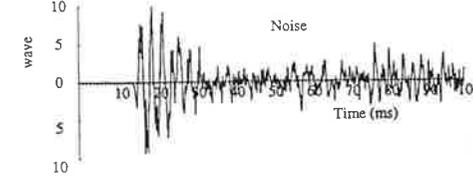
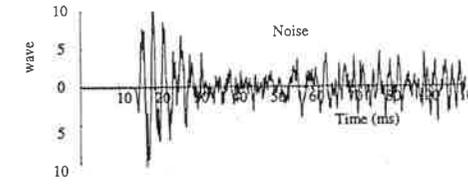
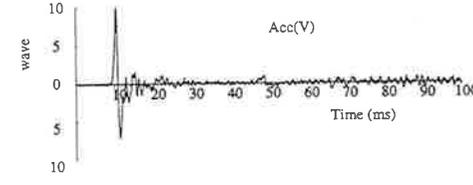
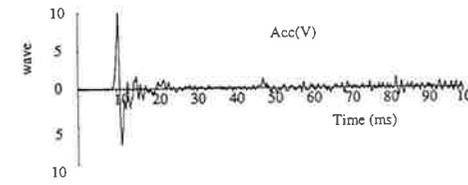
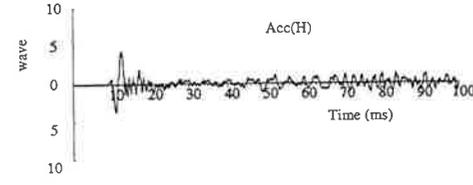
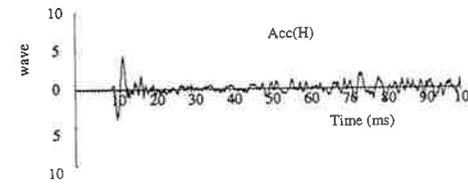
打込み工法による鋼管杭の騒音発生機構

参考資料-1 のつづき⑥



dp21.dat

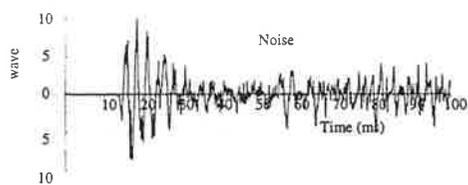
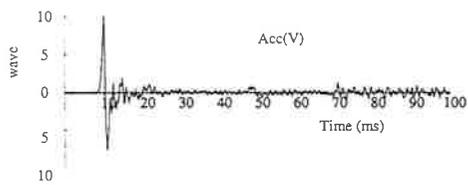
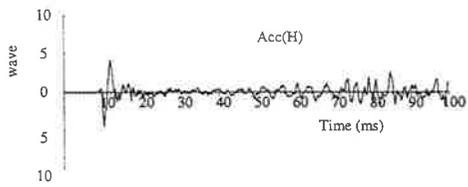
dp22.dat



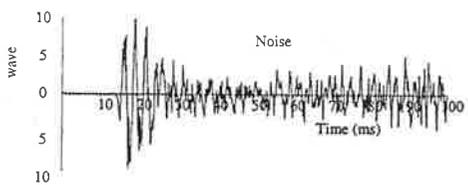
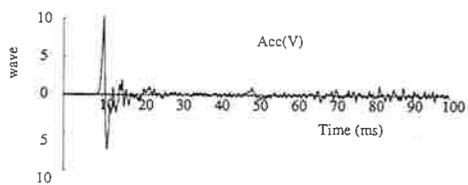
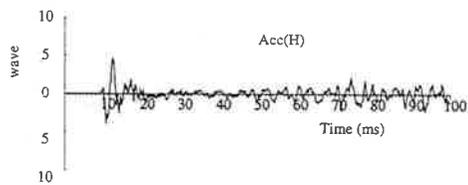
dp23.dat

dp24.dat

参考資料-1 のつづき⑦



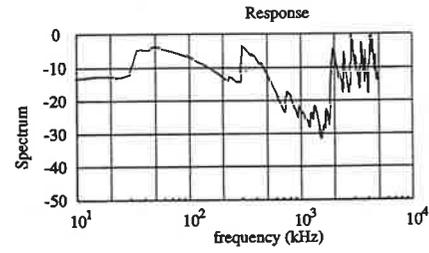
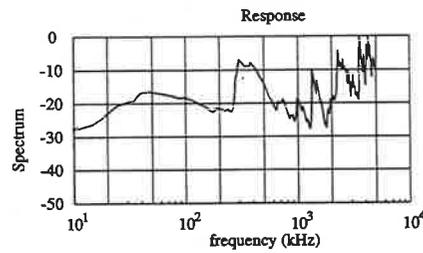
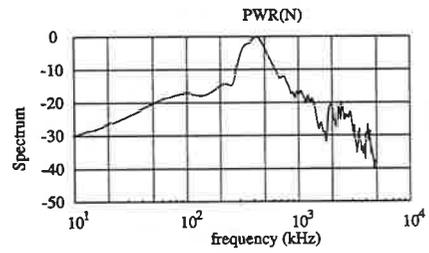
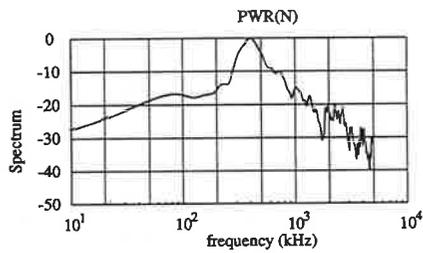
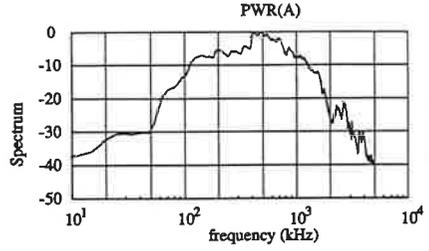
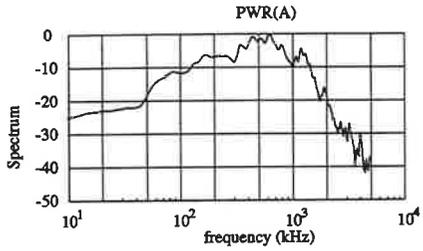
dp25.dat



dp26.dat

打込み工法による鋼管杭の騒音発生機構

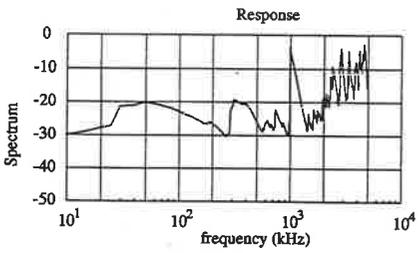
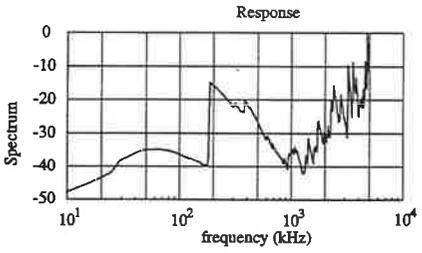
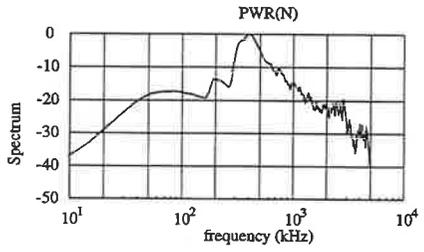
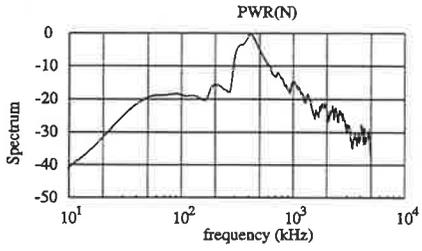
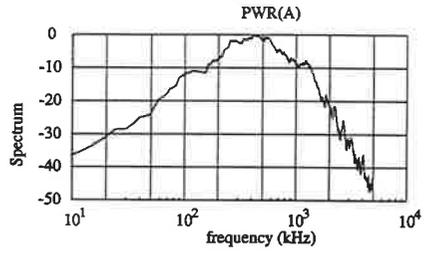
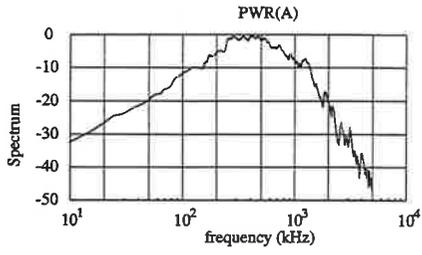
参考資料-2 周波数スペクトル周波数応答関数



dp01.dat

dp02.dat

参考資料-2 のつづき②

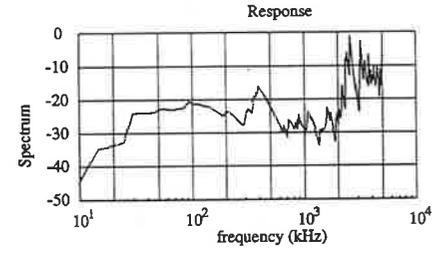
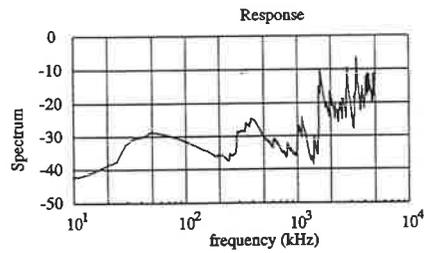
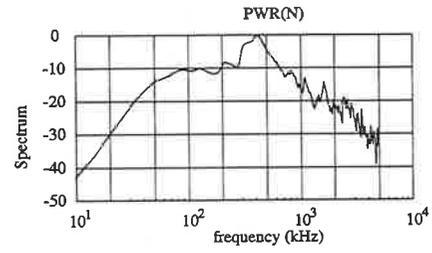
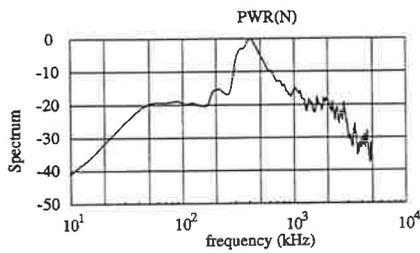
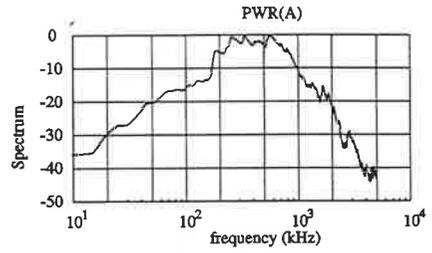
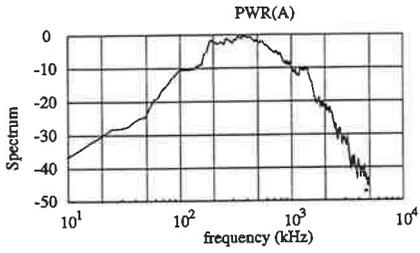


dp03.dat

dp04.dat

打込み工法による鋼管杭の騒音発生機構

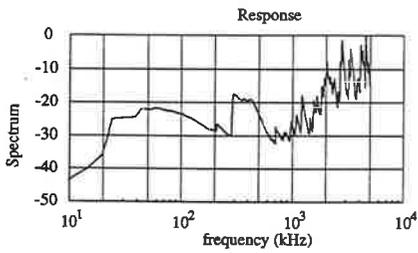
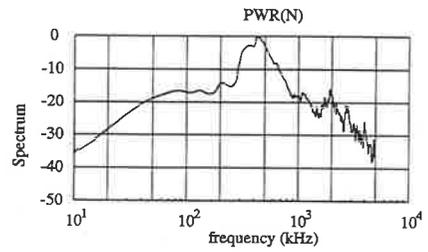
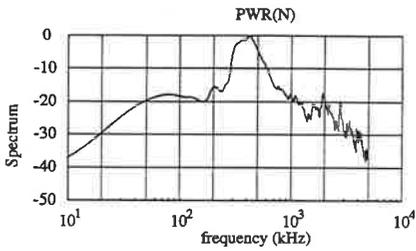
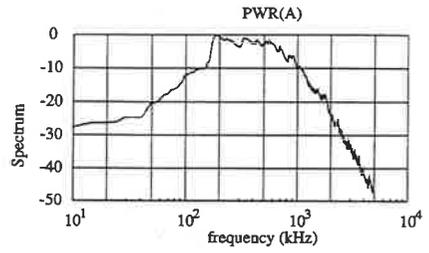
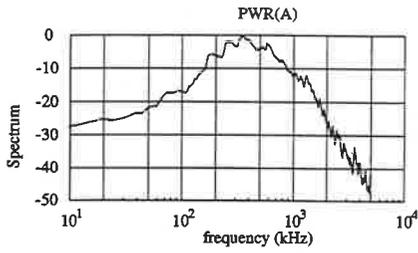
参考資料-2 のつづき③



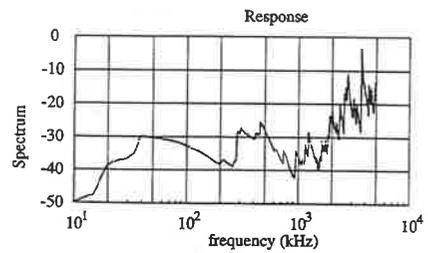
dp05.dat

dp06.dat

参考資料-2 のつづき④



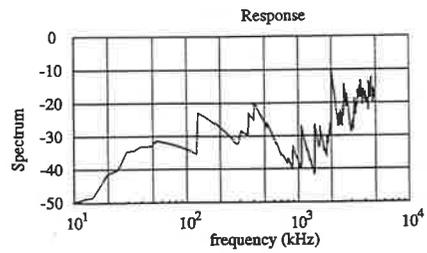
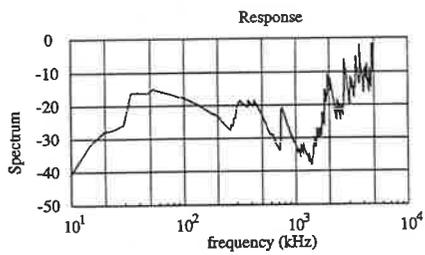
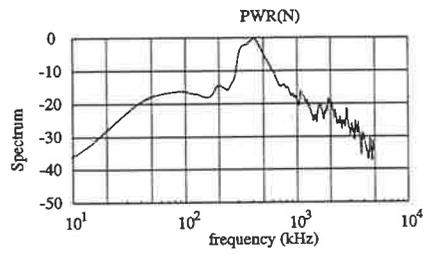
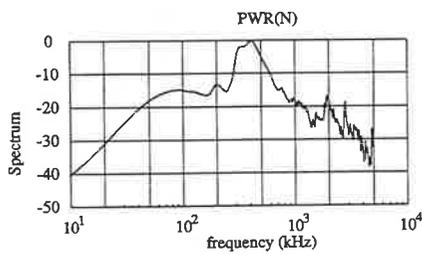
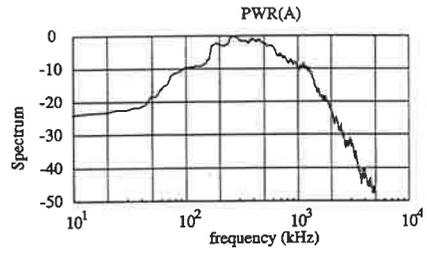
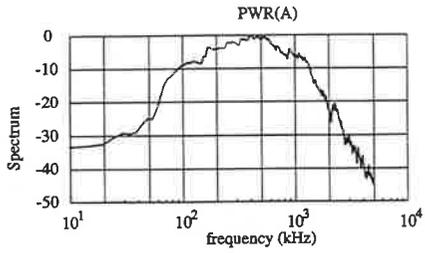
dp07.dat



dp08.dat

打込み工法による鋼管杭の騒音発生機構

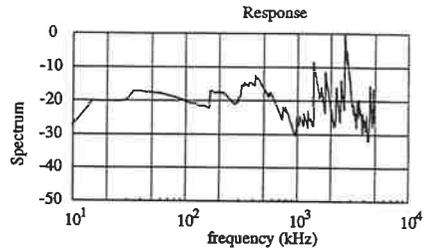
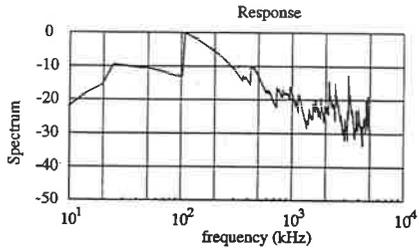
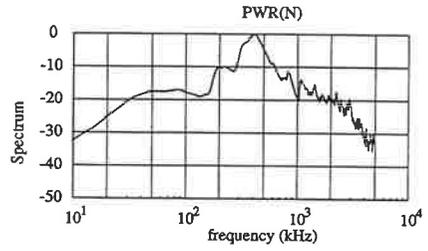
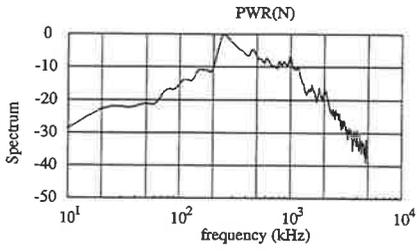
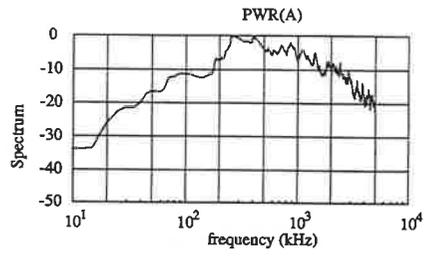
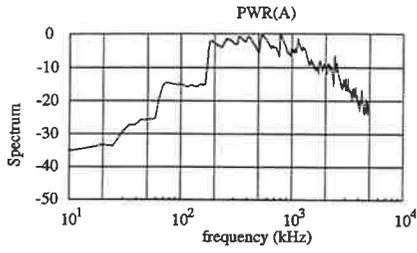
参考資料-2 のつづき⑤



dp09.dat

dp10.dat

参考資料-2 のつづき⑥

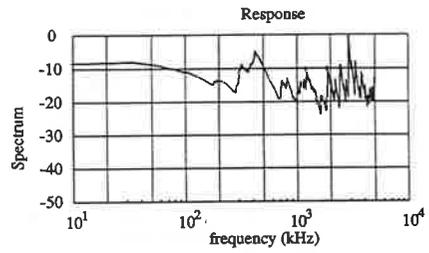
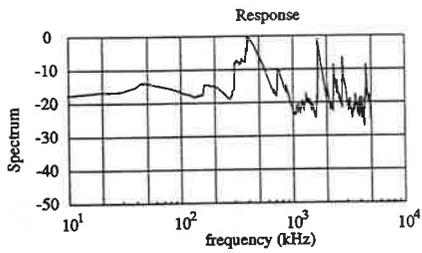
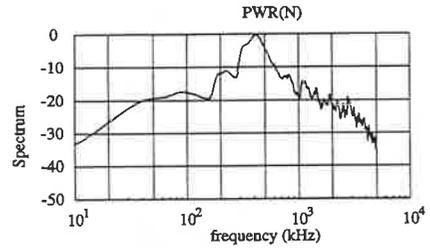
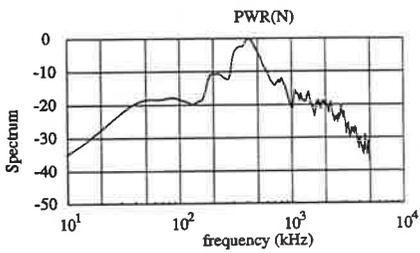
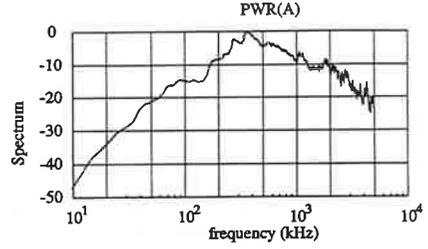
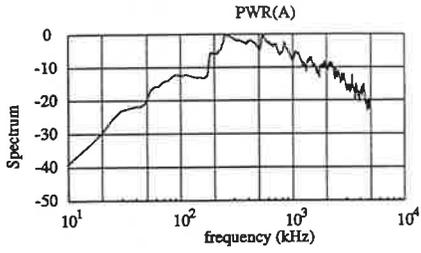


dp11.dat

dp12.dat

打込み工法による鋼管杭の騒音発生機構

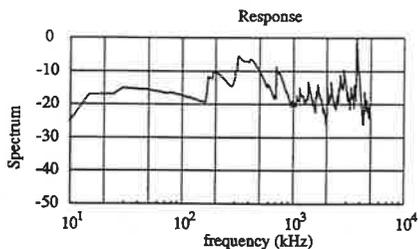
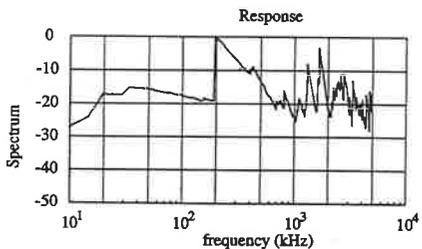
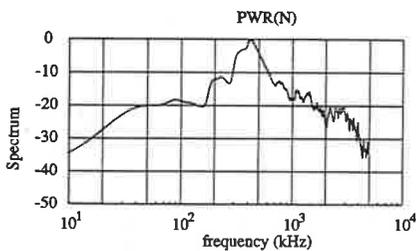
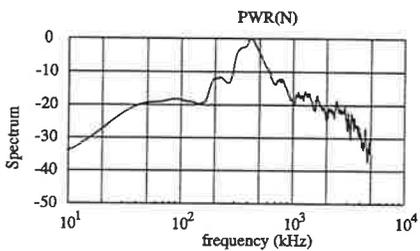
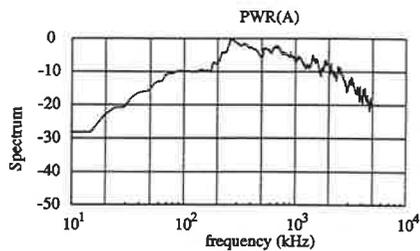
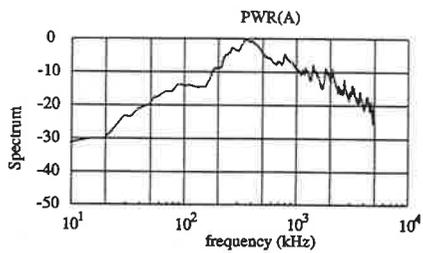
参考資料-2 のつづき⑦



dp13.dat

dp14.dat

参考資料-2 のつづき⑧

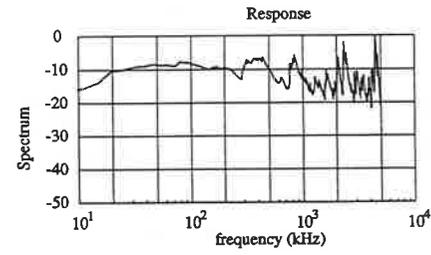
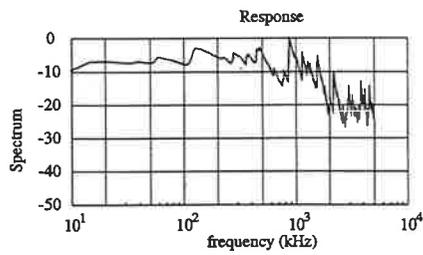
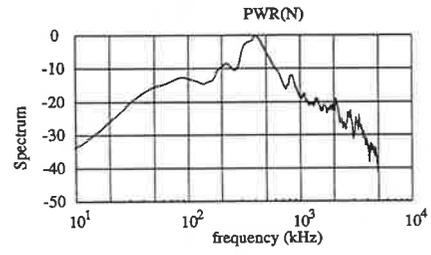
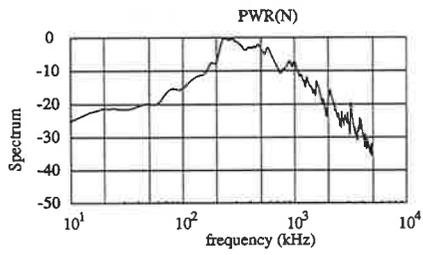
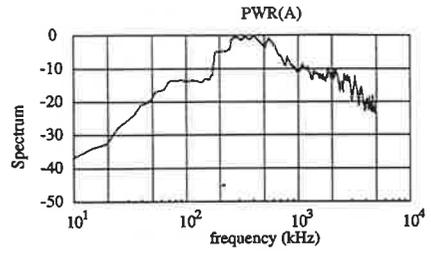
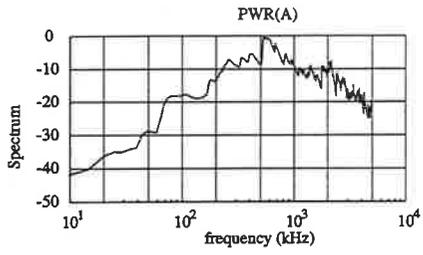


dp15.dat

dp16.dat

打込み工法による鋼管杭の騒音発生機構

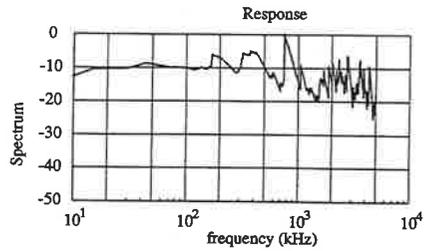
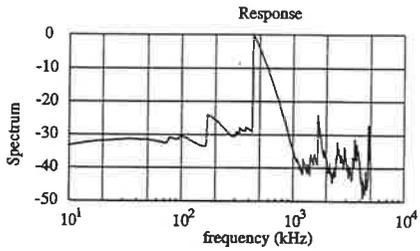
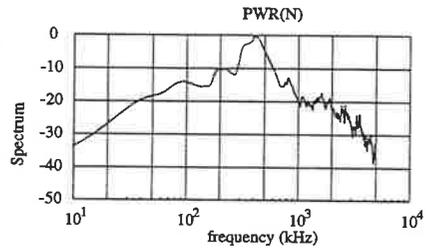
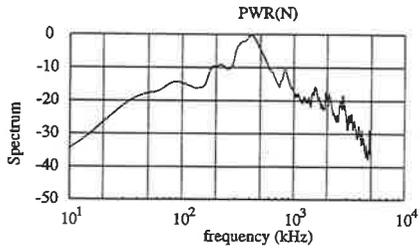
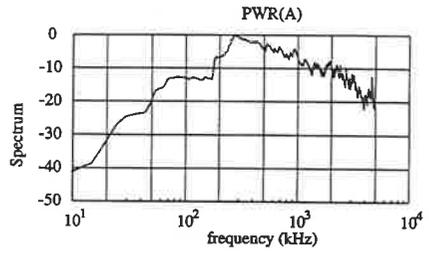
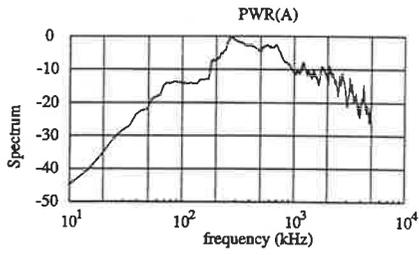
参考資料-2 のつづき⑨



dp17.dat

dp18.dat

参考資料-2 のつづき ⑩

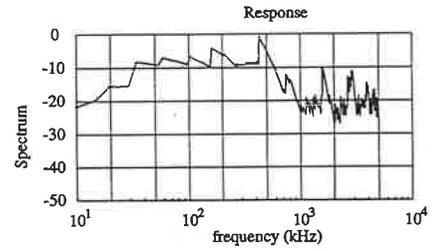
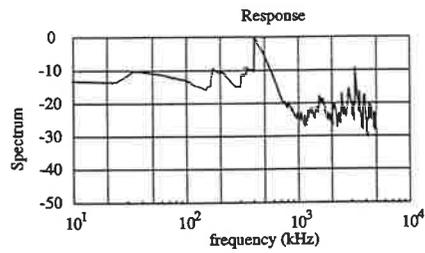
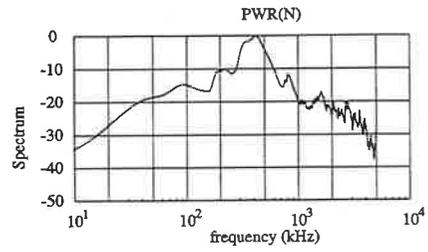
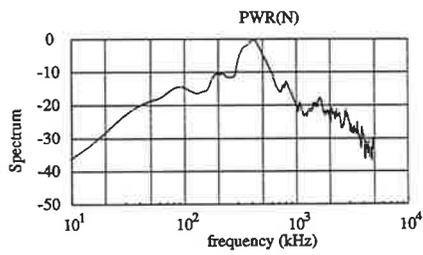
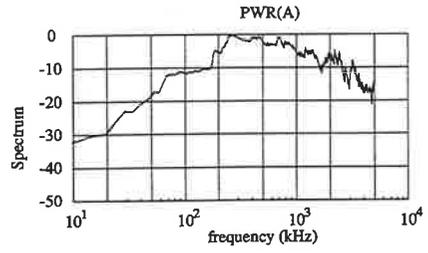
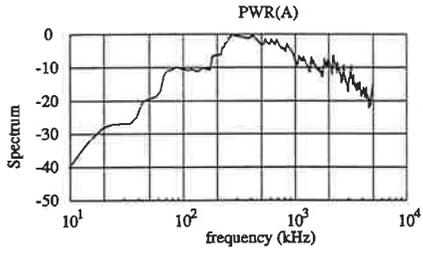


dp19.dat

dp20.dat

打込み工法による鋼管杭の騒音発生機構

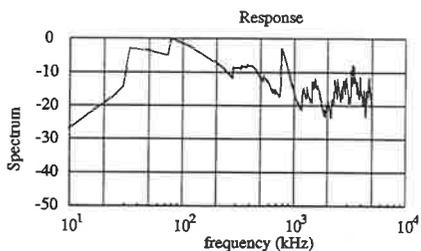
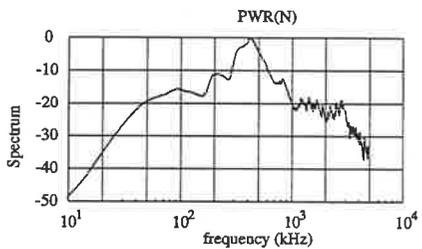
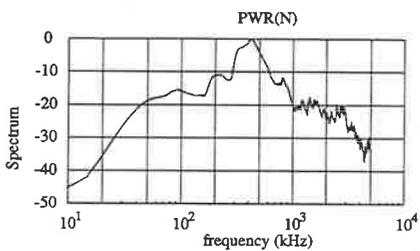
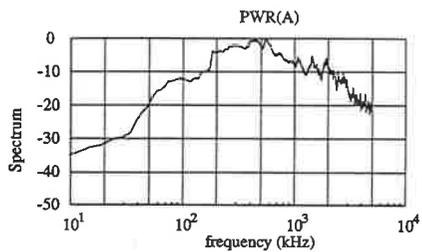
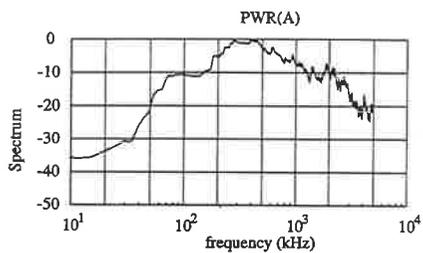
参考資料-2 のつづき①



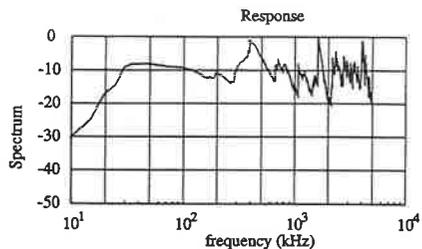
dp21.dat

dp22.dat

参考資料-2 のつづき⑫



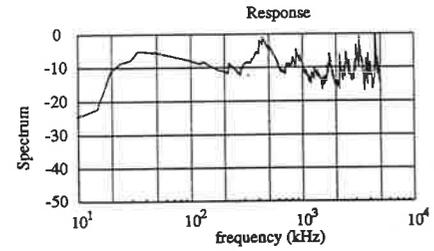
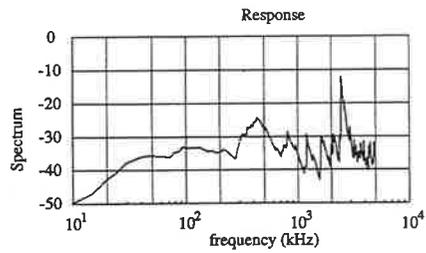
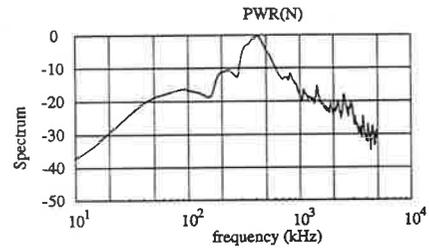
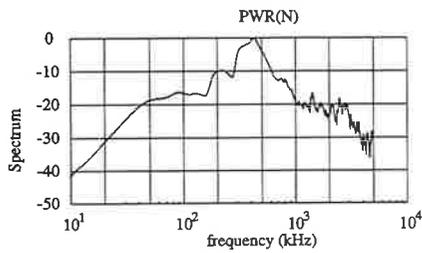
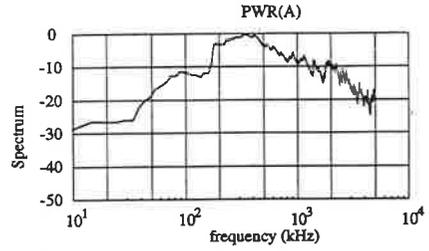
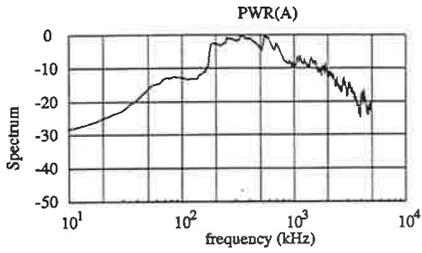
dp23.dat



dp24.dat

打込み工法による鋼管杭の騒音発生機構

参考資料-2 のつづき⑬

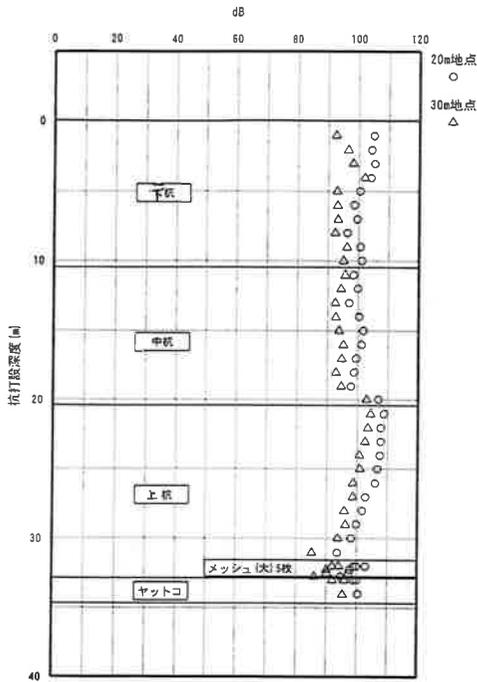


dp25.dat

dp26.dat

参考資料-3 杭の打込深さと騒音の関係

杭打設に伴う騒音測定結果



杭打設による騒音測定結果

	杭打設深度 (m)	騒音 (dB) 20m地点	騒音 (dB) 30m地点
上杭	1	—	—
	2	105.0	92.5
	3	104.3	96.6
	4	105.3	98.1
	5	104.1	102.0
	6	100.5	92.9
	7	98.6	92.8
	8	99.6	93.0
	9	96.3	92.3
	10	100.6	96.2
中杭	11	101.1	95.1
	12	98.5	95.7
	13	99.9	94.4
	14	97.1	92.5
	15	100.4	92.7
	16	101.8	93.8
	17	101.3	95.3
	18	99.5	94.8
	19	98.9	92.9
	20	97.9	94.7
下杭	21	107.0	103.0
	22	108.8	104.4
	23	107.8	103.5
	24	107.8	102.6
	25	107.6	100.8
	26	106.7	100.9
	27	106.0	98.7
	28	102.8	98.6
	29	101.8	95.9
	30	99.8	96.3
	31	98.2	93.8
	メッシュ (大) 5枚	93.7	85.0
	94.8	86.0	
	97.5	90.1	
	97.8	90.1	
ヤットコ		100~102.9	92~94.1
	33	99~100.1	92~95.9
	34	99~100.5	92~95.2

騒音レベルの測定法

測定日	天候	測定位置	測定器	備考
8.10.22	晴		普通騒音計 (NL-04) ↓ 目視	A特性 (Fast) → 無印

打込み工法による鋼管杭の騒音発生機構

参考資料-3 のつづき

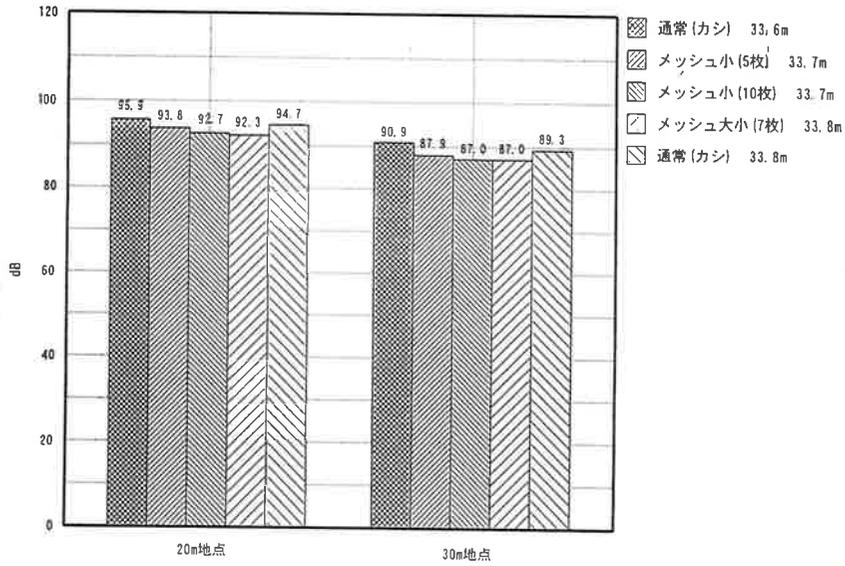
各クッション材による騒音測定結果

	クッション材 (種類)	通常 (カシ)	メッシュ (小)5枚	メッシュ (小)10枚	メッシュ (大小)7枚	通常 (カシ)
	杭打設深度	33.6 m	33.7 m	33.7 m	33.8 m	33.8 m
		(dB)	(dB)	(bB)	(bB)	(bB)
20 m地点	1回目	97.0	93.4	89.9	90.8	95.2
	2回目	96.0	92.6	94.2	92.8	94.7
	3回目	94.2	93.5	93.9	93.2	94.3
	4回目	97.2	94.5	—	★ 87.3	★ 88.3
	5回目	95.2	95.2	★ 87.3	★ 86.7	★ 88.1
	平均	95.9	93.8	92.7	92.3	94.7
30 m地点	1回目	91.0	88.4	85.8	85.6	89.1
	2回目	92.2	86.5	87.7	85.7	89.8
	3回目	90.0	88.2	87.5	87.9	88.8
	4回目	91.1	87.5	★ 81.5	88.1	89.6
	5回目	90.1	88.8	★ 81.6	87.9	89.1
	平均	90.9	87.9	87.0	87.0	89.3

騒音レベルの測定法

騒音レベル (dB)	測定日	天候	測定位置	測定器	備考
	8.10.21	晴		普通騒音計 (NL-04) ↓ 目視	A特性 (Fast)←無印 (Slow)→★

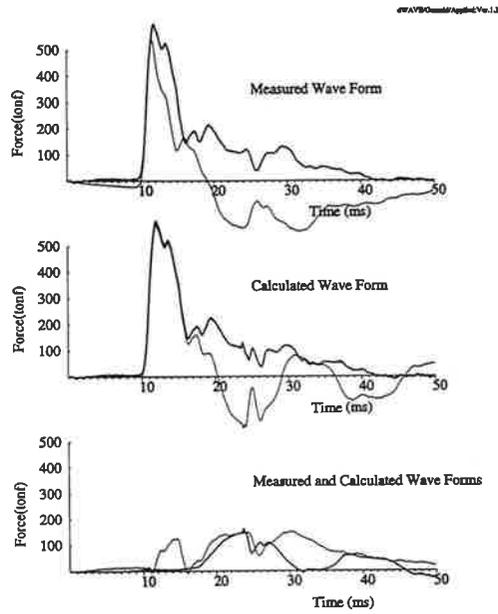
参考資料-4 クッションと騒音の関係



各クッション材による騒音測定結果(平均)

打込み工法による鋼管杭の騒音発生機構

参考資料-5 杭の動的貫入抵抗による波形マッチング



dp02.txt