

強制外力による地盤・構造物の振動・騒音 (I)

— Earth Auger 工法の公害性について —

桜井敏夫[※]・田中千秋[※]

野坂弥蔵^{※※}・林隆一^{※※}

Toshio SAKURAI[※], Chiaki TANAKA[※]

Yazo NOSAKA[※], Ryuichi HAYASHI[※]

Noise and Vibration of the Ground and Structures

Excited by External Forces (I)

—On the Public Nuisance Caused by the Earth Auger Method—

1 緒 言

最近の高層建築工事のラッシュに伴ない、市中での基礎工事が盛んに行なわれるようになった。この場合基礎に打込むコンクリート杭の打法の代表的なのは次の三法であって、種々の特色を持つ。

(1) デルマック工法

杭打込みの初めから最後まですべてディーゼル・ハンマー (Delmag) によって行なうため、作業中、相当大的な騒音と振動を伴う。今日、建築施工上公害問題とからんでいる工法である。

(2) アースオーガー工法

地表より岩盤近くまで錐 (Auger) によってあらかじめ杭穴を作り、これを引き抜き、孔よりやや太く且つ長いコンクリートパイルを挿入し、残余の 5~10m をディーゼル・ハンマーで打込む。この場合、最後の 5~10 回の杭打ち以外は殆んど騒音、振動を出さないから公害としての問題は非常に短時間に限定される。

(3) タイプ工法

本法は完全無振動無騒音工法と称されるもので、既存杭中の空孔にオーガーを入れ、先端よりさらにジェット水流を噴出させながら掘進み、所定の深さに達したの

ち、モルタルを圧入し、オーガーを引き上げる。すなわち、モルタルの球根で、支持層に固着されたタイプ杭 (Thip) が造成される。しかし一般に土砂を含んだ多量の排水の処理に問題が残る。

(1)法については、S.45.1.2.島大・教育紀要第4巻に発表した^が、本報告は、(2)法についての振動と騒音の測定結果である。

2 条 件

(1) アースオーガー用杭打機 (photo. 1)

本工事に使用されたオーガーは、径 330mm 長さ 15m 打込用コンクリートパイルは、径 350mm 長さ 18m、したがって 3m は、2.2トンのラム (神戸製鋼製、重量 4.8 トン) によって (1)法の方法で打込む。このときの騒音・振動を測定。

(2) 騒音測定器および周波数分析器

日本電子測器 K.K. の SLM-12 型騒音計および、周波数分析器 (BP-10A)、データレコーダー (VRT-11F) 等を使用した。

(3) 振動加速度測定器類

加速度変換器は共和電業 K.K. (以下、K社という) および新興通信工業 K.K. (以下、S社という) の ±2 G のトランスジューサー (変換器) 4 個、大略の仕様を次に上げる。

※ 木材加工学教室 Laboratory of Wood Science and Engineering

※※ 島根大学教育学部 Faculty of Education, Shimane University

変換器 1 g の歪	感度一様な周波数(Hz)	固有周波数(Hz)	減衰係数
K社 1291×10 ⁻⁶	38	100	0.7
1590×10 ⁻⁶	40	100	0.7
1306×10 ⁻⁶	40	100	0.7
S社 1842×10 ⁻⁶	80	130	0.7

本器は3方向(X・Y・Z)をまとめ、被測定地表面に凹部を作りその中に設置し、石膏で凹面に固着した。

その他、動歪測定器(S社)、電磁オツシログラフ(K社)等は前報と同様であるので省略。

なお、加速度測定単位はcm/s²をgalとして示し、振巾はすべて加速度の全振巾で示した。(以下同じ)

(4) 測定場所・期日

鳥取県米子市内町地内における大学校舎増築予定地。

Fig. 1 に建設予定地区、振動等の測定地点(No.1~12)の略図を示す。本件は、鳥取大学医学部よりの騒音・振動測定依頼により、S.46.4.8~6.13の間、現地において測定した結果を取りまとめた。

4月8日は、全く工事を行なわない静かな環境、4月21日は一部の旧木造建物の取りこわし工事等を行っていたが杭打ちは行っていない。6月13日はRI実験棟の建築予定地でアースオーガー工法によって杭打ちを行ないつつあった時で、測定は前述のように、最後のパイルハンマー使用時の騒音・振動を測った。この時の測定地点はNo.3, 5, 9, 10であった。



Fig. 1 医学部(鳥取大学)新設予定建物と振動測定点(No.1~No.12)

3 測定結果と考察

(1) 騒音について

(a) 常時騒音

対象地域は米子市内の比較的静かな住宅地域である

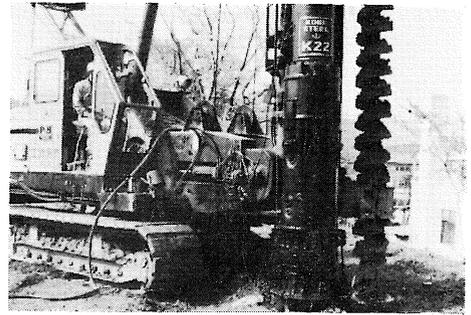


Photo. 1 Diesel Pile Hammer and Earth Auger.

が、道路に面した地域では、55ホーン(A)が計測された。なお、住宅地域内では最大50ホーン以下が望ましいとされている。4月8日の結果は、No.7, No.8以外はこの基準(日本機械学会誌・Vol. 74, No.626, S.46.3)を満足していることがわかった。

4月21日は、医学部と近隣民家との取りこわし整地工事等のため、明らかに基準値を、10~20ホーン超過していた。6月13日の杭打時には、瞬間的に最高94ホーン

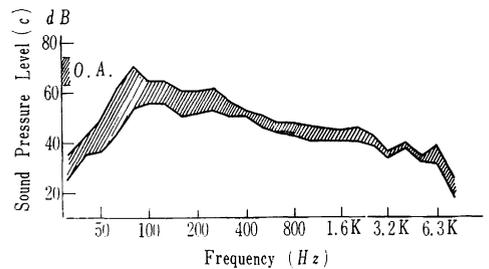


Fig. 2 Noise (1/3 Octave-Band Spectra) during the Demolition Work of Wooden House.

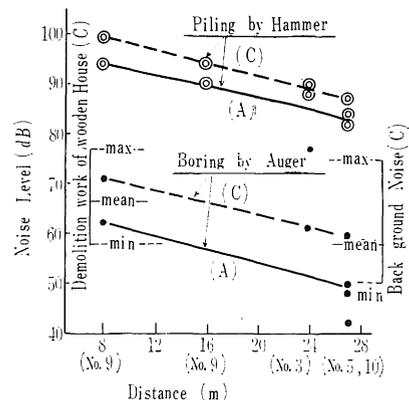


Fig. 3 Relation between Noise Level (dB) and Distance (m) from Pile Driving Point.

(A) を示しているが、1本の杭について5～10回以下の瞬間的な騒音であり、建設工事としては止むを得ない騒音とも考えられる。

Fig. 2 に解体作業時の騒音周波数分析(測定点 No.1) 結果を示した。本結果は低周波成分域に高いレベルを示す型であって、一般に機械的騒音とはまた異なることを表わしている。

(b) 杭打時の騒音

オーガー引抜後、コンクリートパイルを挿入、岩質地盤に打込み中(10回以内)の瞬間音。(但し、発電機は回転。S.46.6.13。)オーガーでの穴掘中は50(C)～77(C)，杭打時は87(C)～98(C)ホンであって、杭打時は回数は少ないが、相当な騒音を発する。なお、工事前の同地区の暗騒音は、平均58(C)ホン程度。また、本構造物の解体時は、67(C)程度の騒音を出していた。これらの関係を図示したものが、Fig. 3 である。

(2) 地盤振動について

(a) 常時振動

・加速度振巾

S.46.4.8. AM.10～PM.5, No.1～No.10の地点を計測；記録された振動波形例を Fig. 4 に示す。又、水平2方向〔東西(X)，南北(Y)方向〕と上下方向(Z)の振動の大きさ (cm/s² = gal) は次のとおり。

X: 0.315 gal (max 0.522, min 0.190)

Y: 0.345 gal (max 0.846, min 0.186)

Z: 0.477 gal (max 0.855, min 0.380)

すなわち、Zが3方向中最大で0.48 gal、水平方向は、0.35 gal で小さい。一般にみて、道路に近い地点は、0.4～1.0 gal、遠い地点は0.2～0.4 gal で当住宅地区の日中の常時振動はこの程度と考えてよさそうである。

・振動数

10～25Hz が上下方向(Z)に顕著に表われているが、それ以上の高い振動数も当然含まれている。なお、本地盤を Hammer で叩き人為的に振動を発生させた場合には50～60Hz が記録される。

(b) 杭打時の振動

・加速度振巾

i) 距離と振巾との関係……杭打点から振巾計測地までの距離最短8 m、最高27m間で測定した結果を Fig. 5～7に示す。5, 6は水平振動で7は上下振動である。本結果から、次の実験式を導いた。

	本振動	初振動
水平	{ (E-W) : S _X = 330d ^{-1.25}	P _X = 25d ^{-1.17}
振動	{ (S-N) : S _Y = 540d ^{-1.40}	P _Y = 60d ^{-1.17}
上下振動	: S _Z = 170d ^{-1.15}	P _Z = 102d ^{-1.17}

以上の関係を一括し Fig. 8 に示す。

なお、波動の伝播速度は地盤の密度・ヤング率・ポアソン比等が関係する。したがって、同一円周上の距離2点内でも波形に相違が生ずる可能性がある。本測定点中、No.5とNo.10は打点からいずれも27mで同距離であったので、水平方向(E-W)と上下方向について、一元配置法による分散分析を行ない(計算方式は省略)次の結果を得た。すなわち

No.5とNo.10との加速度振巾は

- a) 水平方向(E-W)の振巾には有意の違いはない。
 - b) 上下方向の振巾には有意の違いはない。
- すなわち、本地域の様な小区域内では、距離が同一ならばほとんど同様な振巾が記録されると考えられる。

なお、振巾と、杭の先端までの深さとの関係、地盤の硬さを表わすN値との関係等については、次報にゆずる。

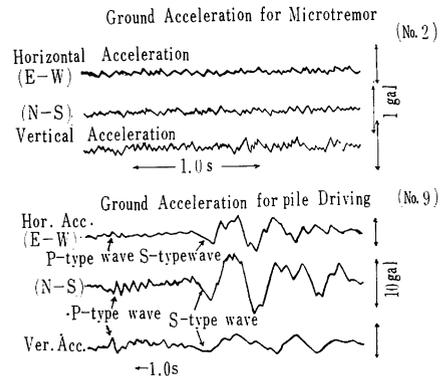


Fig. 4 Ground-acceleration-time Curves for Microtremor and Diesel Pile Hammer Excitation.

ii) 初振動(P波)と本振動(S波)については Fig. 4～6の波形からも分かるように、杭打後、測定点に最初に到着する小波形をP波と名付け、そのτ秒後に到着する大きな波形をS波と名付ければ、そのτは杭打点からの距離dと密接な関係がある。この関係を示したものが、Fig. 9であって

$$\tau = 0.006 d$$

で示される。

dが大になる程、P波は次第に小となり、ある距離より消滅する。P波の振巾は本振動Sのそれよりも小さ

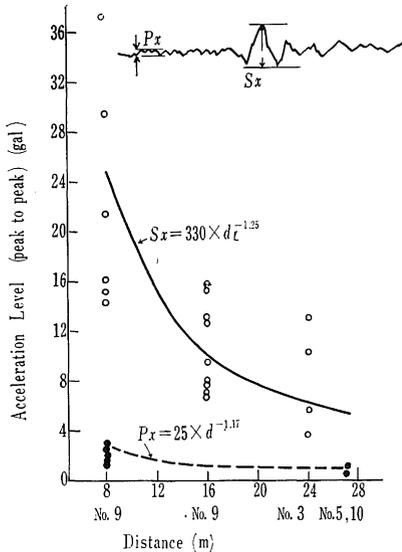


Fig. 5 Retation between the East-West Horizontal Component of Ground Acceleration Level (*P*-and *S*-type wave) and Distance (m) from the Pile Driving Point.

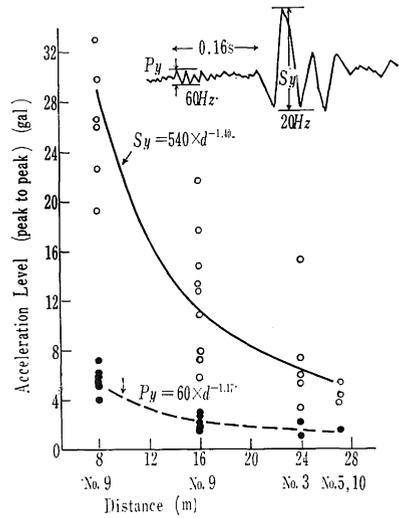


Fig. 6 Relation between the North-South Horizontal Component of Ground Acceleration Level (*P*-and *S*-type wave) and Distance (m) from the Pile Driving Point.

いが、振動数は大であることが分かった。また、発生原因等については別報で述べる。

• 振動数

P および *S* 波形から、推定した振動数は、ほぼ次の通りである。

P 波 51~69Hz

S 波 11~36Hz

(3) 木造建造物の振動

(a) 常時振動

No.4 は木造2階建家屋前の路上であったので、さらに同家入口屋根上に他の測点を設け、地上と玄関、屋根の上の2箇所を測定して次の数値を得た。

	地上	屋根	倍率
X:	0.2gal	2.5gal	13倍
Y:	0.2gal	1.8gal	9倍
Z:	0.4gal	3.7gal	9倍

この結果はその倍率が高く地上部で感じない振動も階上では感じるであろうことを示す。

野坂は、地盤と家屋の振動モデルを考え、アナログ計算機によって算定した結果(島大教育紀要. Vol. 4.

S.45.12. p. 23)によると、建物の増巾率は、0.500~3.62の間にあると報告したが、本実験によれば、水平方向は13倍、上下方向は9倍という驚異的に大きい増巾率を示した。その原因はこの建物の老朽度によるとも考えられる。

(b) 杭打時の振動

島大構内で杭打中の現場で計測した結果を参考までに次に上げる。

杭打点より46mの距離にあるプレハブ型家屋の地上(建物より1m離れる)と階上板床張りとの測定結果である。

	地上	2階床上	倍率
X:	5.0gal	10.0gal	2倍
Z:	4.8gal	25.0gal	5倍

本結果は前述の野坂の0.5~3.6倍の間に倍率があると予測した結果とほぼ一致する。

4 む す び

アース・オーガー工法による公害性は次の2点に要約できると考えられる。即ち、オーガーによる穴掘中は、騒音・振動いずれもほとんど発生しない。しかし杭打込みの最後の数回は、騒音(Fig. 2に示す)と地盤振動が発生することはまぬがれない。この場合の地盤振動は、Fig. 8に示すような、大きい振巾を示すが、これに地震動の震度階(気象庁1949)を当てはめてみると、杭打点から、20m以内の距離で震度階IIの軽震域程度と考えられ、50mの距離では微震Iの領域にあるにすぎない。したがって本杭打法による数回の衝撃的杭打打法は建設工事の特性上最小限のものであって許されるとも考えられる。

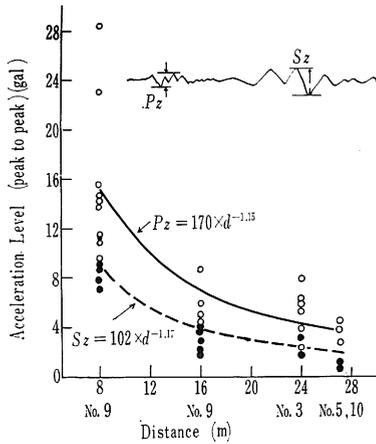


Fig. 7 Relation between the Vertical Component of Ground Acceleration Level (P- and S-type wave) and Distance (m) from the Pile Driving Point.

・騒音・振動の評価について

騒音評価及び規制については、ほとんど現在の基準で問題はないと考えられるが、振動公害規準値の選定となると問題が残る。桜井は、地震動の震度階（気象庁）を適用し、振動加速度によって強さの段階を明らかに示すことが一般的でをると考えたが、野坂は、振動公害の基準値は、速度×振中で与えるのが妥当と考え、大阪府の振動規制基準（S41.1.1）すなわち

区別	昼間基準	夜間基準
工業地帯	1.5mm/s	0.7mm/s
商業地帯	1.0mm/s	0.5mm/s
住居地帯	0.5mm/s	0.3mm/s

を例に上げる。本測定結果の一例をこれに準じて換算すれば、次のとおりである。

地点 No.9 で杭打点からの距離は 8 m の時、東西方向で最大 47.3 gal (cm/s²) を記録したが、この時の上下方向の振動数 36Hz を仮に東西方向の振動数であるとすると、

$$\text{速度} = \frac{47.3}{2\pi \cdot 36} = 2.1\text{mm/s}$$

$$\text{変位} = \frac{2.1}{2\pi \cdot 36} = 0.009\text{mm/s}$$

この程度の距離での地盤の速度振中であるならば、建物には、先ず害はないものと推定する。

いずれにしても、前者は、地震動の区分であり、本調査の様な小地域内の地盤振動には、変位又は速度による規制も考えられるが、これらの点についてはさらに次報でも論じたい。

S-type Acceleration Horizontal Acc.
 S_x E-W
 S_y N-S
 Vertical Acc.
 S_z

P-type Acceleration Horizontal Acc.
 P_x E-W
 P_y N-S
 Vertical Acc.
 P_z

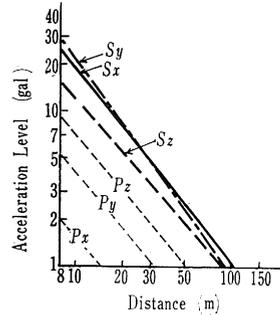


Fig. 8 Relation between Distance (m) and Ground-Acceleration Level on Logarithmic Scale.

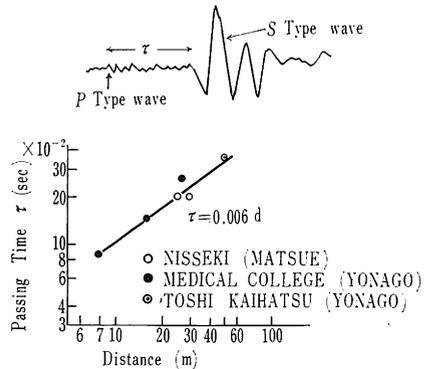


Fig. 9 Relation between the Distance (m) from the Piling pt. and the Passing Time (τ) between P and S Type Wave recorded on.

文 献

1. C. M. HARRIS and C. E. CREDE : Shock and Vibration Hand Book, 3 MCGRAW HILL, N. Y.
2. 土木学会：土木技術者のための振動 便覧，土木学会，東京，1966
3. 野坂弥蔵・桜井敏夫・林隆一・田中千秋：島大教育紀要 4：7-24，1970
4. 桜井敏夫・野坂弥蔵：山陰文化研究紀要 11：48-60，1970
5. 野坂弥蔵・桜井敏夫・林隆一・田中千秋：島大教育紀要 5：15-29，1971

Summary

This paper deals with the acceleration behaviour of the vibrations of the ground surface and of structures, caused by pile driving construction site.

The Earth Auger type Pile driver was used. The accelerations of the horizontal and the vertical components of the ground surface caused by pile driving and the microtremors of the ground were measured. Noise level were also measured at the same time.

A few discussions were carried out about noise level, the relation of the acceleration amplitude to the distance, and the relation of the acceleration amplitude of the structure to that of the ground surface.