

強制外力による地盤・構造物の振動・騒音 (Ⅱ)

— N 値と地盤振動について —

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 (II)

— On the Relation between N -value of Soils and the Ground Vibration —

1 緒 言

地盤や構造物は、種々の原因によってたえず振動している。本報はそのような常時振動を、

- (1) 特に明瞭な振動源のない場合
- (2) 附近の路上をバスが通過した場合
- (3) 附近の工場で鍛造作業をおこなった場合

等についてそれぞれ測定し考察を加えた。

また、ディーゼル・パイル・ハンマーで建築基礎用鋼管杭を50mの深度まで打込む場合の地盤振動も測定し、その振動値と地盤の N 値 (標準貫入試験, JIS A-12 19等参照) との関係求めた。さらに振動の強さと振源との距離との関連について、その公害性の問題を検討した。

なお、杭打の工法は前報⁽³⁾⁽⁵⁾で述べたデルマック工法である。使用した杭は前報では長さ20~30mのコンクリート杭であるに対し、本報では長さ50mの鋼管杭の場合である。

このように杭が長かったために杭の先端が接している地盤の N 値と振動振巾との関係をも求めることができたと考える。

2 条 件

(1) 杭打機

神鋼ディーゼル・パイル・ハンマーK22であって、仕

※ 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

様の大要は次の通り。

ラムの重量: 2.2ton, 打撃回数45~60回/分

1打の仕事量: 6.15ton, 燃焼による押圧力: 72ton

(2) 鋼管杭

直径: 508mm, 厚さ: 6.4mm

1本の長さ: 10m これを5本溶接して50mとした。

鋼管杭はコンクリート杭に比べて溶接箇所強度が大であり、長く接続しても水平荷重に強く、合理的設計が可能。軽量で運搬容易という長所を持つ反面、錆易く、高価と云う短所もある。

(3) 測定条件

計測器、方法等はいずれも前報と同様であるので省略する。振動はすべて加速度で測定し、大きさの比較にはその全振巾の最大値を用いた。

なお今回は、波形記録に横河電機製の2901型直記式電磁オツシログラフを用い、ガルバノメーターは次の2仕様のものを用いた。

横河電機 G-170B (電磁制動), 100Hz

G-1000A (油制動), 400Hz,

100Hz, 400Hz は感度様な周波数である。加速度変換器のそれは 40~60Hz であった。

(4) 測定場所, 期日

鳥取県米子市東町, 都市開発ビル建設予定地, 測定期日 S.46.8.3, 測定地附近の略図を Fig. 1 に示す。

測定点(A)は、杭打点 No.1 から距離50mにある米子都市開発事務所のプレハブ2階建の一階床P-タイル上と、その点から No.1 方向へ約 2m離れた戸外の空地のアスファルト面上であって、それぞれの地点に2箇の変

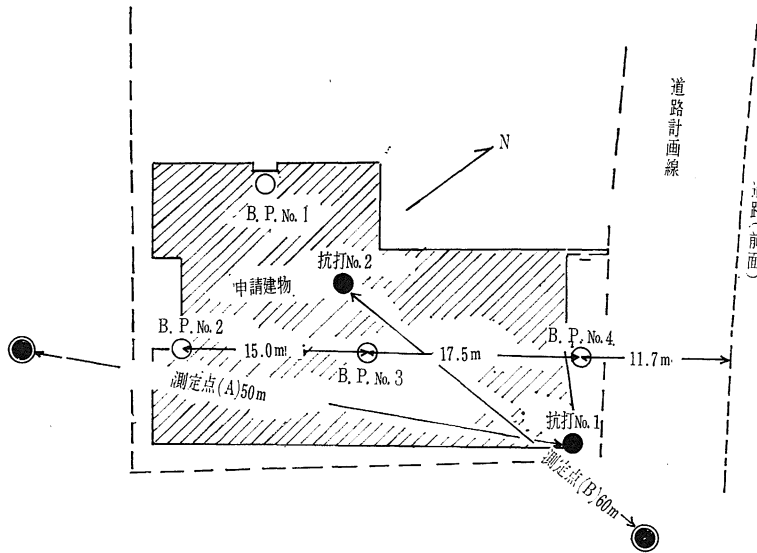


Fig. 1 土質調査点 (B. P.), 杭打点および測定地点略図

換器を設置し、水平および上下方向の加速度を検出した。測定点(B)は、杭打点 No.2 から幹線道路を越えて60m離れた道路沿いの駐車場建物内の土間と、そのすぐ横の建物基礎コンクリート上であって、2方向の変換器を固定し、水平および上下方向の加速度を検出した。なお、ガルバノメーターG-1000Aの感度不足のために水平か上下かの、一方しか記録できなかった。

Fig. 1で、B. P. No.1~4は土質調査のためのボーリング地点を示す。一例としてボーリング地点 No.4の土質柱状略図を Fig. 2 に示す。

土質柱状図

深度	土質		観察	標準貫入試験					
	土質名	硬軟		N値分布					
30.4	砂質粘土	緩い	粘性大 含水大	0	10	20	30	40	50
32.5	粘土	柔い	有機物含む						
33.1	砂	硬い	練りた						
36.0	粘土	柔い	粗粒砂 粘性大 含水大						
37.3	砂質粘土	中位	粘性中 含水量中						
38.3	砂	締る	中細砂 若干含む 崩れやすい						
44.1	硬質ローム	中位	粘土質 若干含む 火山灰質						
47.0	粘土質ローム	"	有機物含む 粘性中						
48.3	粘土質ローム	硬い	塊状 若干含む 粘性中						
52.5	粘土質ローム	"	若干含む 軟質 風化						
55.0	流紋岩 風化した	"	若干含む 硬質						

Fig. 2 B. P. No.4地点における土質柱状図 (JIS A-1219)

3 常時振動

(1) はっきりした振動源のない場合

測定現場は国鉄米子駅の西北にあたる市の中心地であるから、いろいろの振動源の影響を受けて地盤はつねに振動している筈である。

Fig. 3 の 1, 2 は各事業所の機械が停止した昼食事の

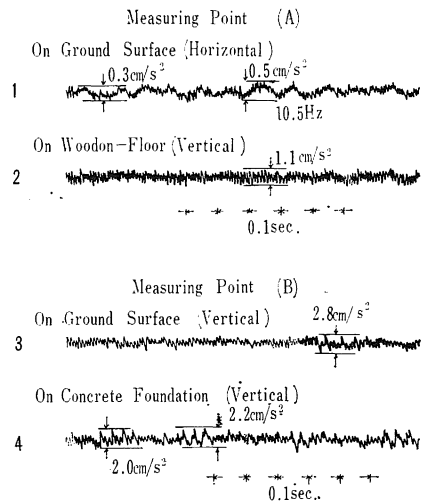


Fig. 3 Ground-acceleration-time Curves for Microtremores at the Measuring Points A and B.

(A) During Lunch Time.

(B) No Vehicles are passing and No Forging Machine operating.

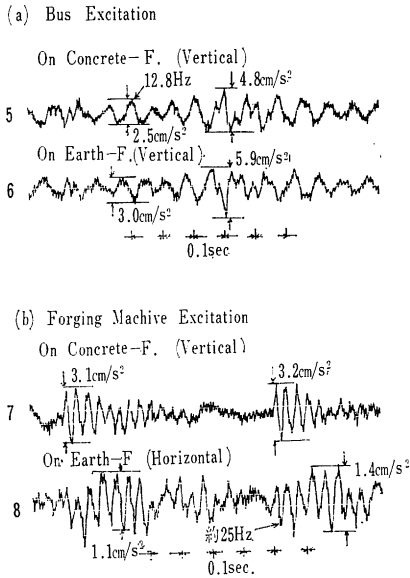


Fig. 4 Ground-acceleration-time Curves for Bus

(A) 測点における上下方向の加速度である。戸外では 0.3~0.5 gal (= cm/s² 以下同じ) 一階床上では、1.1 gal で、振動数は高かった。しかし、後者は約 10Hz の低いものも記録されている。

Fig.3 の 3, 4は (B) での記録の一例である。振巾は土間で 1.6~2.8 gal, コンクリート上で 2.0~2.2 gal である。この測定中路上に通過車輛なく、附近の工場でも鍛造機は休業中であった。

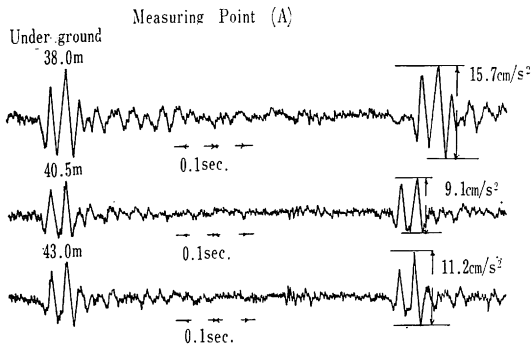


Fig. 5 Vertical Component of the Ground-acceleration-time Curves for Piling at Measuring Point A, when the Tip of a Pile driven into the Depth of 38, 40.5 and 43 m under the Ground Surface.

(2) バス通過による振動

Fig. 4 の 5, 6 の波形は駐車場前の幹線路上を大型バスが通過している時の (B) 測点の基礎コンクリートおよび土間の上下の加速度で、振動数は約 13Hz で波形は衝撃的ではなく正弦波に (高い振動的成分のものも当然記録されているが) 近い。なお、道路から測定点までの距離は約 10m であった。

(3) 鍛造機による振動

Fig.4 の 7, 8 の波形は (B) 測定点から 120~150m 離れた工場内で、蒸気ハンマーによる鍛造作業が行なわれている時の水平、上下方向の加速度で、上下方向は 3.1~3.2 gal, 約 29Hz, 水平は 1.1~1.4gal, 振動数は約 25Hz である。

なお、タイヤなどを含めた、ばね常数の小さいバスの場合に比し、アンビルと地盤の間の、それが大きい鍛造機の場合は振動数が約 2.5 倍も高い衝撃的減衰波形を示す。また、振巾がバスに比し小なのは、距離の相違によると思われる。

4 杭打時の振動

(1) 測定結果

Fig. 2 に示した土質柱状図 (例) より、深度 37~40m および 50m 以上のところに *N* 値の大きい硬い層があることが予想されるので、測点 (A) で深度 26, 38, 40.5, 42, 50m (B) では 20, 26, 38, 41, 49m の深度時に測定した。

深度 20, 26m では軟層のため、杭が入り易く、ために

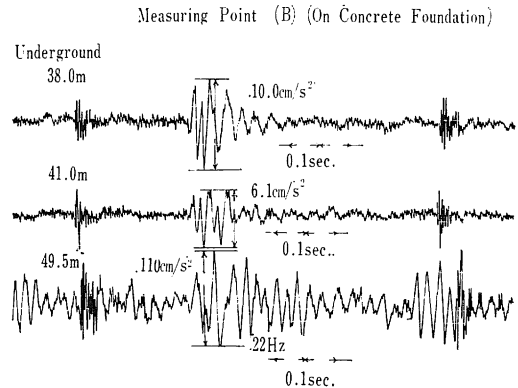


Fig. 6 Vertical Component of the Acceleration-time Curves on the Concrete Foundation at the Measuring Point B, when the Tip of Pile is driven into the Ground 38.4, 41 and 49.5 m under the Ground surface.

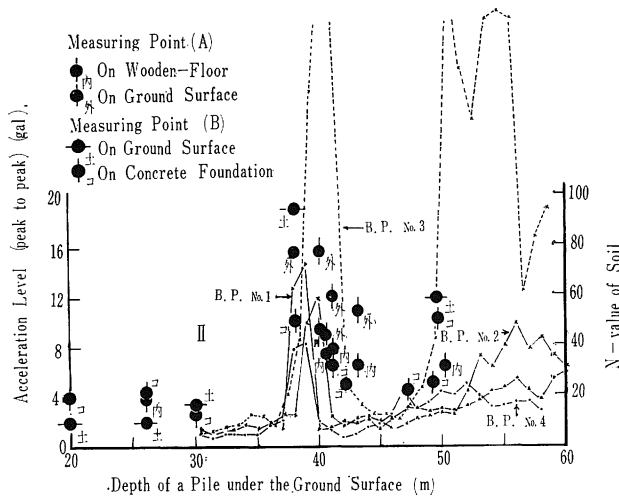


Fig. 7 Relation between the N-Value of the Soil and the Maximum Acceleration Amplitude (Level) of the Ground Surface by Piling.

ハンマーの打撃周期も短かく、0.98秒(61回/分)程度であり振巾は4 gal 前後、振動数は約16Hzで、波形はやゝ丸味を帯びる。深さ38mでは、杭先端への抵抗も次第に大きくなり、ラムの上昇量も増大し、打撃周期も1.2秒(50回/分)となり、10~16 gal, 約23Hzの振動数となった。波形もまた鋭くなる。40m以上では、38mの時とはゞ同傾向であるが、N値が下るので、貫入量も大となり6~11 gal, 約22Hzとなった。

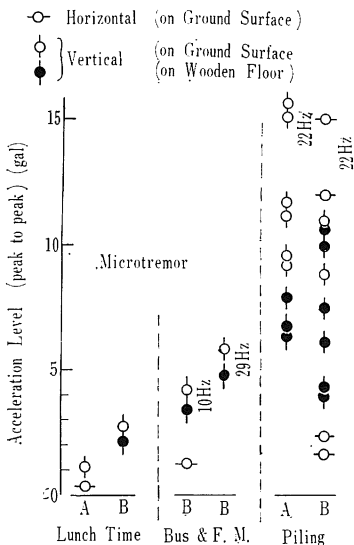


Fig. 8 Acceleration Level (peak to peak) of Microtremores and Ground Motions induced by Piling.

これらの状況を Fig. 5 と Fig. 6 に示す。

Fig. 5 は (A) 測点, Fig. 6 は (B) のものであって、この両者は大体同傾向を示しているが、Fig. 6 では P 形の振動波がより顕著である。その理由は (A) 測点はアスファルト舗装上であるためと考えられる。以上の結果を一括表示すると次のようになる。

測点 (A)

深さ (m)	加速度振巾 (gal)	振動数 (Hz)
26.0	3.9~4.3	16
38.0	15.2~15.7	23
40.5	7.6~9.5	20
43.0	6.6~11.2	20
50.0	6.3~11.2	22

測点 (B)

深さ (m)	加速度振巾 (gal)	振動数 (Hz)
20.0	2.2~4.1	25
26.6	1.9~4.3	30
38.0	7.4~21.0	20
41.0	6.1~8.9	31
49.0	11.0~12.0	22

——は max を示す。

(2) N 値と振巾の関係

Fig. 7 は、横軸に杭先端の深さを、縦軸に振巾と N 値を表わしたもので、細い実線・点線・鎖線等の4線は Fig. 1 の B. P. の No.1~4 までの4箇所の土質の硬さの N 値を、また黒い大きな丸印は前述の測定で得た加速度全振巾の最大値を示す。測定点と振動の方は ● は上下、● は水平動である。

Fig. 8 で分かることは、予想通り N 値の高い40~50 m 付近で、振巾もまた大きくなっている。

これらの結果から、地盤振動の大きさを限定するものは N 値とそれぞれのハンマーの1打の仕事量であって、その大半が地盤振動エネルギーに変るのは貫入量 0mm のときである。したがって本結果では 15.7 gal 以上はその max があることのみが推定できる。

5 結 論

種々の人為的原因によって生ずる土地の振動に対して、構造物がどのような挙動を示すかを明らかにするた

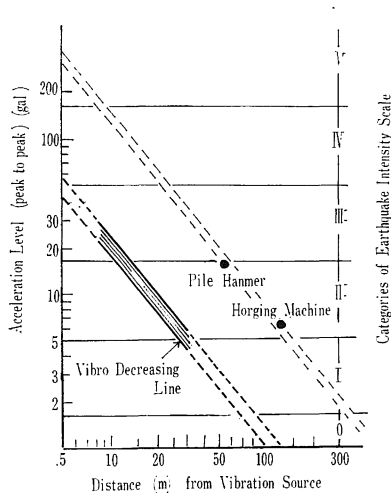


Fig. 9 Acceleration Level (peak to peak), Distance from the Vibration Source and Earthquake Intensity Scale.

め的手段として、原因別による地盤振動の特色を調べ、次の結果を得た (Fig. 8 参照)

1. 明確な振動源がなくても、道路沿いの土地 (道路から約10m) と、やや離れた土地 (道路から約50m) とでは、常時振動に差がある。すなわち、前者は後者の約5倍程度の振巾を示す。しかし振動数はほぼ同数で比較的高い。
2. 車両 (バス) 通過により、道路沿いの土地は2倍の振巾が生じ、約10Hzの車両特有の振動波形が現われる。
3. 鍛造工場から生ずる振動は、バスの場合より振動数が高く約29Hzの衝撃波形が記録される。
4. 鋼管杭の打込みによる振動は、杭の先端が N 値の大きい層にあたる時に振巾が大きくなる。50~60m離れた地点でも常時振動の7~30倍、振動数は20Hz前後になる。

なお、本結果から杭打による地盤振動の最大限を規定

するものは、杭打ハンマーの一打撃の仕事に対する地盤 N 値の広答如何である。したがって N 値との関係をより多く知ることによって各ハンマーによる地盤振動をあらかじめ予想できると考えた。

以上は今回の測定結果であるが、地質や環境が違えば、数値もまた異なってくるが、得られる傾向は似たものとする。

Fig. 9 は前報⁵⁾である程度明らかになった振動の距離減衰性を用いて描いた。その目的とするところは、振動の公害性についての一資料にしたいと思ったからである。

しかし、この評価法は未だ確立されていないから、ここでは気象庁発表 (1949) の地震動の震度階を借用し0~V (震度階は0~VIIの8階) までの階層を図中に記入して参考にした。

すなわち、同図に記した黒丸は、杭打ち (距離50m)、および鍛造 (距離120m) の場合の振動を示す。これによると、振源より10m以内ではIV~Vの震度に近い振巾を示しており、20~50mではIII程度の震度が予想できる (震度別の人体感度・建物の破壊程度はここでは省略)。

但し杭打ちや鍛造機などによる振動は、振動数が20~30Hzで、地震の場合の約 $\frac{1}{10}$ であるから、同じ大きさの加速度に対し、速度、および、変位の振巾はかなり異なることを公害問題の場合には考慮に入れる必要がある。

文 献

1. C. M. HARRIS and C. E. CREDE: Shock and Vibration Hand Book. 3 MCGRAW HILL. 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 11：48-60，170
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 on the ground surface and the foundation of structures caused by pile driving of a steel pile (diameter : 508 mm, thickness : 6.4 mm) to the depth of 50 m underground.

For the measurements, acceleration transducers, a dynamic strain meter and a electromagnetic oscillograph were used. Moreover, the acceleration behaviour on the ground surface caused by passing motorcars and by operating forging machines was measured. We have some discussions about the relation between the observed records and the N -values of soils at the measuring site.