

III-35 洞道(地下トンネル)に対する杭打機による振動の影響について

電々公社 東京電気通信局土木工部 正会員 中村 勝

§.1 概要

最近公害の一つとして取り上げられるようになって来た振動は、地上における構造物に対する影響がいろいろと研究されている。しかし今般のように地下にある構造物に与える影響について、取り上げたのは初めてではないかと思われる。

一般に公害として問題になって来る振動数は3~8 Hz程度であり、地震動に至っては1~2 Hzである。高い振動数の波は地表に出て来るまでに減衰が激しく、地上での測定ではそれらをとらえることが困難である。現に今回に於いては騒音に対して苦情があったが振動については、何もなかった。しかし今回の測定では高い周波数の波(30~50 Hz)が観測されており、こゝに地下構造物に与える振動の影響について検討する必要があると思われる。

それではまずその時の状況から説明する。

ミールド工法にて施工された円型洞道で、二次覆工が完了し、二ヶ月を経過した時、洞道に近接して建築基礎のコンクリート杭が打ち込まれ洞道内側にヘアークラックを生じた。その時の振動は非常とも言えるくらいであり、ヘアークラックからは水しぶきがふき出る程であった。

早速一時中止を申し入れ、その原因究明とその対策にのり出した。その原因として、(1) 振動 (2) 排土圧 等が考えられた。そこで、ジーゼルハンマのラムの重量を軽くして振動エネルギーの軽減とオーガー穿孔を深い所までやってもらい排土圧の軽減をはかって、杭打を再開してもらうことになった。

今回は振動測定を行なつて^振動の面から洞道への影響を検討した。

結果的には従来の測定結果(地上での)と同じような傾向を示しているが、水平振動が垂直振動より倍の値に大きな数値を示したこと、振動数が地上の場合よりかなり大きな数値を示したことであり、地上^上の測定データだけでは解からなかったある一面を見出したようである。今まで見捨てられていた地下構造物への振動の影響を知る上で貴重な資料だと思われる。

§.2 測定

こゝで建築基礎の設計について述べておくと、当初の設計ではφ400mmのオーガーでGL-15.0mまで穿孔し、φ400mmの杭をGL-26.0mの砂礫層まで3.2tonのジーゼルハンマーを使用して、打ち込む方法を取った。

設計変更後はφ400mmのオーガーでGL-25.5mまで穿孔し、φ300mmの杭をGL-26.0mまで1.4tonのジーゼルハンマーを使用して打ち込む方法を取った。

※ 本測定は工法変更後の杭打法による振動を測定したものである。

(1) 洞道の破壊状況

洞道内の対称軸にクラックが生じており
図に示す位置関係になる。(fig-3)
(a) 測定点と発振点の関係 (fig-1)

(b) 土質

大永初台マンション敷地 (fig-2)
(東京都渋谷区代々木4-59)

(c) 加速度計取付位置 (fig-1 fig-3)

(d) 測定対象

波型・振動数・加速度

(e) 考察方法

記録された波は正弦波型であると仮定し
次式により求めた。

$$\text{加速度 (gal)} = (2\pi f)^2 \times \text{変位振幅 (}\mu\text{)} \times 10^4$$

f : 振動数 (Hz/sec)

(f) 発振点の構造

二本継ぎコンクリート杭 (AHS-Pile)

ジーゼルハンマ式 (オーガー併用)

ラム重量 14t

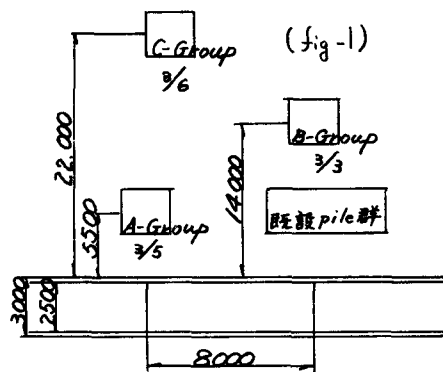
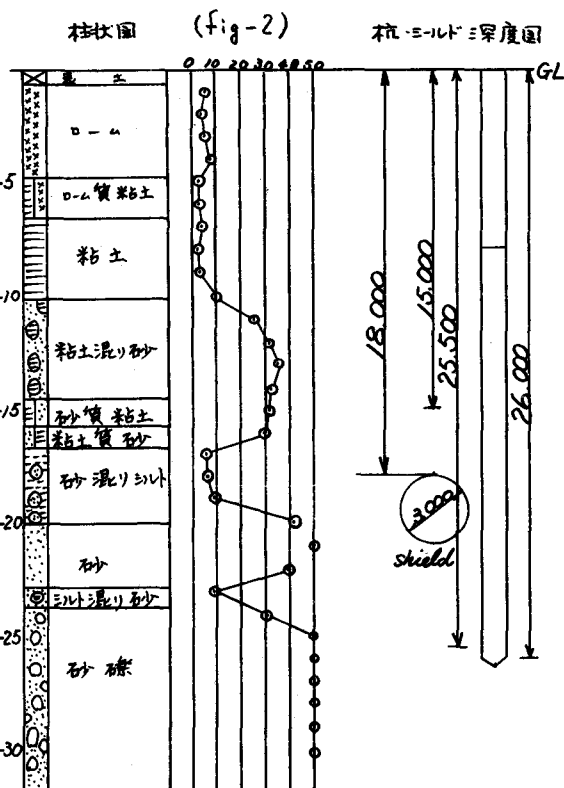
落下距離 1~2M

5.3 測定装置

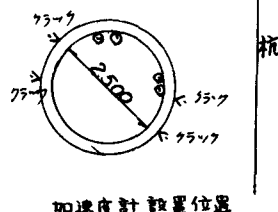
(1) Accelerometer 120A-5C ($\pm 5G$)

(2) strain meter Co-50ET
(dynamic strain Amplifier)

(3) photo-coder EMO-121
(electro-magnetic oscillograph)



(fig-3)



5.4 考察

(1) 一般

オシログラフより読み取られた振動数は、30~50 cm/sec のものが多く、地上の測定におけるように低周波のものは観測されなかった。又測点によって同一振動数の波のみが観察される所があった。又水平振動は垂直振動より比較的大きな加速度を示しており、原設計通りの杭打方法ではかなりの加速度が予想される。

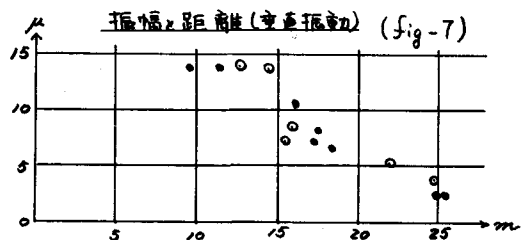
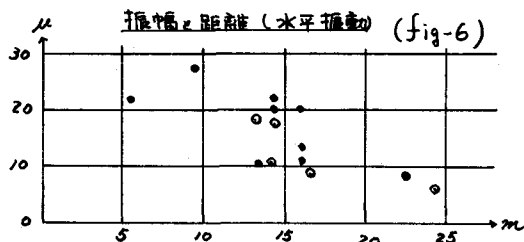
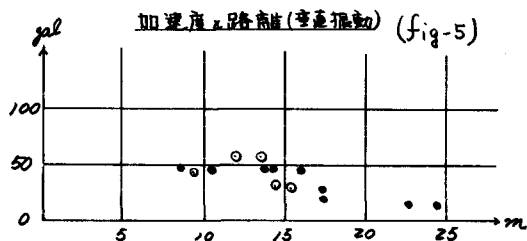
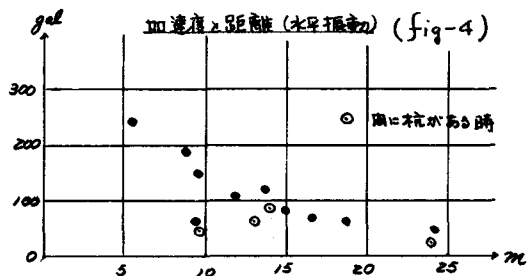
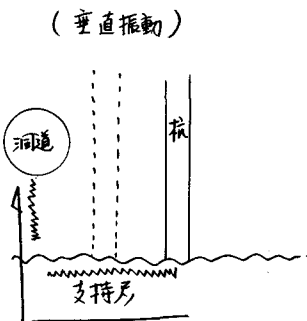
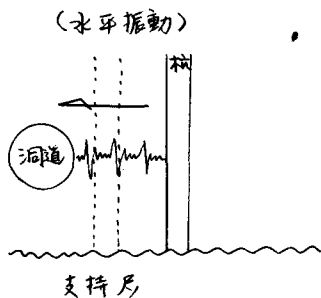
以下 加速度と距離・振幅と距離 等については (fig-4) (fig-5) (fig-6) (fig-7) を参照されたい。

こゝでは結論とも重複するので省略する。

水平振動については中間に杭が存在することによって減衰が認められるが、垂直振動の場合はその差違があまり認められない。

その原因として考えられるのは波の伝播経路だと思われる。

即 下図の如くである。



※ 参 考

本工法と同一工法で施工された時の地上測定のデータがあるのでそれについて少し述べておく。
ディーゼルハンマー式で $10 \sim 30 \text{ kg/sec}$ 、バイアロ式で $7 \sim 25 \text{ kg/sec}$ であり、 15 kg/sec が基本になっているようだ。加速度・振幅とも距離の遠さからにしたがい減衰している。しがしこの場合は、垂直振動の方が水平振動より大きな値を示している。(今回とは逆)

5.6 結 論

- (1) 水平振動の方が垂直振動より大きな値を示した。
- (2) 加速度や振幅は距離の増加に従い減衰する。(各国参照)
- (3) 途中で杭群が存在する時、減衰が大きい。(杭の振動吸収が考えられる。)
- (4) 今回の場合、振動の伝播方法において水平と垂直とで差違があると考えられた。
- (5) 振動は地下施設の荷重として考慮されていないが、今回の測定では $0.3G$ ぐらいを観測しており、設計変更後の工法では到底トラックの入る荷重ではないと思われる。だから設計変更前は、かなりの振動があったことが推測される。(その絶対値は解らない)
- (6) 今後このような事態が生じれば、振動エネルギー減と排圧減の為、オーガーの併用が大切だと思われる。

5.6 問 題 点

- (1) 測定上の問題としては湿気を帯びたトンネル内で各機器が正常に作動するが、心配であったが絶えず調整を行ない、まず各機器による測定値は信頼出来ると思われる。
- (2) データ解析上の問題としては加速度計に対して、どの方向から伝播して来た波であるか立体的に把握出来なかった為、杭の位置と加速度計の設置位置の平面距離をもってデータ解析上の距離とした。
以上は水平振動について考えられることであるが垂直振動については平面距離をそのまま解析上の距離として扱って良いと考えられる。(伝播経路の相違より)
- (3) 振動数の算出については数々の振動数の平均を出しており問題はまずないと考えられる。

5.7 あとがき

現在都市に於いてはかなりの地下構造物(地下鉄、下水、上水、電気、電話)が地中深く建設されており、しがもほとんどが道路であり一度完了してしまえば人の目にふれる機会がなく今回はたまたま建設途中に被害が発見されたものであり、この測定が出来たのは不幸中の幸いであった。今後このようなことがないよう杭打作業については特に注意を払ってもらうよう、各建築界の諸氏にお願したい。