

東京瓦斯総合研究所 特別 西尾宣明
 正員 宇梶忠雄
 〃 塚本克良

1. まえがき

都市及びその周辺では地中埋設管の近傍で地下鉄工事、上下水道工事、高層ビルや高架道路の建設工事などの各種建設工事が行なわれるが、土留仮設工事としてバイブロハンマーによりH型鋼、矢板を打つ工事が多くある。過去において杭打ち振動の地盤での測定例は幾つか見られるが、地中構造物への影響の測定例は殆んど見られないので実際にどの程度の影響が生じているのか測定を行なうことにした。

2. 実験方法

実験に使用した埋設管は750φと100φの鋼鉄管である。埋設位置、測定位置は図-1に示す。図の溝渠にそって矢板(300×150^{mm}×10^m)、H型鋼(300×300^{mm}×10^m)をそれぞれ50本、9本の数を打った。バイブロハンマーはKM-2000A型で起振力28.3ton、振動数1100cpm、空転時振巾8.3mmである。測定項目は各点の地盤加速度・速度・変位、管体の加速度・ひずみと管体にかかる土圧である。一般に杭打ち振動は上下動が最も大きいと云われているが、HHVの3成分で測定し振動方向も確認した。記録は杭打ち始めから打ち終りまでとり、各1本に約15分の時間を要した。

3. 実験結果及び考察

現場の地盤状況を図-2に示すが、上部は砂、砂礫、シルト層であり、N値は3mで24、7mで34、8m以深は土丹となりN値は50になっている。埋設管近傍は埋戻し砂であり、日本統一分類のSF、SKにあたる。

1) 測定波形：振源が機械振動であるので杭がスムーズに打ち込まれているときには殆んど正弦波に近く、杭先端が固い層にあたる時に若干乱れた波形となる。周波数成分は18Hzであり概して地盤の方が管体よりも波形が整っている。

2) 地盤N値と振動振巾との関係：

杭先端深さ別の振動振巾の大きさを図-3のグラフに示す。地盤の場合、変位・加速度ともN値に相似しているが管体の場合加速度は3m、9mの位置で同程度の大きさになっている。地盤の加速度よりも管体の加速度の方が小さく出ていることが明確に理解される。

図-1 埋設管位置図

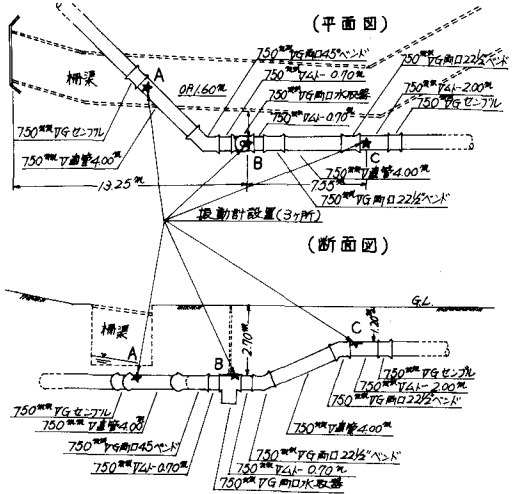


図-2 土質柱状図

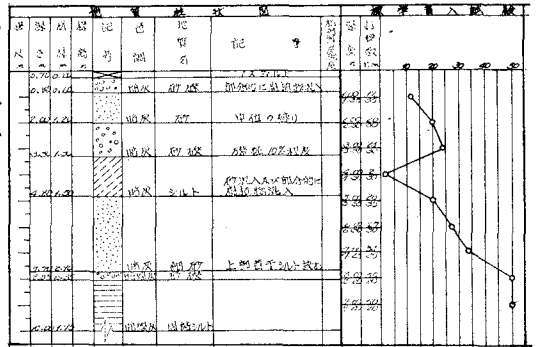
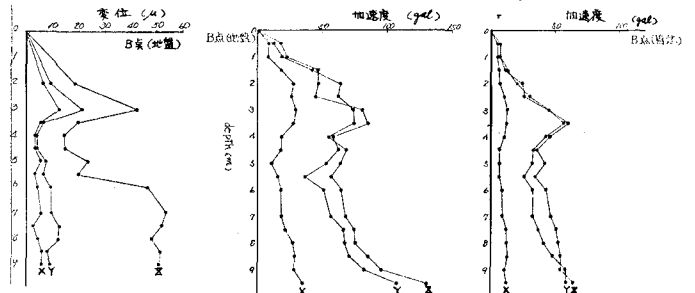


図-3 杭先端深さ別振巾の大きさ



3) 振源距離と振動振幅との関係:

図-4の(a)(b)は地盤地表下の変位、加速度と振源距離との関係を示したグラフである。(c)は管体B点の極く近傍の地盤の変位と振源距離との関係を示したものであり、(d)は管体B点の加速度と振源距離との関係を示している。その他のデータもまとめて整理すると表-1のようになる。加速度は地表で最大であり、管体近傍の地中になるとその30%程度になり、管体は更に地中地盤より若干小さめの値になっている。変位は振源に近い場合、地中では地表の10%程度の大きさである。振源距離が15m以上になると地表と地中との振動の大きさは同程度のレベルになっている。

4) 管体ひずみについて:

地盤振動の変位が小さいうちは管体の変位はほぼ地盤の変位と一致するから、

$$y = a \sin \frac{2\pi}{T} (t - \frac{x}{V}) \quad (1)$$

ここで a : 変位振幅, T : 振動周期, V : 伝播速度である。このとき管体に発生する最大軸方向ひずみ ϵ_{Lmax} , 最大曲げひずみ ϵ_{Bmax} は次式で示される。

$$\epsilon_{Lmax} = \left| \frac{\partial y}{\partial x} \right|_{max} = \frac{2\pi a}{V_p T} \quad (2)$$

$$\epsilon_{Bmax} = \gamma \left| \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right|_{max} = \frac{4\pi^2 a \gamma}{(V_s T)^2} \quad (3)$$

ここで γ : 管の半径である。いま地中地盤の最大変位実測値として 370μ を考え、 $V_p = 400$ (m/s), $V_s = 210$ (m/s), $T = 0.055$ (s) よりひずみを求めると $\epsilon_{Lmax} = 106 (\mu)$, $\epsilon_{Bmax} = 98 (\mu)$ となる。実測された管体のひずみは最大値でも $10 (\mu)$ 程度であった。このことは実地震動のときの埋設管挙動の場合にも云える事であるが、比較的周波数の高い波が入力したときに管体は加速度成分ではある程度応答するが、管体のひずみ成分では殆んど応答しないという現象と同じであると考えられる。

4. あとがき

今回の実験により地中埋設管の近傍にバイブロハンマーで杭を打つ場合、杭の中心から半径40cm以内では地盤の硬軟により杭が移動したり、地盤が液状化したりするので杭の位置は50cm以上は離れた方が良いという事が分った。直接管体に発生する応力自体は比較的小さいが周辺地盤と管体の振動成分は大きいので継手の近傍に杭を打つ場合には1m以上離れた方が良いと考えられる。

<参考文献>

- 1) 畑中, くい打ちによる地盤および建物の振動ならびに騒音について、建設工学研究所報告, S42.5
- 2) 東京瓦斯総合研究所報告, 地震時における埋設管の挙動調査実験(第1報), S48.11

図-4 振源距離と振幅との関係

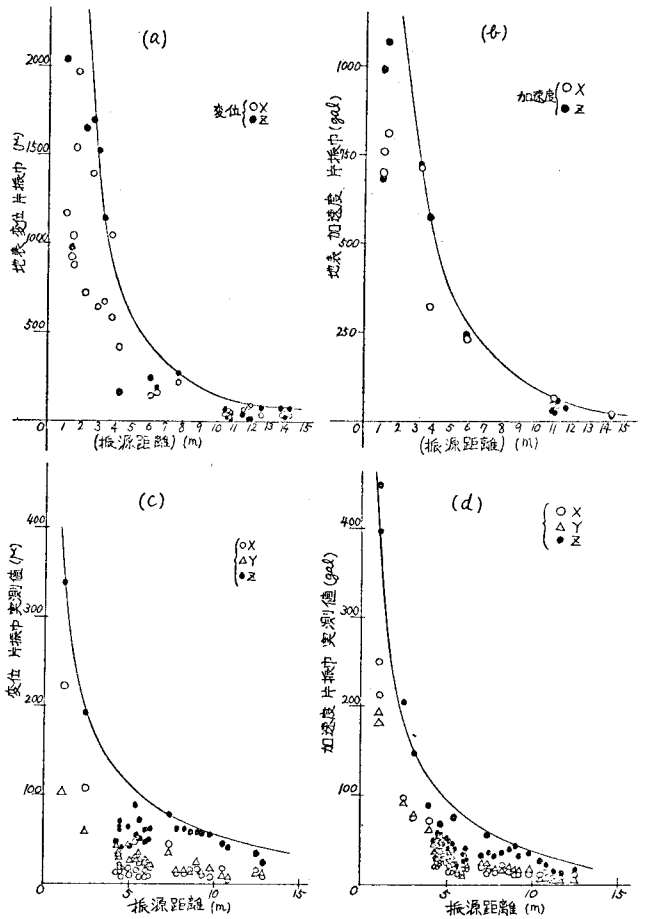


表-1

地表、地盤 (GL-3m), 管体の振動との比較
地盤振動と管体振動との比較

		加速度 (gal)						
振源距離(m)		1	2	3	4	5	10	15
地表	-	1150	600	550	400	100	20	
地中	5.00	350	240	170	150	40	20	
管体	4.40	280	190	140	110	40	20	

		変位 (μ) 1μ=10 ⁻⁶ m						
振源距離(m)		1	2	3	4	5	10	15
地表	9000	5000	1500	800	600	150	70	
地中	570	220	170	140	110	60	30	