

Ⅲ-48 軟弱地盤における鋼杭の振動について

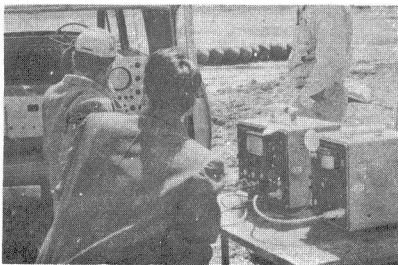
大阪市立大学
同

正員 竹中準之介
正員 林田 精郎

I) まえがき

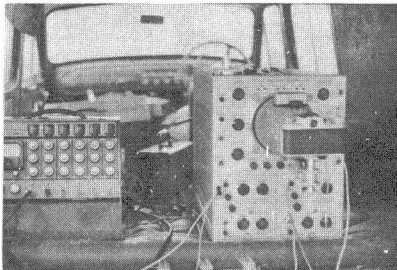
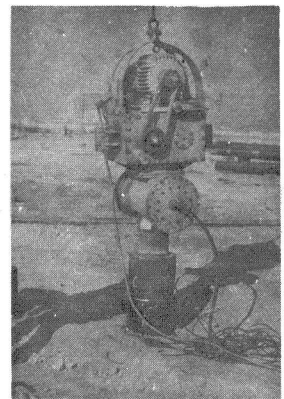
基礎の振動に関する問題は、いまだ、機械工学会において機械基礎の問題を、建築学会において耐震問題が研究されてきた。これらの研究は地盤という共通の難関にぶつかつた^は、ある限度以上に研究が進まなかつた。この中で機械基礎については大築氏は、地盤を1つのばねとおきかえることによつて基礎の振動をとり扱う1つの体系を作つた。この理論はすべて地盤上に直接基礎の方式で設計された基礎の振動を論じたものであつて、杭基礎の振動に関しては殆んど体系化された研究はない。

近時鋼杭の使用が盛んになり、とくに軟弱地盤の機械基礎は荷重的にあまり大きくない基礎においても、不等沈下防止のため杭基礎の方式をとる場合が多い。この杭基礎に鋼杭を使用した場合は、他の基礎たとえばソーソソ、コンクリート杭に較べて鋼杭は單性変形量が非常に大きい~~こと~~結果、その振動特性も特有の性質を示すものである。筆者らは鋼杭の各種振動試験を行つた結果、こゝに2-3の結論をえらのでこゝに報告する。

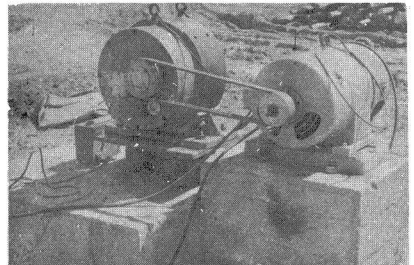


テレビプロメーター L1 型
周波数分析機 AFS

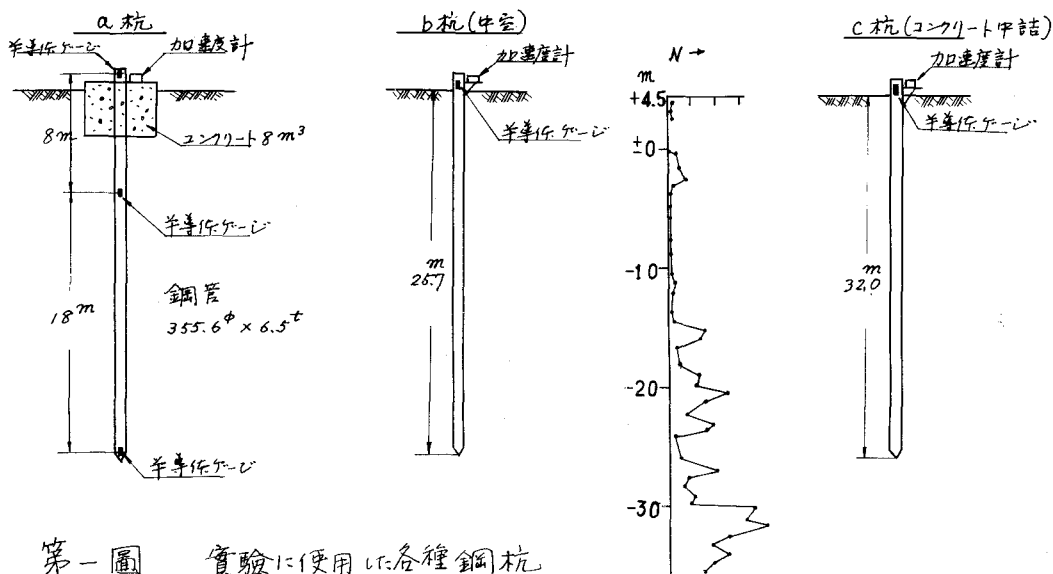
15HP
振
動
機



時計 , シンクロスコープ (岩崎 2 現象 5155)



加振機
0 ~ 4500 rpm



第一圖 實驗に使用した各種鋼杭

II) 杭の水平振動について

杭が水平力を受けたときの力-変位関係は、弾性体上の撓み性梁の理論と同様に

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} = -E_s y \quad E_s: \text{地盤反力係数}$$

という撓曲線方程式により解析される。

この假定は撓みか小であると実験の結果とよく一致する。

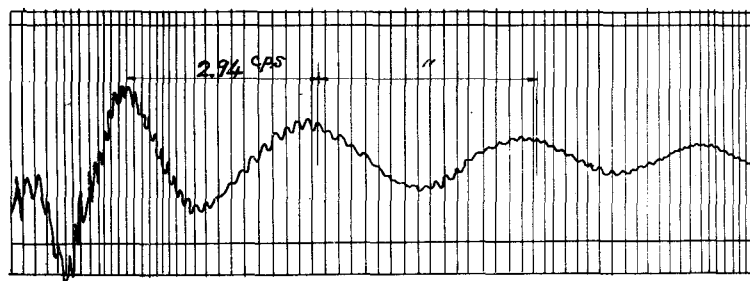
それは軟弱地盤中の鋼管杭に対する E_s が軟弱地盤においては砂質粘土質土で大きな差がないためである。上式より

$$y=0 \text{ の点までの距離 } l \text{ は } l = (m - 1/4)^{\pi/\beta} \\ M_{\max} \text{ の点は剪断力 } V=0 \text{ とし } x = (m - 1/2)^{\pi/\beta} \quad \beta = \sqrt[4]{\frac{E_s}{4EI}} \quad \text{第二圖}$$

何れも最初の点は $m=1$ とすれば求まる。

したがって杭の水平振動は、上記撓曲線方程式が満足されるようなおそい振動に因しては、杭上部の質量と水平方向のばね K による振動として計算できる。ここで杭の固有振動数は杭および杭上部の質量が一定であれば、固定点までの長さ l または E_s が求まれば決まるものである。軟弱地盤においては上記のように E_s は砂質粘土質土質土質によって大きな差がないので

その4乗根である β はほとんど一定であり、鋼管の EI が分かれば l も決ってくる。実験に使用した鋼管杭(355.6φ)では $l=3m \sim 4m$ という結果になった。その振動は第三図に示す。



第三圖

第三図の結果をばね常数 K により計算すると、 $K = \frac{W}{f} = 2EI\beta^3$ $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}$ となり、
 $l = 304 \text{ cm}$ $E_s = 66 \text{ kg/cm}^2$ となった。鋼杭の静的水平載荷試験より求めた l , E_s は
 $l = 449 \text{ cm}$ $E_s = 11.2 \text{ kg/cm}^2$ であるので 振動時は l , E_s は短くなり E_s は大きくなる。
 考えてよいであらう。しかし最初の假定である撓曲線方程式は静的なものであるので
 振動数が小 (10 cps 以下) においてはその假定は近似的に満足されるであろうか
 振動数が大となれば E_s はばねとして作用せず逆に粘性抵抗として作用し撓曲線
 方程式は成立しなくなる事が予想される。

Ⅲ) 杭の垂直振動力について (とくに鋼杭における粗密波の重要性について)

杭の垂直振動の計算方式は大別すると下の2方式となるであらう。

- 質点系として計算
 弾性棒として計算
- この方式は大森氏の方式で代表されるもので、枕を質量のないばねとして、枕荷重を質点とし解析するもの。
 枕を等質等方弾性体として取扱うものであり、枕の質量は無視しない。この方式は従来考えられていなかった。

いま鋼枕が支持枕の場合上記の方式で枕の固有振動数の計算は以下のようにされる。

質点系と考える場合 杭のばね定数 k_{pu} は載荷試験より花あきかあるいは下式による。

$$\frac{1}{K_{pv}} = \frac{1}{K_v} + \frac{L}{EA}$$

2: 校長

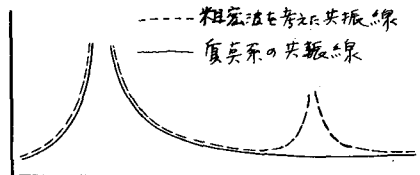
A: 枕断面積

E : 枕材料ヤング率 k_n : 支持層の地盤係数

K_{pm} 加^んた^ると振動数 f は

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_{pu}}{m}} \quad \text{で計算される。}$$

辰
中



第1図(a) 枕につき f の値を計算すると $K_n = \infty$ とした

$f = 8.96 \text{ c.p.s}$ or 23.

弾性棒として考えた場合

概を質量のないばねとして考える場合概上中部に

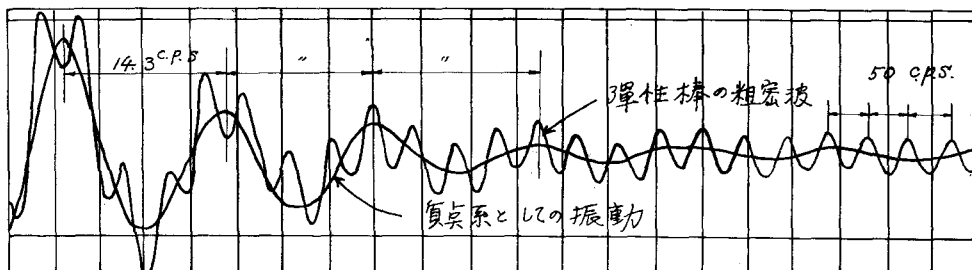
負実数ならば固有振動数とはありえない。しかし

現実の杭は杭頭部に質量がなくても弾性棒としての固有振動数が存在する。

残骸基礎のように振中が非常に小さい範囲内の振動ではこの振動数を無視

すとはできない。 棒が一端固定他端自由の場合の固有1次振動数は

$$f = \frac{a}{4l} \quad (a: \text{杭材料弾性波速度}) \text{ であり, } l = 25 \text{ m とすると } f = 51 \text{ c.p.s となる。}$$



杭を弾性棒と考えるとその運動方程式は

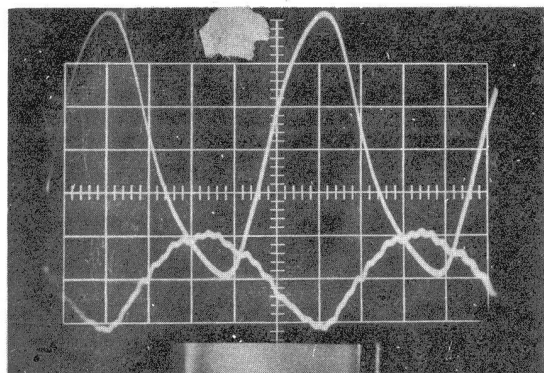
$$-\frac{A\gamma}{g} \frac{\partial u}{\partial x} + AE \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$$

上式は 弾性波速度 $a = \sqrt{\frac{Eg}{\gamma}}$ により

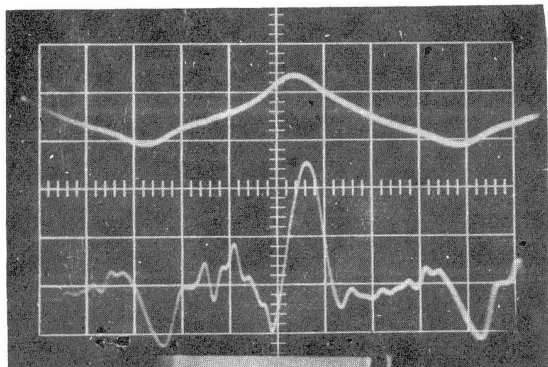
示すと

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad \text{これをとき 固有振動数 } P_i = \frac{i\pi a}{2L} \quad (i=1, 2, 3)$$

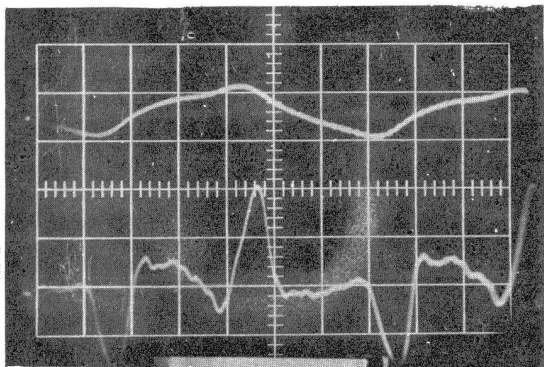
となる。そこで杭が縦方向に振動する場合杭と土、杭とコンクリート、の間の附着力は見かけ上の増加として作用することが予想される。しかし変位が小である間はこれらの附着力は何ら固有振動数に実関係なく、固有振動数は杭の長さとその両端固定条件だけで決まることが分つた。その実験結果を下に示す。



杭 (a)



杭 (b)



杭 (c)

u : 振動している棒のx点における縦方向変位

E : 棒の弾性係数

A : 断面積

γ : 材料単位重量重さ

(a) $48 \text{ kg/cm}^2 / 1 \text{ 目盛}$
上部曲線 : 杭頭応力 (b)(c) $300 \text{ kg/cm}^2 / 1 \text{ 目盛}$

下部曲線 : 加速度
(振幅は $1.5 \sim 2.0 \text{ mm}$)

横軸 : $2/100 \text{ sec} / 1 \text{ 目盛}$ 全スケール $2/10 \text{ sec}$

周期は振動負荷の大きいほど大きくなっており、
(b)(c) 杭においては 50 cps 粗密波と加振力波の一致したとき瞬間的に共振の状態を示していることが分る。