

III-10 振動荷重を受けた基礎ぐいの挙動

日本道路公団 試験所 正員 佐藤 昭
同上 建設オ1部 正員 ○荒川直士
大成建設KK 上木部 正員 何井 浩

1. まえがき

基礎ぐいに静的水平荷重を作用させた場合、荷重 P とぐい頭の変位 δ は非線型な関係を示すことは周知の通りである。この場合の非線型性は $P = C\delta^n$ (C : 定数, $0 < n < 1$) なる式で示し得ることが多い。実際の基礎ぐいの設計にあたっては、この式より原点と P の曲線上の1点を結び、その勾配をもって静的なバネ定数として用いている。しかしながら地震のような動的な荷重を受ける場合その非線型性が及ぼす影響についてはあまり明確ではない。そこで、ぐいの静的、動的水平載荷試験を進め非線型性の及ぼす影響の定量的な把握を試みた。実験はまず模型ぐいによる水平載荷実験を行な、て見直しをなして、その後、実物ぐいの実験を実施した。

2. 模型実験

模型ぐいとして鋼板(厚さ16mm, 巾9cm, 長さ130cm)を用い、巾1.5m, 深さ1.5m, 長さ5mのコンクリートの砂層に立て込み、砂をタンパーにより一定の密度(2.0 g/cm^3) となるように薄層圧入した。用いた砂の粒度分布を図-2に示す。なお実験時の人工砂層の含水比は10~12%であった。

静的載荷実験の荷重段階は10kg単位で行ない、変位量が5分周に0.02mm以下になった状態び次の段階に移行した。なお載荷点は地表50cmである。

動的載荷実験は、起振機(最大慣性力10kg at 10/s)による強制振動および荷重急変除去による自由振動の2方法によった。荷重急変除去は図-1中の切断金具の部分切断することによった。又ぐい頭変位の影響を調べるためにその変位を変化させて実験を行なった。

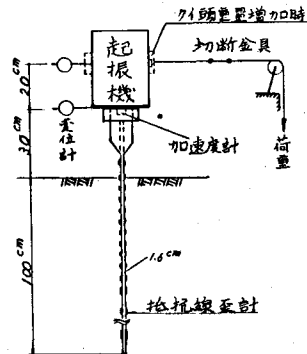


図-1 鋼板ぐい振動実験

3. 実験結果

静的載荷実験より得られた荷重-変位曲線を図-3に示す。ただしこのぐいの変位は載荷位置における変位を示す。歪測定結果より最大荷重時の応力は 700 kg/cm^2 前後であり、ぐい本体は弾性範囲内にあるものとみなしうる。荷重-変位のらせり曲線は $P = C\delta^n$ において $n = 0.825$, $C = 7.13 \text{ kg/mm}^n$ となった。

強制振動より得られた固有周期-起振力($mrv\omega^2$)の関係を図-4に、自由振動より得られた固有周期-初期載荷荷重の関係を図-5に示す。この図より、おおよそ $T \propto (mrv\omega^2)^{0.1}$, $T \propto H^{0.1}$

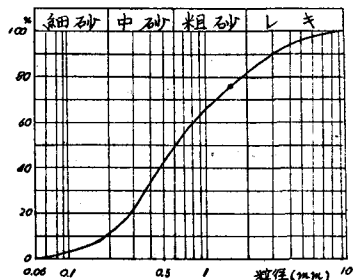


図-2 粒度分布曲線

なる関係が想定できる。ここに T : 固有周期, mrw : 起振機による起振力, H : 自由振動における初期荷重である。固有周期 T と質量 M の関係は $T \propto M^{0.5}$ であることを確認した。以上の結果から

$$T = D \cdot M^{0.5} p^{0.10} \quad (1)$$

の実験式が得られる。ここに P は起振機の起振力 ($=mrw^2$) あるいは自由振動実験における初期載荷々重, D : 定数。

4 現場打ちコンクリートパイによる実験および結果

模型実験と同様の実験を場所打ちコンクリートパイについて行な。た。実験設備を図-6, 土質状態図を図-7に示す。荷重載荷方法は模型実験における場合と同様とした。静的実験結果を図-8に示す。最大荷重時のくい本体の応力は歪測定結果より $\sigma = 25.2 \text{ kg/cm}^2$ となった。この値はくい断面の引張側では弾性域を脱しクラックも生じている可能性がある値である。荷重変位の処世曲線は $P = C \delta^n$ において $n = 0.693$, $C = 6.73 \text{ kg/mm}^2$ となった。

動的実験結果を図-9, 図-10に示す。模型実験と同様に T , M , P の関係を求めると

$$T = D M^{0.5} p^{0.075} \quad (2)$$

となる。

5. 考察

以上3, 4において固有周期と荷重の関係の実験式を求めたが, この式から荷重の变化と共に固有周期も変化す。

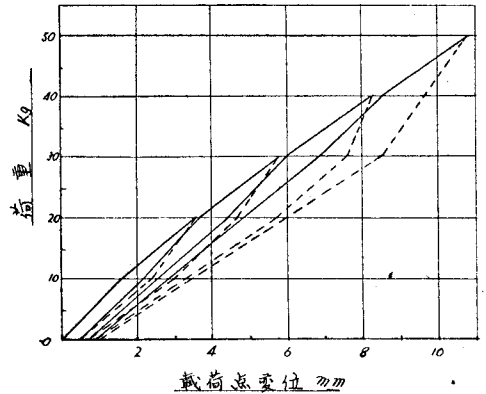


図-3 荷重-変位曲線

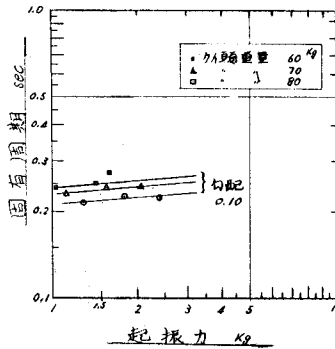


図-4 強制振動実験(鋼板パイ)

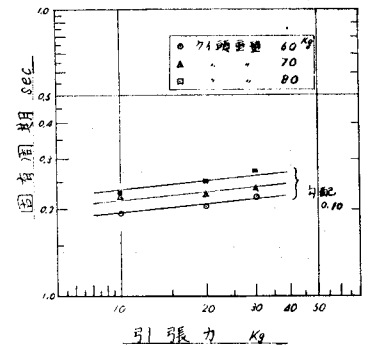


図-5 自由振動実験(鋼板パイ)

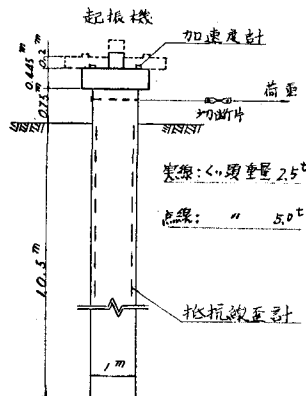


図-6 実物くい振動実験

標尺	土質名	標準貫入試験 N 値	間比 γ 比	比重	弾性係数 kg/cm ²	LLT K _h 値	試験 パイ
0	平	0 10 20 30 40 50					
1	シルト泥		1.14	2.69	84	13	
2	細砂				300	50	
3	砂		0.96	2.69			
4	砂層						
5	シルト						
6	シルト						
7	シルト泥						
8	細砂						
9	細砂						
10	細砂						
11	細砂						

図-7 土質柱状図

ことが読みとれ、また荷重-変形曲線が非線型を示しているとも解釈できる。今ここに、その非線型性を静的載荷試験における荷重-変形曲線の何れ曲線を求める場合について検討する。

前述した通り、くい頭部における荷重-変形曲線の非線型性を図-11に示すように

$$P = C \delta^n \quad (3)$$

で示す。振動時におけるバネ定数として同図上の $\overline{OA}$ の勾配を使用すると

$$P = K \delta \quad (4)$$

両式より $K = C \frac{1}{n} P^{\frac{n-1}{n}}$ が得られる。

$$\text{固有周期 } T \text{ は } T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K}} \quad (5)$$

$$= D M^{\frac{1}{2}} P^{\frac{1-n}{2n}}$$

$$\text{ただし } D = 2\pi C^{-\frac{1}{2n}}$$

で示すことができる

$$\text{静的載荷試験より 鋼板模型ぐいの場合 } n = 0.825$$

$$\text{であるから } T = D \cdot M^{\frac{1}{2}} \cdot P^{0.106} \quad (6)$$

$$\text{一方 現場打コンクリートぐいの場合 } n = 0.693$$

$$\text{であるから } T = D \cdot M^{\frac{1}{2}} \cdot P^{0.222} \quad (7)$$

となる。

(1)式、(2)式および(6)式、(7)式を比較するとほぼ線型に近い模型ぐいにおいては荷重の変化に対する固有周期の表化はあまり差がないがコンクリートぐいの場合は割線勾配を仮定して求めた(7)式は実験より求めた(2)式とかなり異なっている。換言すれば割線勾配をもちて動的なバネ定数とするのは不適当と思われる。

今回の実験の範囲は現場打ちコンクリートの応力がかなり大きいものであったにもかかわらず、その非線型性の固有周期に与える影響は非常に小さかった。

参考文献

- 1) 谷本喜一：杭基礎の耐震性に関する基礎的研究
(土木学会誌 オオカ号4号)
- 2) E. Kuriyayashi and T. Iwasaki: Observed Earthquake Responses of Bridges (Proc. of 4thCEE Chile Jan. 1969)

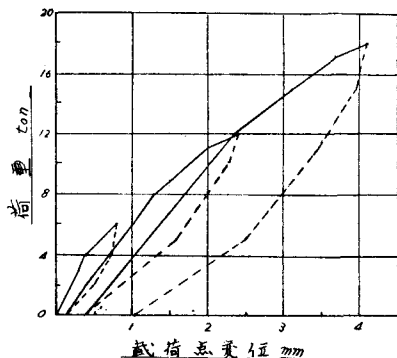


図-8 荷重-変位曲線

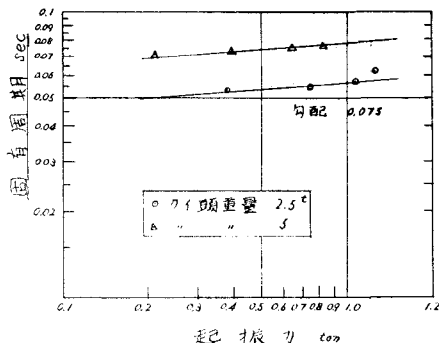


図-9 自由振動実験(鋼板模型)

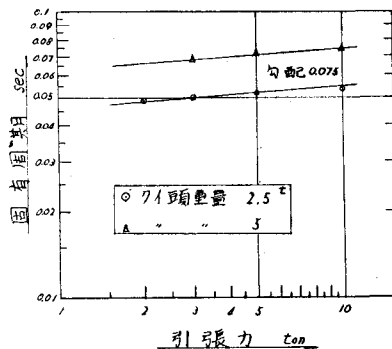


図-10 自由振動実験(コンクリート模型)

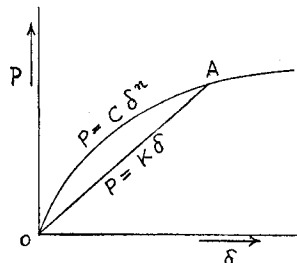


図-11