

III-56 模型二層地盤中における基礎の振動実験(1)

本洲四国連絡橋公団

国鉄・構造物設計事務所

同上

正会員 大橋 勝弘

正会員 面村 昭彦

正会員 〇高橋 良輝

1. まえがき

軟弱地盤中の基礎の耐震設計の方法として、地盤の変位を考慮した設計法(応答変位法)が用いられるようになってが、この妥当性の検討をするため、振動台の上に模型二層地盤を作成し、その地盤中に杭及びケーソンの模型を設置し、静的載荷試験及び振動実験を実施した。実験及び結果の概要を以下に述べる。なお、今回は紙面の都合上、主として単杭について述べることにする。

2. 実験の概要

実験を行うに当って、まず、縮尺及び模型地盤の材料について検討した。相似率については、表-1に示す値とした。地盤の材料は、アクリルアミド系の材料を用い、杭の材料はテフロン、ケーソンの材料は塩化ビニールを用いた。また、模型地盤の大きさは、 $2.5 \times 2.5 \times 0.7 \text{ m}$ とした。この地盤及び基礎に対して、静的載荷試験、振動台による加振実験を行い、地盤の固有振動数、振動モード、基礎に生ずる変形、応力を測定し、理論値との比較を行った。なお実験装置を図-1に示す。

3. 実験の結果及び解析

1) 地盤の弾性定数

模型地盤の変形係数、剛性率、及び、弾性波速度について静的並びに動的な各種の試験を行って結果、得られた値を表-2に示す。この結果、表層地盤については、弾性波速度試験と平板載荷試験の値でバラツキが小さいが、中間層、支持層についてはバラツキが大きい。これは、中間層と支持層は地盤の作成上、砂分を多く含んでいるため、地盤の強度特性が非線形になったに因りと考えられる。そこで中間層について、変形係数のひずみ依存性を求めてみると図-2のようになり、変形係数はひずみが小さい程大きな値となっている。従って、解析に用いる変形係数は、実験のひずみの値を考慮して用いることとした。

2) 水平載荷試験

杭の水平載荷試験は、杭頭部の変位と杭各部の曲げひずみを測定した。その応力モードの実験結果と解析結果を図-3に示す。解析に用いた水平地盤係数(K値)は、単杭については、次に示す(1)式を用いた。

$$K_{hs} = 2 \cdot E_s / (1 + \nu) \cdot D \quad \cdots \cdots (1)$$

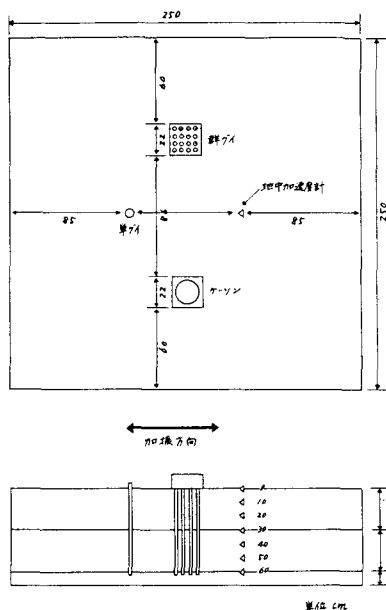


図-1 実験装置

物理量	実物	縮尺	理想模型	実現模型	備考
V_{s1}	90~110 m/s	1/10	9~11 m/s	10 m/s	1層目
V_{s2}	160~200 m/s	1/10	19 m/s	19 m/s	2層目
V_{s3}	350 m/s	1/10	35 m/s	35 m/s	支持層
共振周波数	3.0~3.6 Hz	2	6.0~7.2 Hz	6.7 Hz	1次
共振周波数	7.9~8.4 Hz	2	15.8~16.8 Hz	16.2 Hz	2次
杭の直径	40 cm	1/20	2.0 cm	2 cm	
EI	$2.2 \times 10^{11} \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$	$1/1.6 \times 10^7$	$1.4 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$	$1.4 \times 10^4 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2$	

表-1 相似率

試験名	表層		中間層		支持層	
	ヤング率 $E_{01} \text{ kg/cm}^2$	剛性率 $G_{01} \text{ kg/cm}^2$	ヤング率 $E_{02} \text{ kg/cm}^2$	剛性率 $G_{02} \text{ kg/cm}^2$	ヤング率 $E_{03} \text{ kg/cm}^2$	剛性率 $G_{03} \text{ kg/cm}^2$
弾性波速度測定	3.9	1.3	13 (11)	4.5 (3.6)	86	29
一軸圧縮試験	1.9	0.6	2.2	0.7	30	10
平板載荷試験	3.6	1.2	5.3	1.8	17* 11**	5.7 3.7

*)はφ30 cmの載荷板による値、**)は10 cm×10 cmの正方形載荷板による値、()は $V_s = 15.8 \text{ m/sec}$ の値

表-2 弾性定数一覧表

ここに K_{AS} : 静的水平地盤係数 ν : ポアソン比
 E : 地盤の弾性定数 D : 杭径

また、群杭については、固録基礎標準の式より算出しに値を用いて弾性床上の梁として計算を行って結果、変位、応力とも実験とかなりよく一致した。

3) 振動台試験

地盤の振動実験は、振動台の入力加速度 $5 \sim 10 \text{ gal}$ の範囲内で一定加振で、加振周波数は $2 \sim 20 \text{ Hz}$ で行った。得られに地盤の共振曲線及び振動モードを、それぞれ、図-4、図-5に示す。地盤の固有振動数は、せん断振動としての(2)式より求めると一次は 4.8 Hz 、二次が 13.4 Hz と実験値とよく一致した。

$$(1+\alpha) \cos w_0 \left(\frac{d_1}{v_1} + \frac{d_2}{v_2} \right) + (1-\alpha) \cos w_0 \left(\frac{d_1}{v_1} - \frac{d_2}{v_2} \right) = 0 \quad (2)$$

$$\alpha = v_1 v_2 / v_2 v_1$$

ここに v_1, v_2 : 表層、下層のせん断弾性波速度

d_1, d_2 : 一層の厚さ

ρ_1, ρ_2 : 一層の単位体積重量

w_0 : 固有円振動数

また、振動モードについても、理論値とよく一致した。次に、単杭の振動台実験の実験結果と解析結果を図-6に示す。解析に用いた動的水平地盤係数は、水平載荷試験の解析に用いた K 値より弱い値を用いて計算すると実験値とよく合う結果が得られた。これは、水平載荷試験に比べ、地盤が揺れるときは地盤と基礎の相互作用における面積効果の違いと考えらる。

4. まとめ

- 1) 地盤はせん断振動し、その固有振動数、振動モードは、ほぼ理論値と一致する。
- 2) 杭とケーソンの挙動は、地盤が大きく揺れるとき(地盤の共振点)は、地盤の動きとほぼ同様に、また応力分布についても理論値とよく一致する。
- 3) 振動台実験の場合の水平方向の動的地盤係数(K_{Ad})は、静的載荷試験の水平方向の静的地盤係数(K_{AS})より小さい値を用いると実験の結果をよく説明できることがわかった。

以上の実験の実施に当っては、(株)応用地質調査事務所浦和研究所のみなさまに大変お世話になりました。併せて感謝の意を表します。

〔参考文献〕

- * 日本国有鉄道編、建築物設計標準解説(基礎構造物及び杭土圧構造物)

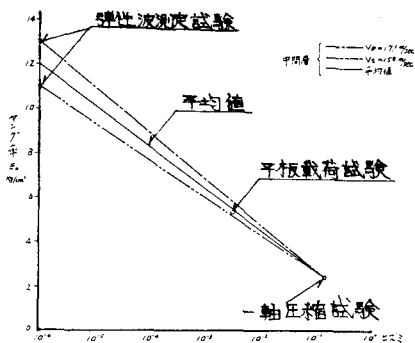


図-2. ヤング率のひずみ依存特性

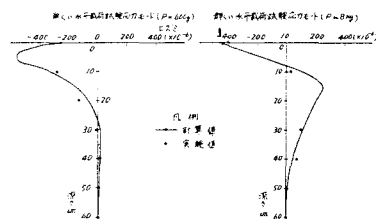


図-3. 水平載荷試験応力モード

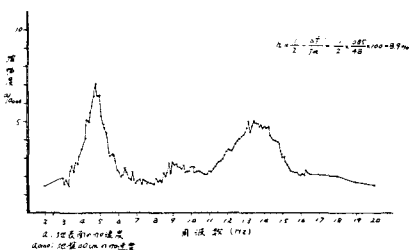


図-4. 地盤の共振曲線

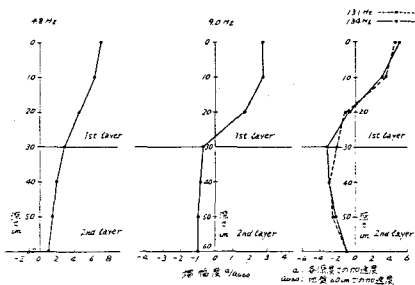


図-5. 地盤の振動モード

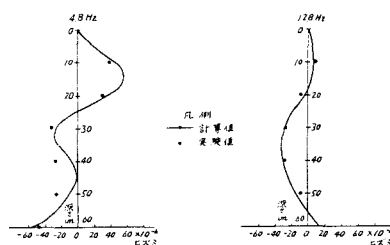


図-6. 振動試験応力モード