

中央大学大学院

廣瀬 利光

宮崎大学土木学科

原田 隆典

東京大学生産技術研究所 片山 恒雄

1. まえびき 埋設基礎の振動の解は有限要素法

や弾性波動論によつて求められる、実験値との比較に

よつて解の検証がなされている。これまでの理論近似

解の検証は表-1に示すの応答曲線、あるいは②複

素ばね係数の形で示されてきた。①または②で比

較を行なう場合、その値に基礎の質量効果あるいは

寸法効果が含まれる。より一般的に基礎周辺地盤の動特性を表現するた

めには基礎の質量効果と寸法効果を含みない③無次元複素ばね係数を用

いることが有効である。地震による基礎の振動の問題となるのは、多く

の場合基礎の水平と回転の建成振動であり、この建成振動の③による比

較は前報で示した⁽³⁾。機械基礎は主として鉛直振動を問題とする。本報告

では、基礎頂部中央における鉛直加振実験から得られる振動特性と位相

特性から鉛直方向の無次元複素ばね係数を求める手法を示し、解析結果

と既往の理論近似解の比較と考察を行なう。表-1

2. 計算手順 埋設剛体基礎が基礎頂部中央で鉛直加振される場合の

振動は回転との建成振動を起さないで、これを図-1にモデル化する。

このモデルの運動方程式は式(1)に示す1自由度複素方程式となる。式(1)

の複素ばね係数($K_v + i\omega D_v$)は式(2)より無次元複素ばね係数(c_{v1} $+ i c_{v2}$, $S_{v1} + i S_{v2}$)と基礎底面地盤および表層地盤の剛性率 G , G_s の6つのパラメータで記述される。以下簡単のために添字 V は省略する。無次元複素ばね係数の実部 S_1 , C_1 は表層地盤と下層地盤のばね剛性を表わし、虚部 S_2 , C_2 はそれぞれの地盤の減衰(地盤の材料減衰と逸散減衰を含む)を表わしている。 G , G_s は地盤定

数とし、弾性波速度で得られる各層のせん断波速度から求める値

を用いる。式(1)に式(2)を代入すると未知数として4つの無次元係

数が残る。埋設基礎底面の動的復元力係数は得られていないけれど、

半無限弾性地盤上の基礎の解は理論的研究から得られるので、この解を近似的に C_1 , C_2 に

用いる。以上により未知数を2つに減じた。埋設剛体基礎頂部中央における鉛直加振によつて得られる鉛直方向

の振動振幅と位相の両特性により S_1 , S_2 が求まる。

3. データ解析例とその考察 井筒模型基礎の加振振動実験は土岐により京都大学宇治構内の地盤に埋設

を行なわれた。実験結果の報告はすでにされている⁽⁴⁾けれど、土岐教授の御好意によりお借りしている詳細な実験

資料およびデータに基づいて解析を行なう。解析に用いたデータはこの図の中心鉛直加振方法による加振力

200kg, 300kgによつて得られた鉛直方向の振動特性と位相特性である。解析から求めた S_1 , S_2 と無限地盤内の無限円柱の側面に作用する動的復元力から求めたNovakの理論解⁽⁵⁾、表層地盤に埋設された剛体基礎の振動により

変数	M, S, R	S, R	R
実験値	応答曲線	複素ばね係数	無次元複素ばね係数
比較	① 比較	② 比較	③ 比較
理論値	応答曲線	複素ばね係数	無次元複素ばね係数
注	M: 質量 S: 寸法 R: 無次元複素ばね係数		

表-1 理論値と実験値の比較

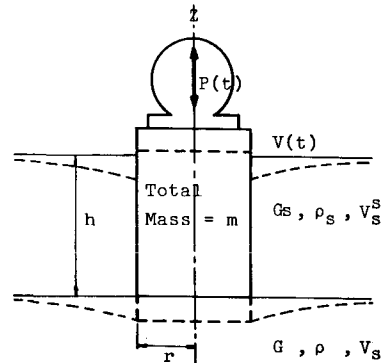


図-1 埋設剛体基礎の鉛直振動モデル

$$G_s = 0.5313 \times 10^7 \text{ Kg/m}^2, G = 0.1250 \times 10^8 \text{ Kg/m}^2,$$

$$\rho_s = \rho = 2000 \text{ sec}^2/\text{Kg} \cdot \text{m}^4, r = 0.685 \text{ m},$$

$$h = 2.0 \text{ m}, \tan \delta = 0.07, m = 847.4 \text{ Kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}$$

$$v = 0.42, \bar{c}_{v1} = 6.5, \bar{c}_{v2} = 6.0$$

$$m V(t) + (K_v + i\omega D_v) V(t) = P(t) \quad (1)$$

where

$$K_v = Gr(c_{v1} + \frac{G_s h}{G r} s_{v1}) \quad (2)$$

$$D_v = \frac{Gr}{\omega} (c_{v2} + \frac{G_s h}{G r} s_{v2})$$

$$c_{v1} = \bar{c}_{v1}, c_{v2} = \bar{c}_{v2} * \frac{r \omega}{V_s}$$

$$P(t) = P_0 e^{i\omega t}, V(t) = V_0 e^{i\omega t - i\gamma}$$

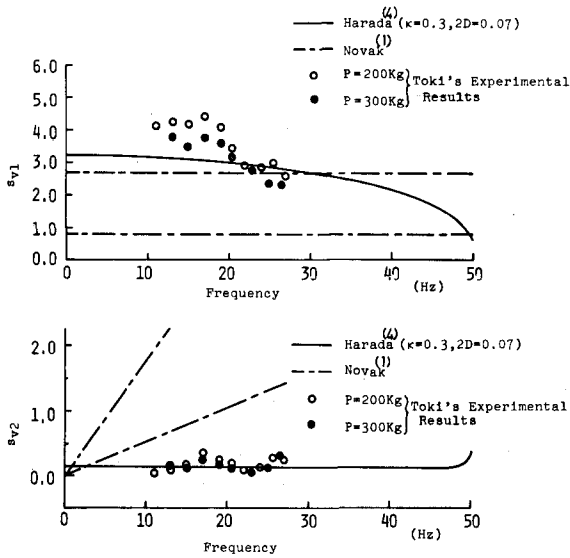


図-2 実験による δ_{v1} , δ_{v2} と理論解の比較

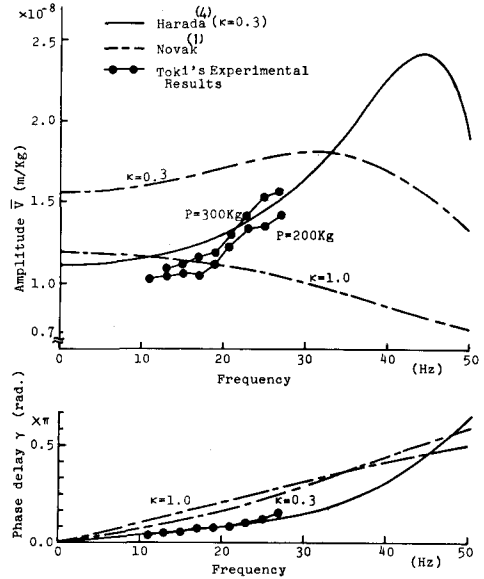


図-3 鉛直方向の実測と理論の比較

周辺地盤内に生ずるひずみが基礎側面で一様であるとて求

めた原田の理論解を図-2に示した。実験データから S_1 , S_2 を求めるために G_1 , G_2 に Novak の解を用いたが、これらの理論解から応答値を求める場合にも Novak の解を用いた。 G_1 , G_2 を求めるために表層地盤のせん断波速度 $V_s = 16.6 \text{ m/sec}$, 下層の $V_s = 250 \text{ m/sec}$ とした。これらの理論解は実際の現象とモデル化の段階で大胆な仮定を行なっている。基礎と地盤の完全付着、線形粘弾性地盤などの仮定の多くはばねおよび減衰を大きく評価する方向に影響する。従ってモデルと実際の現象の間で異なる点を近似的に評価するために導入した割引係数 κ (5) を用いて理論解を実験値に近づけるために $\kappa=0.3$ と適用した。起振力 P 200 kg , 300 kg と変えた場合、図-2 からの振力 P が小さいほど比較的高い S_1 , S_2 の値を示している。これは基礎の振動によって生ずる周辺地盤のひずみの大きさの影響をうけている。加振力の変動に対して安定した値を示している。Novak の解は、ばね推定において S_1 は実験値との一致を示すが、減衰において S_2 は非常に大きな値を示している。図-2 Novak の解が減衰を過大に評価している指摘を受けているが本解析からも同様の結果がえらわれる。 $\kappa=0.3$ を用いてこの減衰を割引くと図-3 ($\bar{v} = V/P$) の応答値は多少大きくなるが実験値にみられる上勾配の傾向が現われる。原田の解は $\kappa=0.3$ とすることにより実験から得られた S_1 , S_2 とかなりよく一致を示し、その結果応答曲線、位相曲線がよくあう。本解析から次のことが言える。 (1) 埋設基礎の底面のばねおよび減衰の効果は埋込深を持つにそかわらなず半無限弾性地盤の解で近似して解析を行なう。 (2) 加振力が変わると安定した解がえらわれる。 (3) Novak の解は基礎側面による減衰を過大に評価していることと実験値との比較によって示すことができた。

貴重な実験データを提供していた京都大学防災研究所 土壌震三教授に感謝する。

- 参考文献
 ① Novak, M., Berezano, Y.O., "Vertical Vibration of Embedded Foundations", Proc. of ASCE, Vol. 78, No. SM12, 1972
 ② 土岐, 小松; 片側基礎の震応答解析に関する研究, 土木学会論文報告集 No. 281, 1976, 1
 ③ 廣瀬, 原田, 片山; 起振実験データによる動的な地盤復元力の評価法, 第34回年次学術講演要録集 I-212
 ④ 原田, 久保, 片山; Dynamic Soil Reaction Including Dynamic Response of Surface Stratum, 生産研究 Vol. 21 No. 11
 ⑤ 原田, 久保; Dynamic Stiffness and Vibration of Embedded Cylindrical Rigid Foundation, 第5回日本地震学会, 1978
 ⑥ 原田, 久保, 片山; 表層地盤の動反力係数とその埋設剛性基礎の動的復元力評価への応用, 第15回地震工学研究会, 1979