

## 起振機の振動挙動による地盤の 締め固め度の判定に関する研究

京都大学 工学部 学生員 ○黒崎 文雄

京都大学 工学部 正会員 畠 昭治郎

京都大学 工学部 正会員 建山 和由

**1 概要** 本研究は起振機を用いた地盤の締め固め施工において、土の締め固めに伴う起振機の振動特性の変化を利用して、土の締め固め程度によって変化する地盤剛性を判定するための管理手法を確立することを目的とし、1自由度系振動計算によるシミュレーションにより考察を行ったものである。

**2 シミュレーション方法** 地盤を図1に示すように、バネとダッシュポットで置き換えることによってモデル化する。ここでは、地盤の締め固め度の進行は、バネの剛性係数 $k$ と粘性減衰係数 $c$ を増加させることによってシミュレートし、このときの地盤の締め固めの進行と起振機の振動挙動との関係について検討を行った。このとき、起振機の運動方程式は以下の通りである。

a) 起振機が地盤に接している場合

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = mg + F\sin(\omega t)$$

b) 起振機が地盤から離れている場合

$$m\ddot{y} = mg + F\sin(\omega t)$$

ただし、

$m$ : 起振機の質量 (kg)

$F$ : 起振機の起振力 (N)

$\omega$ : 起振機の角振動数 (rad/sec)

$y$ : 起振機の変位 (m)

$k$ : 地盤の剛性係数 (N/m)

$c$ : 地盤の粘性減衰係数 (N·sec/m)

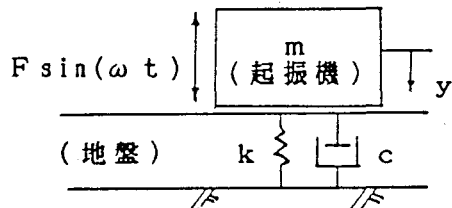


図-1 シミュレーションモデル

表1 シミュレーションのパラメータ

|        |                              |
|--------|------------------------------|
| M (kg) | 24, 31, 37                   |
| F (N)  | 390, 400, 675                |
| f (Hz) | 16, 21, 22, 27<br>32, 40, 50 |

上記の運動方程式から差分法によって、時間に伴う起振機の変位ならびに、加速度を計算する。また、起振機の加速度波形の変化を定量的に扱うために、フーリエ解析によって周波数分析を行う。

計算で用いたパラメータは、表1に示すようであり、これらの種々の組合せに対して計算を行った。

**3 シミュレーション結果** シミュレーションによって得られた結果を要約すると以下のようである。1) 地盤剛性が小さいときには起振機は地盤からほとんど、あるいは全く跳びはねることがなかったが、地盤が締め固まってゆくにつれて徐々に大きく跳びはねるようになっていく。2) 起振機が地盤から跳びはねることがない場合には、加速度波形は正弦曲線になっている。3) 起振機が地盤から跳びはねるようになったときに加速度波形も乱れ始め、跳びはね方が大きくなるのに伴って加速度波形の乱れ方も大きくなっていく。

Fumio KUROSAKI, Shojiro HATA and Kazuyoshi TATEYAMA

#### 4 振動挙動による地盤の締め固め度の判定に関する考察

図1で示される地盤～起振機系における共振振動数は

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

によって示される。1) ここで各シミュレーションにおいて、起振機が地盤から跳びはねるようになったときの地盤剛性に対する共振振動数と、起振機の振動数の関係を調べた。その結果、両者の関係は図2に示されるように比例関係にあることが分かった。

シミュレーション結果を詳しく調べると、図2において直線よりも下の領域においては、加速度波形はまだ乱れておらず、直線上で乱れ始め、直線より上へ行くにしたがって乱れが大きくなっている。すなわち、起振機条件、地盤条件に関わらず両者の比が加速度波形の乱れを左右すると考え、以下のAを導入した。ここでAを周波数比と呼ぶことにする。(Aが大きいはど加速度波形の乱れも大。)

$$A = \frac{(\text{地盤～起振機共振系の共振振動数})}{(\text{起振機の振動数})}$$

ところでシミュレーションにおいては加速度波形の乱れに伴って図3に示すように、基本周波数の整数倍の成分が卓越してくる傾向が観察された。そこで、加速度波形の乱れを定量的に表すもう1つの指標として以下のひずみ率Dを導入した。

$$D = \frac{(\text{基本周波数の整数倍の周波数のスペクトルの和})}{(\text{基本周波数のスペクトル})}$$

このDとAの関係を調べた結果が図4である。これより両者の間には強い相関関係があることが分かった。ここで、 $A = \sqrt{k/m} / 2\pi f$  であるので、 $k = (2\pi f A)^2 \cdot m$  である。ところで、起振機の諸元は定数であるので、Dから図4で示した関係を利用してkを求めることができる

以上の考察より、地盤の締め固めの過程において、ひずみ率Dを知ることによって地盤剛性kを推測することが可能であることが分かった。

(参考文献)

1) 椎貝博美: 土木解析学(1976) pp. 274-276、丸善

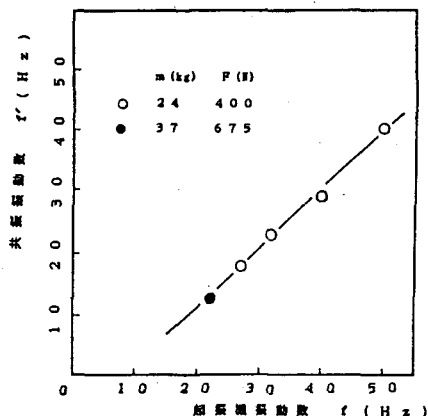


図2 起振機の振動数～共振振動数の関係

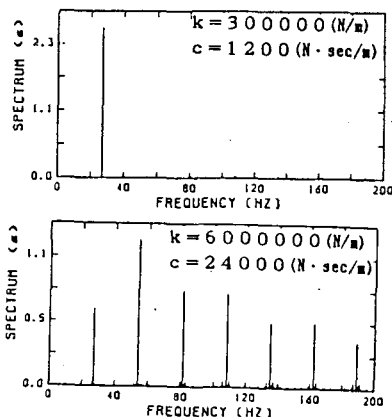


図3 起振機の周波数分析結果

(M = 24 kg, P = 400 N, f = 2.7 Hz)

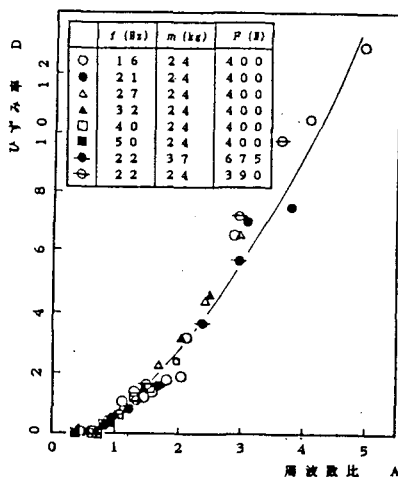


図4 起振機のひずみ率～周波数比の関係