

京都大学大学院 学生員 ○ 建山 和由
 京都大学工学部 正 員 畠 昭治郎
 フジタ工業 (株) 正 員 藤原 隆文

1. はじめに 地盤をバネとダッシュポットに置き換え、構造物基礎や振動ローラなどの振動性状を計算する方法は取り扱いが簡単なため数多く利用されているが、これらの計算に用いる土のバネ係数 k や粘性減衰係数 c にどのような値を用いるかは、明確でない場合が多い。そこで本研究では、締固められた土の上にランマを落とし、その振動挙動より k や c の値を求める方法について検討をおこなったので報告する。

2. k, c の求め方 地盤上にランマを落下させる場合、ランマは地面に衝突し、はね返り、振動しながら減衰していく。このときのランマの挙動は地盤の種類、硬さ、その他の性質により異なる。そこでこのランマの振動性状を測定すれば、地盤を構成する土の特性を推定することができると考えられる。¹⁾ 今、地盤をバネ係数 k のバネと粘性減衰係数 c のダッシュポットで置き換え、この上にランマが H の高さから落とされる場合について考える。(図-1参照) ランマはこのモデルの上で振動するが、その挙動はランマが地面にひっついてるときと離れているときとで異なる。それぞれの場合の挙動を運動方程式で表わすと(1)、(2)式のようにになる。

(a) ランマが地面にひっついてるとき

$$m \ddot{z} + c \dot{z} + k z = 0 \quad \cdots (1)$$

(b) ランマが地面より離れているとき

$$m \ddot{z} = mg \quad \cdots (2)$$

ここで m はランマの質量、 z は静的つり合い位置を中心としたランマの変位、 g は重力加速度である。

このモデルを使う場合、土の付加質量を考慮しなければならないが、これについてはまだ明らかでない部分が多く、またその量的把握も困難であるため、今回はランマの質量のみを考えたい。

(1)、(2)式よりランマがこのモデルの上に落とされたときの振動挙動を予測すると図-2(a)のようになる。また図-2(b)は後述する実験により実際にランマの変位と加速度波形を測定したものである。これらの結果はよく似かよっており、(1)、(2)式はランマの挙動をよく表わしていると考えられる。

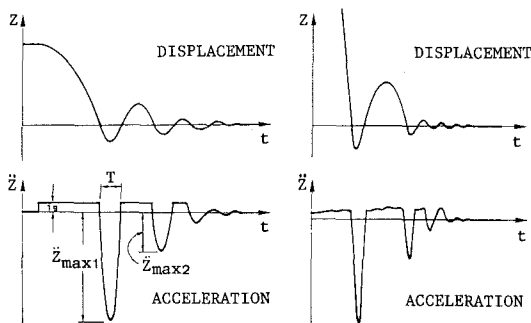
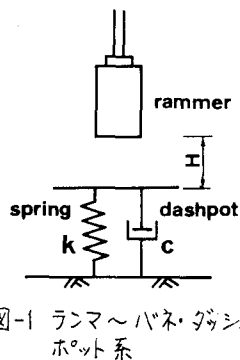
(1)式を $t=0: z=0, \dot{z}=\sqrt{2gH}$ という初期条件のもとで加速度について解き、簡単な計算を行うと k, c は(3)、(4)式のように表わすことができる。

$$k = \frac{1}{4m} \left\{ \left(\frac{2m\pi}{T} \right)^2 + c^2 \right\} \quad \cdots (3)$$

$$c = -\frac{2m}{T} \ln \left(\frac{\ddot{z}_{\max 2}}{\ddot{z}_{\max 1}} \right) \quad \cdots (4)$$

ここで、 $\ddot{z}_{\max 1}$: 最初の加速度振幅値、 $\ddot{z}_{\max 2}$: 2回目の加速度振幅値、 T : ランマが地面と接している時間すなわち、 $\ddot{z}_{\max 1}, \ddot{z}_{\max 2}, T$ の値を求めれば、 k, c の値を決定できることになる。

3. k, c の測定 次に実際の土に対して実験を行い、 k, c を測定した。実験は JIS A 1210 突固めの用 10 cm モールドの中に土試料を突固め、この上にランマを落とし、その加速度をランマに取り付けた加速度計により取り出し、増幅器を通して電磁オシロに出力させた。(



(a) モデルによる予測 (b) 実験結果

図-2 ランマの変位・加速度波形

図-3参照) 実験に用いた試料は砂質ローム (SC, $G_s = 2.64$, $U_c = 197$) と砂 (SF, $G_s = 2.65$, $U_c = 33$) であり、ひとつの含水比につき密度を5通り変え、4種類の含水比について実験を行った。また、ランマの重量は 2.567 kgf 、直径 5 cm 、落下高さは 6.5 mm であった。

図-4、図-5は砂質ロームに対する実験結果を示したものである。前者が k の値、後者が C の値を求めたものである。図中の曲線はプロットした点を貫ねたものであり、またプロットした点の横に付した数字はその密度における飽和度を表わしている。

これらの図より、 k 、 C とも密度によりその値は変化するが、その変化の仕方は飽和度により大きく異なり、飽和度 60% ぐらいまでは k 、 C の値は密度とともに増加するが、それ以上ではかえって減少するという結果が得られた。砂についても同じように k 、 C の値を求めたが、これらは、飽和度が 70% 近くになっても密度とともに増加する傾向を示した。これは砂質ロームの場合、砂に比べて水、空気が密閉されやすく、ランマの落下により急激に土中の空気圧、間隙水圧が上昇し、土の変形特性、減衰特性に影響を与えるためと考えられる。

図-4、図-5はモールド内に締固めた土に対して k 、 C を求めた結果であり、この土試料はモールドで拘束されていることになる。しかし実際の地盤ではモールドほど強い拘束を受けることがないため、 k 、 C の値も多少異なると考えられる。そこで土槽の中に砂質ロームを締固め、この試料について k 、 C を求め、先の実験結果と比較した。土槽は直径 2 m の円型土槽であり、ランマの直径に比べてはるかに大きく、土槽壁による拘束は無いと考えられる。実験は小型の起振機により試料土を3種類の硬さに締固め、それぞれについて k 、 C の値を求めた。この実験の結果を示したものが表-1であり、これにはそれぞれの乾燥密度、含水比に相当するモールドを用いた場合の k 、 C の値も示してある。これより土槽内の土に対する k の値は、モールド内の土の約 30% 、 C の値は約 50% の大きさになっており、モールドによる拘束の影響が非常に大きいことがわかる。

土のバネ係数 k は、動的地盤反力係数という形で、多くの土に対して、数多く調べられているが、それによると今回用いた試料については $7.5 \times 10^4 \sim 1.9 \times 10^5 \text{ N/m}$ が適当と思われる。²⁾ しかし今回の実験で得られた値はこれよりも大きい。しかしこの試験においては、土の付加質量を考慮しておらず、またランマの重量、落下高さを変えたと得られる k 、 C の値が変化するという結果も得られており、さらに詳しい研究が必要である。

(参考文献)

- 1). 川崎浩司他：学校屋外運動場の表面がたさに関するモデル実験 第17回土質工学研究発表会講演集 PP1325
- 2). 土質工学会編：土と構造物の動的相互作用 昭和48年 PP53

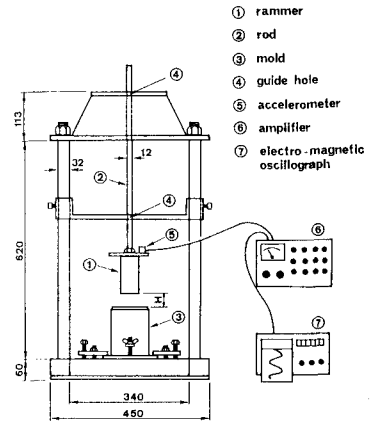


図-3 実験装置

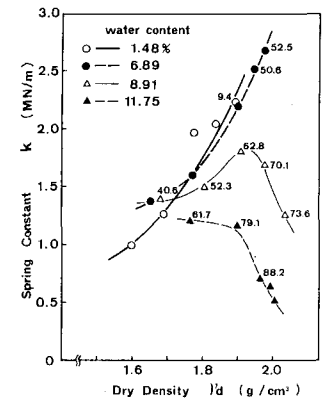


図-4 バネ係数の測定結果

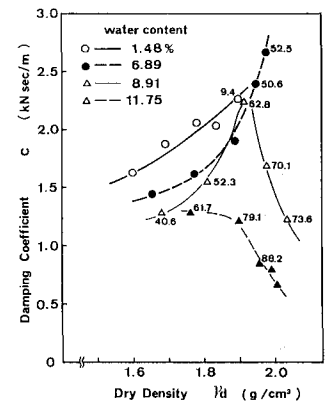


図-5 粘性減衰係数の測定結果

表-1 土槽内の土のバネ係数と粘性減衰係数

	γ_d (g/cm^3)	w (%)	in the Soil Bin		in the Mold	
			k (MN/m)	C (kNsec/m)	k (MN/m)	C (kNsec/m)
1	1.615	1.42	0.282	0.980	1.04	1.66
2	1.735	1.79	0.418	0.885	1.46	1.90
3	1.761	1.42	0.474	1.003	1.58	1.96