

片田敏行 共著 “オンライン実験による液状化地盤の非線形振動解析”  
への討議

(土木学会論文報告集 第318号・1982年2月掲載)

## ▶ 討議者 (Discussion)

椎 貝 博 美 (筑波大学)  
By Hiroyoshi Shiigai

(1) 2.a)において、「加振開始時には線形振動を行うと思われるから」とあるが、その条件は何か。

つまり、加速度が大きければそうはならないのではないか。

結局ここでいいたいことは、非線形の式(2)の  $m$  の値は、線形の式(1)を用いて求めた  $m$  の値を使用し

た、ということではないのか。

(2) 2. のモデルと、4. の  $u(x, t)$  との関係がこれでは不明である。補足説明が必要ではないか。結局、 $m$  の意味が不明瞭なのである。推察すれば、 $m$  の値は1質点系のモデルの質量なのであるから、具体的にどんな値になるのかは興味のあることである。

## ▶ 回答者 (Closure)

片田敏行 (武蔵工業大学)・伯野元彦 (東京大学)  
By Toshiyuki Katada and Motohiko Hakuno

専門の異なる先生の興味をひいてあげたいと思いますが、鋭いご質問で多少弱ったというところです。以下のようなことで納得いただけたらと思います。

(1) 「加振開始時には線形振動を行うと思われるから」という点について

この系は加振開始前には振動していませんから変位は零から始まります。それゆえ、開始時にはまだ微少振動すなわち線形振動とみなせるであろうという意味です。ですから、「加振開始時には微少振動すなわち線形振動の範囲内にあると思われるから」とでもすべきでした。したがって、ご質問のとおり式(2)の  $m$  の値は線形の式(1)と同じ  $m$  を用いているということです。つまり、仮想的な質量  $m$  は非線形になっても不変であると仮定しています。

(2) 2. のモデルと 4. の  $u(x, t)$  の関係について  
地表層は連続体ですから無限の自由度をもっています。それを1自由度系にモデル化しようとするのですから、大胆な仮定を行っています。つまり地表層が線形の場合、地表層は1次固有せん断振動形状のみ振動すると考えています。この1次せん断振動の形状が 4. の  $u(x, t)$  なのです。実際にはこれ以外の多くの振動形も現われると思いますがそれを無視しています。また、地表層が非線形領域に入れば、その振動形状も変わるかもしれませんがそれも考えていません。

モード解析ではご存知のように  $u_i$  を  $i$  次固有振動形

状、 $Q_i$  を  $i$  次時間関数として、振動変位  $y$  は次式で表わされます。

$$y(t) = \sum u_i(x) \cdot Q_i(t)$$

また、 $Q_i(t)$  は次式の解です。

$$\ddot{Q}_i(t) + 2\beta_i\omega_i\dot{Q}_i(t) + \omega_i^2 Q_i(t) = a \cdot f(t)$$

この式は1自由度方程式ですから、われわれはこれを利用しようというわけです。そして、その固有振動形状で振動するとき、地表層とその下の層の境界でせん断ひずみを生じますが、その計算で出したひずみと実験的に得られる供試体のひずみが一致するように、地表変位等の絶対値を求めています。したがって、地表層の下部でだけ非線形となり、地表層の大部分では線形振動形で振動していると仮定しているわけです。ですから論文中にも近似的 (p. 24 上から12行目, 25行目) に変位などを求めることができると書いてあるのはそういう仮定を設けているからです。

また、 $m$  の値は式の上で現われた多分に便宜的なものです。強いて意味をつければ地表層を1個の変形しない質量の固まりと考え、ばねは実験供試体のばね硬さと考えたとき、地表層の1次固有周期に合わせるような仮想的な質量です。

(3) 以上に述べたように、この研究では地表層の振動形状は1次固有振動しか考えていません。これは計算機の能力が1自由度振動系しか解けないので、そういうことになっています。この実験装置の計算機を流行の

マイコンに換えれば波動方程式も解くことができるようになり、よりよくなるので現在はその方向で研究を進めています。ただし、マイコンに換えた場合、アナログ計算機に比べて演算時間を多少必要とするので、リアルタ

イムで結果を出せるかどうかは疑問です。

以上で納得していただきましたでしょうか。貴重なご意見ありがとうございました。

---