

I-515

著しい異方性又は複雑な境界をもつ表層地盤の地震応答解析のための
擬似3次元地盤モデルについて

東京大学生産技術研究所 正員 田村 重四郎

(株)熊谷組技術研究所 正員 鈴木 猛 康

1. 緒言

表層地盤の動特性がその地震動の性質に著しい影響を与えることが、震害調査も含めて、実証的研究によって明確にされつつある。通常、表層地盤の地震応答は、簡単化するために、着目している地点の地盤構造が、広く一様に分布していると言う想定のもとで得られている。しかし、溺れ谷地形に発達した沖積地盤の場合の様に、動特性が方向によって大きく変ったり、平面的にみて複雑な形状をしていることがある。この様な場合には表層地盤の地震時の挙動を求めるのは容易ではない。しかもこのことは、地下構造物の耐震設計には必要不可欠のものである。ここでは、この目的のために著者等が提案した、実用的な精度で解析し得るモデル¹⁾²⁾について記述している。

2. モデル

さきに田村、鈴木は平面的に広い範囲の表層地盤の地震応答の算定のために、表層地盤を柱状土塊の集合とみなして、各土塊のせん断1次振動に注目してバネ—マスモデルに変換し、これを更に互いにバネで連結したモデル³⁾を提案した。しかし、マス同士を互いにつなぐバネを採用したことにより、異方性が生じ又ポアソン比を正しく表現するのに難点が生じた。そこで、新しいモデルでは、マスを互いに連結するバネの代りに、マスの間にある地盤要素そのものを使い、その変形性を利用している。換言すれば、2次元の有限要素法を適用したものである。

図-1は節点間の地盤（地盤要素と呼ぶ）を節点間を結ぶ平板要素（前記の有限要素に当る）に変換する過程を示している。矩形の地盤要素Element Jの4節点（ $i=1, 2, 3, 4$ ）で、次式により等価ヤング率を算出する。

$$(EF)_i = \int_0^{H_i} E_i(z) F_i(z) dz \quad \dots\dots (1)$$

但し、 $H_i(z)$ は i 節点の地盤の厚みであり、 $E_i(z)$ はヤング係数、 Z は地表からの深さ、 $F_i(z)$ は次式で算定される標準化されたせん断基本振動モードである。

$$F_i(z) = \frac{f_i(z)}{\int_0^{H_i} \frac{m_i'(z) f_i(z) dz}{m_i'(z) dz}} \quad \dots\dots (2)$$

$m_i'(z)$ は深さ Z における質量、 $f_i(z)$ はせん断基本振動モード

(1)式より、Element j の等価ヤング率 (E_j) を次の様に求める。

$$E_j = \frac{\sum_{i=1}^4 (EF)_i}{4} \quad \dots\dots (3)$$

また、ポアソン比も同様に求められる。

図-2 は当該地盤の平面図で、斜線の区域の質量 (M_i) が、節点 i に集中しているものとする。従って、基盤とこの質量を結ぶバネ K_{3i} は i 点の基本振動周期を T_i とすれば次式で求められる。

$$K_{3,i} = M_i \cdot \left(\frac{2\pi}{T_i} \right)^2 \quad \dots\dots (4)$$

これらより運動方程式は次の様にあらわされる。

$$[M] \cdot \left\{ \ddot{X} \right\} + [C] \cdot \left\{ \dot{X} \right\} + [K] \cdot \left\{ X \right\} = -[M_e] \cdot \left\{ \ddot{U} \right\} \quad \dots\dots (5)$$

但し、 $[M]$ 、 $[C]$ 、 $[K]$ は各々マス、減衰、剛性の各マトリックスであり、 X 、 Y は各々 x 、 y 軸方向の変位、 $[M_e]$ は有効質量マトリックスである。(5)式を解けば地盤の動特性が得られることになる。

3. モデルの妥当性の検証

モデルの妥当性は、かなり複雑な地形を対象として模型実験ならびに数値解析によって調査した。その結果から低次の固有振動ではよい一致がみられた。発表でこのことを示したい。この研究は線形の範囲内で実施されているが、地盤の基礎的動特性を知る上で重要である。

参考文献

- 1) 田村 重四郎・鈴木猛康；地下構造物の地震応答解析のための擬似3次元地盤モデルの提案—地盤モデルの構成—、生産研究 Vol. 39, No. 1, 1987
- 2) 鈴木猛康・稲森光洋・田村 重四郎；地下構造物の地震応答解析のための擬似3次元地盤モデルの提案—模型振動実験による地盤モデルの検証—、生産研究 Vol. 39, No. 2, 1987
- 3) 鈴木 篤・田村 重四郎・加藤 勝行；平面バネマス系モデルによる3次元表層地盤の振動解析の一手法、第38回年次学術講演会、I-376, 1983

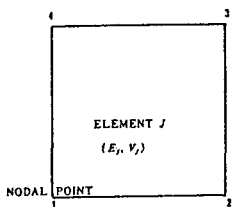


図 - 1

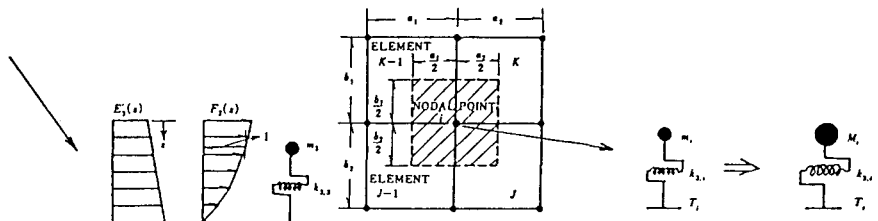


図 - 2