

○ 滋賀県 正員 鈴木 篤

東京大学生産技術研究所 正員 田村重四郎

東京大学生産技術研究所 正員 加藤 勝行

1 はじめに 地震時に地中構造物は地盤の変位に応じて変形するとされており、地中構造物の耐震性を考える上で、地盤の振動状態を把握することは基本的である。本報告では、三次元的構造を持つ表層地盤の水平二方向の振動性状を把握できる実用的な解析モデルを提案する。

2 平面バネマス系モデル ここで提案する平面バネマス系モデルは、現行の沈埋トンネルの耐震設計に使用されている田村のモデルを拡大発展させたものである。具体的には、まず表層地盤を、地表面と基盤面を端面とする直方体の柱状要素に分割し、それぞれの要素を一質点バネ系で置換する。これらの質点を伸縮バネ K_{2x} と剪断バネ K_{2y} を用いて相互に平面的に連結する。(図1 参照) 既往のモデルでは K_{2x} は地盤のヤング率のみを考慮している。当モデルでは、ポワソン比の影響を考慮して K_{2x} を定めた。図2の直方体要素の微小部分の主応力状態を図3のように想定し、次のようなひずみ分布を仮定した。

$$i) \epsilon_1 = f(z)/B \quad ii) \epsilon_2 = 0 \quad iii) \epsilon_3 = \text{const.} \times z$$

これらのひずみ分布の仮定のもとで次のような K_{2x} が導かれた。

$$K_{2x} = \frac{W}{B} \int_0^H \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \left\{ f(z)(1-\nu) - \frac{f(H)\nu^2 z}{(1-\nu)H} \right\} dz$$

ここで、 $f(z)$ は質点が単位変位したときの要素の深さ z における変位、 E はヤング率、 ν はポワソン比である。 K_{2x} のポワソン比としては、等脚台形を断面とする単純なゼラチンモデルの振動実験を行い、その実験結果と解析結果を比較し、よい精度が得られる範囲の値を採用した。ポワソン比が0.49を超える場合には0.49とした。

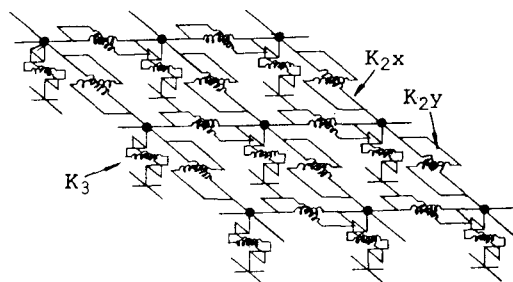


Fig.1 Mathematical model

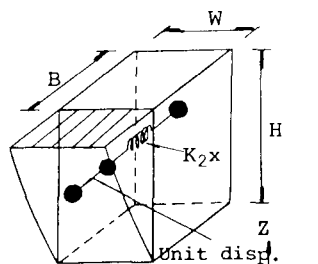
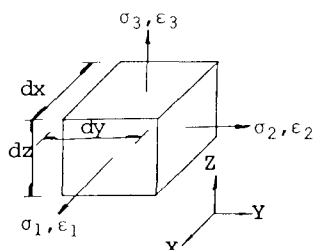
Fig.2 K_{2x} of a rectangular solid X element

Fig.3 A minute part of a rectangular solid element

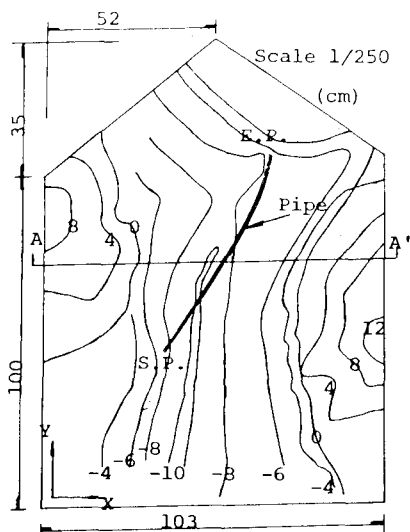


Fig.4-a Contour line of the base layer(-4 - -10cm) and contour line of the diluvial hill(0 - 12cm) (surface of alluvium is at 0cm)

3 実地盤モデルの振動実験 図4に示すような実地盤のゼラチンモデルの振動実験を行った。洪積層と沖積層には高濃度と低濃度のゼラチンを、基盤層には石膏を、トンネルにはネオプレンゴムパイプを、それぞれモデル材料として使用した。実験はトンネルの無い場合も行った。

4 実験結果と解析結果 加振方向と加振振動数に応じて様々な卓越振動が観察されたが、本モデルの表層の形状の複雑さの影響を反映したものであろう。最も主要な卓越振動は、図5-aに示すy方向の基本振動である。図5-aはトンネルの無い場合の振動モードであり、トンネルのある場合の振動モードとよく類似している。このy方向の基本振動の振動数は最も低く、全体的に位相差はほとんど観察されなかった。図5-bに示す解析で得られた一次モードとはよく一致している。固有振動数については、実験値に比べやや高くなった。これは、沖積地 Fig.4-b Cross section AA'

盤モデル材料の剛性測定用の供試体のヤング率が実験モデルのヤング率より高めたためと考える。

トンネル材料のゴムの剛性が低いことを考慮して、ニクロム線をゴムパイプに直接貼付して、ひずみゲージとして使用した。ひずみゲージは、パイプの7箇所の腹に、軸方向に、合計14箇所貼付した。y方向の基本振動モードに対するトンネルの軸ひずみを図6-aに、曲げひずみを図6-bに示す。解析に当っては、まず、実験のモードの最大振幅を解析のモードの最大振幅として与えて、トンネル位置における地盤変位を求めた。次に、

有限要素法で計算されたトンネルと地盤を結ぶバネを介して、この地盤変位を入力し、トンネルのひずみを算出した。軸ひずみの解析値は、実験値と極めてよく一致し、曲げひずみについても満足すべき一致を得た。

5 まとめ 本報告で提案した平面バネマス系モデルは、非常に簡便なモデルにもかかわらず、三次元的構造を持つ表層地盤の振動性状を、実用上かなり良く表現しているものとする。

謝辞 本研究を行うにあたって、実地盤モデルの振動実験等に協力していただいた(株)熊谷組の木戸義和氏に深く感謝の意を表します。

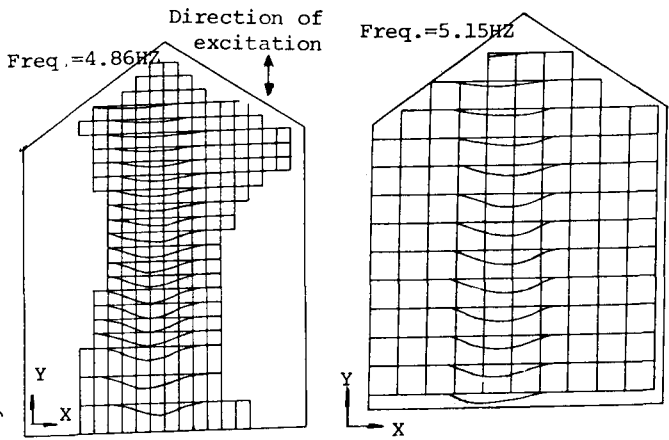
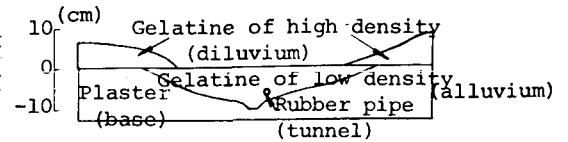


Fig.5-a Main mode for y direction of experiment (no pipe model) Fig.5-b 1st mode of analysis

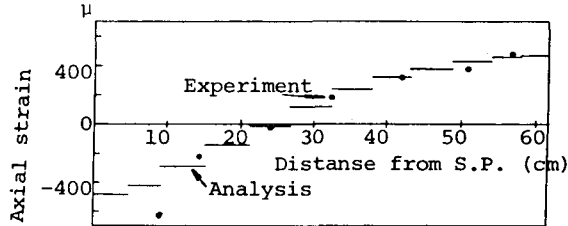


Fig.6-a Axial strains of the pipe for main mode of experiment and for 1st mode of analysis

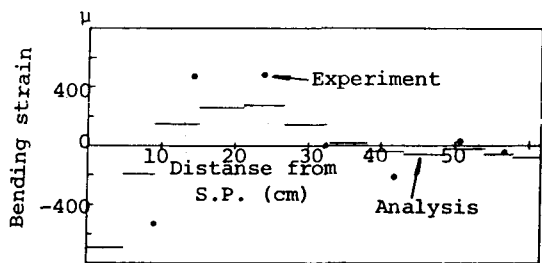


Fig.6-b Bending strains of the pipe for main mode of experiment and for 1st mode of analysis