

I - B456

2線式箱型トンネルの地震時挙動に関する実験的研究

日本大学 正 田村 重四郎
 日本大学 学 牧野 達謙 星 秀朋
 東大生研 正 小長井 一男 三神 厚 片桐 俊彦

1 はじめに

1995年兵庫県南部地震の際の地中構造物の挙動・被害の解明のために特に大開駅の被害に対し、いくつかの研究結果が関係者により発表されている。何れも地震時の挙動をシミュレーションしたものであり多くは先ず周辺地盤の地震応答を非線形領域まで追跡し、この条件の下で構築の非線形範囲まで応答を求めている。非常に有益な結果が得られているが数値解析には手法上の仮定が含まれることは当然で又、得られた結果を連続的に表示し、他の研究者がその挙動に対する理解を深めることは容易でない。

本研究では線形の範囲ではあるが、大開駅の動的挙動の解析の基本資料とし、かつ地中構造物の挙動をよりよく理解するために2次元模型を用いて振動実験を試みている。なお本研究は前回の研究を更に進めたものである。

2 模型の寸法、材料

模型の形状は大開駅部を模して2線形箱型を採用し、モデルスケールは1/100、地盤材料はゼチンゲル(ニッピゼラチン工業(株) S2100-3)を、構築はシリコンゴム(バイエル株式会社シロブレン RTV-21C)を使用した。模型と実物の剛性の比はほぼ $1:1 \times 10^4$ になっている。地盤では比較的軟質な表層部20mをモデル化し、その下部の $N=50$ 以上の地盤を工学的基盤とし、固定することにした。何れもポアソン比は0.495以上であり、RC構造の構築を相似するには大きすぎるがスレンダーであることからその影響は少ないものと考えられる。しかし、減衰係数は1.0~1.2%で実物とは一致しない。これらの条件によりこのモデルは解析モデルであると考えている。

表層地盤の影響を解析するため、2種類の地盤構造、すなわち、実際の地盤状態を模すべく7層に分割した地盤モデル(モデル2)と、同じ性質からなる1層の地盤(モデル1)を採用している。断面形状は図-1、材料の物性は表-1に示す。地盤各層の剛性はゼラチン濃度の調整で変化させた。因みに重量比で8%濃度の場合、2.28m/sec 剪断速度の伝播速度をもつ。

3 実験

振動台上に固定し、正弦波で加振して低次の固有振動数を求め、更にポートアイランド(-83m)で記録された波形を入力してその挙動を調査した。モデルの挙動は写真、ビデオ及び加速度計で記録した。

各模型の基本振動モードは写真1~4、固有振動数は表2に示す通りである。高次固有振動ではモデルの長手方向及び断面方向の境界条件による局部的振動が発生するので困難であった。

4 実験結果

モデル1の基本振動モードから認められることは中壁がS字形に変形して、側壁の変形と著しい差異をみせることである。地盤に接している側壁の変形に従って、上床版が変形するため、上床版に比べて剛性の少ない中壁上端部は強制的に変形をうけて回転するためと推測される。これは地盤の変位と構築の力学的性質によるものである。

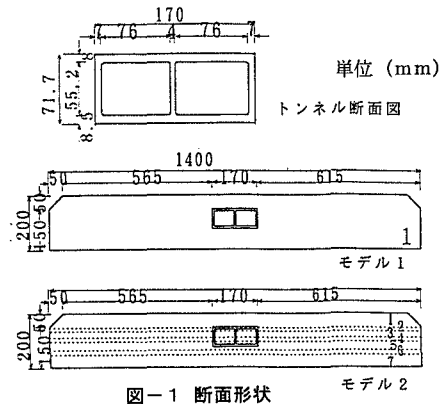


図-1 断面形状

地盤(モデル1)

層番号	層厚	濃度	密度	伝播速度	弾性係数
	mm	%	grf/cm ³	cm/sec	grf/cm ²
1	200	10	1.060	368.0	437.97

地盤(モデル2)

層番号	層厚	濃度	密度	伝播速度	弾性係数
	mm	%	grf/cm ³	cm/sec	grf/cm ²
1	50	7	1.060	212.5	144.11
2	15	15	1.086	506.0	848.35
3	20	8	1.051	228.9	168.01
4	15	15	1.086	506.0	848.35
5	30	8	1.051	228.9	168.38
6	20	18	1.101	571.3	1096.4
7	50	11	1.086	395.0	508.98

トンネル(シリコンゴム)

弾性係数	密度	単位質量
grf/cm ²	grf/cm ³	grf
19950	1.253	46.88

表-1 材料の物性

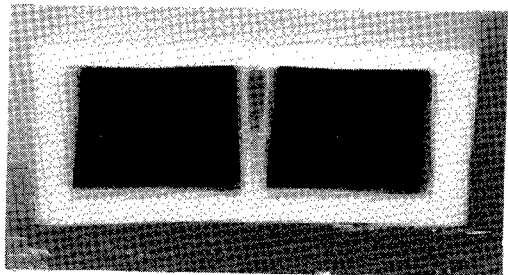


写真-1 モデル1の基本振動時の構築のぶれ写真

模型内に埋設されているゴム紐(黒色)の変位から推測される地盤の変形については、模型端部より構築近傍までほぼ一様に変位しているが、モデル中央部に向かって僅かながら変位が増加していることが認められる。これはトンネルが埋設されていることと模型の寸法によるものと推測される。

モデル2では地盤が剛性の異なる7層から構成されているため、地盤のみ場合の基本振動モードは、図-2に示されている様に、モデル1に比して折線状に曲った異なる形状を示している。構築が4.8~12cmまでに建設されていることを考慮すると、変形に対して周辺地盤より強い拘束を受けていることが推測される。写真3にある如く、構築の中間レベル付近で変形が増加しているのはこの様な理由によるものであろう。

図-3はモデル1,2に対し、ポートアイランド(-83m)の加速度波形を、周波数を変えずに幾何学的に変形して入力した場合のトンネル真上の地盤の応答加速度波形を示したものである。この波形から低次の固有振動が著しく、卓越していることがわかる。



写真-2 モデル1の基本振動時の全体のぶれ写真

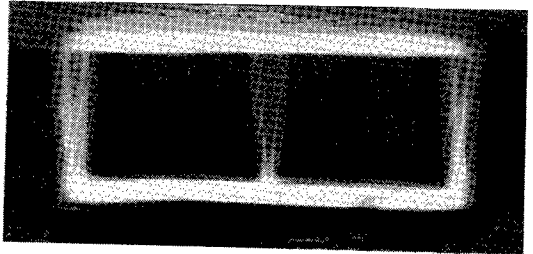


写真-3 モデル2の基本振動時の構築のぶれ写真

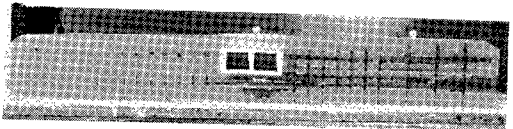


写真-4 モデル2の基本振動時の全体のぶれ写真

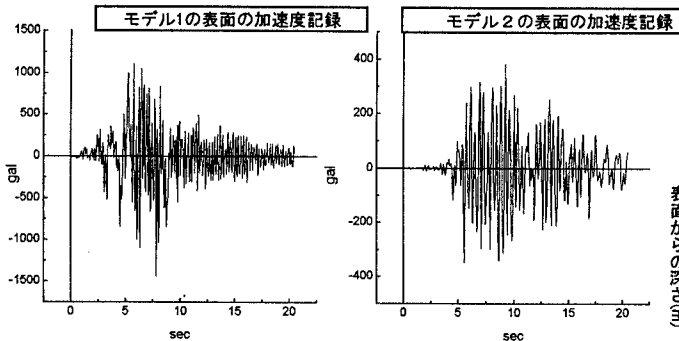


図-3 ポートアイランドの波形を入力した時のモデル表面加速度波形

固有振動数	モデル1	モデル2
一次	4.3Hz	4.88Hz
二次	13.5Hz	13.3Hz

表-2 各模型の固有振動数

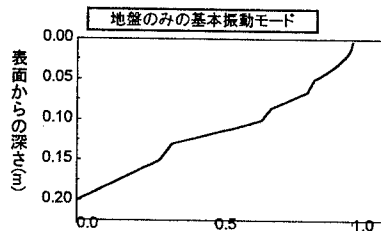


図-2 モデル2地盤の基本振動モード

5 数値解析

モデル2について図の様に要素分割を行いモードを求めた。図-4はモデル2の基本振動モードである。写真3と対照してよく類似していることが認められる。又トンネル近傍で、地盤の歪が変化していることがわかる。図-5は数値解析で得られた地中の各深さ毎の変位モードの分布を示したものである。横軸はモデル端からの距離、縦軸はトンネル軸直角水平方向の振幅を示している。トンネルの上半部ではトンネル近傍で増加し、下半部では逆に減少していることがわかる。

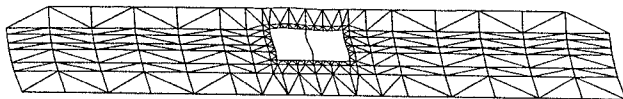


図-4 モデル2の基本振動モード

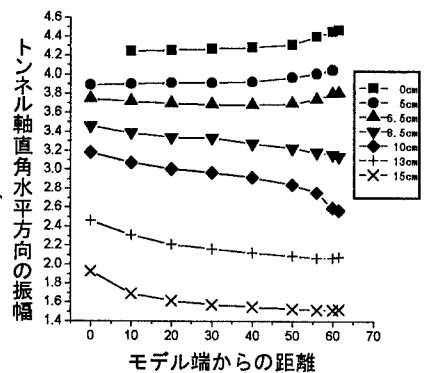


図-5 地中各深さ毎の水平変位モード分布

6 まとめ

大開駅を対象として地盤・構築をモデル化し、模型振動実験を実施した結果、地盤と構築との相互作用、連動状況を視認し、弾性範囲ではあるが被害と関連するとみられる動的挙動を得ることができた。

さらに検討を進めて行く予定である。

本研究には松本一人、三上祐司、栗田匡人の協力を得たので記して謝意を表す。