

I-39 トンネル中柱の免震手法に関する基礎的検討

徳島大学大学院 学生員 ○ 工藤 一樹 徳島大学工学部 正会員 澤田 勉
徳島大学工学部 正会員 三神 厚

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震では、それまで比較的安全であると考えられてきたトンネルに被害が生じた。特に、開削工法で建設された神戸高速鉄道大開駅では、中柱が破壊し、上床版が折れ曲がり沈下し、直上の国道28号線が最大で2.5mに及ぶ陥没が生じた。トンネル免震化のための方法として、最も厳しい応力条件下に置かれる中柱端部に直接免震装置を設ける手法がある。この装置は、中柱に作用するせん断力を低減する方法と曲げモーメントを低減する方法に大別される。本論文では、中柱端部の条件をローラー、ピンとした場合のトンネル躯体の断面力分布の違いについて考察する。

2. 中柱の免震装置

地震時にはトンネル躯体が横断方向に変形させられるため、中柱には常時の荷重に加えてさらにモーメントやせん断力が作用するようになる。これを低減する目的でこれまでいくつかの免震手法が提案されている。せん断力を低減する方法として、中柱端部に例えば水平方向にフレキシブルな積層ゴムのような装置を設ける手法がある(図1(a))。また曲げモーメントを低減する方法として中柱の両端をピン結合と

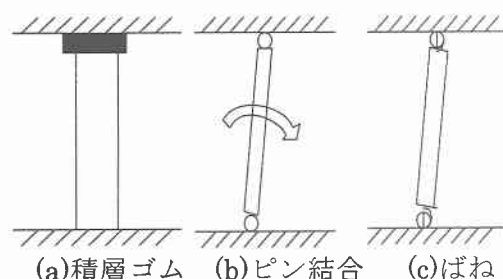


図1 免震手法

する方法(図1(b))の他に、常時の偏心荷重や地震時地盤変形による中柱の傾斜に対して、適度な復元機能を持たせ、地下構造物を常時力学的に安定な状態に保持できるように形状復元力を持たせた装置もある。その他、図1(c)のように回転あるいは、水平方向に適度な剛性を有するばねを中柱端部に設置するものもある。

3. 中柱免震効果の検討

(1) 解析条件

以上で分類した中柱の免震装置のうち、特に図1(a)の積層ゴムをローラー結合でモデル化し、図1(b)をピン結合として、トンネル中柱に設置し、その免震効果について検討をする。神戸高速鉄道大開駅を参考に地盤・トンネル系をモデル化しFEM解析を行う。解析対象断面地盤の物性を図2に示す。約29(m)以深で地盤のせん断弾性速度が500m/s以上であるため、これより下方を剛基盤とし、基盤上の地盤は一様であると仮定している。

またトンネルのヤング率は $3.048 \times 10^9 (\text{kg/m}^2)$ 、断面積は 0.6 m^2 、断面二次モーメントは 0.04 m^4 とした。地盤はアイソパラメトリック要素、トンネルおよび中柱は梁要素でモデル化した。なお、隅角部は剛域を考慮し剛体梁要素によりモデル化した。検討にあたっては、免震装置を取り付けていない地盤・トンネル全体系の左右両側方か4分の1波長分の正弦波を水平方向強制変位として与え、

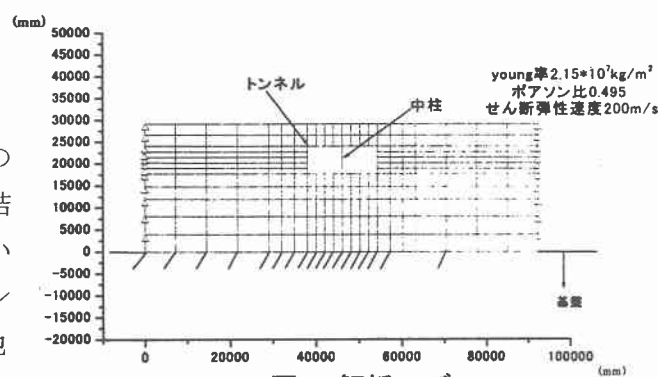


図2 解析モデル

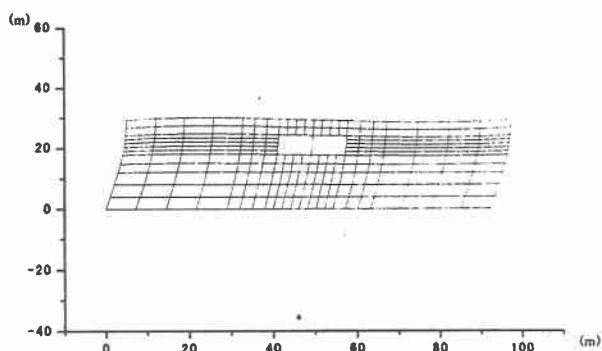


図3 変形図

また、鉛直方向の変位は拘束した。その時の変形図を図 3 に示す。

(2) 解析結果

図 3 に示すトンネル躯体の変位を取り出し、免震装置がある場合、あるいはない場合のトンネル躯体に強制変位として与えた。中柱が剛結の場合と、中柱上端部をローラー結合とした場合、両端ピン結合とした場合について、トンネル躯体に発生する曲げモーメント、およびせん断力分布図を比較する。

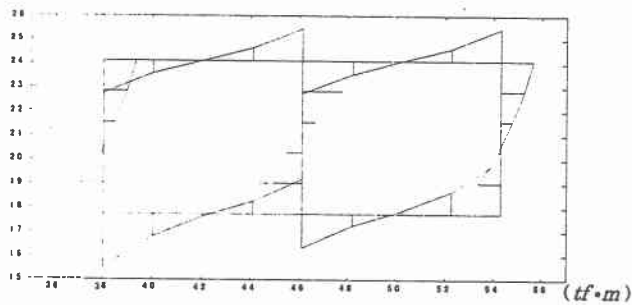


図 4(a) 曲げモーメント図 (剛結結合)

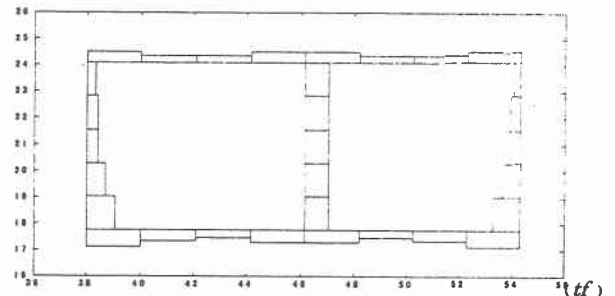


図 4(b) せん断力図 (剛結結合)

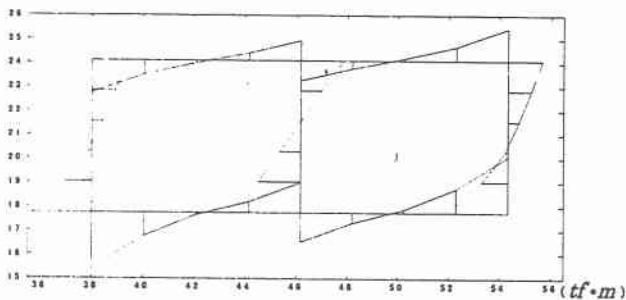


図 5(a) 曲げモーメント図 (ローラー結合)

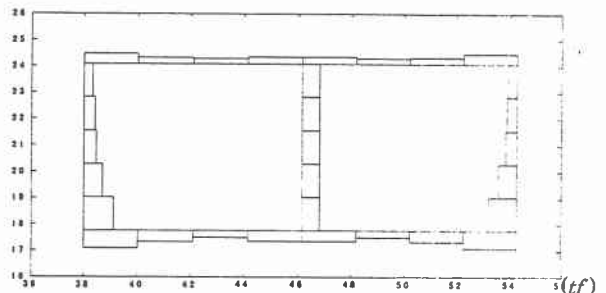


図 5(b) せん断力図 (ローラー結合)

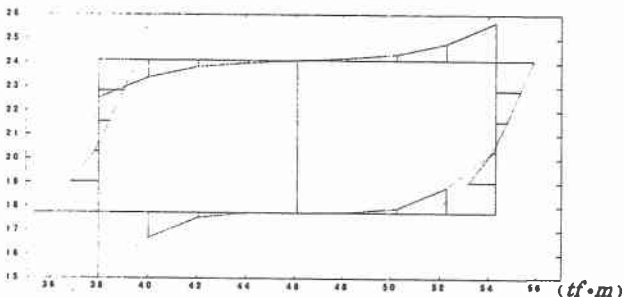


図 6(a) 曲げモーメント図 (両端ピン結合)

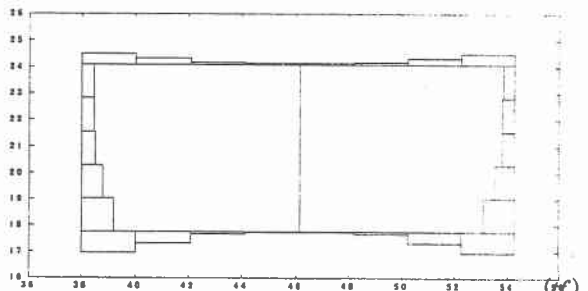


図 6(b) せん断力図 (両端ピン結合)

図 5 を見ると、中柱上端部にローラー結合を用いて中柱の断面力を低減すると曲げモーメントはさほど低減されないが、側壁に対するせん断力の負担が大きくなることがわかる。また図 6 の中柱を両端ピン結合とした場合では、中柱に作用する曲げモーメントは大幅に低減できるが、側壁に作用する曲げモーメント、せん断力および上床隅角部に作用する曲げモーメントが大きくなることが分かった。

参考文献

- (1) 矢的・梅原・青木・中村・江寄・末富：兵庫県南部地震による神戸高速鉄道・大開駅被害とその要因分析 土木学会論文集, NO,537/I-35,303-320,1996