

矩形断面を有するトンネル構造物に対する応答変位法の適用性

東京工業大学大学院 ○井澤 淳 日下部治 東日本電信電話(株) 重定浩之
鹿島技術研究所 山田岳峰 永谷英基 大保直人

1. はじめに

近年、矩形トンネルを代表とする特殊断面トンネルが施工されている。その際の耐震設計では応答変位法を用いた検討が一般的である¹⁾。しかしながら、その適用性を実証した例はない。そこで本研究では、応答変位法を模擬する静的せん断土槽実験を遠心力場で行い、遠心振動台実験結果²⁾と比較することで、特殊断面に対する応答変位法の適用性について調べた。

2. 実験方法

実験に使用した遠心場静的せん断装置³⁾(図1)は、板バネで連結された全13段の剛なリング(最下段固定)と3つのアクチュエータから構成されている。この3つのリングに対して任意の水平変位を付与することで、その他のリングも追従して変位し、土槽内地盤に強制変位が作用するようになっている。模型地盤、トンネル模型は遠心振動台実験²⁾と同じ条件とし、トンネルの断面力を測定するために内外に対でひずみゲージを貼り、トンネルの水平変位を測定するために非接触式変位計を図2のように設置した。また入力波は単純せん断に準じた変形モードを目標に、5Rに2mm、9Rに4mm、13Rに6mmの強制変位を与えた。せん断変位は0.01Hzの正弦波により片押し2分の1波の载荷を行った。せん断リングの変位分布の最大値を図3に示す。なお、载荷点以外ではリング変位の追従性が劣るが、地盤中央部では均等なひずみが生じることが確認出来ている⁴⁾。店本研究で対象とする矩形断面を有するトンネルは円形トンネルと比べ耐震性は低いと考えられ、そのため耐震性を向上させる対策が必要である。そこで補強工法として周辺地盤の剛性を上げる改良工法、周辺地盤からのせん断力の伝播をカットできる免震工法を取り上げた。地盤改良には圧縮強度1MPaのモルタルを、免震層にはゴム板(厚さ1mm)を使用した。なお、実験は3ケースについて行い、Case5はトンネルの周りに免震層がある場合、Case6はトンネル周りの地盤を地盤改良してある場合、Case7はトンネルの周りに免震層を設置し、更にその周りに地盤改良がある場合である。これらの結果と遠心振動台実験結果²⁾を比較し、応答変位法の適用性を検討した。

3. 静的実験結果と動的实验結果の比較

Gap sensor で計測したトンネル内空水平変位量の静的、動的で同一の値を取り出し、その時点の断面力を用い動的実験、静的実験の変形モードの比較を行う。

断面力分布形状

免震層有りのケースでは曲げモーメント、軸力共に動的と静的で概ね一致している事が分かる。また、地盤改良体ありのケースでも動的实验と比較してやや安全側にあるものの、曲げモーメント、軸力共に傾向は同じで変形

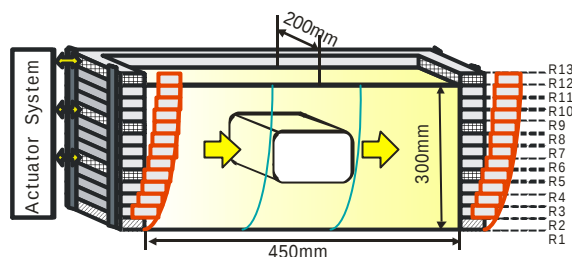


図1 静的せん断装置

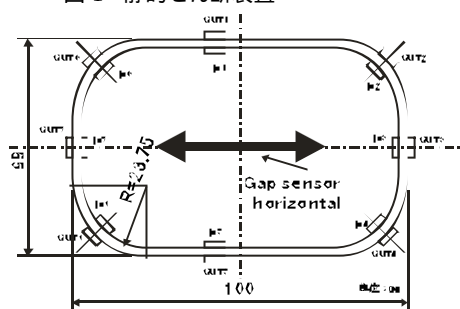


図2 トンネル模型及び断面力測定位置

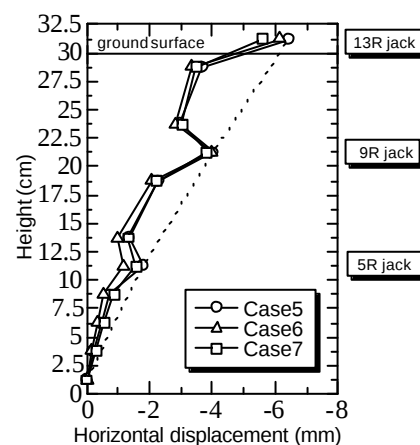


図3 リング変位分布

キーワード 遠心模型実験、地盤改良、免震層、応答変位法

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻日下部研究室
TEL: 03-5734-2798

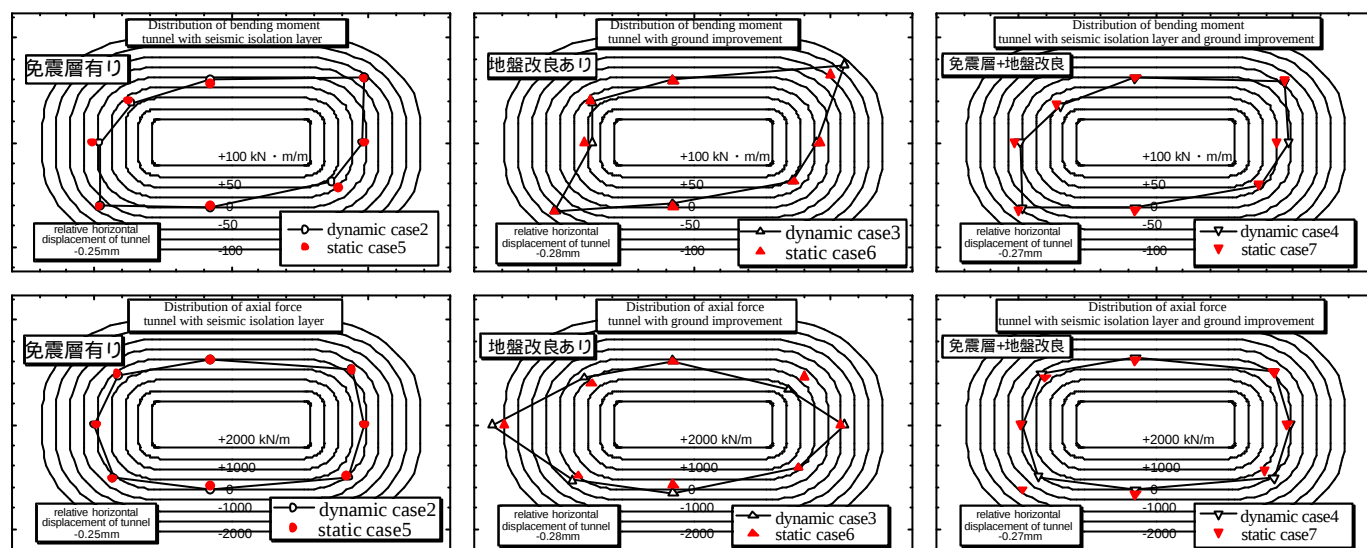


図4 断面力分布図

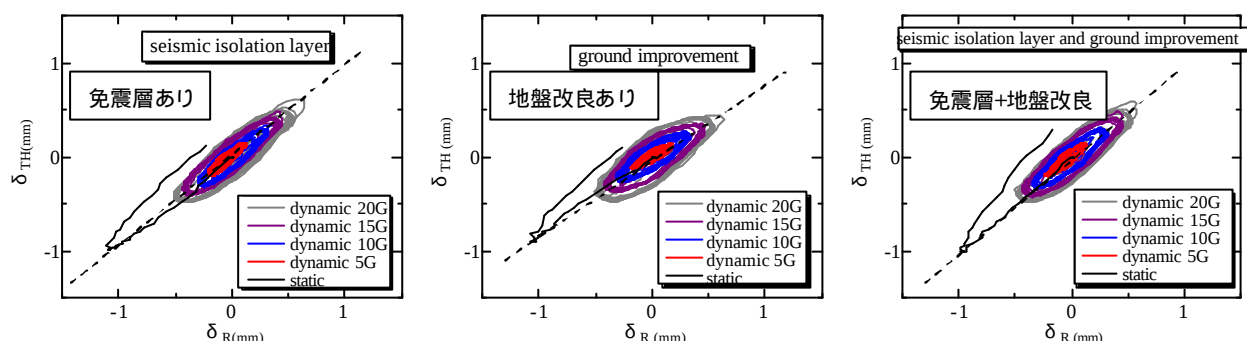


図5 トンネル内空水平変位と相対リング変位の関係

モードは一致していると判断できる。さらに地盤改良+免震層有りのケースでも隅角部分で軸力がやや過大な値を示してしまっているものの、曲げモーメント、軸力は同じ傾向を呈している。よって、いずれのケースにおいても、曲げモーメント、軸力で概ね同じ傾向を呈しており、変形モードはほぼ一致していると言える。

トンネル内空水平変位とトンネル周辺地盤変位

トンネル内空水平変位量 (δ_{TH}) と相対リング変位量 (δ_R) を図5に示す。動の実験の場合では、いずれのケースにおいてもトンネル内空水平変位と相対リング変位に位相差があるためにループを描いている。骨格曲線を描いてみると、いずれのケースにおいても動の実験と静的実験の二つのケースで、トンネル近傍の相対リング変位量とトンネルの内空水平変位量の関係は骨格曲線にのり、角度に差はあるものの概ね一対一の関係があることが分かった。

4. まとめ

静的実験と動の実験を比較した結果、静的荷重を受ける場合と動的荷重を受ける場合の断面力は同じ傾向を呈しており、ほぼ一致している。よって変形モードは概ね同じであると判断できる。このことから、トンネル構造物の変形モードは静的加振、動的加振で概ね一致しており加振方法には余り関係がない結果が得られた。また、トンネル内空水平変位と相対リング変位の関係も静的実験、動の実験で一対一の関係を持っており、骨格曲線は概ね一致している事が分かった。これらの結果から扁平矩形断面を代表とする特殊断面に対しても応答変位法は適用できると判断する事ができる。

参考文献 1) 例えば、建設省土木研究所他：大規模構造物の耐震設計法ガイドライン（案）1992 2) 重定他：扁平矩形トンネルの耐震補強に関する遠心振動台実験、土木学会第59回年次学術講演会 3) Takahashi, A., Takemura, J., Suzuki, A. & Kusakabe, O. 2001. Development and performance of an active type shear box in a centrifuge, IJPMG, Vol.1, No.2, 1-18 4) 山田他：三次元弾塑性解析によるアクティブ型せん断土槽の挙動評価、第32回地盤工学研究発表会、pp. 1703-1704、2003