

異高型複断面トンネルを対象とした動的載荷実験

東京地下鉄(株) 正会員 ○佐々木 孝太 大塚 努 小西 真治
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 津野 究 鎌田 和孝 佐名川 太亮
 東京大学 大学院工学研究科 フェロー会員 前川 宏一

1. はじめに

著者らは、地下鉄箱型トンネルの異高型複断面部の耐震性能を把握するため、解析による検討¹⁾や静的条件における実験的検討^{2),3)}を行ってきた。今回は、地震時の動的作用を模擬した動的載荷実験を行ったので報告する。

2. 実験概要

(1) 実験装置

本実験は、図-1の鉄道総研が所有する大型振動試験装置⁴⁾に図-2の12段のせん断フレームから構成されたせん断土槽を設置しその中にトンネル模型を設置した。

(2) トンネル模型と模擬地盤(図-3)

単線断面(Case1)および異高型複断面(Case2)の2種類の亚克力製の模型トンネルを作製し、実験に用いた。模型トンネルの部材厚さは20mm、縮尺は実物の概ね1/12である。部材に発生する断面力を把握するため、Case1では40箇所、Case2では90箇所にひずみゲージを取り付けた。また、模型トンネルに作用する土圧を計測するため、外面に土圧計(Case1:20箇所、Case2:40箇所)を取り付けた。

模型地盤は、珪砂6号を300mmごとに撒き出し後、転圧を行うことで、相対密度 $D_r=70\%$ の乾燥砂地盤となるように密度管理を行いながら作成した。

(3) 載荷方法

動的載荷は、鉄道構造物等設計標準・同解説耐震設計⁵⁾L2地震動スペクトルⅡ(以下、L2SpcⅡ)を時間圧縮した地震波を使用している。図-4に入力地震波を示す。加振は、L2SpcⅡ $\pm 100, 200, 400, 600, 800, 950\text{gal}$ のパターンで実施した。各載荷パターン前にホワイトノイズ波形を適宜入力している。

3. 実験結果

実験結果は、L2SpcⅡ $\pm 950\text{gal}$ 時のトンネル模型のひずみ時刻歴応答をひずみ最大の時刻(図-5, Case1:12.3秒, Case2:13.4秒)で整理した。

図-6にCase1, 図-7にCase2の動的実験により得られたモーメント図およびせん断力図を示す。

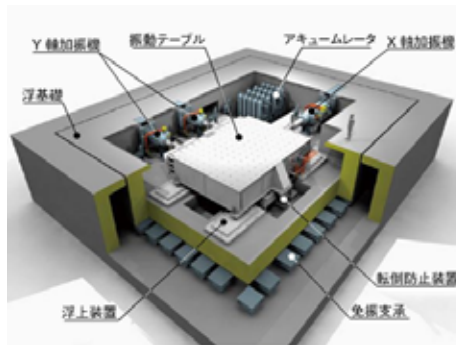


図-1 大型振動試験装置



図-2 せん断土層

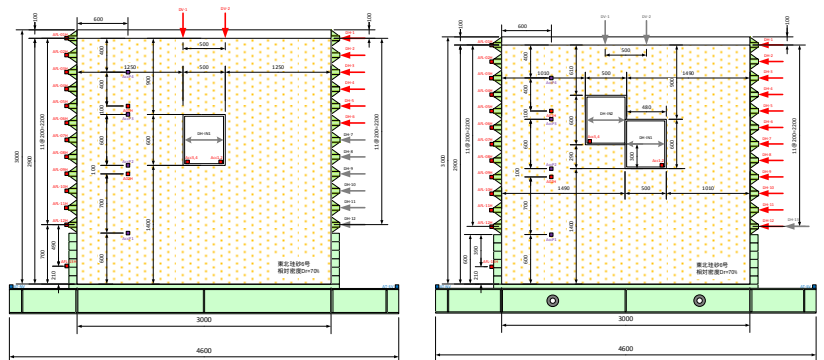


図-3 トンネル模型と模擬地盤(左:Case1,右:Case2)

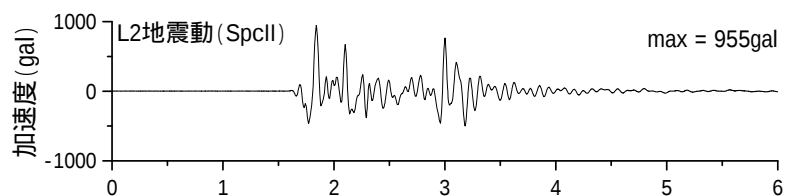


図-4 入力地震波(L2地震動スペクトル +950gal)

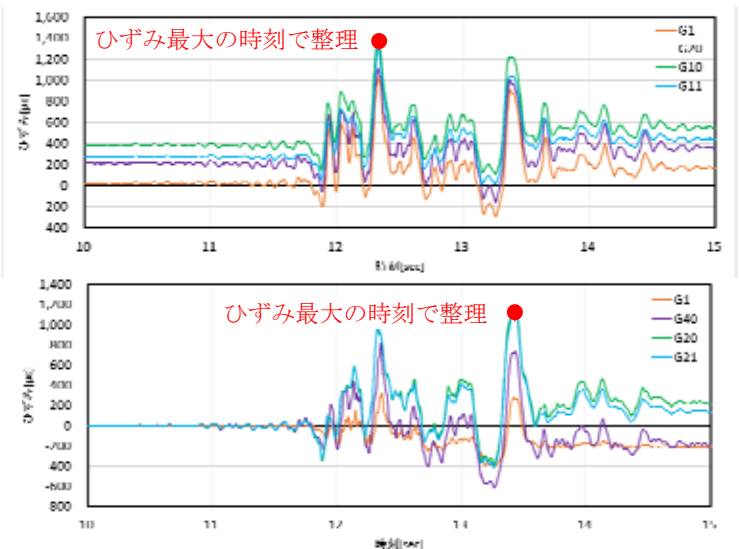
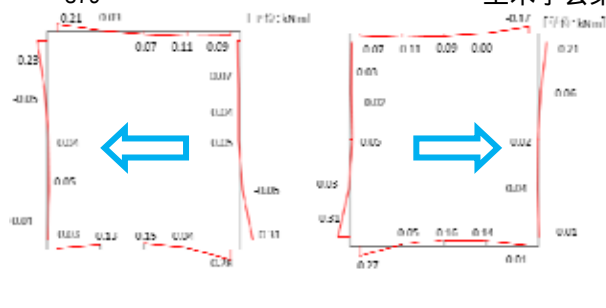


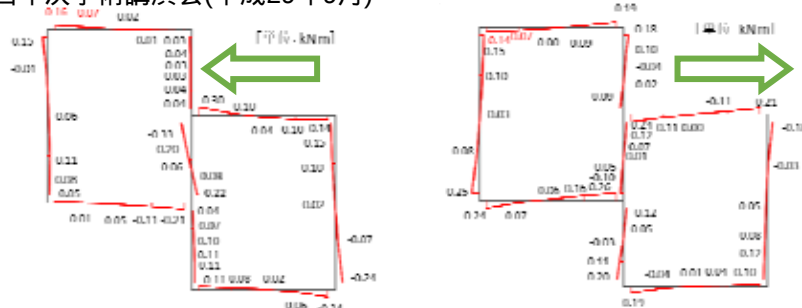
図-5 トンネル模型ひずみ時刻歴応答(上:Case1,下:Case2)

キーワード 地下鉄, 開削トンネル, 地震, 模型実験

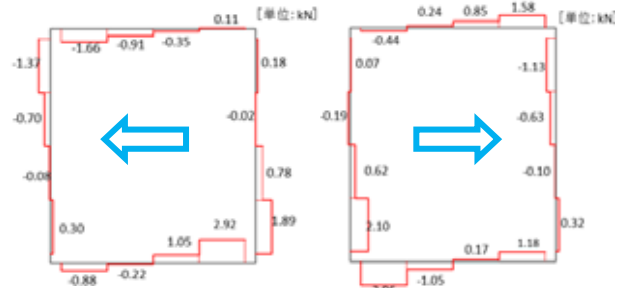
連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 東京地下鉄(株) 工務部土木課 TEL 03-3837-7264



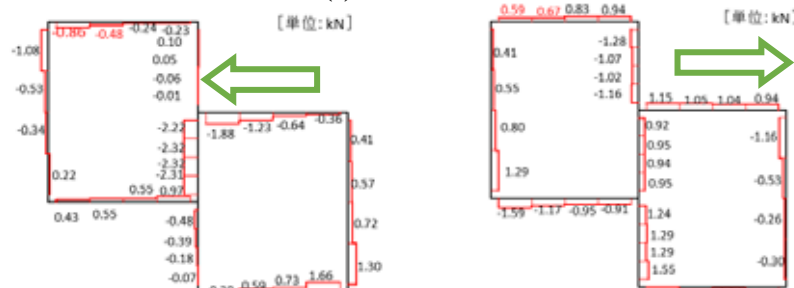
(a)モーメント図



(a)モーメント図



(b)せん断力図



(b)せん断力図

図-6 Case1 実験結果 (± 950gal)

図-7 Case2 実験結果 ($\pm 950\text{gal}$)

単線断面（Case1）の曲げモーメントについては、正加振では右下隅角部に相当する下床版右端および右側壁下端、左上隅角部に相当する上床版左端および左側壁上端で負の曲げモーメントが大きくなっている。一方、負加振では、左下隅角部に相当する下床版左端および左側壁下端、右上隅角部に相当する上床版右端および右側壁上端で負の曲げモーメントが大きくなっている。このように、載荷側の下端隅角部と載荷反対側の上端隅角部で負の曲げモーメントが大きくなる傾向が確認できた。また、正の曲げモーメントが、側壁のスパン中央付近で大きくなることも確認できる。せん断力については、載荷側の下端隅角部と載荷反対側の上端隅角部でせん断力が大きくなる傾向が確認できた。

異高型複断面（Case2）のモーメントについてみると、単線断面と同様に、載荷側の下端隅角部と載荷反対側の上端隅角部で負の曲げモーメントが大きくなる傾向が確認できる。また、中壁の曲げモーメントが大きくなる傾向が確認できる。正加振では中壁中央部の上端と下端が、負加振では中壁上部および中壁下部の上端と下端で、曲げモーメントが大きくなっており、加振方向によって異なる傾向となっている。せん断力についても、単線断面と同様に、載荷側の下端隅角部と載荷反対側の上端隅角部でせん断力が大きくなる傾向が確認できる。これに加えて、正加振では中壁中央部、負加振では中壁上部および中壁下部でせん断力が大きくなる傾向が確認でき、載荷方向によって異なる傾向が見られる。

4. おわりに

異高型複断面トンネルについて、大型振動試験装置とトンネル模型を用いて動的挙動の傾向を把握した。得られた知見は下記の通りである。

1. 単線断面では、隅角部で曲げモーメントおよびせん断力が大きくなる。
2. 異高型複断面では、単線断面と同様に隅角部で曲げモーメントおよびせん断力が大きくなる。
3. 異高型複断面では、中壁部で曲げモーメントおよびせん断力が大きくなる。

今後は、静的挙動との比較を行うとともに、FEMを用いて、模型実験のシミュレーションを行う予定である。

参考文献

- 1) 辻貴大, 西垣祐弥, 前川宏一, 小西真治, 尾上豊弘, 今村俊毅: 異高型複断面トンネルの結合位置が耐震性能へ与える影響の検討, 土木学会第 70 回年次学術講演概要集, pp.377-378(in CD-ROM), 2015.9
- 2) 今村俊毅, 小西真治, 津野究, 鎌田和孝, 佐名川太亮, 前川宏一: 異高型複断面トンネルを対象とした静的載荷実験, 土木学会第 71 回年次講演概要集, 2016.9
- 3) 津野究, 鎌田和孝, 佐名川太亮, 小西真治, 大塚努, 今村俊毅, 前川宏一: 異高型複断面トンネルの横断方向地震時挙動に関する実験的検討, 土木学会論文集 F1, Vol.71, No.1, pp.14-28, 2017.
- 4) 鉄道総合技術研究所: 大型振動試験装置の概要, ニュースリリース, 2008.11
- 5) 国土交通省鉄道局監修: 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計, pp47, 2012.9