

動的解析による大阪モノレール車両の地震被災検証

大阪高速鉄道(株) 正会員 鳥牧 昭夫

大阪高速鉄道(株) ○ 新井 弘和

1. はじめに

大阪モノレールは、大阪府北部から東部にかけて約 28 km を営業区間とし 1 日約 13 万人が利用する跨座式のモノレールである。その大部分は幹線道路の中央分離帯や歩道の空間を利用して支柱を設置し、その上に軌道桁を架設した高架構造となっている。

平成 30 年 6 月 18 日に発生した大阪府北部を震源とする地震では、モノレール沿線で最大震度 6 弱の揺れを観測し、運行していた 18 編成のうち、1 編成で台車枠の開きが生じた。

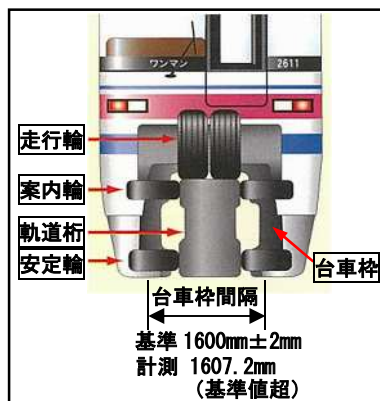


図 1 台車枠開きの状況



写真 1 高々架区間

車両振動挙動の再現解析による被災検証を行い、強化方策を検討した結果を報告する。

2. 車両の被災状況

被災車両の台車枠の開き状況を図 1 に示す。被災した車両は、支柱高さが 20m 超えの高々架区間（写真 1）を走行していた。大阪モノレールの標準的な高さ（8m～15m）の区間では車両に損傷がなかったことから、この区間の車両の被災原因は、特に高々架構造物の地震応答と車両との相互作用によるものと想定した。

3. 振動挙動再現解析

(1) 解析モデル

解析には、今回の地震により車両被災箇所近くの地震計で観測された地震動を用いた。また、車両の挙動が複雑なため、まず、車両を質点とし桁部に剛結させた図 2 のモデルで、高架構造物の挙動を解析した後、これによって得た桁部の振動加速度を用いて、図 3 モデルで車両の挙動を解析した。

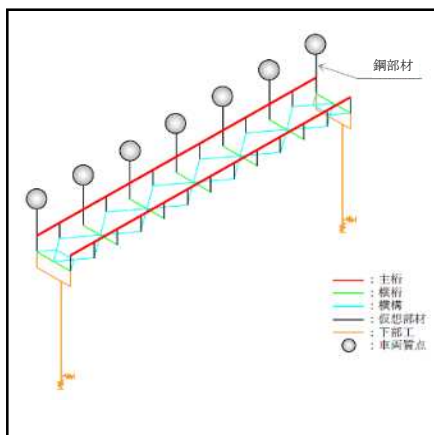


図 2 高架構造物の解析モデル

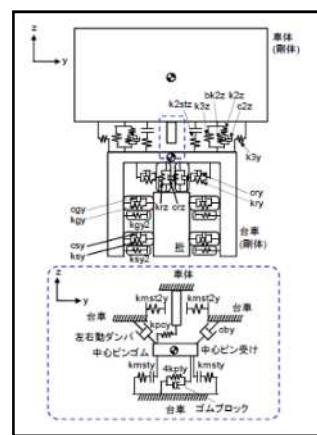


図 3 車両解析モデル

(2) 高架構造物の解析結果

橋軸直角方向の桁部の振動挙動について主に次の 3 点の特徴を示した。（図 4）

- 1) 地表部の加速度に対して桁部の加速度が増幅。

（最大 225gal⇒最大 561gal）

- 2) 入力地震動の 20 秒前後で周期が変化。

（0.15 秒⇒1.3 秒）

- 3) 地表部の加速度が減少した後も桁部に比較的大きな加速度が継続。

（地表部は 25 秒、桁部は 45 秒）

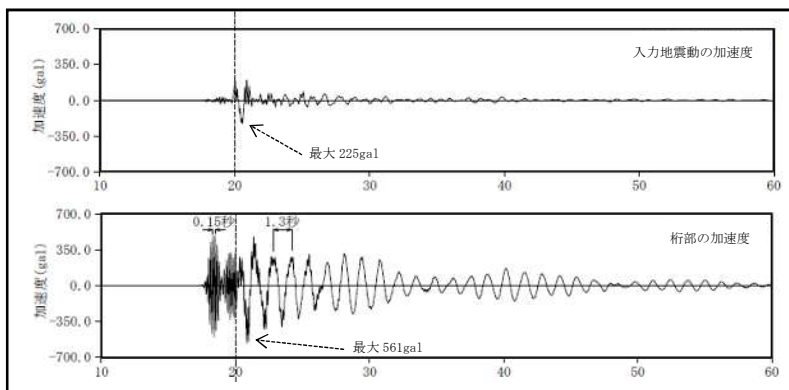


図 4 高架構造物の解析結果

キーワード モノレール, 大阪府北部地震, 動的解析, 車両, 軌道桁

連絡先 〒565-0826 吹田市千里万博公園 1 番 8 号 大阪高速鉄道(株)技術部企画更新課 TEL 06-6875-5780

(3) 車両の解析結果

橋軸直角方向の車両の振動挙動について、主に次の2点の特徴を示した。

- 1) 入力地震動の20秒前後までは、桁部の加速度が大きい周期が0.15秒と比較的短いため振動変位が小さい。

これにより車両の振動変位もほとんど生じていない。また、入力地震動の20秒前後以降は、桁、台車、車体はほぼ同位相で変位。(図5)

- 2) 入力地震動の20秒前後以降において、車体は左右の変位方向と逆側にロール変位が発生。(図6)

(4) 再現性の照査

地震時の揺れで生じた接触痕が、解析により想定される接触箇所(写真2)と一致したことから、車両の挙動を解析で再現できていると考える。また、図5に示す通り桁、台車、車体がほぼ同位相で変位していることから、桁と車両を剛結合した高架構造物モデルの解析結果についても実現象を再現できていると考える。

4. 検証結果と強化方策

20秒以降の地震動で桁部に周期の長い振動が生じたため、車両に左右方向の変位とロール変位が生じたことにより、安定輪に水平力が作用し台車枠に開きが生じたものと推定される。また、台車枠設計時のFEM解析(図7)では、安定輪に水平力を作用させた場合に、台車の先端部分の部材で発生応力が最大となっており、この部分の部材が降伏したことにより台車枠が開いたものと推定される。

今後は、被災した車両の詳細な計測により今回の推定を裏付けるとともに、車両設計において先端部分の断面力強化を行う。

なお、台車の根元部分は断面係数が高く、計算上は1.8G程度まで破断しない結果となっており、車両の脱落の恐れはなかった。

5. まとめ

今回の地震で台車枠の開きが生じた車両については、2段階の振動挙動再現解析により実現象を再現し、台車設計時のFEM解析により降伏した部材を推定することができた。今後は、詳細な計測でこれを裏付けるとともに、車両設計では、台車に作用する加速度だけでなく周期の影響も考慮し強化方策を検討する。

最後に、今回の検証に際して、ご指導を賜り適切なるご助言をいただいた京都大学大学院工学研究科の清野純史教授、大阪産業大学工学部の大津山澄明教授、大阪市立大学大学院工学研究科の山口隆司教授、京都大学大学院工学研究科の高橋良和教授に心からお礼申し上げます。

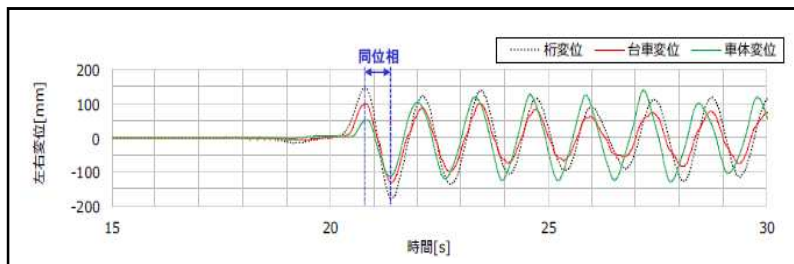


図5 桁・台車・車体の変位比較

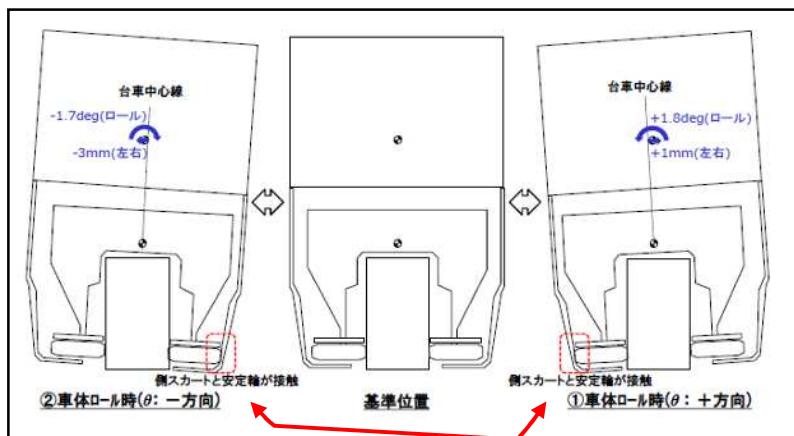


図6 車体の挙動



写真2 側スカートと安定輪の接触痕

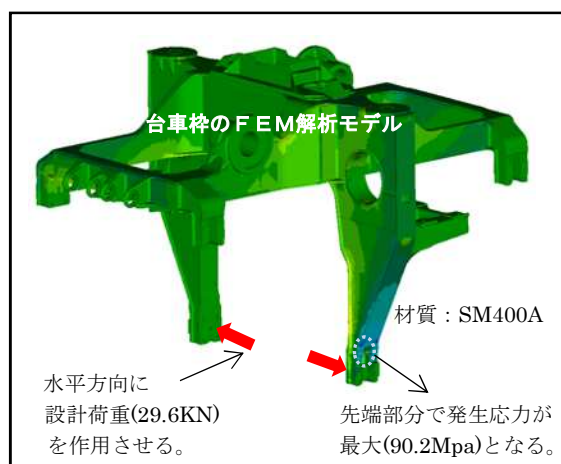


図7 台車設計時のFEM解析