

I - A59

2 径間連続下路トラス鉄道橋におけるゴム支承を用いた水平力分散設計

- J R 飯田線久米川橋梁 -

J R 東海 正会員 島川 徹
J R 東海 正会員 青木 利昭
J R 東海コンサルタンツ 正会員 岩田 秀治

1. はじめに

飯田市治水対策事業の実施に伴う J R 飯田線天竜峡～時又駅間線路付替工事において 2 径間連続下路トラス橋の久米川橋梁(図-1)を計画した。兵庫県南部地震以降、鉄道においても耐震基準の改正が検討され、免震設計の導入も1つのテーマとなっている。本橋梁は、基礎周辺地盤が堅固で多径間連続橋であるなど免震設計上の条件が揃っているため、免震性能をもった鉛プラグ入り積層ゴム支承(LRB)を採用した。鉄道橋では、軌道の地震時摩擦抵抗や抗土圧構造物の地震時挙動の評価が確立しておらず、LRB のバネを評価した算定固有周期の妥当性を評価できない。また、道路橋と異なり、橋軸直角方向は移動制限装置により、中規模地震までの列車走行安定性を確保しなくてはならないという特性を考慮し、当面 LRB の免震性能は耐震設計上の余裕代として位置づけ、長周期化・減衰効果による慣性力の低減を考慮しない水平力分散設計を採用した。

2. 支承部の構造概要

- (1) 桁座面上…移動制限装置は水平シューを採用。水平・鉛直ジャッキ用の設置空間、反力台を考慮した。
- (2) 遊間部…50cm の遊間を確保。軌道は、下部のリブにより抜け落ち防止をした可動板により支持する。
- (3) 落橋防止構造など…十分な桁かかり長を確保（原則は LRB による支持を考慮）。万一、桁がバラベットに衝突した際の桁への影響軽減のため、バラベットにロックオフ構造を取り入れることとした。

3. 走行シミュレーションによる列車走行安定性の検討

芝浦工業大学松浦らによって開発されたプログラム¹⁾を用いて、ゴム支承上を通過する列車の常時における鉛直方向の走行安定性を、台車の振動加速度と車輪の軸重減少率によって評価した。シミュレーションは、車両特性、ゴムの鉛直剛性、桁の剛性などを考慮している。最大値を示した 3 番目台車の振動加速度を図-2 に示す。軌道狂い

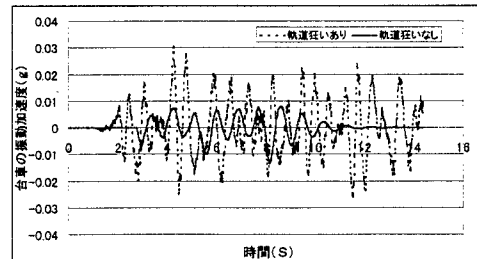


図-2 119系車両の台車振動加速度(100km/h、4両、3番目台車)

表-1 各地震段階における損傷許容レベル

地震規模	軌道構造	下部工	上部工・支承部
中規模	座屈させない(座屈防止板敷設など)	弾性域内での変形	橋軸方向: 桁は遊間内で移動 橋軸直角: 移動制限装置により固定
大規模	座屈を許容	移動制限装置が非破壊でも耐力保持	橋軸方向: 桁は遊間内で移動 橋軸直角: 移動制限装置の照査なし
兵庫県南部	座屈を許容	移動制限装置が非破壊でも耐力保持	橋軸方向: 桁のハラットへの衝突を許容 橋軸直角: 移動制限装置の照査なし

のある場合でも最大振動加速度は 0.03g 程度とかなり小さく、乗り心地にほとんど影響しない値である。また、最大軸重減少率についても 0.11 程度で、通常の限界値とされている 0.25 をかなり下回ることが確認されており、走行安定性に問題はないと考えられる。これは鉛直剛性がかなり高いためだと考えられる。

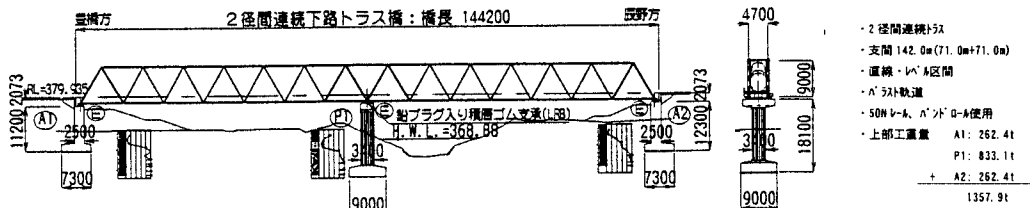


図-1 久米川橋梁概要図

キーワード: LRB (鉛プラグ入り積層ゴム支承)、水平力分散設計、走行シミュレーション、非線形動的解析
連絡先: 〒450-0003 名古屋市中村区名駅 1-18-24 NTT(052)-583-6946 FAX(052)-583-6949

4. 地震時の検討

4. 1. 耐震性能

本橋梁の耐震性能を表-1のように規定した。

- (1) 中規模地震（RC標準²⁾ 9.6 による地震）…軌道に対する損傷は与えず、無補修で列車走行を可能とする。
- (2) 大規模地震（RC標準 9.3 による地震）…軌道の損傷は許容する。下部工の倒壊はないが補修を必要とする。
- (3) 兵庫県南部地震…下部工の倒壊はないが大規模な補修を必要とする。支承での支持、桁かかり長により落橋防止を図る。

4. 2. 非線形動的解析

静的設計のほかに、各地震レベルに対する照査として、非線形動的解析を表-2のような8ケースで行った。また、図-3に解析基本モデルを示す。橋軸方向のLRB上端での最大応答変位はケース(ⅢB-L0)の31.4cmで、遊間内に十分収まる値であり、下部工の耐力を満足する結果となった。橋軸直角方向では、移動制限装置が破壊した場合(ⅢA-C0)のLRB上端での最大応答変位は20.9cmで、これも下部工の耐力と共にLRBの許容水平せん断ひずみ250%以内を満足した。さらに、仮に移動制限装置が非破壊の場合(ⅢA-CF)でも、下部工部材は降伏するものの、許容塑性率の中に収まり問題のないことが確認された。

次に、G1B波でのP1橋脚での下部工天端とLRB上端の応答加速度の時刻歴を図-4、図-5に示す。これによると、摩擦を考慮しない場合、下部工に比較してLRB上端でかなりの長周期化、減衰が起きている一方、摩擦を考慮する場合は、下部工で応答が増幅され、LRB上端での長周期化、減衰効果が顕著でないことがわかる。摩擦を考慮すると上部工の挙動がある程度拘束されることから、振動が下部工に集中する傾向があることがわかる。このことは、変位の差（摩擦なし：LRB上端31.1cm、下部工上端2.3cm、摩擦あり：LRB上端18.1cm、下部工上端3.8cm）にも現れている。

5. まとめ

本設計により、得られた知見は以下の通りである。

- ・免震ゴムシューの鉛直剛性は水平剛性に比較して相当高いため、列車走行安全性にはほとんど影響しない。
- ・軌道摩擦は、橋梁全体の振動形態に与える影響が大きく、今後、長周期化を考慮した免震設計を全面的に取り入れていく上では、地震時の動的な評価を確立していく必要がある。

最後に、本設計にあたって、御助言をいただいたJR総研の橋梁、基礎、軌道構造担当、及び鉄道公団設計技術室の関係者の皆様に対し、ここに謝意を表します。

【参考文献】1) 光木、保坂、松浦、市川、松尾：J型支承を用いた連続剛性桁の高速車両走行性に関する研究、土木学会第52回年次学術講演会、平成9年9月

2) 鉄道構造物等設計標準・同解説コンクリート構造物、鉄道総合技術研究所編、平成4年10月

(検討ケース) 表-2 非線形動的解析の概要

地震規模	入力地震波	方向	軌道摩擦(1tf/m)		移動制限
			なし	あり	
中規模地震 (Ⅰ)	宮城県沖地震波	橋軸方向 橋軸直角	I-L0	I-L1	固定
大規模地震 (Ⅱ)	近畿省工研タイプ1 1種地震、長周期系	橋軸方向 橋軸直角	II-L0	II-L1	固定
兵庫県南部 地震 (Ⅲ)	鉄道総研波(G1A)	橋軸方向	ⅢA-L0	ⅢA-L1	ⅢA-CF
		橋軸直角	ⅢA-C0	ⅢA-C1	
	鉄道総研波(G1B)	橋軸方向	ⅢB-L0	ⅢB-L1	ⅢB-L1
		橋軸直角	ⅢB-C0	ⅢB-C1	

(諸条件など)

・時刻歴応答解析、2次元多質点モデル

・部材非線形特性は武田モデル、地盤非線形特性は地盤反力上限

としたバウリニア型モデル

・構造物の初期減衰定数は2%、基礎地盤の減衰定数は10%

(例) ⅢA-L0: Ⅲ…地震規模(Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ)、A…波種類(AB)、L…方向(L:橋軸、C:直角)、0…(摩擦なし,0:摩擦あり,1:F:固定)

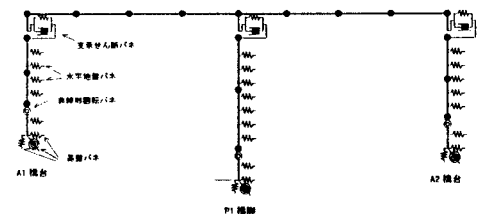


図-3 非線形動的解析の基本モデル

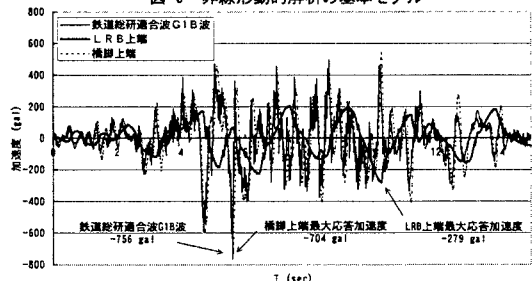


図-4 P1橋脚天端とLRB上端での応答加速度（摩擦なし：ⅢB-L0）

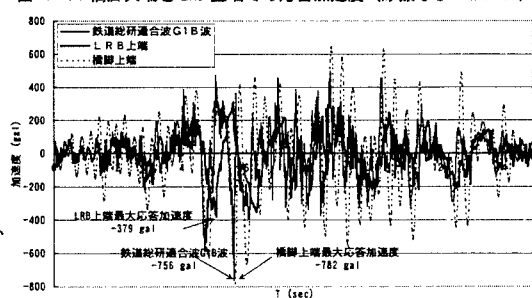


図-5 P1橋脚天端とLRB上端での応答加速度（摩擦あり：ⅢB-L1）