長スパン河川橋梁の地震時列車走行性とその改善方法に関する研究

鉄道総研 正 〇曽我部正道 鉄道総研 正 池田 学

1.目的 長スパンの河川橋梁は、一般に橋脚高さが高くまた橋脚負担重量も大きいため等価固有周期が長く、地 震時における列車走行性の確保が困難となる構造形式の一つとなっているⁿ.しかしながら当該構造形式と車両との連 成挙動は未解明であり、その列車走行性の改善方法についても検討が行なわれていないのが実状である。そこで本研究 では、4 径間連続合成桁橋梁を解析事例として取り上げ、車両と構造物との動的相互作用解析プログラム DIASTARS IIにより、河川橋梁の地震時列車走行性を明かにするとともに、その改善方法についても検討することとした。

<u>2. 解析方法</u> 図-1 に4 径間連続合成桁橋梁(橋長 320m, スパン長 80+80+80m)の形状寸法を示す. これらの諸元は, 一般的な新幹線河川橋梁を参考に定めた. 地盤種別は G4(普通~軟弱地盤), 高橋脚(橋脚高さ 20m, ケーソンの高さ 20m)で, 始点側 P1 橋脚及び終点側 P5 橋脚では橋脚高さ(等価固有周期)が変化する構造となっている.

図-2 に橋梁及び軌道の解析モデルを示す. 主桁は線形の梁要素でモデル化した. 主桁の重量は 300kN/m, 主桁の鋼 材換算断面 2 次モーメントは水平方向 10m⁴, 鉛直方向 3.0~4.0m⁴ とした. 支承は, ゴム支承を想定し, 鉛直方向及び 線路方向は線形バネで支持し, 橋軸直角方向は固定とした. 橋脚及び基礎の非線形性は, 別途静的非線形解析を行ない 標準バイリニア型の下端ばねに集約した. 表-1 に橋脚下端ばねの諸元を示す. 列車走行性は, 車輪の走行面, 即ちレー ル頭頂面の線路方向の曲率の影響を受けるため, 本研究では, 図中に示すように軌道構造についてもモデル化した. 減 衰定数 ξ は, 主桁鉛直モードに対しては 2.0%を, その他の全モードに対しては 5.0%をそれぞれ適用した. 解析モデル



キーワード 列車走行性,河川橋梁,合成桁,すべり支承,動的相互作用解析 連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 構造力学

TEL 042-573-7290



平相対変位(mm)

300F

200

100

-100

-2.00

-300

0.0

5.0

0



図-3に車両の力学モデルを示す、車両の力学モデルは、車体、台 車、輪軸を剛体と仮定し、これらを、ばねとダンパで結合して構成 した.実車では、各構成要素間に相対変位抑制のためのストッパが 設けられている. このためばねは、バイリニア型の非線形ばねとし た. 列車は8 両編成とし、列車速度は260km/h とした. 図-4 に鉛直 方向のレールと車輪間の解析モデルを、図-5に横方向のレールと車 輪間の解析モデルをそれぞれ示す.

主桁軌道面

基礎天端

20.0

25.0

15.0

10.0

時刻(sec)

(a)橋梁の応答変位(P3橋脚位置)

-¹⁰⁰□

40F

20F 車載

0

0.0

5.0

(mm) 80 60

画

上垣





(Case-1 基本ケース, 地表面入力加速度 189gal)

入力地震動には L1 設計地震動 ¹を用い, 地表面入力加速度の振幅を変化させ ながら検討を行なった.

表-3 に解析条件を示す. Case 1 の基本ケースに加え, 列車走行性を改善させ るための方法についても検討した. また本研究では、検討にランダム波を用いた ため、列車の走行開始位置も解析パラメータとなる. このため各 Case をさらに7 つの Sub Case に分けて検討を行なった.



列車走行性は、車輪上昇量で評価した. 車輪上昇量の限界値は、車輪のフラン 図-9 列車走行性の改善方法の検討結果 ジ高さ 30mm が目安となる.

図-6に時刻歴波形の例を示す.図-6(a)から、地表面入力加速度が最大となる10.5秒付近において橋 3. 解析結果 梁中央部の P3 橋脚位置でも最大変位が生じていることが分かる. 図-6(b),図-6(c)から,同時刻付近で車輪上昇量及 び車体加速度も最大となっていることが分かる.車輪上昇量及び車体加速度が最大となっている時刻において、車両は 橋梁中央付近を走行中であり、一方、桁端部を通過する際には顕著な応答はみられない. 図-7 に橋梁における最大応答 変位の分布状況を示す. 同図から中央部 P3 橋脚位置において軌道面の最大変位が生じていることが分かる.

図-8 に列車走行開始位置の影響について示す. P3 橋脚位置が最大変位となる時刻に,列車が橋梁上を通過すること となる Sub Case C において、車両は最も大きな応答を示した.

図-9に列車走行性の改善方法の検討結果について示す. 各ケースの値は、全ての Sub Case を集約して最大値で示し ている.図から P2~P4 橋脚剛性 2.0 倍(Case 4)が効果的であることが分かる.軌道面の変位は,ケーソン基礎の回転, ケーソン基礎の水平移動,橋脚の弾性変形等により生じているが、剛性を2.0倍とするためには、ケーソンの直径を2.0 倍程度に増す必要があり、コスト増の要因となる.従って実務面では、主桁の軽量化や橋脚高さの低減等と併せた方法 が必要となる.一方, P2~P4 橋脚直角方向すべり支承(Case 5)も列車走行性が改善していることが分かる. すべり支承 を用いる方法については実績が少ないため 2, 検討に用いる地震動や構造面等を含め様々な観点から更に慎重に検討を 進める必要があるが、列車走行性の改善方法の一つとして期待される.

①河川橋梁の列車走行性は、最も応答変位が大きくなる橋梁中央付近の振動変位に支配される。②橋脚 4. まとめ 剛性を増加させるか、主桁を直角方向にすべらせることにより列車走行性を改善させることができると考えられる。

参考文献 1)鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計),丸善,1995.2)曽我部 正道,涌井 一 , 青木 一二三,松 本 信之:鉄道車両と構造物との動的相互作用解析の可視化に関する検討,第60回年次学術講演会講演概要集, I-559(CD-ROM), 2005.