

多径間既設鉄道橋梁の耐震評価

東京工業大学 学生員 鎌田 慎也
東京工業大学 正会員 佐々木 栄一

東京工業大学 正会員 市川 篤司
東海旅客鉄道 正会員 安原 真人
東海旅客鉄道 正会員 伊藤 昭一郎

1.はじめに

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震は、建物、走路、地下鉄、港湾など同地域の社会基盤に甚大な被害をもたらした。鉄道橋も例外ではなく、多数の被害が報告されている。このような被害を事前に防ぐためにも、既設の橋梁に対して耐震性能を評価し、耐震補強法を示すことが重要な課題となっている。

本研究では多径間鉄道橋梁を対象に実橋で行われた振動実験、部材実験から橋梁の部材およびレール、支承部の特性を明らかにし、その結果をもとに耐震性、耐震補強方法について検討していく。

対象橋梁は、鉄道によく用いられる鋼製ヒンジラーメンを有する単線跨線線路橋で4径間からなり、支間長は27.5m、全長は112mである。

2.現地振動実験および部材実験

鋼製ヒンジラーメンを有する当該橋梁の供用停止に伴い、実橋を用いた現地振動試験、部材試験を行った。

1)現地振動実験

現地振動実験は橋台にジャッキを設置し、それを急速開放することにより構造系全体の振動性状を把握するものである。この目的は大きく次の2つに分けることができる。1.可動支承部の摩擦の影響評価、2.RC橋台後方のレールの影響評価、である。

2)部材試験

ラーメン橋脚の変形性能を知るための交番載荷実験、支承部の耐力実験およびピボットシューの回転抵抗を明らかにするための部材実験を行った。

3.解析モデル化

4径間高架橋を骨組み構造で表現し、多質点系立体モデルとした。立体モデルにすることによって、地震時の挙動として、橋軸方向、橋軸直角方向、鉛直方向の挙動、そして橋脚のねじりなど、3次元の橋梁全体の挙動を考慮できるようにした(図1)。

また、支承部が損傷すると橋梁全体の挙動に影響を及ぼすことから、地震時において支承部の耐力以上の力が加わった時に破損し、動摩擦力による挙動に変化する状態を評価できるようにモデル化した。

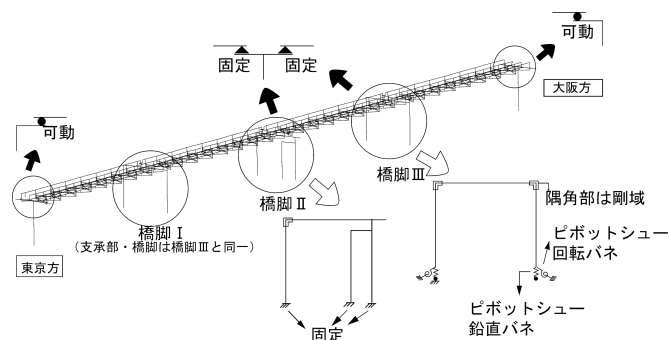


図1. 現地振動実験に基づく解析モデル化

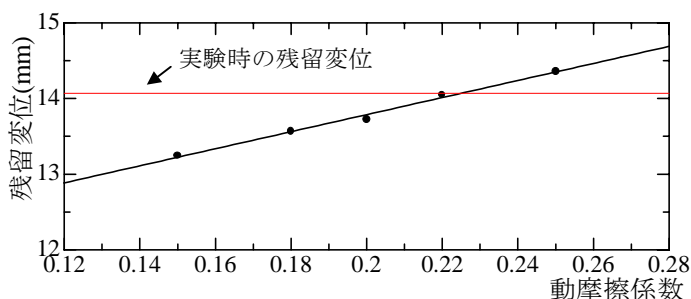


図2 4径間レール余長無し 動摩擦係数と残留変位の関係

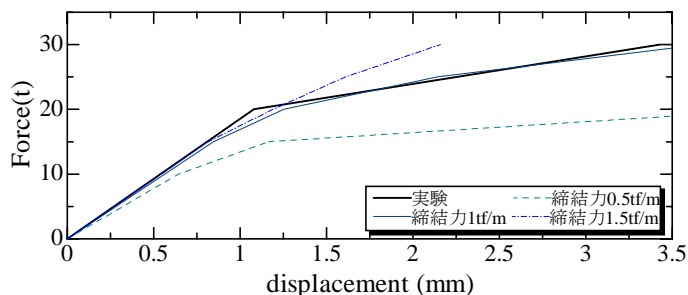


図3 レール締結力による荷重と変位の関係

4.可動支承の動摩擦係数およびレール締結力の同定

実橋の振動特性を明らかにするために、当該橋梁の自由振動実験をもとに自由振動解析および静的解析を行い、可動支承の動摩擦係数およびレール締結力の同定を行った。

解析では、実験を行った4径間レール余長無し、2径間レール余長無しの2つの構造モデルを用いて、可動支承部の動摩擦係数の推定を行った。その後、推定した動摩擦係数を利用し、現地振動実験を行った4径間レール余長10mのモデルを用いてレールの締結力を推定するために解析を行った。

キーワード : 多径間既設鉄道橋梁 耐震評価 耐震補強

連絡先(〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 緑ヶ丘 5号館 3F TEL:03-5734-2596 FAX:03-5734-3578)

可動支承部における動摩擦係数推定では、動摩擦係数を 0.15、0.18、0.2、0.22、0.25 に変化させ、実験データがそろっている残留変位との比較により推定した。図 2 には 4 径間での動摩擦係数と残留変位の関係を示す。この関係より実験との比較から動摩擦係数は 0.22 であると推定できた。

また、図 3 は静的載荷時におけるレール締結力の違いによる静的荷重と変位の関係である。これから、レール締結力が 1tf/m の時には実験の挙動に良く似た挙動を示す事がわかる。

5.地震応答解析

自由振動実験および自由振動解析によって推定された、可動支承の動摩擦係数、レールの締結力、ならびに部材試験によるそれぞれの部材の特性を用いて、実橋のモデル化を行った(図 4)。このモデルに兵庫県南部地震において JR 鷹取駅で観測された地震波を入力し、弾塑性地震応答解析を行った。

解析ケースは 1)レール余長無しのモデル、2)レール余長 10m のモデル、3)レール余長 10m で橋軸方向に弾塑性ダンパーを設置したモデルである。

まず、レール余長なしのモデルとレール余長 10m のモデルにおいて、比較を行った。その結果、橋軸方向、橋軸直角方向において図 5、図 6 のような違いが見られた。橋軸方向に関してはレールの影響により、変位が大きく押さえられていた。また、レール余長がある場合には、支承部の損傷は見られなかったが、レール余長が無い時には支承部の損傷が大きく、そのために振動モードが変わり長周期化した。橋軸直角方向についてもレールがない場合は振動が大きく、残留変位も大きい。ラーメン橋脚のコンクリート充填部の上部で局部座屈が生じたために起きた現象であると考えられる。この現象はレールがある場合には見られず、橋軸直角方向についてもレールの影響が大きく現れていると考えられる。

図 7 には、レール余長 10m のモデルにおいて、橋台と桁間にダンパーを設置したモデルと設置しないモデルにおける変位の比較を示す。今回の対象橋梁では、レール余長がある場合においては支承部の損傷がなかったために、ダンパーによる影響がほとんど見られなかった。このように振動に対してレールの影響が大きく働いている場合には、このようなダンパーを用いても効果がないと考えられる。

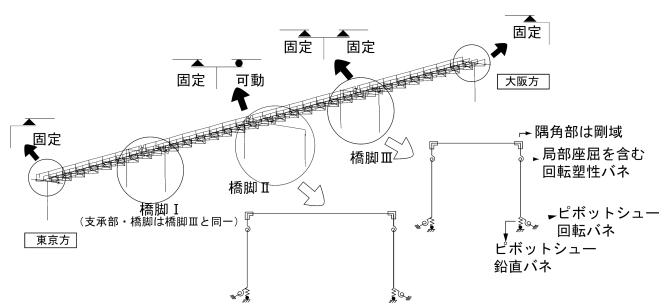


図 4 地震応答解析モデル化

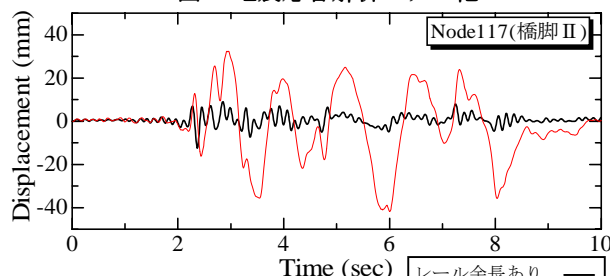


図 5 橋脚 II 橋軸方向変位

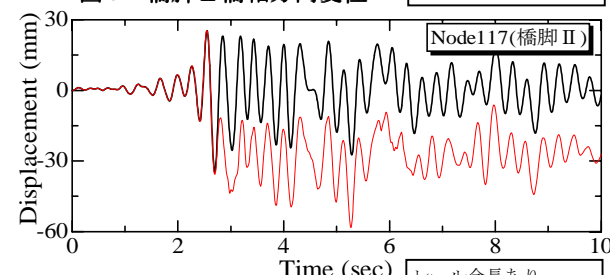


図 6 橋脚 II 橋軸直角方向変位

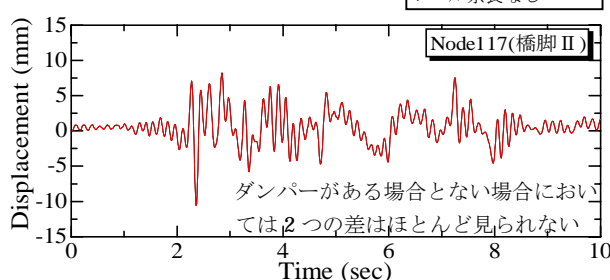


図 7 橋脚 II 橋軸方向変位ダンパー比較

6.結論

本研究では既存の橋梁を対象とし、現地振動実験をもとに、解析によりトレースし、実際の橋梁の振動特性を評価した。それにより対象橋梁の可動支承部の動摩擦係数は 0.22 であり、レール締結力は 1tf/m という結果が得られた。その後、それらの振動特性を用い、全体構造解析モデルを構築し、地震応答解析を行った。この結果から地震時においてレールの振動に対する影響は大きく、ダンパー的な役割を果たしていることがわかった。また、レールがある場合にはレールがダンパー的に作用し、ダンパーによる補強の効果はみられなかった。

参考文献

- 1) 家村ら：「鋼製支承の破損が橋梁の地震時損傷モードに与える影響」構造工学論文集(1998年3月)