

添架管の性能評価のためのゴム支承を有する橋梁の振動特性分析

神戸大学 学生会員 ○森岡 朝子
神戸大学 正会員 鋤田 泰子

1. 目的

1995年の兵庫県南部地震において橋梁の鋼製支承に多くの損傷が発生したことから、それ以降、橋梁支承部にはゴム支承が採用されるようになってきた。支承部が剛結されている橋梁と比べて、ゴム支承のような弾性支承を有する橋梁は、橋梁振動の長周期化と減衰効果により地震動から免れる構造となる。橋梁下部工への地震荷重を低減する一方で、長周期化によって橋桁と橋脚との相対変位は大きくなる。橋梁添架管の耐震性能を評価には、支承の特徴を踏まえた橋梁の振動特性や、桁・橋台間の相対変位が重要な項目と考えられる。そこで、本研究では、ゴム支承を有する実橋梁を対象にして現地にて常時微動観測を行い、振動特性を明らかにし、さらに橋梁を有限要素でモデル化して地震応答解析を行う。本研究の目的は、様々な地震動における桁・橋台間の変位や振動特性から橋梁添架管の耐震性能の評価指標について明らかにすることである。

2. 研究対象橋梁

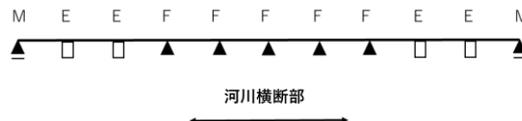
本研究では、東北地方にある河川を横断する道路橋を微動観測及び数値解析の対象にした。この橋梁は、橋長 345m の 10 径間連続非合成鋼桁橋である。支承の種類としては、図-1 に示すように橋脚中央で河川横断部の 5 箇所が固定支承(F)、橋台が可動支承(M)、その間の橋脚にゴム支承(E)が設置されている。また、橋台、橋脚ともに地上橋脚部に加えて支持層まで約 50m の杭基礎を持つ。



図-1 道路橋外観



図-2 添架管外観

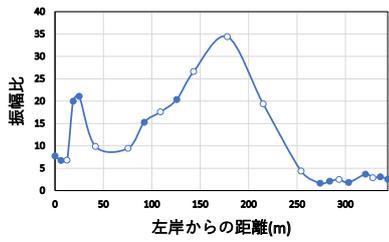


3. 微動観測と卓越周期

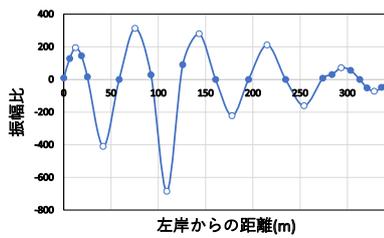
橋梁のモデル化のために微動観測を行い、振動特性を明らかにする。観測には、サーボ型速度計 (CR4.5-2s, 物探サービス社) を使用した。1 台の微動計で水平 2 成分と鉛直成分の 3ch を、同時に 4 台まで計測できる。速度計は橋台と橋桁に 8 ケース分、計 25 点設置し、周辺地盤の振動特性を調べるために橋梁下の表層地盤上に 3 ケース分、計 8 点設置した。サンプリング周波数は 100Hz で、配置ケースあたり約 10 分間計測した。分析には、交通振動の影響が少ないデータ長 10.24 秒を 10 区間抽出し、フーリエスペクトルに変換した。10 波のフーリエスペクトルの平均をその地点で観測された微動のフーリエスペクトルと定義した。橋桁と橋台との同時観測より、それらのフーリエスペクトルの比によって橋梁の増幅関数を算出し、卓越周期とともに振動モードを明らかにした。また、周辺地盤の振動特性を明らかにするために地盤の H/V スペクトル比も算出した。橋梁の卓越周波数は、橋軸方向で 0.4Hz、鉛直方向で 4.2Hz であった。卓越周波数における各観測点の増幅比から推定した橋軸、鉛直方向での振動モードを図-4 に示す。図中の白抜き丸は、各径間の中央点を示している。図-5 は橋梁周辺の地盤の H/V スペクトル比を示す。地盤の卓越周波数は、左岸・右岸側地盤、堤外地の農道等でも 0.76Hz となり、ボーリング資料とも比較して妥当な値であった。

キーワード 橋梁, 振動特性, ゴム支承, 相対変位

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台 1-1 神戸大学大学院工学研究科 TEL 078-803-6047



(a) 橋軸方向モード図(0.4Hz)



(b) 鉛直方向モード図(4.2Hz)

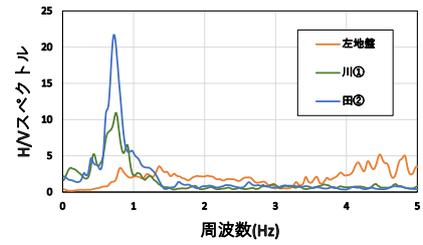


図-5 地盤 H/V 比(0.76Hz)

図-4 橋梁の振動モード

橋軸方向の振動モードでは、径間の中央部や支承部などの位置と振幅比の大きさに相関が無い結果が出たことから、一様にスライドするような振動をすることが考えられる。鉛直方向の振動モードでは、各径間の端を節、中央を腹とした径間ごとに半波長を描くような振動形が明瞭である。また、各方向の増幅比の絶対値の比較から、橋軸方向は最大でも 35 程度であるのに対して、鉛直方向は 700 近くと、鉛直方向の応答が卓越した橋梁である。

4. 地震応答解析

地震応答解析を行うため、橋梁を図-6 に示すような 2 次元骨組要素でモデル化した。解析プログラムには DYN2E (株式会社伊藤忠テクノソリューションズ) を用いた。橋桁と杭基礎はいずれも線形の梁要素で、橋脚は非線形の梁要素でモデル化した。支承は鉛直方向には剛なばね要素で、水平方向に道路橋示方書を参考に設定したばね要素でモデル化した。水平地盤ばねは杭基礎とフーチングに、回転ばねはフーチング底部と杭底部に、鉛直地盤ばねは杭底部にそれぞれ配した。地盤ばねのパラメータも、道路橋示方書を参考に設定した。このモデルで固有値解析を行ったところ、微動観測で得られた振動数と振動モードがほぼ一致したため、モデルが妥当であると判断し、時刻歴応答解析を行った。入力地震波は、(a)港湾技研設定による八戸基盤地震波と(b)兵庫県南部地震ポートアイランド地盤上の 2 種である。

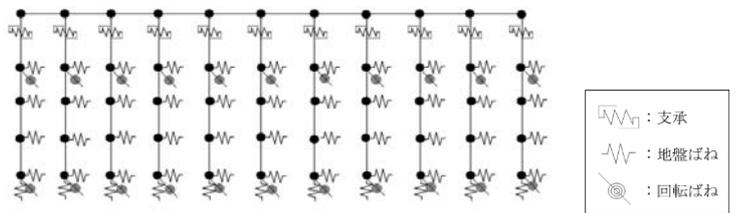


図-6 橋梁解析モデル

このモデルで固有値解析を行ったところ、微動観測で得られた振動数と振動モードがほぼ一致したため、モデルが妥当であると判断し、時刻歴応答解析を行った。入力地震波は、(a)港湾技研設定による八戸基盤地震波と(b)兵庫県南部地震ポートアイランド地盤上の 2 種である。

5. 解析の結果

2つの地震波の下での、橋台と橋桁の相対変位及び橋桁中央部付近における鉛直方向へのたわみを求め、表-1 に示す。また、地震波(a)入力時における橋桁の変位を図-7 に、橋桁中央部で最大のたわみを出した橋桁のそのたわみの時刻歴図を図-8 に示す。相対変位とたわみはともに極めて小さな値となった。また、橋梁全体として 2.5 秒程度の周期で振動している。今後は添架管についてもモデル化を図り、添架路の地震応答についても検討する予定である。

表-1 最大変位(mm)

	地震波(a)	地震波(b)
橋台A1部	0.00	1.00
橋台A2部	0.60	2.00
桁中央部	16.07	64.00

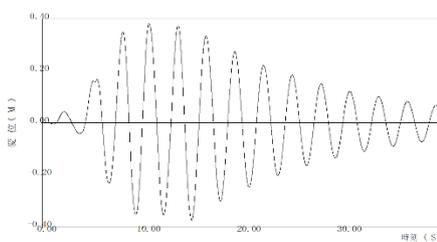


図-7 橋台 A1 上の橋桁時刻歴変位

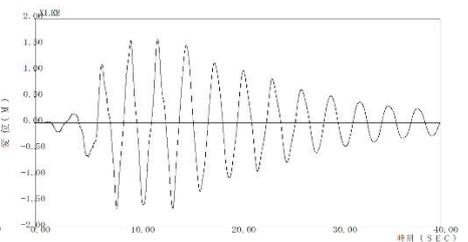


図-8 橋桁中央部たわみ時刻歴図

【謝辞】本研究の遂行にあたり、(株) 多久製作所の皆様には橋梁および橋梁添架管について助言いただいた。ここに記して謝意を表す。

【参考文献】1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2017