

神戸大学工学部

学生員 ○上仲 亮

神戸大学大学院工学研究科

正会員 鎌田 泰子

1. はじめに

水管橋は上水道の安定供給において重要な役割を担う施設であるが、道路橋や鉄道橋に比べ耐震化整備が十分進んでおらず、また地震時の動的挙動や地震対策に関する研究も少ないという状況にある。水管橋は、道路橋などと比べ異なる特徴を有しており、水田ら¹⁾は、複数の水管橋の振動実験から、水管橋の上部構造の減衰定数が同形式の道路橋の値に比べて、小さいことを示している。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震において、複数の水管橋で被害が確認されており、今後発生することが予測される巨大地震に備え、水管橋の振動特性を把握するとともに、被害メカニズムを明らかにする必要がある。本研究は、東北地方太平洋沖地震により被災した那珂川水管橋に着目し、被害メカニズムの解明に向けた研究の一環として、それらの被害状況をまとめるとともに、微動観測により本水管橋の振動特性を把握することを目的とする。

2. 那珂川水管橋の概要と被害状況

(1) 那珂川水管橋の概要

那珂川水管橋は、茨城県企業局の県中央水道事務所より水戸市に供給されている用水管路の

一部であり、水戸市下国井町と同市飯富町の間を流れる那珂川を横断する橋梁である。1994年に竣工され、形式は単純トラス+3径間連続斜張橋トラス+単純トラスであり、支間長は83.5m+90m+145m+90m+83.5m、全長は492mに及ぶ(図-1参照)。点検用歩廊は橋の全長に渡って下横桁の上部に設置されている。口径914.4mmの送水管が2条あり、この鋼管はトラスの下弦材の役割も果たしている。また、本水管橋は水道施設耐震工法指針・解説(1979年版)に基づいて設計されたものである。

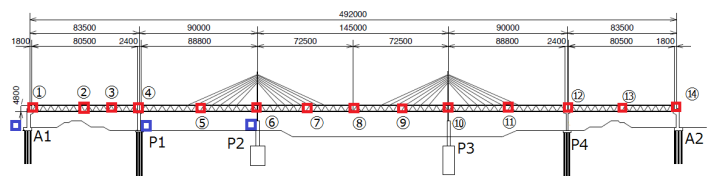


図-1 那珂川水管橋の概略図 (単位: mm)

(3) 那珂川水管橋の被害状況

地震により、側径間と中央径間の中継橋脚にあるP1、P4橋脚に設置されている伸縮管で2条とも漏水が発生した。那珂川水管橋の被害状況をみると、被害発生箇所は伸縮継手や支承部分であり、側径間側の支承には被害が確認されておらず、いずれも中央径間側の支承で被害が発生した。また、P1、P4橋脚では、上部構造の橋軸直角方向へのずれが生じた。支承の損傷状況としては、ボルトの破断や、ローラー部分の破損である。また、著者らの現地調査では、橋台、橋脚などの下部工には亀裂等の被害は確認されなかった。

3. 那珂川水管橋における微動観測

(1) 微動観測方法

計測に用いた計器は、物探サービス株式会社製の速度計(CR4.5-2s)と測定器(GEODAS14-USB)である。微動の測定方法は、サンプリング周波数200Hzの3成分のデータを、A/D変換部とノートパソコン部によって構成されている測定器によって約5分間記録するというものである。

一回の測定にあたり4カ所に速度計を設置し、各測点において橋軸方向、橋軸直角方向、鉛直方向の3成分の振動を計測した。水管橋上部工の振動計測時には主構上に速度計を設置し、橋台・橋脚の振動測定時にはそれらの上端部に速度計を設置した。この測定1シリーズとし、これを全体で9シリーズ測定を行うことで、水管橋全長の微動観測を行った。なお、全ての橋脚下で測点を設置できないことから、A1橋台下の微動を基準として、構造物の微動から地盤に対する伝達関数を算出するために、1シリーズの測点につき、1

カ所は前のシリーズの測点を重複させるようにした。微動計の測点を図-1 に併せて示す。なお、微動観測実施日は復旧工事期間中であったため、片側の管路は通水されていない状態であった。

波形処理については、一地点の観測波から 2,048 データ長の波形を 10 波サンプリングし、高速フーリエ変換したフーリエ振幅を 10 波で平均したものをその地点のフーリエ振幅とした。また、パワースペクトルから、ハーフパワー法を利用して固有振動数の減衰定数を求めた。

(2) 微動観測結果

微動観測より得られた結果を表-1、得られた振動モードを図-2 に示す。ここでは、パワースペクトルのピークが明瞭に読み取ることができた振動数を示した。固有振動数の最低次数として橋軸直角方向の 0.59Hz が得られており、この振動は中央径間の対称 1 次振動である。全体の 2 次振動は鉛直方向の 0.78Hz の対称 1 次振動が得られた。全体の 3 次振動は、中央径間の 1.17Hz であった。以後の振動モードは中央径間の 2 次振動もしくは、側径間の振動モードが卓越することがわかり、図-2 の分布からも、ほぼ対称な振動モードが得られた。減衰定数は、3.4 ~8.5%であり、観測点や各成分によりばらつきがみられる。既往の研究¹⁾のように、同タイプの道路橋の減衰定数 (2.0~3.0%) と比べ小さい値とはならなかった。また、K-NET 水戸で観測された本震の地震動は、0.1 秒程度の短周期で卓越しており、今後、地震動特性を合わせて検討していく必要がある。

表-1 微動観測結果

| 振動モード次数 | 振動数(Hz) | 減衰定数(%) | 振動モード |
|---------|---------|---------|-------------------------------------|
| 1 次 | 0.59 | 8.5 | 中央径間中央橋軸直角対称 1 次振動 |
| 2 次 | 0.78 | 6.4 | 中央径間鉛直対称 1 次振動 |
| 3 次 | 1.17 | — | 中央径間両端橋軸直角 1 次振動 |
| 4 次 | 1.47 | 3.4 | 右側径間橋軸直角 1 次振動 |
| 5 次 | 1.56 | — | 左側径間橋軸直角 1 次振動, 中央径間中央橋軸直角逆対称 1 次振動 |
| 6 次 | 1.66 | 4.2 | 左側径間鉛直方向 1 次振動 |

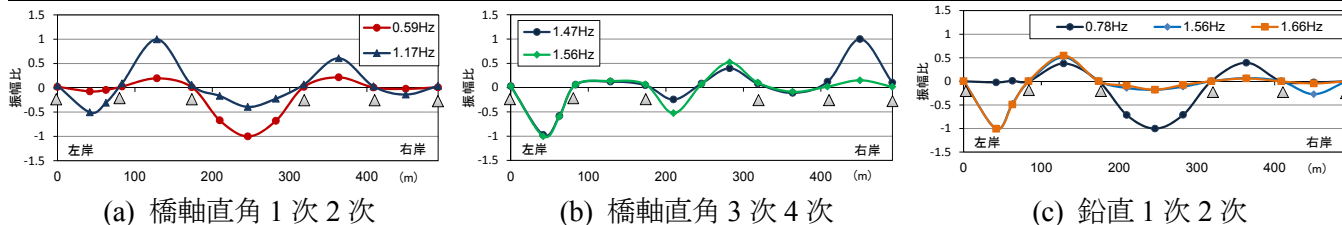


図-2 那珂川水管橋の振動モード(△は支承の位置)

4. まとめ

本研究では、東北地方太平洋沖地震により被害が発生した那珂川水管橋に着目し、その振動特性を把握するために微動観測を行った。以下にその被害状況と微動観測結果をまとめる。

- 那珂川水管橋の被害は、いずれも伸縮継手や支承部分で発生しており、中央径間において、上部工の橋軸直角方向へのずれが確認されている。
- 微動観測により得られた、固有振動数、及び伝達関数より、那珂川水管橋全体の振動モードの最低次の振動数として橋軸直角方向の 0.59Hz、全体の 2 次振動数としては鉛直方向の 0.78Hz であった。K-NET 水戸で観測された本震の地震動は、0.1 秒程度の短周期で卓越しており、今後、地震動特性を合わせて検討していく必要がある。
- 減衰定数は、1.0 ~8.5%であり、観測点や各成分によりばらつきがみられるが、既往の研究¹⁾のように同タイプの道路橋の減衰定数 (2.0~3.0%) と比べ小さい値とはならなかった。

謝辞：本研究の遂行にあたり、茨城県企業局には多大な協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 水田洋司, 白地哲也, 金子英孝, 山田顕彦, 竹内貴司, 川口周作：水管橋の振動実験, 土木構造・材料論文集, 第 15 号, pp39-45, 1999.12.