

パイプアーチで補強された多径間高架橋の走行車両応答特性の検討

鹿児島高専 学 中村 剛久

鹿児島高専 正 内谷 保

1. まえがき

1995年の阪神大震災を契機として地震に対する安全性の検討がこれまで以上に重要となり、既設道路橋の耐震補強が行われている。この耐震補強としては既設橋脚の補強が主として行われているが、鋼製のパイプアーチ部材を用いて隣接径間を連結し、全体構造系の剛性を高める耐震補強方法が適用されるようになってきた。このような補強工法は前例がなく、実橋における自由振動試験や重車両載荷試験などによりその補強効果の検討が行われている。

本報告では、パイプアーチで補強される前と補強された後の橋梁上を、大型重車両が走行する場合のシミュレーション解析を行い、主桁の振動速度応答に着目して補強前後の走行車両応答特性の検討を行う。

2. 自由振動解析

表-1 断面諸元

	桁	橋脚	パイプアーチ
断面積 (m ²)	3.061	8.029	0.0628
断面 2 次 モーメント (m ⁴)	0.343	1.691	12.19×10^{-4}
弾性係数 (tf/m ²)	4.75×10^8	2.5×10^8	2.1×10^7

今回対象とした橋梁は、上部構が PC 単純桁橋を PC 鋼棒で連結した多径間構造で、橋脚が RC ラーメン構造、アーチが鋼製のパイプである。それらの断面諸元を表-1に示す。本解析では 6 径間の橋梁を図-1に示すような集中質量系平面骨組構造にモデル化し、橋脚と上部構の間にはバネ(水平は弾性バネ、垂直は剛バネ)を、各主桁間には剛バネを、パイプアーチのクラウン部と主桁との間には水平・垂直の弾性バネを挿入する。なお、パイプアーチが右端に設置されていないのは、桁下に構造物等があつて設置できない場合を想定している。

表-2は、このような解析モデルを用いて得られた補強前と補強後の 1~8 次の固有振動数を比較したものである。一般に補強後の振動数は補強前に比べて大きくなっており、補強効果が現れていることが分かる。なお、3 次の鉛直方向固有振動数が補強前後で差がないのは、図-1の右端の径間にはパイプアーチがなく、この径間の鉛直振動が現れたためである。

表-2 固有振動数

次数	補強前	補強後	比	モード形
1	3.99	5.12	1.30	水平方向
2	5.88	7.05	1.20	水平方向
3	7.38	7.40	1.00	垂直方向
4	7.39	9.49	1.28	垂直方向
5	7.41	9.52	1.29	垂直方向
6	7.42	9.58	1.29	垂直方向
7	7.44	9.61	1.29	垂直方向
8	7.45	9.64	1.29	垂直方向

3. 走行車両応答解析

橋梁は図-1に示す解析モデルを用い、車両は 20tf の大型ダンプトラックを図-2に示すような前後輪を考慮した 2 自由度のバネ-質量系にモデル化して取り扱う。路面凹凸は、既設橋梁における実測結果を参考にし、アスファルト舗装の比較的良好な路面状態を考える。また、車両-橋梁系の連立微分方程式はニューマーク β 法($\beta=1/4$)を用い、使用モード次数は補強前は 30 次、補強後は 60 次とし、減衰定数はモード次数に関係なく単純桁橋の一般的な値として 0.03 を用いる。主桁の着目質点は図-1の○印で示した質点④、⑩(パイプアーチとアーチクラウン部で結合されている点)および⑫とする。

図-3は各着目質点における振動速度応答波形とそ

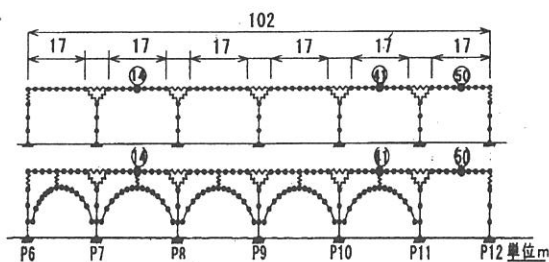


図-1 橋梁の構造モデル

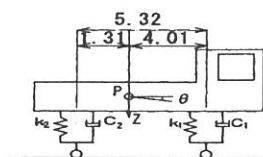


図-2 車両の解析モデル

のパワースペクトルの一例を示す。なお、この場合の車両走行速度は 40km/h である。図中の実線は補強前の応答を示し、点線は補強後の応答を示す。質点⑭と④は、パイプアーチと直接結合されている点であり、補強前に比べて補強後の速度応答振幅はかなり小さくなっている。また、卓越振動数も 7Hz 台から 9~10Hz 台に変化することがわかる。これに対して、パイプアーチが設置されていない径間の質点⑤⑥では、補強前後の速度応答振幅および卓越振動数にはほとんど差が見られない。このことより、パイプアーチによる補強効果はパイプアーチを設置した径間のみに見られ、速度応答振幅は大きく減少し、卓越振動数は高くなることがわかる。

表-3, 4 は各着目質点における振動速度応答の卓越振動数と歩行者などが不快感を感じるかどうかの使用性を検討する場合の指標として用いられる実効振幅に及ぼす車両の走行速度の影響を示したものである。なお、この値は 40 個の路面凹凸に対する平均値である。卓越振動数については、車両の走行速度が 20km/h と小さい場合には各着目質点とも同じ振動数が卓越し、その値は車両の固有振動数にほぼ等しく補強前後の差は見られない。これに対して、車両の走行速度が 20km/h より大きくなると、卓越振動数も大きくなり、表-2 に示す鉛直方向の固有振動数にほぼ等しく、補強前後に差が見られる。しかし、パイプアーチの設置されていない径間の質点⑤⑥では補強前後に差は見られない。

実効振幅については、当然のことながら車両の走行速度が増大すれば振動効果も大きくなることから実効振幅の値も大きくなっている。また、補強前後の差は車両の走行速度によって異なるが、パイプアーチで補強されることにより 30~55%程度減少するようである。これに対して、パイプアーチの設置されていない径間の質点⑤⑥では、補強前後に差は見られない。

4. あとがき

パイプアーチで補強された多径間高架橋の走行車両応答特性について、主桁の振動速度応答に基づいて検討した。要約すると、橋梁の固有振動数は補強後の方が補強前より増加しており、全体構造としての剛性が増大していることがわかる。このことにより、主桁の振動速度応答波形および実効振幅なども補強前に比べて補強後が小さくなり、パイプアーチによる補強が主桁の振動特性の改善にも寄与することがわかる。ただし、これはパイプアーチが設置された径間のみに言えることで、パイプアーチが設置されていない径間の主桁には補強効果は及ばないようである。

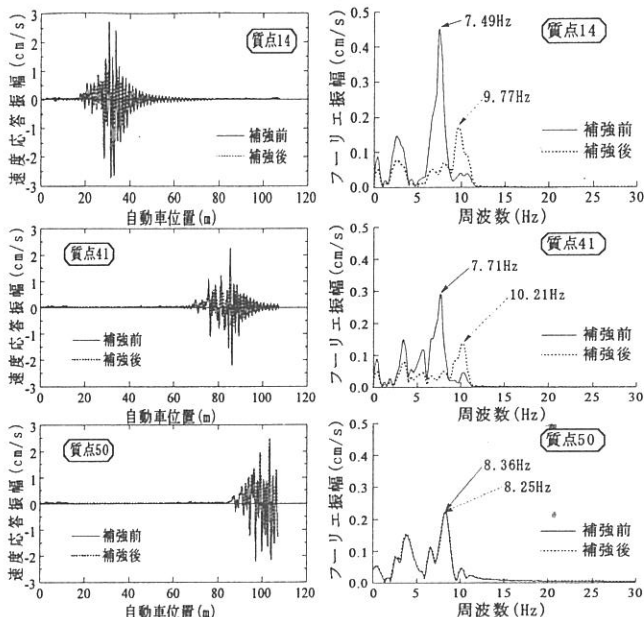


図-3 速度応答波形とフーリエスペクトル

表-3 卓越振動数(Hz)

質点	走行速度	20km/h	40km/h	60km/h	80km/h
14	補強前	3.04	7.491	7.328	7.382
	補強後	3.04	9.553	9.445	9.336
	比	1.00	1.28	1.29	1.26
41	補強前	3.04	7.491	7.165	7.599
	補強後	3.04	9.662	9.445	9.336
	比	1.00	1.29	1.32	1.23
50	補強前	3.04	8.033	6.839	7.816
	補強後	3.04	8.033	6.839	7.816
	比	1.00	1.00	1.00	1.00

表-4 実効振幅(cm/s)

質点	走行速度	20km/h	40km/h	60km/h	80km/h
14	補強前	0.184	0.360	0.447	0.608
	補強後	0.099	0.222	0.344	0.329
	比	0.54	0.62	0.77	0.54
41	補強前	0.188	0.349	0.473	0.662
	補強後	0.099	0.199	0.333	0.363
	比	0.53	0.57	0.70	0.55
50	補強前	0.168	0.326	0.451	0.600
	補強後	0.169	0.325	0.451	0.600
	比	1.01	1.00	1.00	1.00