

パイプアーチ補強された桁橋の振動特性

九州産業大学 学生会員 ○ 吉富敬洋 九州産業大学 フェロー 水田洋司
鹿児島高専 正会員 内谷 保 千代田コンサルタント 正会員 橋本 晃

1. 序論

兵庫県南部地震による道路橋の甚大な被害経験を踏まえ、耐震性確保を目的として種々の耐震補強工法が実施されている。本論文はパイプアーチ補強工法¹⁾によって補強された桁橋の振動特性について述べている。対象橋梁の補強工事前と後にそれぞれ振動実験を行い、固有振動数、減衰定数、車両走行時の発生加速度、動ひずみを比較してパイプアーチ補強工法による補強効果について検討した。

2. 対象橋梁の諸元

対象橋梁は、昭和42年に建設されたプレストレストコンクリート橋である。橋長約232m、支間約14.15m、単径間の等スパン桁が橋脚上で鋼棒を用いて連結されており、各橋脚は橋軸直角方向にラーメン構造、橋脚基礎は杭基礎である。対象橋梁の側面図を図-1に、振動実験を実施した区間の諸元を表-1に示している。

3. パイプアーチ補強工法

パイプアーチ補強工法は従来からある鉄筋コンクリートや鋼板を巻き立てて補強する巻き立て工法と異なり、図-2のようにアーチの持つ特性を活かし、橋脚が負担する鉛直力を小さくする工法である。また、アーチスプリング部を水平方向に移動させることによってアーチクラウン部を上昇させ、上部工に新たな弾性支点を設けている。

4. 振動実験

計測区間には図-1のP4橋脚～P5橋脚区間とP5橋脚～P6橋脚区間を選定した。交通量の少ない深夜から早朝にかけて実験を実施し、計測時は実験を行った下り車線を通行止めにした。振動のピックアップにはサーボ型加速度計(○印)、ひずみゲージ(△印)を用い、図-3のように設置した。なお、P4橋脚～P5橋脚区間とP5橋脚～P6橋脚区間の計測器の設置位置は同じである。本実験では常時微動計測実験、衝撃加振実験、走行車両による加振実験を行い、得られた振動波形から固有振動数、減衰定数、卓越振動数、加速度、動ひずみを求めた。

常時微動では加速度波形から卓越振動数を求めた。衝撃加振では、橋面上に高さ10cm×幅20cmの木片を置き、ダンブトラックがその木片を乗り越える際の衝撃力を橋面に与え、発生する自由振動を計測して、固有振動数、減衰定数、加速度を算定した。なお、実験に使用したダンブトラックの重量は21.08tfであった。走行車両による加振実験は計測区間の走行車線を衝撃加振と同じダンブトラックが走行した時に生じる加速度応答波形から卓越振動数と最大加速度を、動ひずみ応答波形から最大ひずみと動的増幅率を求めた。

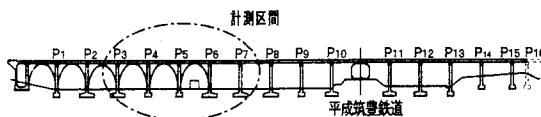


図-1 対象橋梁の側面図

表-1 対象橋梁の諸元

橋種	プレストレストコンクリート道路橋
橋長	232m
支間	14.15m
幅員	車道9.25m、歩道1.5m (上下線分離)
橋脚	門型ラーメン式鉄筋コンクリート
橋脚高さ	10.3m
基礎	鋼管杭基礎

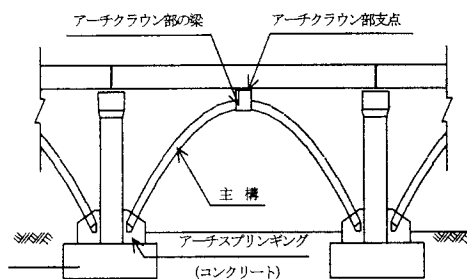


図-2 パイプアーチ補強

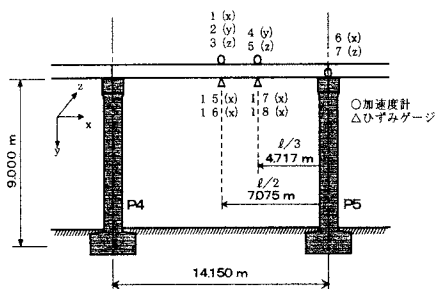


図-3 計測機器の設置位置

5. パイプアーチ補強効果

表－2は常時微動実験から得られたパイプアーチ補強前と補強後の卓越振動数の比較である。どの方向も補強前に比べると補強後の振動数の方が大きくなっており、桁部では面外方向、橋脚部では橋軸方向の振動数がそれぞれ約30%上昇した。

表－3は衝撃加振から得られた最低固有振動数、減衰定数を比較した表である。桁、橋脚共に固有振動数は常時微動で得られた卓越振動数と同様に補強後の振動数の方が上昇している。特に鉛直方向と橋軸方向の減衰定数は1.2～1.7倍と大幅に上昇した。これは桁とアーチクラウン部の横梁との間に設置したゴム支点やアーチ本体の構造減衰によるエネルギー吸収効果と考えられる。

表－4はダンプロック走行時の桁部に生じる最大加速度を比較した表である。速度が速くなるにつれて加速度は上昇している。橋軸方向、鉛直方向は補強後の加速度が減少しており、補強効果が現れているのが判る。それに対し、桁部の面外加速度は補強後の方が若干増加している。また、橋脚部の面外方向の加速度も32km/h以下の走行速度において補強前より補強後に増加している。しかし、このときの面外方向の発生加速度は2.4gal～6.9galと小さく、補強効果を論ずるのは難しいと考えられる。

図－4はダンプロック走行時のパイプアーチ補強前と補強後の最大動ひずみ（面内）を比較したグラフである。どの走行速度の時も、補強後に減少しており、その減少率は23%～30%と補強効果が明確に現れている。また、補強前の動的増幅率は0.05～0.10であったが、補強後の動ひずみ応答を見ると動的増幅がほとんど見られないため零とした。このことより、活荷重による桁の応力度は減少しており、補強効果が現れていると考えられる。

6. 結論

パイプアーチ補強の前後で実施した対象橋梁の振動実験結果をまとめると以下のようである。

- ① 固有振動数は桁部、橋脚部共に補強後の値が大きくなり、橋全体の剛性が増加している。
- ② 減衰定数は補強前でも3%～5%と比較的高い値であったが、補強後はさらに5%～6%と高くなった。
- ③ 車両走行時の加速度は面外方向を除き、補強後に加速度の減少が見られた
- ④ 車両走行時の桁部の動ひずみは補強後に25%前後の減少が見られ、桁応力度の減少が確認できた。
- ⑤ 補強後の動的増幅率は零に近くなった。

参考文献

- 1) 水田洋司、橋本晃：パイプアーチ橋を用いた多径間高架橋の耐震補強法、土木学会構造工学論文集、Vol. 47A、p1063～p1074、2001年3月。

表－2 常時微動の卓越振動数

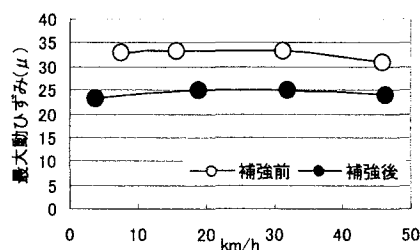
方向		補強前(Hz)	補強後(Hz)
桁	鉛直	8.6	9.4
	面外	2.8	3.6
	橋軸	3.5	3.6
橋脚	面外	3.5	3.6
	橋軸	2.8	3.8

表－3 固有振動数・減衰定数の比較

方向		補強前		補強後	
		固有振動 数(Hz)	減衰定数	固有振動 数(Hz)	減衰定数
桁	鉛直	8.6	0.04	9.8	0.06
	面外	2.8	0.05	3.6	0.05
	橋軸	3.3	0.03	3.7	0.06
橋 脚	面外	3.5	-	3.8	0.05
	橋軸	2.8	-	3.4	0.06

表－4 加速度の比較

方向		補強前		補強後	
		速度 (km/h)	加速度 (gal)	速度 (km/h)	加速度 (gal)
桁	橋軸	8	1.4	4	0.5
		16	2.1	19	2.4
		31	2.9	32	2.4
		46	4.8	45	2.8
	鉛直	8	3.6	4	2.8
		16	10.1	19	9.0
		31	22.5	32	21.6
		46	24.5	45	24.4
	面外	8	1.9	4	1.9
		16	3.6	19	5.0
		31	4.8	32	5.2
		46	5.0	45	6.9
橋脚	橋軸	8	2.2	4	0.8
		16	3.6	19	2.7
		31	5.6	32	3.8
		46	5.3	45	4.0
	面外	8	1.4	4	2.4
		16	2.5	19	3.6
		31	3.7	32	3.9
		46	5.4	45	4.6



図－4 最大動ひずみの比較