

# パイプアーチ補強効果について

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

## 1. 序論

本論文はパイプアーチ補強法を用いて実際に補強された桁橋の補強前後の振動実験から得られた振動特性を比較して、その補強効果について述べている。補強前と補強後の常時微動計測実験や衝撃加振実験で求めら

れた固有振動数、減衰定数、196kNトラック走行時の加速度や卓越振動数、最大ひずみ等の比較からパイプアーチ補強効果を振動特性の面で検討している。

## 2. 対象橋梁の諸元

補強対象の桁橋（下り線）は1974年に建設された高架橋であり、耐震性能向上と耐久性向上を図るためにパイプアーチ補強工法による耐震補強工事が2002年3月に完工した。橋長約636m、支間約17m、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、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

本論文で述べるパイプアーチ補強法は隣接する橋脚を鋼製のパイプアーチで連結し、アーチクラウン部にゴム支承を配置して主桁中央部を支持する工法である。パイプアーチの構造は平行する4本の主構で構成され、主構は横構で連結されている。アーチスプリング部は橋脚に架台を設け、コンクリートで巻き立てて連結する。パイプアーチ補強の構造を図-2に示す。

## 4. 振動実験

計測区間には図-1のP7橋脚～P8橋脚区間とP10橋脚～P11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を図-3のように設置し、図中の印はサーボ型加速度計、印はひずみゲージである。実験の種類は常時微動計測実験、衝撃加振実験、車両走行実験である。

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、ダンプトラック（196kN）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。車両走行実験は計測区間の走行車線を衝撃加振実験時と同じダンプ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。

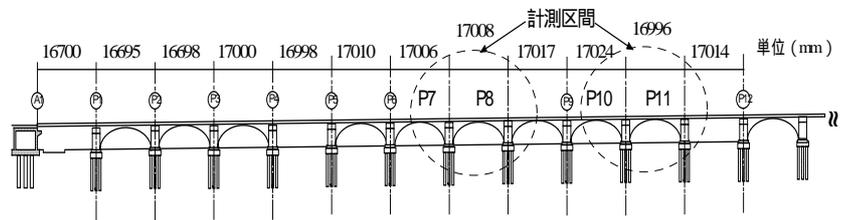


図-1 対象橋梁の側面図

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	636.268m
支間	P7橋脚～P8橋脚：17.08m P10橋脚～P11橋脚：16.996m
有効幅員	9.25m
構造形式	単径間桁橋
橋脚	1本柱両張り出し式
橋脚高さ	P8橋脚：6.399m
基礎	杭基礎

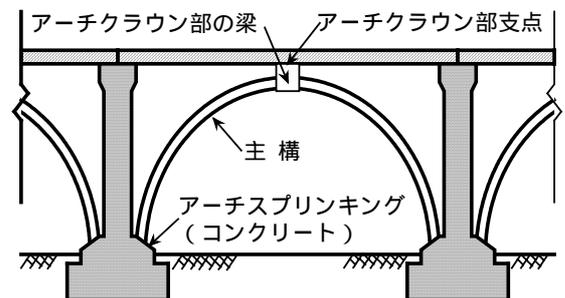


図-2 パイプアーチ補強

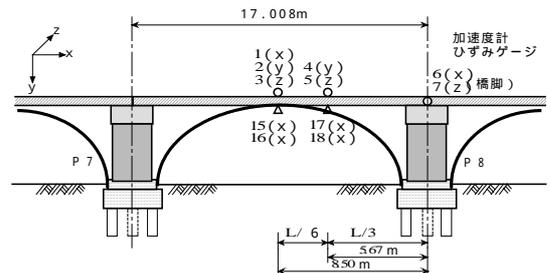


図-3 計測機器の設置位置

キーワード パイプアーチ補強工法，固有振動数，減衰定数，加速度，動ひずみ

連絡先 〒813-8503 福岡市東区松香台2丁目3-1 九州産業大学

## 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。補強前に比べると補強後の振動数が大きくなっている。特に桁部の鉛直方向では振動数が約30%上昇した。表 - 3 は衝撃加振実験から得られた最低固有振動数と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約30%～70%上昇している。減衰定数も30%～100%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 はダンブトラック走行時に生じる最大加速度を比較した表である。桁部の橋軸方向と鉛直方向では補強前より補強後の加速度が小さくなり補強効果が現れているが、桁部の面外方向では補強後の最大加速度が大きくなっている。また、脚部も補強後の方が大きくなっている走行速度もある。しかし、このときの発生加速度は2.7gal～7.8gal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 はダンブトラ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、その減少率は約70%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. モデル化と固有値解析

地震応答解析の準備としてパイプアーチ補強前後の橋のモデル化を行い、3次元固有値解析を実施した。解析にはTDAP（株）アーク情報システム製）を用い、表 - 5 にその結果を示している。固有値解析でもパイプアーチ補強による固有振動数の上昇を確認できた。これらの解析モデルを用いた地震時挙動については今後検討予定である。

## 7. 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なものである。

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。

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5%～6%とさらに高くなった。

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。但し、面外方向の応答加速度は小さく、問題ないと考えられる。

車両走行時における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。

補強後の動的増幅率は零に近くなった。

また、固有値解析においてもパイプアーチ補強による固有振動数の上昇を確認できた。

## 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	橋軸	3.97	4.40
	鉛直	7.34	9.48
	面外	3.63	4.50
脚	橋軸	3.90	4.70
	面外	3.64	4.60

表 - 3 固有振動数・減衰定数の比較

		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	橋軸	2.54	-	4.50	0.05
	鉛直	7.44	0.03	9.84	0.05
	面外	3.33	0.04	4.53	0.06
脚	橋軸	3.33	0.05	4.50	0.06
	面外	3.33	0.03	4.40	0.06

表 - 4 最大加速度の比較 (gal)

補強前 (km/h)	7.5	18.6	36.7	62.0	
桁部	橋軸	5.4	6.8	3.5	3.4
	鉛直	8.4	21.7	19.4	19.0
	面外	0.7	0.8	0.7	1.8
橋脚部	橋軸	6.2	6.9	3.9	4.4
	面外	1.5	2.1	2.4	3.6
補強後 (km/h)	3.1	19.1	37.3	56.2	
桁部	橋軸	0.2	0.4	2.0	1.2
	鉛直	1.2	4.7	20.2	15.3
	面外	0.5	2.8	5.0	2.7
橋脚部	橋軸	1.5	1.8	7.2	7.8
	面外	0.5	2.7	5.5	3.0

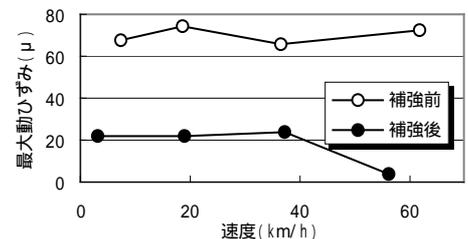


図 - 4 最大動ひずみの比較

表 - 5 固有値解析結果 (Hz)

方向	補強前		補強後	
	解析値	実験値	解析値	実験値
橋軸	3.97	3.97	4.45	4.40
鉛直	7.10	7.34	9.15	9.48
面外	3.64	3.64	4.51	4.50