

## 補強工事による鋼鈹桁橋の振動特性の変化に関する研究

大阪市立大学大学院 学生員 北垣 啓  
 大阪市立大学大学院 正会員 北田 俊行  
 京都大学大学院 正会員 大島 義信

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司  
 京都大学大学院 正会員 杉浦 邦征  
 京都大学大学院 正会員 橋本 国太郎

## 1. 研究背景および目的

近年、交通量の増大、大型車種の多様化、走行速度の高速化に相俟って、橋梁構造物の健全性が損なわれている事例が見られるようになってきている。損傷によって健全性が損なわれた場合、健全な構造物と比べて固有振動数などの構造物の振動特性に変化が現れると考えられる。現実的には、管理する橋梁が多数であることから、これらの構造特性の変化を容易に、短時間で計測し、損傷を同定する技術の確立が求められる。

本研究では、補強等による構造変化によって橋梁の固有振動数がどのように変化するかについて実橋梁の計測を行い検討する。対象とした橋梁は、床版の補強工事、縦桁・横桁の補強工事、および支承取替え工事を行った一般的な構造諸元を有する鋼鈹桁橋である。床版の補強工事の前後または縦桁・横桁の補強工事、および支承取替え工事の前後に常時微動計測および走行試験を行った。走行試験では、補強による構造特性の変化を計測車両の振動応答から推定できるかについて着目している。

## 2. 対象橋梁および補強工事の概要

## 2.1 対象橋梁

対象橋梁は、18 径間 4 主桁単純鋼鈹桁橋 (RC 床版、支間長 30m) である。対象橋梁の断面図を図-1 に示す。対象径間は P9-P10 および P13-A2 径間とした。なお、車両方向は 2 車線の一方通行である。

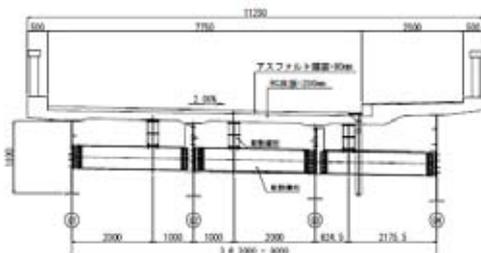


図-1 断面図 (寸法:mm)

## 2.2 補強工事

補強工事の内容および進行の状況を表-1 および図-2 に示す。

表-1 補強工事内容

径間	計測	橋梁状態
P9-P10	A1	床版打ち変え前・足場有り
	A2	床版打ち変え後・足場有り
P13-A2	B1	縦桁および横桁補強前・足場有り
	B2	縦桁および横桁補強後・足場有り
	B3	ゴム支承に取替え・足場無し



(a) 縦桁・横桁補強

(b) 取替え後のゴム支承

図-2 補強の様子

## 2.3 計測

## 2.3.1 常時微動計測

表-2 に示すように、P9-P10 径間については、床版打ち換え工事が行われる前後に計測を行い、P13-A2 径間については、縦桁・横桁が補強された前後に計測を行った。計測時間は 3 分 (信号 1 サイクル) およびサンプリング周波数は 200Hz とした。各主桁の支間中央、L/4 地点に鉛直方向の加速度計を設置した。

## 2.3.2 走行試験

計測機能を有する計測車両を P13-A2 径間を対象

表-2 計測状況

径間	計測	計測時の走行状況	
P9-P10	A1	昼間	常時 40 ~ 60km/h 走行
	A2	昼間	車線規制のためにやや渋滞
P13-A2	B1	夕方	常時 20 ~ 60km/h 走行
	B2	午前	常時 40 ~ 60km/h 走行
	B3	昼間	常時 40 ~ 60km/h 走行

キーワード：健全度評価、常時微動計測、車両 橋梁系の連成振動、車両応答

連絡先：〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻橋梁工学分野  
 TEL 06-6605-2765

とし走行させた。走行速度は時速 40km/h であり、計測時間は 2.7 秒である。計測車両のばね下後輪の卓越振動数は 2.24Hz および 13.2Hz であり、この計測車両の受感帯は 3~5Hz であると考えられる。

3. 計測結果

3.1 常時微動計測

3.1.1 補強効果による検証

常時微動計測によって得られた P9-P10 径間および P13-A2 径間の補強による対象橋梁の卓越振動数の変化を表-3 および表-4 にそれぞれ示す。

表-3 P9-P10 径間

計測地点		床版打ち換え前	床版打ち換え後
G1	L/4 地点	3.74Hz	19.38Hz
	支間中央	3.74Hz	19.68Hz
G2	L/4 地点	3.74Hz	19.68Hz
	支間中央	3.74Hz	19.68Hz

表-4 P13-A2 径間

計測地点		補強前・足場有	補強後・足場有	ゴム支承・足場無し
G1	L/4 地点	12.77Hz	4.76Hz	3.58Hz
	支間中央	12.77Hz	4.03Hz	3.58Hz
G2	L/4 地点	12.77Hz	4.03Hz	3.58Hz
	支間中央	10.90Hz	5.54Hz	3.58Hz

表-3 より床版打ち換え後の卓越振動数は、床版打ち換え前の卓越振動数に比べて、5.2 倍の振動数となった。また、表-4 より、縦桁・横桁を補強することにより、補強前と比べて、1/3 倍の振動数となった。このように、補強により卓越振動数の変化は大きく、卓越する振動モードも変化する。

3.1.2 計測時間による検証

常時微動計測において、9 分間計測を行ったデータを時間分割して周波数解析を行った。時間分割の方法は 1 分間 3 分間および 9 分間で分割したものである。なお、P13-A2 径間の前方 300m 先には信号があり、その信号の 1 サイクルは 3 分程度である。計測時間の違いによる卓越振動数の比較を表-5 に示す。

1 分間および 3 分間で分割した卓越振動数の平均値

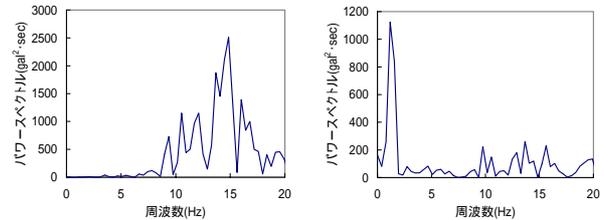
表-5 時間による卓越振動数の比較

計測時間	卓越振動数(Hz)							
	1min	4.77	4.46	3.86	3.78	4.38	5.23	4.18
3min	4.17		4.97			4.32		
9min	5.00							

は 4.36Hz および 4.49Hz である。1 分間の計測では、信号の影響により交通量が変化するために起振力が変化し、卓越振動数がよりばらつくと考えられる。

3.2 走行試験

時速 40km/h において P13-A2 径間を通過したときのばね下後輪加速度の周波数解析結果を図-3 に示す。また橋梁卓越振動数の推定値を表-6 に示す。



(a)補強前・足場有り (b)ゴム支承・足場無し

図-3 バネ下後輪周波数解析結果

表-6 橋梁卓越振動数の推定値

橋梁状態	受感帯にある振動数
補強前・足場有り	検知不可能
ゴム支承・足場無し	4.69Hz(3.58Hz)

図-3 (b) より受感帯に 4.69Hz の振動数を確認できた。これを、橋梁の振動数の推定値とする。4.69Hz のパワースペクトルは卓越振動数のパワースペクトルに比べて、1/20 倍である。また、常時微動計測で得られた卓越振動数と推定値を比較すると 31% の誤差となった。

4. まとめ

- 1)常時微動計測により、補強による構造物の振動特性の変化をフーリエスペクトルの変化から確認することができた。
- 2)FFT を用いて、常時微動により構造物の振動特性を把握する場合、計測時間によって、卓越振動数が変化する。そのため信号間隔等による交通量を考慮した計測時間の設定が重要である。
- 3)本研究では、計測車両の単独走行試験を行った。そのために、橋梁を強制加振状態にすることができなかったことが、推定値と常時微動計測による卓越振動数の誤差との原因であると考えられる。

謝辞

本研究の計測にご協力頂いた東京測器研究所(株)の鈴木光正氏、ニチゾウテック(株)の金哲佑氏および新構造技術(株)の三ツ木幸子氏に深く感謝致します。