

PC 単純桁橋の健全度診断に関する基礎的研究

大阪市立大学大学院工学研究科 学生員 ○池田 祥宜
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 山口 隆司
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 松村 政秀

1. 研究背景および目的

高度経済成長時に多数の橋梁構造物が建設され、近年、その経年劣化や交通量の増加に伴う損傷のために、健全性が問題となっている。一般に目視点検や定期点検が定期的に行われ、異常が見つければ詳細な調査が行われるが多大なコストを要し、十分な点検・調査が難しい状況にある。トラックなど大型車の移動荷重による応答性状をモニタリングすることにより、橋梁の健全性を評価できれば、効率的かつ低コストに多くの橋梁を調査でき、有益である。

本研究では、移動荷重を受ける PC 橋梁の応答性状を再現できる解析モデルを現地計測結果と比較することにより構築し、そのモデルに損傷を模擬することで応答性状がどのように変化するかを検討している。

2. 対象橋梁

対象とする橋梁は昭和 58 年に竣工された単純 PC ボステン T 桁の 7 主桁橋で、支承にはゴム支承が使用されている。橋長は 27.58m(桁長 L; 27.5m), 幅員は 1.8m(車道部; 7.0m, 歩道部; 2.0m+2.0m)である。橋梁の平面図を図-1 に示す。

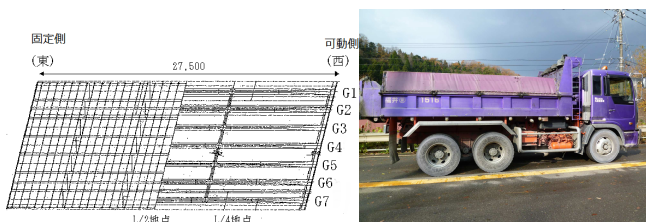


図-1 平面図(単位: mm)



図-2 試験車両

3. 現地振動計測の概要

試験車両を片側西行き車線に 20km/h で走行させる動的計測を 10 回行った。試験車両を図-2 に、車両走行位置と断面構成を図-3 にそれぞれ示す。試験車両は砂利等を積載し、前輪 60kN, 後輪 135kN, 総重量 195kN の大型ダンプである。なお、計測時には、橋梁上に試験車両以外の車両がない状態となるように心がけた。

計測点は、変位センサを G4 桁の L/2 地点に設置し、加速度センサを G4 桁の L/2, L/4 地点, G2 桁の L/2 地点に設置した。また、試験車両の前輪、後輪の中央をそれぞれ L/2 地点, L/4 地点に停止させて静的計測を行う。

計測結果から試験車両が橋上を通過した後の加速度波形の自由振動部分に着目して、FFT 解析を行い、橋梁の固有振動数を算定する。

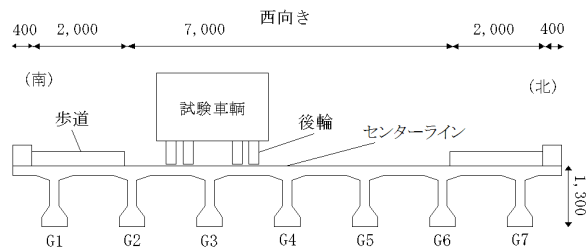


図-3 車両走行位置と断面構成(単位: mm)

4. 振動解析

4. 1 解析モデル

解析モデルの構築にあたって、床版は板要素、主桁、横桁、PC ケーブルは、梁要素としてモデル化している。PC ケーブルには設計プレストレス力を導入している。解析モデルの概要を図-4 に示す。また、ゴム支承の経年劣化による剛性変化を想定し、ゴム支承から固定、可動支承に変更することにより損傷を模擬する(表-1)。道路橋支承便覧を参考にゴム支承のバネ定数を算出し、橋軸方向、橋軸直角方向のバネ定数は同じとし、固定側が 3,281N/mm, 可動側が 1,790 N/mm とした。

表-1 支承のモデル化

支承条件	橋軸方向	橋軸直角方向	鉛直方向	橋軸回り	橋軸直角回り	鉛直回り
固定支承	拘束	拘束	拘束	拘束	自由	自由
可動支承	自由	拘束	拘束	拘束	自由	自由
ゴム支承	バネ	バネ	拘束	拘束	自由	自由

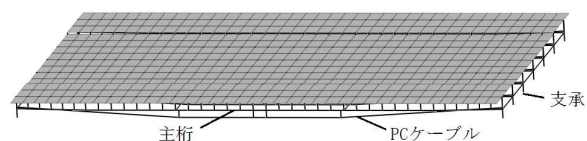


図-4 解析モデルの概要

キーワード PC 単純桁橋, モニタリング, 移動荷重, 固有振動数, 健全度診断

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&FAX 06-6605-2765

4. 2 静的解析

静的解析結果と計測結果との比較を行う。静的計測で行った試験車輛の載荷位置に車輛の前輪，後輪部分の荷重を与えて解析を行う。

4. 3 車輛走行解析

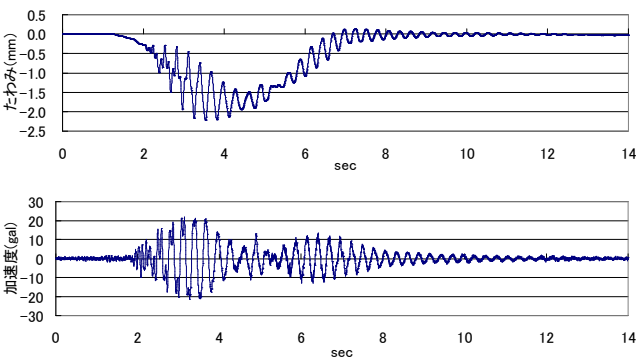
車輛が走行する条件は現地計測と同様であり，走行位置は片側1車線を想定し，走行速度は20km/hとした。車両モデルには，既往の研究¹⁾を参考に，3次元8自由度系のモデルを用いる。計測時の試験車輛の重量を用い，バネ定数，粘性低減係数は同じような大型ダンプをモデル化している文献²⁾を参考にした。

5. 結果の比較および考察

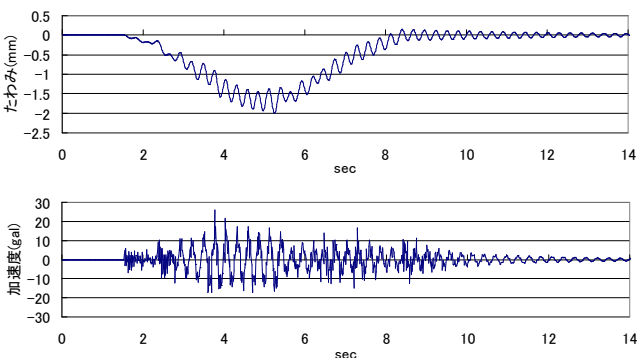
5. 1 計測結果および解析結果(ゴム支承)の比較

計測結果と解析結果との比較を図-5 および表-2 に示す。計測結果は10回の計測の平均値としている。解析結果のうち，計測結果との比較はゴム支承の場合とし，着目点は計測点と同じとする。

計測結果の加速度波形の自由振動部分をFFT解析す



(a) 計測結果



(b) 解析結果

図-5 たわみ，加速度波形

ると，G4，G2 桁で 3.66Hz が卓越し曲げ 1 次固有振動数，G2 桁だけで 4.64Hz が卓越していたことから，ねじり 1 次固有振動数と判断した。計測で，車輛走行時のたわみが 2 から 4 秒付近で大きくなっているのは車輛の加速による振動の影響などが考えられる。解析でも卓越した値は計測結果と近い値になった。また，固有値解析結果より FFT 解析結果のほうが小さくなっているのはプレストレス力による形状の変化によるものと考えられる。車輛走行によって発生した加速度波形を FFT 解析した結果について，計測と解析の誤差は，ゴム支承の場合は曲げ 1 次で約 1%，ねじり 1 次で約 3%であった。これより実際の橋梁の応答性状を再現できていると思われる。

5. 2 損傷の模擬による解析結果の比較

支承の損傷により，静的たわみと車輛走行による動的たわみはどちらも低下が見られるが明確な差はなく，たわみによる支承の損傷を区別することが難しいと考えられる。また，固定支承にした場合はねじり 1 次で約 20%の増加と大きな変化があった。固定支承からゴム支承とすることで，鉛直方向に影響は少ないが，ねじりに対して大きく影響していることがわかる。

6. 結論および今後の課題

計測結果と解析結果を比較することにより応答性状を再現できる解析モデルを構築した。

ゴム支承から固定，可動支承とすることでたわみには影響が無いものの，ねじりの固有振動数が増加し変化が認められた。

今後，プレストレス力の低下や剥落等による剛性の低下を解析で再現し，そのときの応答性状の変化を把握し，健全度診断への適用の可能性について検討する。

参考文献

1) 川谷充郎，山田靖則，獄下祐一：三次元車両モデルによる桁橋の動的応答解析，土木学会論文集，No.584/I-42，pp.79-86，1998.1.
2) 北垣啓：走行車両の振動応答を利用した橋梁の健全度評価に関する基礎的研究，大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻，2009.2.

表-2 計測結果と解析結果の比較

		載荷地点の違いによる静的たわみ(mm)				固有値解析結果(Hz)		車輛走行時の 最大たわ み(mm)	加速度波形の	
		後輪載荷		前輪載荷					FFT解析結果(Hz)	
		L/2	L/4	L/2	L/4	1次曲げ	1次ねじり		1次曲げ	1次ねじり
計測結果		-1.88	-1.37	-1.74	-0.69	-	-	-2.14	3.66	4.64
解析結果	ゴム支承	-1.80	-1.28	-1.70	-0.69	3.73	4.59	-2.00	3.61	4.49
	固定支承	-1.77	-1.25	-1.66	-0.67	3.69	5.55	-1.91	3.61	5.37