

プレストレストコンクリート道路橋の振動計測（一般国道8号能生大橋）

プレストレスト・コンクリート建設業協会 ○北野 勇一，酒井 崇行
土木研究所構造物メンテナンス研究センター 花井 拓，木村 嘉富

1. 目的：プレストレストコンクリート（以下，PC）構造物の維持管理における課題の一つに，劣化損傷が顕在化した PC 構造物の健全度を如何に的確に効率よく把握するかが挙げられる．そこで，非破壊かつ簡易な手法で行える振動計測に着目し，実際に供用されている PC 道路橋を対象にその適用性を追究する．

2. 橋梁概要：本橋は 1967 年に架橋された PC5 径間単純ポストテンション方式 T 桁橋である．直橋で，各径間とも支間長（27.3m），幅員（8.8m）及び主桁形状が等しい．架橋地点が日本海沿岸の海岸線に近接し，厳しい塩害環境に長く曝され，耐久性に優れる PC 橋といえども劣化が顕著となった（写真 1）．このため橋の架替えが計画され，本橋は 2010 年 9 月に供用が停止された．

PC 桁の劣化状況は，主に下フランジを中心に，PC 鋼材の腐食とこれに伴うコンクリートのひび割れや浮きが多数の主桁に生じていた（表 1）．径間別では第 1・4・5 径間，主桁別では G3 桁の損傷度が相対的に高い．

3. 振動計測方法と結果：本橋は上述の通り各径間とも構造が同一のため，振動特性を径間毎に相対比較できる．ただし，計測時には橋の解体作業が着手され，第 3～5 径間の舗装が撤去されていた．また，第 3 径間は床版が切断されていたため，この径間を除く 4 径間に対して振動計測を実施した．加振方法は，車両落下法，重錘落下法及び常時微動法の 3 方法（写真 2）とした．

(1) 車両落下法による振動特性：加振は 111kN の車両を用い後輪 3 輪を高さ 130mm の段差より落下させ，橋を強制的に鉛直方向に振動させた．加振点は図 1 の 5 点，計測点は径間 1/2 点の各主桁の直上とした．計測は鉛直方向に設置したサーボ型加速度計から得る出力を調整後，サンプリング周波数 1kHz でデジタル変換してパーソナルコンピュータに取り込み FFT 解析を行った．

図 2 は車両落下法による振動計測結果の一例である．第 1 径間で計測された加速度は図示した計測点 1（G3 桁）を含め各主桁とも $0.70 \sim 0.75 \text{ m/s}^2$ となること（加振点 2 の場合），卓越 1・2 次振動数とも加振点によらず概ね一



写真 1 橋梁状況及び PC 桁の劣化状況

表 1 PC 桁の損傷度（2007 年時点）

主桁 番号	径間番号				
	第 1	第 2	第 3	第 4	第 5
G1	A		C	C	C
G2				C	C
G3	B	B	B	C	A
G4	C	C		A	
G5	C			C	B

損傷度 A, B, C: 主桁下フランジコンクリートの浮きが連続して，それぞれ 5m, 2m, 1m 以上連続した箇所のあるもの．



写真 2 加振状況（2010 年 10 月 20 日撮影）

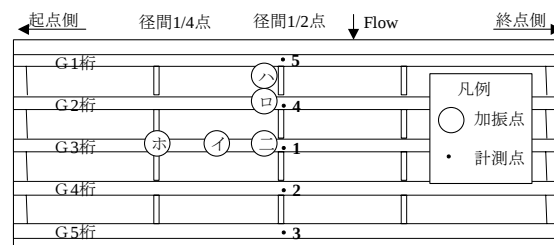


図 1 加振点及び計測点

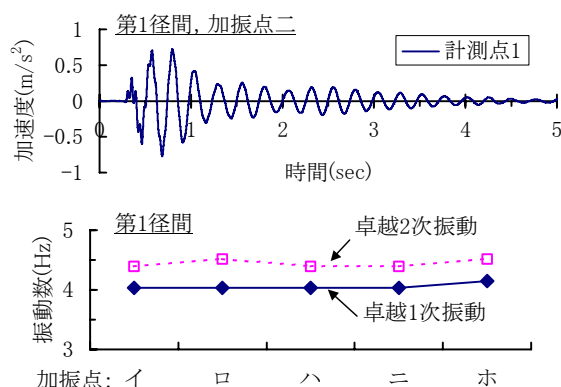


図 2 加速度波形及び卓越振動数（車両落下法）

キーワード PC 橋の維持管理，耐荷力評価，振動計測

連絡先 〒114-8505 東京都北区滝野川 6-3-1 川田建設（株）技術部技術課 TEL03-3915-5384

致することが確認された。この第1径間は本橋の中でも損傷度が相対的に高い径間であるが、この場合においても格子構造としての挙動を示したと判断される。

表2は、加振点をニとホに絞り、各径間の卓越振動数を車両落下法により確認した結果である。第1・2径間に着目すると、第2径間は本橋の中でも損傷度が相対的に低い径間であるが、損傷度が相対的に高い第1径間で得られた卓越1・2次振動数と概ね一致し、損傷度の違いを捉えることができなかった。また、第4・5径間は、第1・2径間と比べ卓越1・2次振動数とも高くなった。これは、舗装の有無が影響していると考えられる。

(2)加振方法の影響：図3は各加振方法による振動計測を実施し、得られたスペクトルグラフの一例である。重錘落下法は質量0.245kNの重錘を用い高さ1.0mから落下させ（衝撃加振力は約30kN）、常時微動法は隣接する仮橋の交通が途切れた静穏時の各計測点における鉛直振動を測定した。その結果、卓越振動は車両落下法と常時微動法で4～6Hz程度に集中し、重錘落下法ではこれ以外に20～40Hz程度にも現れた。卓越1次振動数は、重錘落下法4.3Hz>車両落下法4.0Hz>常時微動法3.8Hzの順となり、加振方法による差異が確認された。

(3)劣化損傷がPC桁の振動特性に及ぼす影響：表3は高次の卓越振動が得られた重錘落下法の計測結果、表4は事前に行った固有値解析結果である。固有値解析は市販FEM解析ソフトを用い、ビーム要素による平面格子モデルをピンローラーの単純支持のもと解を求めた。この際、アスファルト舗装と地覆コンクリート等の橋面部はその質量を考慮した（各主桁に等分した）が、剛性は無視した。主桁及び横桁コンクリートの弾性係数は建設時の基準より35kN/mm²と仮定した。

両表より、振動計測より確認された卓越振動数は固有値解析より求めた固有振動数と相違した。これは、舗装や地覆の剛性寄与や、鋼製支承が写真3のように著しく腐食することで主桁の支持条件が解析条件と異なったこと等が影響していると考えられる。また、表3中の第1径間と第2径間との卓越振動数の比率（f1/f2）に着目すると、実測された3～5次の卓越振動ではいずれも損傷度が相対的に高い第1径間の卓越振動数が小さくなる傾向となった。

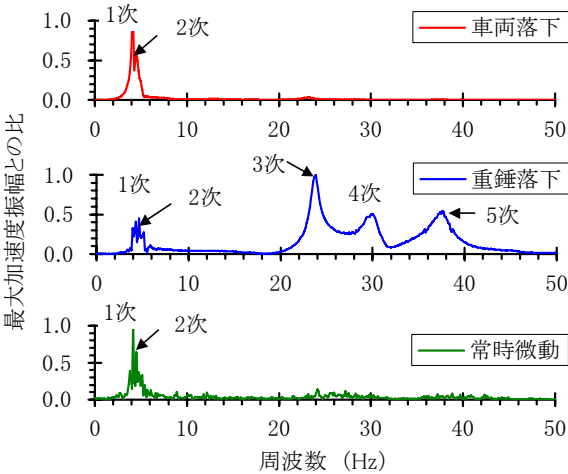
4. まとめ：今回計測を実施した道路橋PC桁の振動特性は、車両落下法や常時微動法の計測結果によると、各主桁とも4～6Hz程度の卓越1・2次振動が確認されたが、各径間の損傷度の違いを卓越振動数の変化として捉えることはできなかった。一方、重錘落下法の場合には20～40Hz程度の卓越3～5次振動が含まれ、この高次の卓越振動数を同一構造の径間で比較するとPC桁の損傷度の違いが現れた。

なお、本検討は著者らが所属する両機関における「撤去橋梁（PC橋）を用いた臨床研究委員会」の活動の一環として行った。計測にあたっては国土交通省北陸地方整備局並びに同局高田河川国道事務所に多大な協力を得た。深く感謝の意を表す。

表2 各径間の卓越振動数(車両落下法)

径間 番号	卓越振動数(Hz)				備考
	加振点ニ		加振点ホ		
	1 次	2 次	1 次	2 次	
第 1	4.0	4.4	4.2	4.5	舗装:有 地覆:有
第 2	4.0	4.4	4.2	4.6	
第 4	4.3	5.0	4.4	5.6	舗装:無 地覆:有
第 5	4.3	5.0	4.4	4.9	

注) 計測点1 (G3桁) の結果を示した。



注) 第1径間加振点ホ、計測点1 (G3桁) の結果を示した。

図3 各加振方法のスペクトルグラフ

表3 重錘落下法の振動計測結果

振動 次数	卓越振動数(Hz)		f1/f2
	第1径間 f1	第2径間 f2	
1次	4.3	4.3	1.00
2次	4.6	-	-
	-	14.4	-
3次	23.7	25.2	0.94
4次	30.2	31.5	0.96
5次	37.1	40.8	0.91

注) 加振点ホ、計測点1 (G3桁) の結果。

表4 固有値解析結果

固有振動 数(Hz)	振動モード
3.33	曲げ1次
4.14	ねじれ1次
12.64	曲げ2次
24.13	曲げ3次
34.34	ねじれ2次



写真3 支承の状況