

部材温度と振動振幅が単純 PC 梁の固有振動特性へ与える影響

Effect of structural temperature and vibration amplitude to the dynamic characteristic of simple supported PC beam

北見工業大学社会環境工学科 正会員 宮森保紀 (Yasunori Miyamori)
 北見工業大学社会環境工学科 学生員 ○小川大智 (Daichi Ogawa)
 北見工業大学社会環境工学科 正会員 齊藤剛彦 (Takehiko Saito)
 北見工業大学社会環境工学科 正会員 山崎智之 (Tomoyuki Yamazaki)

1. 研究の背景と目的

日本の橋梁数は約 70 万橋存在する。このうち、建設後 50 年を越えた橋梁(2m 以上)の割合は、現在は 18%であるが、10 年後は 43%、20 年後には 67%に増加し、高度経済成長期に建設された橋梁は急激に老朽化し始める¹⁾。そのため、近年では構造物にセンサを設置し、構造物の振動や変位を計測し健全度評価を行う構造ヘルスマonitoringへの関心が高まっている。

振動波形を利用した構造ヘルスマonitoringは、構造物の振動特性の変化から損傷の有無、位置、程度を把握する。しかし、構造物の固有振動特性は、健全であっても振動振幅や環境温度の影響で変動すると考えられる²⁾。

本研究の目的はプレストレストコンクリート供試体を用いて構造物の固有振動特性がどのような条件で変動するのかを検討したものであり、構造ヘルスマonitoringの実用化に向けて、供用下における構造物の振動特性変化について基礎的な知見を整理しようとするものである。

2. 実験概要

本研究で使用する供試体の寸法は、図-1 のような高さ 200mm、長さ 3000mm、幅 200mm の H 型 PC パイルである³⁾。この PC 供試体を大学構内の屋外に設置した。

供試体の支持条件は単純支持とする。単純支持の作成方法は、図-1 に示すように、コンクリート製のプレート上に、直径 100mm、長さ 200mm の円柱を置き、支間長を 2800mm として実験供試体を載せる。単純梁のヒンジ支点は、コンクリート製のプレートと円柱の間に砕石を挟み円柱を固定した。

サーボ型加速度センサ(ASQ-D-1)3 基を供試体の上面に、熱電対型温度センサ(NI USB-TC01 K タイプ)2 基を供試体表面と供試体内部に設置した。センサ設置位置を図-2 に示す。温度センサは、図-3 のように支点の外側に設置した。供試体の表面温度と内部温度は同じ時刻に測定する。

加振方法はハンマーで打撃する。PC 梁の 1 次モードを励起するために測点 2 付近を打撃して、供試体の鉛直方向の加速度を測定し、1 次固有振動数を算出する。サンプリング周波数は 1000Hz、測定時間は約 4 秒とする。

測定は外気温の変化に応じて不規則に行い、2016 年 9 月 12 日から 12 月 4 日まで 34 サンプルを取得した。ただし、表面温度用の熱電対は 10 月 26 日に追加で設置した。

3. 実験結果および考察

3.1 データ処理方法と供試体の温度特性

測定結果の一例として、2016 年 12 月 4 日に測定した際の測点 2 の時刻歴波形とパワースペクトルを図-4、図-5 に示す。この時の供試体表面温度は 11.5°C、内部温度は 9.8°C であった。

データ処理方法はピークピッキング法を用いた。各測点のパワースペクトルのピーク値を平均して、そのサンプルの 1 次固有振動数とした。さらに時刻歴波形にこの振動数を含むバンドパスフィルタを適用し、振幅の極大値について、各測点の振幅比をモード形状とした。図-4 の波形から



図-1 供試体全景

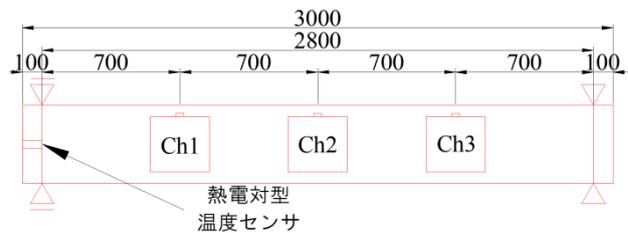
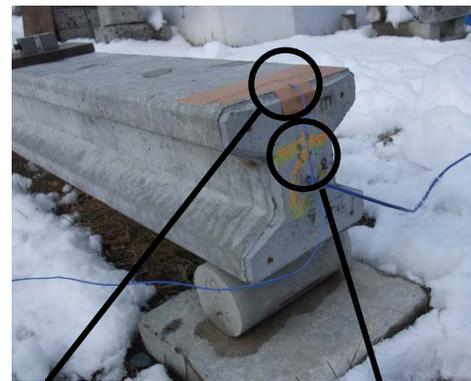


図-2 センサ配置



表面温度測定

内部温度測定

図-3 温度測定位置

求めたモード形状を図-6 に示す。減衰定数はパワースペクトルにハーフパワー法を適用して、各測点の平均値をそのサンプルの減衰定数とする。

供試体表面温度と内部温度の関係を図-7 に示す。相関係数は 0.99 であり、供試体表面温度と内部温度の間には非常に高い相関性がある。したがって供試体の温度は内部温度で代表させることとし、次項では内部温度について固有振動特性との影響を考察する。

3.2 供試体温度や振動振幅が固有振動特性に与える影響

供試体内部温度と1次固有振動数の関係を図-8に示す。相関係数は-0.74であり、ややばらつきがあるものの、温度が下がると固有振動数が上がる傾向が明確に確認できる。既往の研究⁴⁾では、温度変化がコンクリートの動弾性係数に影響を与えることが知られており、本実験における固有振動数の温度依存性もコンクリートの動弾性係数の変化が主な要因であると推測できる。

図-9に供試体内部温度と1次モードの減衰定数の関係を示す。2サンプルの例外を除いて減衰定数は0.1程度である。一般的な橋梁の減衰定数と比較すると高い値であるが、図-4のように供試体が小規模で剛性が高く十分に振動しておらず、減衰定数が高くなったものと考えられる。相関係数は0.44とある程度の相関があるが、温度変化に対してほぼ一定となっている。

一般に固有振動数や減衰定数には振幅依存性があることが指摘されている²⁾。本実験のような小規模な供試体でも、振動振幅によって支点部の挙動が変化する可能性があるため、打撃加振時の最大振幅を指標として振幅依存性について検討する。図-10に最大振幅と固有振動数、図-11に最大振幅と減衰定数の関係をそれぞれ示す。最大振幅は500galから1000galに分布している。卓越振動数が約42Hzと高く加速度はかなり大きいですが、変位は目視では確認できないほど小さい。両図から最大振幅と固有振動数の相関はほとんどなく、減衰定数に対しても相関係数は小さく概ね一定となっている。このため本実験の範囲では固有振動特性の振幅依存性は小さいと考えられる。

以上より、固有振動数は部材の内部温度と強い相関がある一方、最大振幅との相関は小さい。減衰定数は内部温度、最大振幅ともあまり影響を与えず概ね一定であった。

4. まとめ

本研究では、部材温度と振動振幅が構造部材の固有振動特性に与える影響について、PC梁の振動特性実験によって検討した。部材温度と固有振動数の間には明確な相関性があったが、減衰定数はほぼ一定であった。振幅依存性については今回の実験の範囲では、固有振動数と減衰定数ともに影響が見受けられなかった。

今後は冬期の低温時の測定を継続して行い、低温環境が構造部材の固有振動特性に与える影響を検討する。

謝辞： 供試体を提供いただいた會澤高圧コンクリート株式会社に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省：道路構造物の現状, p.1. www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobol1_1.pdf
- 2) 土木学会：橋梁振動モニタリングのガイドライン, 土木学会, 2000.
- 3) 會澤高圧コンクリート: PRODUCT CATALOGUE, vol.3,

2015年9月号, p.26, 2015.

- 4) 高橋和雄：コンクリートの動弾性係数に及ぼす因子に関する究研(II), 農業土木研究別冊第3号, pp.58-62, 1960.

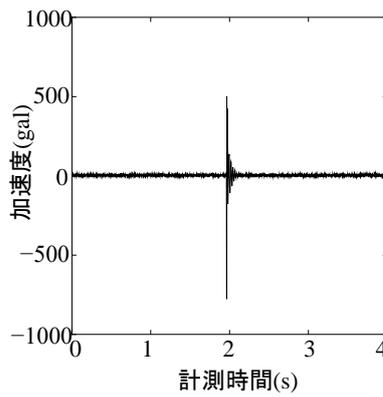


図-4 供試体の時刻歴波形

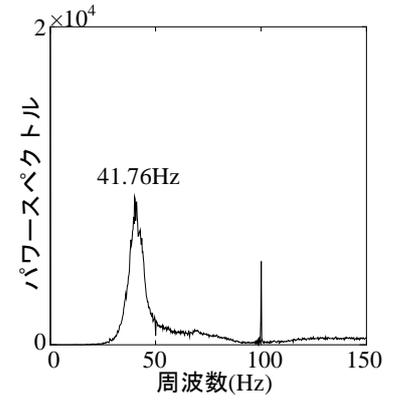


図-5 パワースペクトル

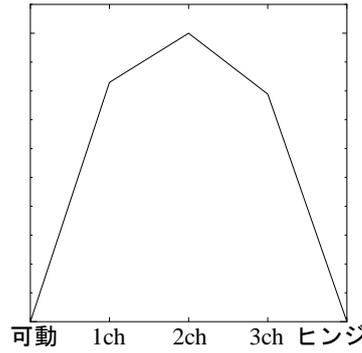


図-6 1次モード形状

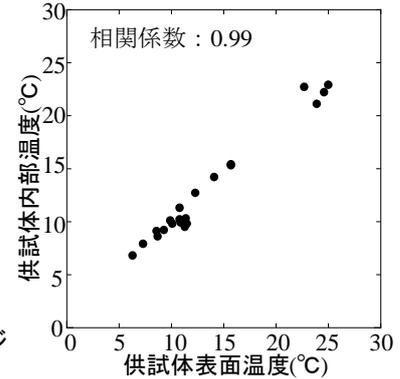


図-7 供試体表面温度と内部温度

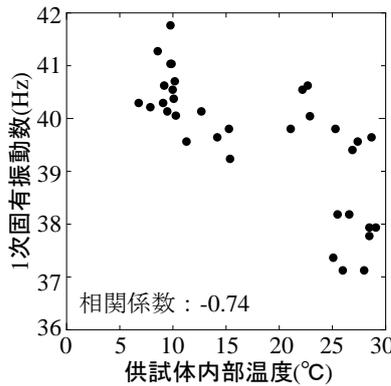


図-8 内部温度と固有振動数

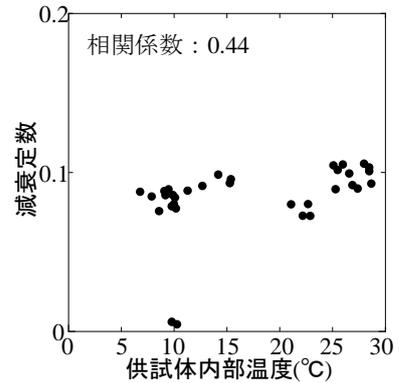


図-9 内部温度と減衰定数

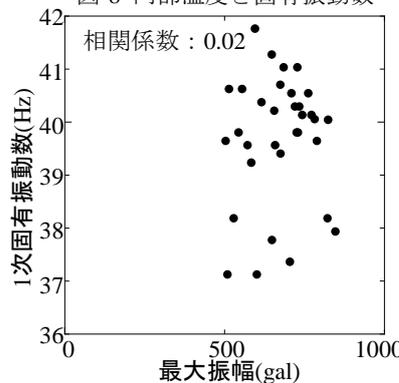


図-10 最大振幅と固有振動数

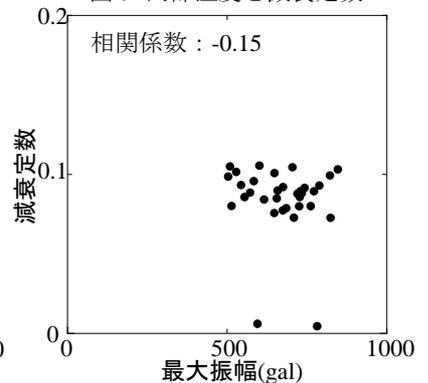


図-11 最大振幅と減衰定数

- 1) 国土交通省：道路構造物の現状, p.1. www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobol1_1.pdf
- 2) 土木学会：橋梁振動モニタリングのガイドライン, 土木学会, 2000.
- 3) 會澤高圧コンクリート: PRODUCT CATALOGUE, vol.3,