

部材温度の変動が単純 PC 梁の固有振動特性へ与える影響

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

北見工業大学 正会員 宮森保紀(Yasunori Miyamori)

北見工業大学 学生員 ○小川大智(Daichi Ogawa)

北見工業大学 正会員 齊藤剛彦(Takehiko Saito)

北見工業大学 正会員 山崎智之(Tomoyuki Yamazaki)

1. はじめに

日本の高度経済成長期に整備された社会基盤施設は老朽化し取り換えや改修の必要性が増大する。しかし、老朽化した社会基盤施設を全て更新することは非常に困難であり、健全度モニタリングやセンシングの必要性が大きい。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ニタリング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ニタリングは、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、構造物の固有振動数は、健全であっても環境温度などの影響で変動すると考えられる¹⁾。

本研究の目的は構造ヘルスマニタリングのための基礎的検討として、気温の季節変動や環境要因が固有振動特性にどのような影響を及ぼすのかをプレストレストコンクリート供試体を用いて評価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は、図-1 に示す長さ 3000mm、幅 200mm、高さ 200mm の H 型 PC パイルである²⁾。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 のコンクリート円柱を置き、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コンクリート円柱の間に碎石を挟み橋軸方向を固定した。

センサ設置位置は図-2 に示すようにサーボ型加速度センサ(ASQ-D-1)3 基を供試体の上面に設置し、熱電対型温度センサ(NI USB-TC01 K タイプ)2 基を図-2、図-3 に示すように支点の外側の供試体表面と供試体内部に設置した。

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。また、温度測定方法は供試体の表面温度と内部温度を同時刻に測定する。

測定は外気温の変化に応じて随時行い、2016 年 9 月 12 日から 2017 年 1 月 12 日まで 57 サンプルを取得した。ただし、表面温度用の熱電対は 2016 年 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 の時刻歴加速度波形、時刻歴加速度波形の時間軸を拡大した図、パワースペクトルをそれぞれ図-4、図-5、図-6 に示す。この時の供試体表面温度は 11.3°C、内部温度は 9.5°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



図-1 供試体全景

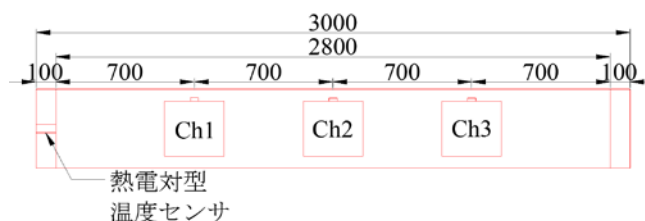
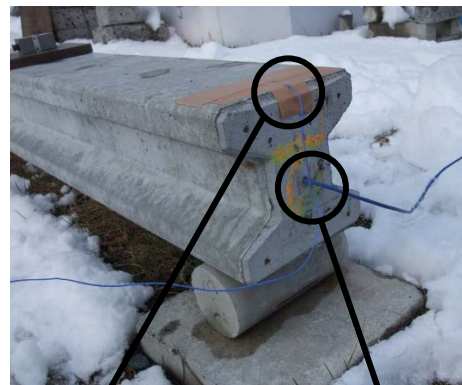


図-2 センサ配置 (平面図)



表面温度測定 内部温度測定

図-3 温度測定位置

測点の時刻歴加速度波形を高速フーリエ変換し、得られた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。さらにパワースペクトル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。時刻歴加速度波形から求めたモード形状を図-7 に示す。図-7 より 1 次モード形状は Ch2 の振幅が最大となる形状をしていることが確認できる。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した。

キーワード PC 供試体、内部温度、振動振幅、固有振動特性

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町 165 番地 TEL:0157-26-9472 (宮森保紀)

供試体表面温度と内部温度の相関係数は 0.98 であり、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、次節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 内部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 -0.87 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³⁾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。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-1 のように供試体が小規模で支間長が短いため、減衰定数が高くなったものと考えられる⁴⁾。相関係数は 0.77 となっているが、10℃前後でプロットが不連続になっており内部温度と減衰定数の相関性は小さいと考えられる。

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^{5),6)}。そこで、図-5 より減衰自由振動開始時の最大振幅の絶対値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 1 次固有振動数、図-11 に最大振幅と減衰定数、図-12 に内部温度と最大振幅の関係をそれぞれ示す。最大振幅と 1 次固有振動数の相関係数は 0.83 であり、ややばらつきはあるが最大振幅が大きくなると 1 次固有振動数が上がる傾向が確認できる。また、最大振幅と減衰定数の相関係数は -0.79 であり、最大振幅が大きくなると減衰定数が下がる傾向が確認できる。これらの結果から固有振動特性には振幅依存性が考えられるが文献^{5),6)}とは異なる傾向である。そこで、内部温度と最大振幅の関係を図-12 のように整理すると、内部温度と最大振幅には相関性がある。この理由として内部温度によって動弾性係数に変化し固有振動数に影響を及ぼしていることが原因だと考えられる。したがって、図-10、図-11 で 1 次固有振動数と減衰定数が変化するのは振幅依存性ではなく、温度依存性によるものだと考えられる。

以上より、1 次固有振動数と最大振幅には部材の内部温度と強い相関がある一方、減衰定数は内部温度変化に対してばらついた。

4. まとめ

本研究では、部材温度の変動が構造部材の固有振動特性に与える影響について、単純 PC 梁の振動測定実験によって検討した。部材温度と 1 次固有振動数、振動振幅の間には明確な相関性が確認できたが、減衰定数は部材温度が 10℃を境にばらついた。

謝辞： 供試体を提供して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) 奥松俊博, 岡林隆敏, 田代大樹, 要谷貴則, Jawaid Bashir ahmad, 橋梁遠隔モニタリングシステムによる鋼ランガートラス橋の固有振動数の推移観測, 構造工学論文集, Vol.53A, pp.844-852, 2007.
- 2) 會澤高圧コンクリート: PRODUCT CATALOGUE, vol.3, 2015 年 9 月号, p.26, 2015.
- 3) 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.
- 4) 橋梁振動の計測と解析編纂グループ: 橋梁振動の計測と解析, 技報堂出版, p.117, 1993.
- 5) 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.
- 6) 菅野裕晃, 荒川利治: 振幅依存性を考慮した RC 造

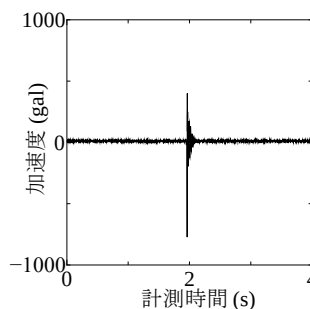


図-4 時刻歴加速度波形

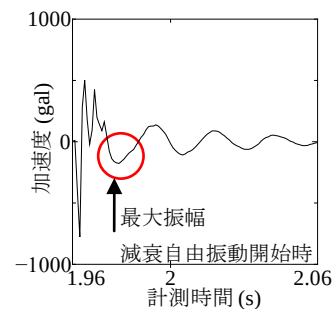


図-5 時間軸の拡大

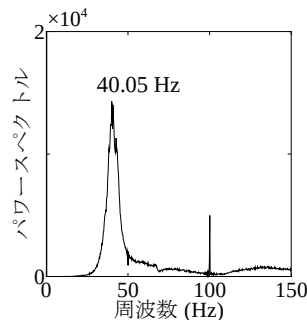


図-6 パワースペクトル

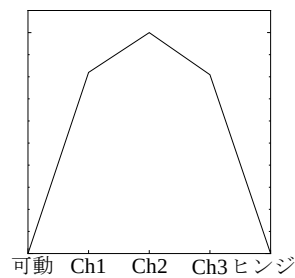


図-7 1 次モード形状

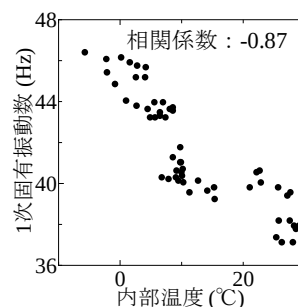


図-8 内部温度と 1 次固有振動数

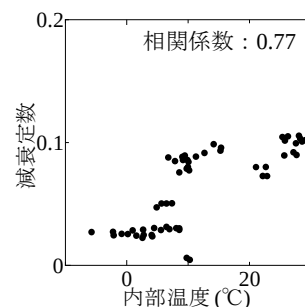


図-9 内部温度と減衰定数

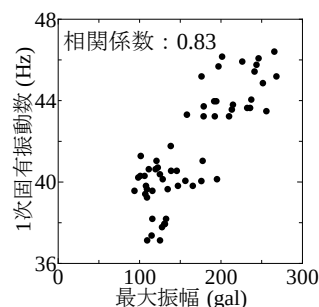


図-10 最大振幅と 1 次固有振動数

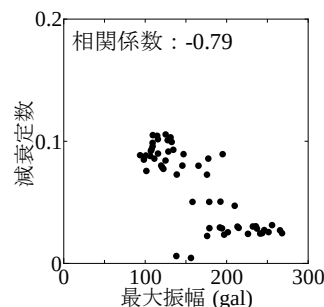


図-11 最大振幅と減衰定数

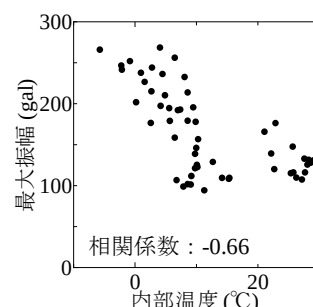


図-12 内部温度と最大振幅

高層煙突の振動特性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.3, pp.7-12, 2000.