

縦断勾配 6%を有する PC 単純中空床版桁橋の振動実験

Field vibration test on a PC hollow slab bridge with longitudinal slope of 6 %

苫小牧工業高等専門学校創造工学科

苫小牧工業高等専門学校環境システム工学専攻

苫小牧工業高等専門学校環境システム工学専攻

北見工業大学工学部社会環境系

北海学園大学工学部社会環境工学科

正 員 松尾優子 (Yuko Matsuo)

〇学生員 三上颯太 (Souta Mikami)

森下傑彦 (Takahiko Morishita)

正 員 宮森保紀 (Yasunori Miyamori)

正 員 小幡卓司 (Takashi Obata)

1. 研究背景

既設橋梁の老朽化は深刻な問題であり、2029 年には建設後 50 年を越える橋梁が全体の 52%を占めると言われている。そのため、5 年に 1 度の橋梁点検が義務づけられているが、近接目視や打音検査では、ある程度まで劣化が進み、表面や音に表われなければ橋梁の状態を判断し難いことが指摘されている。特に市町村などの地方自治体が管理する橋梁は PC 橋が多く、外観からは PC 鋼材の状態やプレストレスや耐荷性の判断が困難である。構造物内部の劣化・損傷を把握するため橋梁にセンサを取付け、継続的に監視する橋梁モニタリングがあるが、維持管理業務への実用化にあたり計測データから劣化損傷等を判断するにはデータの蓄積等が必要であるといわれている。そこで、本研究では苫小牧市内の実在の橋梁（PC 橋）を対象に、定期的に振動実験を行い一年を通じた振動特性の推移を把握する。次に、計測結果と予測値を比較し橋梁点検結果の健全度と関連付け、橋梁上部をモデル化した解析モデルを用いて、橋梁条件の相違や様々な損傷状態を想定した解析を行い、PC 橋の劣化損傷と振動特性を明らかにすることを目的とする。本稿では、始めの段階として、苫小牧市内の 1 橋の 10 月～12 月の 3 か月間の振動実験の結果と縦断勾配を変化させて解析した結果について報告する。

2. 橋梁概要

本研究の対象とした橋梁は苫小牧市が管理する市道に架かる車道橋の「天龍橋」（写真－1）である。構造形式は PC プレテンション単純中空床版桁橋で、幅員 7.0m、支間長 16.86m、縦断勾配 6%を有し、竣工は昭和 63 年である。2015 年の橋梁点検では健全性Ⅱ（予防保全段階）であり、現在は避難路として使用されているため普段は車両の通行がほとんどない。図－1 に対象橋梁の断面図を示す。

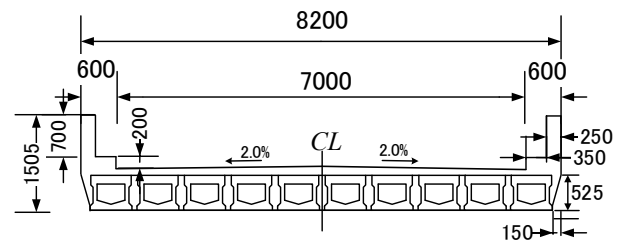
3. 振動実験

3.1 実験方法

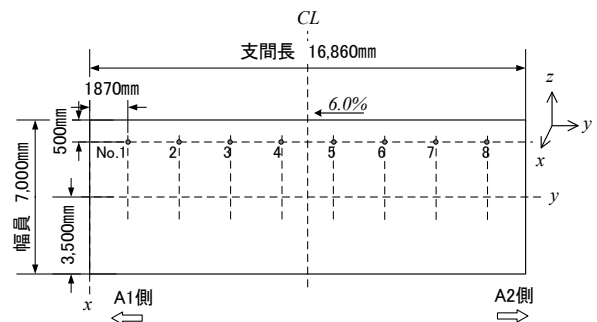
振動実験は、2020 年の 10 月～12 月に毎月 1 回行い、気温、路面、橋台の表面温度も計測した。加速度計（共和電業製 AS-5GB）は、図－2 の路肩付近にある番号 1～8 の位置の 8 か所に設置し、鉛直方向（z 方向）の加速度をサンプリング周波数 100Hz で計測した。加振方法は、支間中央で人間 7 名が跳躍し減衰自由振動を測定した。



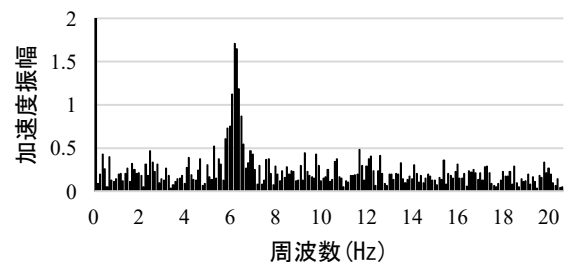
写真－1 対象橋梁（桁下の状況）



図－1 橋梁断面図



図－2 加速度計の設置箇所



図－3 FFT 解析結果（鉛直方向、自由）

また、強制振動ではメトロノームの音（1Hz）に合わせて支間中央で継続して跳躍した。

3.2 実験結果

実験結果の一例として、10月9日の減衰自由振動の加速度波形から得られたフーリエスペクトル図を図-3に示す。スペクトル解析は2048個のデータ（20.48秒間）を使用した。図よりピーク値が1箇所のみ確認でき、減衰自由振動に関しては1次モードのみが得られた。表-1に3回の実験の測定温度と固有振動数の平均値を示す。なお、各温度は振動実験の前後で測定しているが、前後ではあまり変化がなかったため平均したものを記載している。表より、10月と12月では気温差は約12℃、橋台表面温度では約10℃の差異があった。自由振動の固有振動数を比較すると気温が低い12月の値の方が10月より4%程度大きい値となっている。一方、強制振動の方は4.2Hz付近に1次モード、6.2Hz付近に2次モードが得られ、1次、2次モードにおいても10月～12月の間では1%しか変化せず、自由振動の方が顕著に温度による影響が表れた。図-4および図-5に気温と固有振動数の関係を示す。いずれの図においても、固有振動数は直線的に変化しており、宮森ら¹⁾の結果と同様に温度が上昇することにより、固有振動数が減少する傾向を示した。

4. 有限要素法による解析

橋梁の動的特性から健全度を推定する手法の一つとして、動的応答の計測と予測値の比較により、異常のある橋梁を判断する「直接評価法」がある。この予測値の推定には梁の曲げ振動方程式、経験式からなる島田式²⁾により簡易的に求められるが、いずれの式も縦断勾配は考慮されていない。この縦断勾配による影響を検討するため、本研究では解析ソフト FreeCAD を用いて有限要素法による解析を行った。モデルは要素数 37,282、節点数 141,536 節点、拘束条件は回転・移動の単純梁とした。

表-2 に縦断勾配を変化させ解析した結果を示す。縦断勾配が増加するにつれ、固有振動数は僅かながら減少傾向にある。縦断勾配 0%のときを 1.0 とし、各勾配の固有振動数の比を取ると、6%のときの比率は 0.988 であり、1%程度低下した。

5. まとめ

本研究では、苫小牧市内の車道橋（PC 橋）の振動計測を行い、気温変化が振動特性に与える影響について検討を行った。また、縦断勾配の変化について解析した。得られた知見を以下にまとめる。

- ・ 気温や表面温度が低くなるに従い固有振動数の値は増加し、その増加率は自由振動の方がやや高くなった。
- ・ 縦断勾配は大きくなるに従い、固有振動数は小さくなり、縦断勾配 0%→6%では1%の減少となった。

今後は、定期的な計測を継続し、通年における振動特性を把握するとともに、苫小牧市内の計測する橋梁数を増やし、振動特性と健全性の関係性について検討していきたい。

表-1 橋梁各部の温度と固有振動数

計 測 日			10 月 9 日	11 月 13 日	12 月 4 日
気 温			16.4℃	12.4℃	4.15℃
路面温度			26.2℃	10.4℃	5.3℃
橋台表面温度			13.8℃	9.3℃	4.3℃
固有 振動数	自由	1 次	5.994Hz	6.132Hz	6.238Hz
	強制	1 次	4.181Hz	4.209Hz	4.185Hz
		2 次	6.201Hz	6.214Hz	6.281Hz

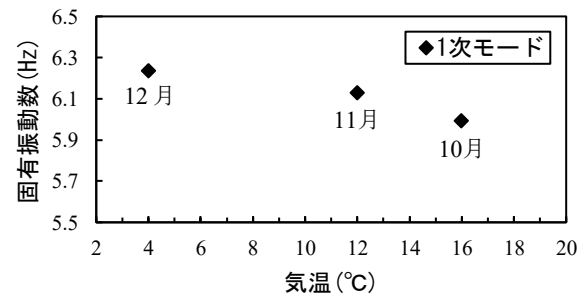


図-4 気温と固有振動数の関係（自由）

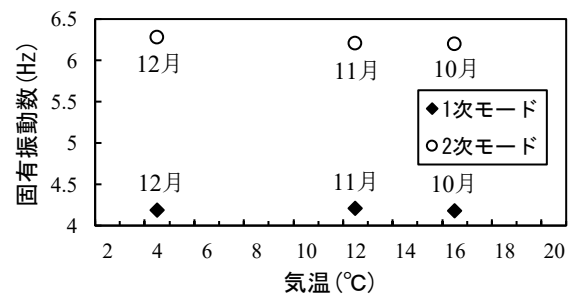


図-5 気温と固有振動数の関係（強制）

表-2 縦断勾配と固有振動数

縦断勾配	固有振動数	比率
0%	4.23 Hz	1.0
2%	4.22 Hz	0.998
4%	4.20 Hz	0.993
6%	4.18 Hz	0.988

謝 辞

本研究の振動実験に際しては、苫小牧市、研究室の学生諸氏に協力を頂きました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 宮森保紀、小川大智、齊藤剛彦、山崎智之：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、土木学会北海道支部、論文報告集、第73号、A-19
- 2) 加藤雅史、島田静雄：橋梁実測振動特性の統計解析、土木学会論文報告集、第311号、pp.49-58,1981.7.