



TITLE:

# Vibration-Based Performance Assessment of Prestressed Concrete Bridges( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Oscar, Sergio Luna Vera

---

CITATION:

Oscar, Sergio Luna Vera. Vibration-Based Performance Assessment of Prestressed Concrete Bridges. 京都大学, 2018, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2018-09-25

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k21355>

RIGHT:

許諾条件により本文は2019-07-04に公開

京都大学	博士 (工学)	氏名	Oscar Sergio Luna Vera
論文題目	<p style="text-align: center;">Vibration-Based Performance Assessment of Prestressed Concrete Bridges (振動計測に基づくプレストレストコンクリート橋の性能評価)</p>		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、振動特性の変化に着目し、プレストレストコンクリート橋梁（以下 PC 橋）の老朽化による性能低下の定量的評価について検討した成果をまとめている。具体的に、PC 橋の荷重-変位関係から得られるエネルギー散逸と非回復クリープひずみからなる PC 橋の性能指標 Z を提案し、その性能指標 Z と振動特性の相関性に着目し、PC 桁の室内破壊実験と実 PC 橋梁の破壊実験を通して包括的検討を行った結果を取りまとめたものであり、7 章からなっている。</p> <p>第 1 章は序論であり、研究背景と目的について述べ、振動モニタリングと信頼性評価の概要および PC 橋の維持管理における課題についてまとめている。また開発途上国の橋梁維持管理におけるモニタリングの必要性について述べている。</p> <p>第 2 章では、振動計測における構造同定手法である実験モード解析 (Experimental Modal Analysis: EMA) および実稼働モード解析 (Operational Modal Analysis: OMA) について理論的な展開をまとめている。関連して、損傷が各振動モードに及ぼす影響の違いを説明できる特徴量としてモード寄与因子 (Modal Participation Factor) に着目し、その理論的な背景について述べている。また PC 橋の性能評価指標として提案している PC 橋の性能指標 Z に関する理論的な背景と定式化について述べている。</p> <p>第 3 章では、PC 桁の曲げ性能評価に関する実験的研究についてまとめている。PC 桁 2 体を対象に、静的載荷実験、緊張材破断実験、振動実験を実施し、PC 桁の曲げ性能と振動特性との関連性についての検討結果をまとめている。特に、PC 桁の曲げひび割れの進展に従い曲げ振動モードの振動数の低減が観測された。一方で、非回復クリープひずみの同定振動数への影響も観察され、第 2 章で提案した PC 橋の性能指標 Z の有効性を明らかにした。また、加速度計測による緊張材の破断モニタリングの可能性を示している。</p> <p>第 4 章では、PC 箱桁の曲げ性能評価に関する静的載荷実験、緊張材の破断実験、振動実験についてまとめている。注目すべき結果は、曲げ 2 次モードが PC 箱桁の曲げ性能変化に敏感であることが明らかになった。これは第 3 章の PC 桁の実験にも現れた傾向であったが、PC 箱桁の実験でより明確になった。加速度計測による緊張材の破断モニタリングの可能性も再確認している。</p> <p>第 5 章では、実際の PC 橋梁を対象に現地破壊実験を行い、提案手法の実用性について検討を行っている。特に走行車両による常時振動を用いた PC 橋のモニタリング可能性についても報告している。第 3 章および第 4 章で検討された室内実験と同様に、PC 橋の曲げ性能の変化と曲げ 2 次モードには強い相関があることを報告している。</p> <p>第 6 章では、3 つの異なる実験から観測された曲げ性能と振動特性の変化に関する相関解析を行い、PC 橋の振動ヘルスマニタリングに関する汎用的な知見をまとめている。すなわち、正規化振動数の 4%~5% 低減は PC 橋曲げ性能の 50% の低減に相当することを報告している。</p> <p>第 7 章は結論であり、本論文で得られた成果について要約するとともに、残された課題について論じている。</p>			

## (論文審査の結果の要旨)

本研究では、プレストレストコンクリート橋梁（以下 PC 橋）の老朽化による性能低下を定量的に把握するために、相対的に計測しやすい応答加速度から、PC 橋の曲げ性能低下を検知しようとする挑戦的な研究である。具体的には、PC 橋のエネルギー散逸と非回復クリープひずみからなる性能指標  $Z$  と振動特性の相関性について、PC 桁の室内破壊実験と実 PC 橋梁での破壊実験を通じた包括的に検討を行った結果を取りまとめたものである。一連の研究より得られた成果は次のとおりである。

- 1) 構造物内のエネルギー散逸と非回復クリープひずみからなる PC 橋の性能指標  $Z$  を提案し、性能指標  $Z$  が PC 橋のひび割れの総長さとの相関が強いことを示している。また、PC 橋の破壊実験の各載荷段階の加速度の時系列データから同定される振動数と性能指標  $Z$  の相関を検討した結果、健全状態の振動数を規準とする正規化振動数と性能指標  $Z$  の間には、強い相関があることを示している。特に、PC 橋の曲げ性能の 50%程度の低下は、正規化振動数の 4%~5%の低減に相当することが明らかになり、振動計測による PC 橋の性能評価の可能性を見出している。
- 2) 曲げ 2 次モードの振動数が PC 橋の性能変化に敏感であることが観測され、そのメカニズムについて検討した結果、動的システムの有効質量が大きい曲げ 1 次モードに比べ有効質量が小さい曲げ 2 次モードに構造物の剛性変化が相対的に大きく現れることから損傷による剛性変化が振動数の変化に現れやすくなったことを明らかにしている。これは PC 橋だけではなく、他の橋梁にも適用できる工学的に価値のある知見である。
- 3) PC 橋の崩落事故に直接つながる PC 橋の緊張材の損傷を想定した緊張材切断実験から、高感度の加速度センサであれば、緊張材切断をモニタリングできることが明らかになった。今までの非破壊検査による PC 橋の緊張材切断検知に加え、1 個のセンサによるリアルタイム緊張材切断モニタリングの可能性を見出した。

以上、本論文は、今まで難しいとされた PC 橋の振動モニタリングの可能性について検討し、PC 橋の橋梁維持管理に一助となる知見を示している。また今後の PC 橋の維持管理の合理化に拡張できる実用性も高い。さらに、申請者の母国であるボリビアのようなコンクリート橋が多い開発途上国のインフラを考えると、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 30 年 8 月 22 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。