

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	常時微動を活用した河川内旧式橋脚基礎の状態監視手法に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	櫛健典
Author(English)	Takenori Keyaki
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:乙第4184号, 授与年月日:2021年4月30日, 学位の種別:論文博士, 審査員:高橋 章浩,北詰 昌樹,廣瀬 壮一,竹村 次朗,佐々木 栄一
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:乙第4184号, Conferred date:2021/4/30, Degree Type:Thesis doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(論文博士)
(Dissertation Doctorate)

論 文 要 旨

(和文2000字程度)

Dissertation Summary (approx. 2000 characters in Japanese)

報告番号 For administrative use only	乙 第 号	氏 名 Name	檜 健 典
---	-------	-------------	-------

(要 旨)

(Summary)

河川橋りょうにおける橋脚の洗掘災害は、河川増水により橋脚基礎周辺の地盤材料が流出し、最終的に橋脚の傾斜または沈下に至るものであり、近年においても国内外で数多く発生している。主に直接基礎やケーソン基礎で根入れの浅い旧式橋脚で問題となることが多く、鉄道橋りょうではひとたび発生すると重大な事故や長期間の輸送障害につながりやすい。そのため、洗掘災害が発生するおそれのある橋脚については、局所洗掘や河床低下の状態を継続的に把握しておくことが望ましいが、流水中の橋脚基礎周囲の状態を目視により確認することは難しい。そのため一般的には衝撃振動試験による根入れの評価が行われているが、高所で重錘を扱う必要があることや作業のための人手を要することなどから頻繁に実施することは難しく、実務上の課題となっていた。そこで、本研究は以下の条件を満足する手法の開発を目的として実施した。

- ① 衝撃振動試験を代替できるような、洗掘に対する橋脚の維持管理に有用なデータを得ることができ、データを得るための作業が安全・容易に行えること
- ② センサ等を用いた連続的な監視により、橋脚の根入れの状態の変化の有無を継続的に把握でき、2年間隔等で実施している目視検査を補える情報が得られること

既往研究では、橋脚天端部において常時微動を計測し、そのフーリエスペクトルの形状をもとに、過去に把握した固有振動数を初期値としてこれを含む一定の振動数帯において卓越する振動数を、現時点での固有振動数と判断する手法（以下、従来手法）が提案されていた。しかし、橋脚天端部の常時微動のスペクトル形状には基礎への入力となる地盤振動のスペクトル形状の影響が多く現れており、このことが従来手法による橋脚の固有振動数の同定を難しくしている原因の一つであることが分かった。一方で、入力振動と応答である橋脚天端上の振動とのフーリエ振幅比に着目することで、入力振動のスペクトル形状の影響を受けることなく固有振動数を明瞭に判断できる。しかし、入力となる常時微動は常に振幅やスペクトル形状が変動するため橋脚天端部との同期計測が必要であり、入力振動として河川内での流水下の地盤振動を計測することは現実的に困難である。

これらを踏まえ、本研究では橋脚天端上の計測のみにより橋脚の固有振動数の同定を可能とするため、橋脚天端で計測した常時微動のみを基に橋脚基礎への入力振動を推定する手法を提案した。この手法を活用することで、橋脚天端で計測した振動と推定した入力振動のフーリエ振幅比から、橋脚の固有振動数・減衰定数を精度よく得ることが可能となった。さらに、橋脚の固有振動数を含むと想定される振動数帯を様々に仮定して、入力振動の推定から固有振動数の同定までの一連の計算を反復し

て行い、そのうえで正しい固有振動数を抽出する方法を提案し、過去の固有振動数をあらかじめ参照値として把握しておくことを不要とした。提案手法を鉄道橋りょうでの計測事例から検証した結果、概ね衝撃振動試験による固有振動数と整合した結果が得られ、橋脚基礎の根入れの状態を衝撃振動試験と同一の基準で評価できることを確認した。

提案手法では橋脚の固有振動数に加えて減衰定数も同時に得ることができるが、橋脚基礎の根入れの状態を評価する際に、減衰定数はこれまで顧みられることが少なかった。そこで、洗掘に伴う橋脚基礎の不安定化の過程における振動性状の変化を、減衰定数の変化にも着目して模型実験により検討した。その結果、洗掘が基礎底面まで達した後には固有振動数の方が減衰定数よりも大きな変化が生じるなど、新たに減衰定数にも着目することでより詳細に橋脚基礎の状態を推定できる可能性があることが分かった。さらに、台風通過前後に鉄道橋りょうの橋脚天端で計測した微動データを用いた検討から、水位によらず提案手法は適用が可能であり、従って洗掘に対する橋脚基礎の根入れの継続的な監視に活用可能であることを示した。

最後に、微動を用いた従来手法との比較から、提案手法ではより減衰定数の大きな橋脚へと適用範囲が拡大していることを確認した。提案手法の適用にあたって必要となる現地作業は橋脚の天端部への振動センサの設置のみであり、重錘による打撃等が不要なため河川内においても作業安全性が高い。従って、多くの橋脚において提案手法を衝撃振動試験の代替として、より安全な手法として活用することが可能である。また、提案手法からは固有振動数を精度よく得られることに加えて減衰定数も得られるため、提案手法を活用した簡易な常時監視システムを構築することで、微動を用いた従来手法よりもさらに適切に、橋脚基礎の根入れの継続的な監視を行うことが可能となる。

以上のように、本研究において提案した手法の旧式河川橋りょう橋脚の維持管理における有用性は高いと考える。

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note: Dissertation summaries must be written in either of the following formats: (A) both in Japanese (approx. 2000 characters) and in English (approx. 300 words), or (B) in English (approx. 800 words).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Important: Dissertation summaries will be published online on the Tokyo Tech Research Repository (T2R2). Do not include information treated as confidential under certain circumstances.

(論文博士)
(Dissertation Doctorate)

論文要旨 (英文)

(300語程度)

Dissertation Summary (approx. 300 words in English)

報告番号 For administrative use only	乙 第 号	氏 名 Name	檺 健 典
(要 旨) (Summary) Scouring of pier foundation frequently occurs due to flooding, resulting in long-term transportation suspension. For bridge piers that may cause scouring, it is desirable to constantly check the condition of the foundation of the piers against scouring and river bed degradation, but it is difficult to visually check the ground condition in the river. The purpose of this study is to solve these issues. This paper comprises 7 chapters. First, In Chapter 1, I described background and purpose of this study, and the outline of the past study related to this study. Chapter 2 showed the current maintenance methods and disaster prevention measures for scouring of the pier foundation, and clarified the objective of this study. Chapter 3 showed that the natural frequency of the pier can be better identified from the Fourier amplitude ratio of the input tremor for the foundation to the measured tremor of the upper end, compared to the conventional method based on the shape of the Fourier spectrum of microtremor of the upper end of the pier. Chapter 4 showed the identification method of natural frequency and damping constant by estimating input vibration for the foundation from the vibration measured only at the upper end of the pier. This method can replace the shock vibration test. Chapter 5 showed the advantages of focusing on damping constant obtained by the proposed method, in addition to the natural frequency, for the condition monitoring of the foundation of the pier, and also showed that the condition monitoring by the proposed method is applicable during both normal water level and high water level. Chapter 6 showed the advantages of the proposed method and the image of practical application. Finally, Chapter 7 showed conclusion of this study. The methods proposed in this study are advantageous in terms of cost and safety and is suitable for constant monitoring.			

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note: Dissertation summaries must be written in either of the following formats: (A) both in Japanese (approx. 2000 characters) and in English (approx. 300 words), or (B) in English (approx. 800 words).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Important: Dissertation summaries will be published online on the Tokyo Tech Research Repository (T2R2). Do not include information treated as confidential under certain circumstances.