

産官学の連携による道路橋を対象とした維持管理システムの合理化に向けた活動

(株)CORE 技術研究所 正会員 ○小椋 紀彦
 (株)IHI 検査計測 非会員 福本 伸太郎
 パシフィックコンサルタンツ(株) 正会員 芳賀 堯
 中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 稲留 靖浩
 京都府 非会員 寺岡 毅
 京都大学 正会員 横山 勇氣, 正会員 塩谷 智基

1. はじめに

我が国の道路橋の約9割は、維持管理の予算が十分でなく、専門職員が少ない地方自治体により管理されており、合理的な維持管理システムの構築は緊急の課題である。維持管理の効率化を図るため、近年、構造物の劣化の定量評価や早期検出を可能とする技術の開発が進められている¹⁾。しかし、実橋梁を対象とした検討を行う機会が少なく、最新技術の社会実装に不可欠である調査実績の蓄積や、実構造物のデータを踏まえた技術改善が進みにくい状況にある。そこで、京都大学インフラ先端技術産学共同講座では、各種モニタリング技術の確立に向け、産官学が連携し、実橋梁を用いた検討を行うなど精力的に活動をしている。本稿ではその活動の一部を報告する。

表-1 調査へ参加した組織

大学	京都大学
地方自治体	京都府
研究機関	産業技術総合研究所
企業	株式会社 CORE 技術研究所, 株式会社 IHI 検査計測, パシフィックコンサルタンツ株式会社, 中央復建コンサルタンツ株式会社, オートデスク株式会社, 株式会社ジャパン・インフラ・ウェイマーク



図-1 橋梁の外観

2. 調査の概要

本活動で実施した調査には合計9組織が参加した(表-1)。検討対象の橋梁は、京都府内の疲労き裂が生じた3径間の単純桁トラス橋である(図-1, 表-2)。調査の主な目的は、現状の耐荷力、交通可能な車両重量の把握であるが、新技術の計測手法の試行も併せて行った。調査内容を表-3に示す。20tトラックを用いて、静的・動的載荷試験を実施し、橋梁の挙動や常時モニタリングの結果から、橋梁の状態を分析し、疲労き裂が発生したメカニズム等を考察した。橋梁の振動やたわみの計測には数種類のセンサや計測機器を用いるとともに、設計時と測定値とを比較するためFEM解析による検証も行った。死荷重はトラックが載荷されていない状態で穿孔法により算出した。常時モニタリングには、FBGセンサによる遠隔無線計測システムを疲労き裂の発生箇所付近に設置し、ひずみ、温度、疲労き裂の進展を約2か月間計測した。

表-2 橋梁の概要

建設年(供用年)	1956年(65年)
上部工形式	3径間鋼溶接リベット単純トラス橋
下部工形式	重力式橋台(杭基礎, 直接基礎) ラーメン橋脚(直接基礎)
橋長(m)	87.6
全幅員(m)	5.18
支承構造	固定: ピン支承, 可動: ピンローラー支承
床版厚(mm)	150

表-3 試験内容

計測・解析の対象	計測・算出の手法
固有振動	加速度センサ
設計時の振動	FEM解析
たわみ	加速度センサ, Uドップラー, ドローン空撮, 一眼カメラ
活荷重	載荷試験
死荷重	穿孔法
ひずみ, 温度, 疲労き裂の進展	FBGセンサ
3次元点群データ	ドローン空撮

新技術による計測手法の試行は、ドローン空撮や一眼カメラを用いたたわみの計測を行った。加えて、ドローン空撮で得られたデータを基に橋梁の3次元点群データも作成した。

キーワード 産官学連携, 維持管理, トラス橋, FEM解析, モニタリング, 3次元点群データ

連絡先 〒111-0053 東京都台東区浅草橋3-8-5 VORT 浅草橋8F TEL: 03-5825-9166

3. 調査結果と考察

ここでは調査結果の一部を示す。

ABAQUS 有限要素解析 (FEM) ソフトを使用し、橋梁のモデルを作成し、たわみ、固有周波数、モード周波数の設計値を算出した。FEM モデルは設計計算書に基づいて作成した。橋梁の各径間は同様の構造形式であるため、A1-P1 径間のみを解析した。解析の結果、固有周波数は 4.8Hz (一次モード) となり、たわみは 5.4mm となった (上弦材、径間中央)。解析の結果を図-2 に示す。

また、FEM 解析結果の妥当性を確認するため、実際に橋の固有周波数とたわみの計測を行った。計測は、加速度センサによる固有周波数計測と U ドップラー (レーザドップラ振動計測システム) の 2 つ計測方法を使用して行った。計測の結果、固有周波数 4.4Hz (一次モード) となり、たわみは 4.5mm となった (上弦材、径間中央)。計測結果 (U ドップラー) を図-3 に示す。解析と計測の結果は整合性が高く、固有周波数の計測値が設計値より低下した理由は構造物の劣化の進展に起因するものと思われる。

図-4 には、FEM 解析と部材に設置したスタッフの载荷試験時の様子を一眼カメラにより撮影することで得られたたわみの最大値を示す。一眼カメラを用いた手法は簡易でありながらも、おおむねたわみを計測できるものと思われる。

図-5 に検討対象の橋梁の 3 次元点群データを示す。本調査の点群化は、ドローンの動画データより自動変換で実施した。各部材や橋脚の写真データも紐づけされており、点検車を用いなければ把握できない箇所も、目視に近い形で確認することができた。

4. まとめと今後の予定

京都大学インフラ先端技術産学共同講座で行っている、産官学連携による道路橋の維持管理システムの合理化に向けた活動の一部を紹介した。

検討対象の橋梁は、現在補修・補強工事が行われている。工事が終わり次第、再度同様の試験を実施し、補修・補強効果を定量的に検証する予定である。新たなセンシング技術の開発にも取り組んでおり、それらの技術を用いた調査の実施も考えている。

謝辞

本調査を実施するにあたり、京都府および京都大学インフラ先端技術産学共同講座の関係者各位にご協力いただいた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 日本鋼構造協会 鋼構造物のモニタリング研究小委員会：構造物のモニタリング技術，コロナ社，pp.133-191, 218-238, 2020.

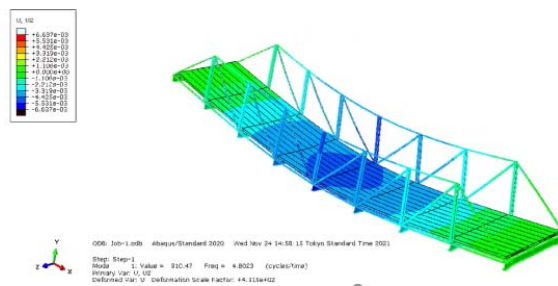


図-2 FEM 解析の結果

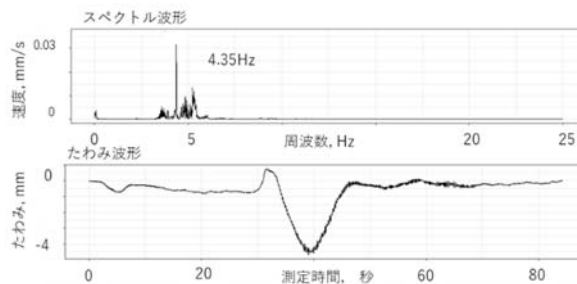


図-3 U ドップラーによる計測の結果

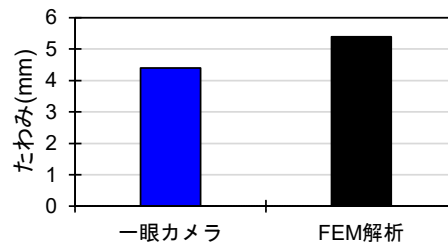


図-4 FEM と一眼カメラを用いた手法により得られたたわみの最大値



図-5 検討対象の橋梁の 3 次元点群データ