

T20 積載車両走行時における白鳥大橋の挙動性状に関する実験的検討

室蘭工業大学大学院 学生員 ○淡路 雄一郎
 室蘭工業大学 正会員 瓦井 智貴
 北海道開発局室蘭開発建設部 非会員 井内 彰宏

室蘭工業大学 正会員 小室 雅人
 室蘭工業大学 名誉会員 岸 徳光
 北海道開発局室蘭開発建設部 非会員 齊藤 嘉之

1. はじめに

現在、我が国では橋梁に対し5年に1度の目視点検が義務付けられている。しかしながら、長大橋梁の場合には危険が伴うことより、安全かつ効率的にデータを取得する技術の確立が課題となっている。

本研究では、設置が容易な光学ストランドとIoT技術を用いた計測システムを白鳥大橋に設置し、動的挙動性状の的確な把握を目的に、T20 積載車両を用いた現地車両走行実験を試みた。また、実験結果を基に、実験当日における車両交通量および積載重量の把握・検討を試みた。

2. 計測システム概要および対象橋梁

図1には、ひずみ計測部である光学ストランドを示している。ストランドは、全長が1,000 mm、計測範囲が最大3 mm ($3,000 \mu$) となっており、分解能は1 μ である。ストランドはモニタリングステーション部と接続されており、インターネット通信によりリアルタイムで双方向アクセスが可能となっている。サンプリング周波数は、動的計測時には100 Hz、静的計測時には1 - 86,400 s (1日) までの様々な時間間隔で計測可能である。また、取得したデータは、専用のクラウド上に保存される。なお、ひずみゲージを用いた計測と比較すると、本システムは設置が簡易であり、かつ温度依存性が小さいことより、厳しい環境下での計測や長期的な計測により適している。

図2には、本研究の対象橋梁である白鳥大橋および計測位置を示している。白鳥大橋は東日本最大の吊橋であり、橋長1,380 m、中央径間720 mの3径間2ヒンジ補剛箱桁

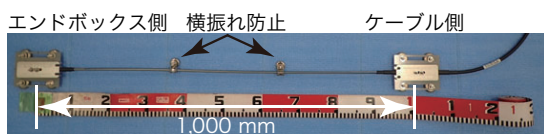


図1 光学ストランド

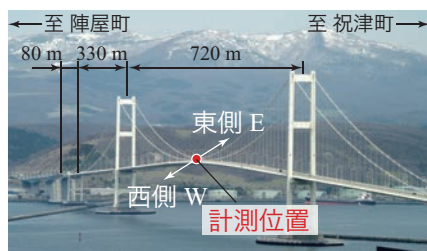


図2 白鳥大橋の全景と計測位置

吊橋となっている。また、図に示すようにセンサーは白鳥大橋の中央径間支間中央部に設置することとした。図3は東側桁中央断面におけるひずみセンサーの設置位置と、その状況を示している。本研究では、幅員方向端桁における軸方向ひずみを計測するためのセンサーを上下縁に2chずつの計4ch、せん断ひずみを計測するためのセンサーをクロスさせて2chずつの計4ch設置している。

3. T20 積載車両の走行実験概要

車両走行実験は、令和4年9月30日に実施した。当日の気温は21℃、風速は0 m/sであった。本実験で使用した車両は前輪が1軸、後輪が2軸の計3軸である。また、タイヤの設置圧荷重は、前輪が59 kN、後輪は前軸、後軸で等しく70.5 kNの合計200 kNである。

実験は積載車両を走行速度60 km/hで白鳥大橋の東側(陣屋側から祝津側)と西側(祝津側から陣屋側)を3往復半走行させることで実施した。また、積載車両がセンサー上を通過した際の時刻やひずみの値を計測し、後続車や対向車の有無を確認した。

4. 車両走行実験結果

図4には、積載車両が東側桁を走行した場合における各応答波形と換算ひずみ波形を示している。なお、縦軸は下側を正(引張ひずみ)とし、横軸は車両がセンサー上を通過した時刻を零としている。

(a) 図に示す軸方向ひずみ波形を見ると、走行側桁である東側桁のひずみ振幅が西側桁よりも若干大きいことが分かる。一方で、東西桁において波形の概形に大きな差異は見られず、補剛桁の荷重分担性は非常に良いことが分かる。(b) 図に示す斜め方向ひずみ波形を見ると、軸方向ひずみと同様に東側桁のひずみ振幅が西側桁よりも大きいことが分かる。また、東西桁におけるひずみ波形の差異は、斜め方向ひずみの場合が軸方向ひずみよりも明確

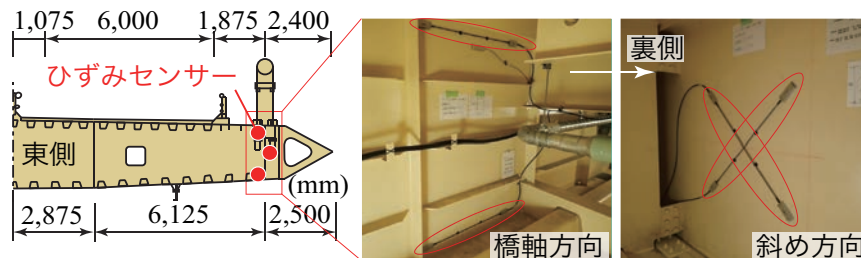


図3 東側桁中央部断面図およびセンサーの設置状況

キーワード IoT 技術, T20 積載車両, 車両走行実験, 車両交通量

連絡先 〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学大学院 もの創造系領域 社会基盤ユニット TEL 0143-46-5228

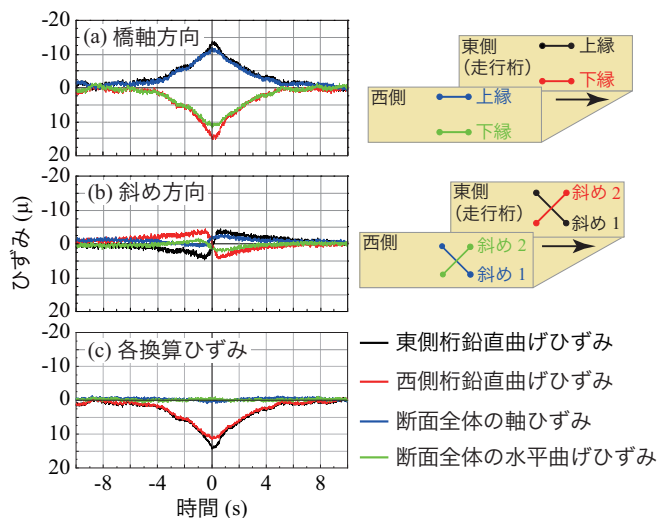


図4 東側桁走行時における応答ひずみおよび換算ひずみ波形

表1 車両走行時の上下縁ひずみ (μ) 一覧

No.	走行車線	東側		西側	
		上縁	下縁	上縁	下縁
1	東側	-15	14	-12	11
3		-14	15	-12	12
5		-16	15	-13	12
7		-16	17	-12	14
2	西側	-12	13	-14	15
4		-12	14	-14	15
6		-12	14	-15	15

に示されていることが分かる。これより、車両の走行車線を、斜め方向ひずみ波形に着目することによって、より明確に判断することができるものと推察される。

次に、車両走行時における各桁あるいは桁全体の曲げおよび軸力成分に着目する。中立軸が桁高の中央部に位置すると仮定すると、各曲げ成分や軸力成分は以下のように評価可能である。すなわち、東西桁に関する鉛直曲げひずみ成分は $(\text{下縁} - \text{上縁})/2$ 、補剛桁全体の軸ひずみ成分は、 $\{(\text{西側上縁} + \text{西側下縁}) + (\text{東側上縁} + \text{東側下縁})\}/4$ 、補剛桁全体の水平方向曲げひずみ成分は、西側の桁が引張になる場合を正と仮定すると、 $\{(\text{西側上縁} + \text{西側下縁}) - (\text{東側上縁} + \text{東側下縁})\}/4$ として求めることができる。

これより各ひずみ成分の評価を行うと、各桁の鉛直曲げひずみ成分は走行側桁で $13 \sim 14 \mu$ 程度、非走行側桁で 11μ 程度となり、走行側桁のひずみが大きいことが分かる。また、そのときの補剛桁全体での軸ひずみおよび水平曲げひずみは、殆ど励起していないことが確認できる。

表1には本研究で実施したケースにおける上下縁最大ひずみ (μ) を一覧にして示している。表より、T20 積載車両を走行させた場合における下縁の最大ひずみの平均値は走行側桁で 15μ 、非走行側桁で 12μ 程度であることが明らかとなった。

5. 車両交通量および積載重量の把握・検討

ここでは、車両走行実験結果を基準として、本計測シ

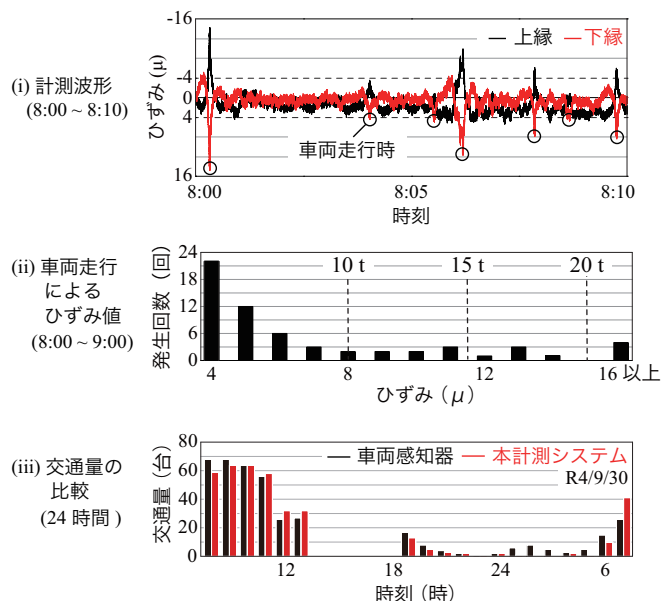


図5 R4/9/30の東側車線における車両重積載量・交通量

ステムのデータから交通量および積載重量の把握を試みた。なお、車両走行実験より T20 車両走行時における走行側桁軸方向ひずみは 15μ 励起するものと仮定した。

図5には、令和4年9月30日における計測波形およびそれを基に積載重量や交通量の検討を行った結果を示している。(i) 図は、計測日における午前8時から10分間の走行側軸方向ひずみを示している。図より、車両走行によってひずみが瞬間的に励起している箇所がいくつか確認できる。なお、 4μ 程度以下のひずみに関しては精度上の観点から除外することとし、発生回数と最大値を確認することとした。

(ii) 図は、午前8時から9時における各ひずみ値の発生回数を示している。ひずみ値より、 15 t 以上の車両は5台、 20 t 以上は4台走行しているものと推定された。(iii) 図は、(ii) 図と同様の手法を用いて、各ひずみ値から24時間分の交通量を整理して示している。なお、図には、白鳥大橋に設置されている超音波式の車両感知器によって得られた実測データも併せて示している。図より、車両感知器および本計測システムを用いて推定した交通量は、類似した評価を示していることが確認できる。

6. まとめ

本研究の検討結果、T20 車両走行によって白鳥大橋の走行側桁における軸方向上下縁ひずみは 15μ 程度であることが明らかになった。また、本計測システムを用いることによって、任意の時刻における車両交通量の把握が可能となり、かつその積載重量についてもひずみレベルで評価できる可能性が示された。

謝辞 本研究は、日揮(株)、安藤ハザマ、宮地エンジニアリング(株)との4機関の共同研究として実施した成果である。ここに記して感謝の意を表する。