

大型車両等の交通状況が床版ひびわれの進展に与える影響に関する基礎的研究 ～定期点検データとプローブデータを用いた検討～

浦田 渡¹・南 貴大²・福岡 知隆³・大澤 修司⁴・藤生 慎⁵

¹学生会員 金沢大学大学院 自然科学研究科環境デザイン学専攻 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail:superw7@stu.kanazawa-u.ac.jp

²学生会員 金沢大学大学院 自然科学研究科環境デザイン学専攻 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail:taketaka0503@stu.kanazawa-u.ac.jp

³正会員 金沢大学研究員 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail:tfukuoka@se.kanazawa-u.ac.jp

⁴正会員 金沢大学博士 理工研究域地球社会基盤学系 日本学術振興会特別研究員(PD)
(〒920-1192 石川県金沢市角間町)

⁵正会員 金沢大学准教授 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail:fujiu@se.kanazawa-u.ac.jp(Corresponding Author)

高度経済成長期に多く建設された道路橋の老朽化が急速に進んでおり、特にコンクリート床版については大型車両の輪荷重走行の繰り返し走行による劣化損傷が顕著に表れている。進行すると抜け落ちや路面の陥没につながるため、床版ひびわれの劣化を定量的に予測することが重要である。しかし、大型車両の交通量が床版ひびわれに与える影響を定量的に評価している研究は少なく、床版ひびわれの進展を推定する手法は開発されていない。本研究では、道路橋上を走行する大型車両の車両台数、走行速度などの情報から、床版ひびわれの進展度を定量的に推定するモデルを構築することを目的とする。地方自治体が管理する道路橋定期点検データに記録されているひびわれを細かくスケッチした損傷図と、車種別に分類されており位置情報が詳細に記録されているプローブデータを組み合わせることで、大型車両の交通量が床版ひびわれの進行に与える影響を定量的に明らかにした。

Key Words : concrete floor slab, floorboard cracks, progress, large vehicle, traffic volume, bridge periodic inspection data, damage diagram, probe data

1. はじめに

我が国では高度経済成長期にインフラ構造物が集中的に整備され、今後急速に老朽化することが懸念されている。構造物には老朽化に伴い劣化が生じるため、全てのインフラ構造物に維持管理を目的とした定期点検が義務付けられている。橋梁に関しては全国に約73万橋（平成25年道路局集計）存在し、国土交通省が所管しているインフラ構造物の中でも膨大な数を有している。建設後50年を経過した橋梁の割合は全橋梁の約18%を占め、10年後には約43%、20年後には約67%と加速度的に増加して

いくりことから、今後安全上問題が発生する可能性があるすべての橋梁に修繕・架け替えといった事後保全的処置を適切に行うことは困難であると考えられる。こういった状況から、国土交通省は橋梁長寿命化修繕計画を制定し、大規模な修繕・架け替えや、劣化に伴う事故に至る前に、橋梁に発生した損傷の早期発見・対策を実施する予防保全的な維持管理への転換及び橋梁の長寿命化並びに橋梁の修繕・架け替えにかかる費用の縮減を図っている。

予防保全的な維持管理を実現するため、現在我が国では5年に1回の頻度で橋梁が定期的実施されている。定

期点検の手法として、点検者が橋梁に近づき目視で損傷を発見・診断する近接目視点検が行われているが、この点検手法には、「点検委託費が高価で予算確保が困難」、「大型点検車使用による費用の増大」といった財政上の問題、「技術者の数が管理する橋梁の数に対して圧倒的に少ない」、「業務内容を熟知している人材が少ない」といった人員の問題、また、「点検診断結果にばらつきが生じている」、「点検者の主観による部分のばらつきがある」といった点検結果判定に関する問題など様々な課題²⁾が存在する。

予防保全的な維持管理及び橋梁の長寿命化を目的とした橋梁の定期点検に関する課題を解決するため、近接目視点検に代わる新たな点検手法として、ドローン³⁾や橋梁点検ロボット⁴⁾などの最新技術を駆使した様々な点検手法が検討されている。定期点検の代替手法を検討することで現在実施されている近接目視点検と同等の精度を担保しつつ効率的な点検が実施できる可能性が高まっているが、高齢化橋梁の割合は依然として増加していくことからより効率的な定期点検の在り方を検討する必要がある。本研究では点検手法の検討ではなく、点検が必要な橋梁かどうかという視点に着目し、点検対象橋梁のスクリーニングを行うことで点検の効率化を行う。本研究では過去の橋梁点検のデータと自動車1台1台から取得される運行実績のデータであるプローブデータを用いて橋梁に生じる損傷の進展度を明らかにすることで、点検が急務である橋梁とある程度点検間隔を伸ばしても影響が少ない橋梁を選定し、点検対象橋梁のスクリーニングを行う。

2. 本研究の位置づけ

本研究では損傷の対象をコンクリート床版に発生する床版ひびわれとする。損傷の対象を床版ひびわれとした理由は、コンクリート床版は大型車両の輪荷重走行の繰り返し走行による劣化損傷が顕著に表れており、進行すると抜け落ちや路面の陥没につながることから、床版ひびわれの劣化を定量的に予測することは予防保全的な維持管理を遂行する上で重要であるためである。

コンクリート床版に生じる床版ひびわれの劣化予測に関する既往研究をまとめ、本研究の位置づけを行う。

樋口ら⁵⁾は、蓄積された過去の点検データに基づき、道路橋RC床版を対象とした疲労劣化予測の検討を行うとともに、それらの結果を橋梁を包括的に維持管理するシステムであるBMS (Bridge Management System) に応用することを目的として、劣化影響因子の解析を実施した。その結果、RC床版のひびわれは大型車の影響が支配的であり、建設部によって、凍害、塩害、積雪に関連した凍結防止剤などの影響が複合的に作用していることが考

えられた。また、各建設部のひび割れランクについて、疲労予測結果との比較を行った結果、一部のデータは危険側にプロットされたが、概ねデータが予測の範囲内および安全側にプロットされた。従って、床版ひび割れの劣化予測をするためには疲労予測を主として行い、他の劣化要因については、地域により必要に応じて考慮する必要があることが明らかとなった。

鈴木ら⁶⁾は道路橋床版の劣化に関して、これまで発表されている研究成果と北海道で蓄積されてきた橋梁点検データに基づくとともに、BMSに用いる道路橋床版の疲労劣化予測に松井式を用いて予測を行い、予測式に必要となる実測データの中で特に予測結果に大きな影響を及ぼす床版の圧縮強度をシュミットハンマーにより測定し、その結果を確率分布として予測式に反映させる予測手法を検討した。結果として床版の圧縮強度値を測定することで、実橋における強度の確率分布を得ることができた。この分布を基に疲労予測を行った結果、強度自体のばらつきが影響しているために、予測精度が向上したとは言えないが、確率分布に対する劣化の度合いを知ることができた。また、特に劣化の進行が顕著な橋梁においては、疲労以外の要因によるものや圧縮強度の低下といった要因が考えられることが明らかとなった。

既往研究として挙げた2種類の研究はいずれも既往の研究・実験により明らかにされた床版の疲労予測式を使用して橋梁の劣化予測を行っている。しかし、この予測式には詳細な橋梁の構造諸元等が必要であり、実橋からは測定の難しい各パラメータが必要であることから、全国に膨大な数が存在する橋梁に対して劣化予測を行うには効率的であるとは考え難い。3章で詳しく述べるが、本研究では過去に点検を実施した際の橋梁定期点検データと全国の道路橋を運行する自動車の交通量データであるプローブデータの2種類のデータを用いて損傷の進展度を定量的に明らかにし、今後の損傷の進展を推定することで点検対象橋梁のスクリーニング及び点検の効率化を目的とする。

3. 点検対象橋梁のスクリーニング

(1) 床版ひびわれの進展度の推定

本研究では、点検対象橋梁のスクリーニングを行うにあたり、コンクリート床版に生じる床版ひびわれに影響を与える外力である大型車両の走行による荷重に着目し、道路橋上を走行する大型車両の交通量と床版ひびわれの進展の相関を明らかにすることで、床版ひびわれの進展度を定量的に推定する。大型車両の走行による荷重に着目した理由としては、道路橋床版の劣化・損傷は顕著に表れており、その最も大きな原因としてトラックなどの大型車両の繰り返し走行による疲労劣化が考えられるこ

と、また、物流において鉄道輸送からトラック輸送へ構造変化し、特に大型車両の増加がみられることが考えられるためである⁷⁾。

本研究では床版ひびわれの進展度を定量的に推定するために過去に点検を実施した際の橋梁定期点検データと全国の道路橋を運行する大型商用車の交通量データであるプローブデータの2種類のデータを使用する。

(2) 橋梁定期点検データ

本研究では、床版ひびわれの進展度を定量的に推定するために過去に点検を実施した際の橋梁定期点検調査上に記載されている損傷図の情報(図-1)を使用する。損傷図は対象部材の図の中にひびわれや浮き、遊離石灰、剥離、鉄筋露出等の損傷の情報がスケッチされており、損傷の形状や位置情報などの詳細な情報を得ることができる。本研究で使用するデータは前回点検時から最新の点検時に確認された床版ひび割れの進展の情報であるため、必要な情報のみ抽出して新たな画像を作成し、作成した抽出画像(図-2)を分析に用いる。

本研究では石川県内の主要な幹線道路上に存在する橋梁50橋を対象とした。抽出画像は損傷図の画像を上からレイヤーをかけ、損傷をピクセル単位でなぞり、元の損傷図画像を削除してレイヤーした抽出画像のみを残すことで作成した。本研究では損傷の抽出を行う際、損傷の種類、サイズ、新規の損傷であるか否かによって色情報を分類しており、本研究で対象とする床版ひびわれの色情報に関しては表-1に示す。色別に分類された床版ひびわれの情報から新たに進展したひびわれの情報を抽出して大型車交通量との相関を明らかにし、今後の床版ひびわれの進展度を推定する。

(3) プローブデータ

本研究では(2)で示した橋梁定期点検データと組み合

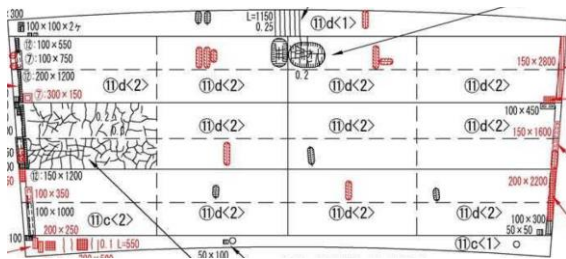


図-1 橋梁定期点検調査上に記載されている損傷図

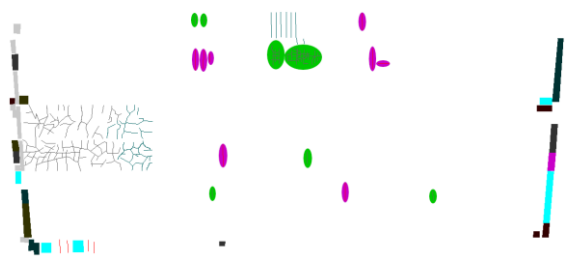


図-2 損傷図から損傷のみ取り出した抽出画像

わせて分析を行うデータとして大型商用車のプローブデータを使用する。本研究で使用するプローブデータは運行記録計(ネットワーク型デジタルタコグラフ)を装着して全国の幹線道路を走行する貨物商用車からリアルタイムに挙動情報を収集・蓄積しているデータであり、観測期間は2019年9月及び10月、観測地点は石川県内の全幹線道路である。本研究では商用車プローブデータを使用するが、この商用車プローブデータは2020年4月時点で全国緑ナンバートラック90万台の23%以上をカバーできており、全都道府県の幹線道路での走行実績もあるため、広範囲なデータであると考えられる。図-3はプローブデータの交通量のデータの一部を示したものであり、赤枠内の数値が各リンクのID、青枠内の数値がリンクを通過した中型車・大型車・特大車などの車種別の車両台数を示している。

(4) データの組み合わせ

2種類のデータの組み合わせに関して、定期点検データに記載されている橋梁の緯度・経度の情報をGIS上にプロットして橋梁が含まれているリンクを抽出し、抽出したリンクの同一リンクをプローブデータから抽出して対象の橋梁を走行する交通量を明らかにする。

表-1 スクリーニング画像における床版ひびわれの色情報

損傷の種類	新規or既存	損傷のサイズ(mm)	色情報(RGB)
床版ひびわれ	新規	0.1	(255,0,0)
		0.2	(255,0,255)
		0.3	(255,255,0)
		0.4	(0,0,255)
		0.5	(0,255,0)
	既存	0.1	(0,0,0)
		0.2	(100,100,100)
		0.3	(0,100,100)
		0.4	(100,0,100)
		0.5	(100,100,0)

	A	B	C	D	E	F	G
1 Link	大型車	特大車	中型車	普通車	軽自動	その他	
2	54366406830688	896	206	994	2	1	862
3	54366406810683	894	206	991	2	1	860
4	54366406770681	914	209	1058	2	1	910
5	54366406770772	919	211	1078	2	1	936
6	54366406750772	921	215	1097	2	1	933
7	54366406710675	920	215	1091	2	1	905
8	54366406711457	920	217	1056	2	1	805
9	54366407571457	918	217	1067	2	1	827
10	54366406670757	855	216	997	2	1	779
11	54366406670753	847	215	990	2	1	774
12	54366406630753	838	215	990	2	1	715
13	54366406610663	907	229	1039	2	3	725
14	54366406611158	919	231	1064	2	3	747
15	54366406561158	935	232	1085	2	3	754
16	54366406540667	924	231	1078	2	3	753

図-3 大型商用車プローブデータの一部

参考文献

- 1) 国土交通省 インフラメンテナンス情報 社会資本の老朽化の現状と将来, http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/02research/02_01.html
- 2) 一般社団法人次世代センサ協議会, 点検業務の IoT の活用をめざして 自治体橋梁における橋梁点検業務実態調査報告書【課題・ニーズ調査編】, http://www.socialinfra.org/p_activity/questionnaire/Bridge_tenken_Digest.pdf
- 3) 岡田佳都, 岡谷貴之: 橋梁点検を代替するための受動回転球殻を有するマルチコプタの開発と実橋梁における点検性評価, 日本ロボット学会誌, Vol.34, No.2, pp.119-122, 2016
- 4) 藤原保久, 梅津健司, 丹野浩二, 千葉嘉隆: 橋梁等構造物の点検ロボットカメラ, 日本ロボット学会誌, Vol.34, No.9, pp.581-582, 2016
- 5) 樋口匡, 大島俊之, 三上修一, 山崎智之, 佐藤誠, 竹田俊明: RC 床版ひび割れの劣化因子の分析と劣化予測の検討, 土木学会北海道支部論文報告集, Vol.61, pp.88-91, 2005
- 6) 鈴木広大, 大島俊之, 三上修一, 山崎智之, 佐藤誠, 竹田俊明: 床版の圧縮強度分布と簡易疲労劣化予測手法の研究, 土木学会北海道支部論文報告集, Vol.62, pp.85-88, 2005
- 7) 国土交通省近畿地方整備局 橋梁の現状と劣化の推定, https://www.kkr.mlit.go.jp/road/shintoshikenkyukai/pdf/data09_02.pdf

???

**A BASIC STUDY ON THE INFLUENCE OF TRAFFIC CONDITIONS OF LARGE VEHICLES ON THE PROGRESS OF CRACKS ON FLOOR SLABS
~A STUDY USING PERIODIC INSPECTION DATA AND PROBE DATA~**

Wataru URATA, Takahiro MINAMI, Tomotaka FUKUOKA,
and Shuji OSAWA, Makoto FUJII

Road bridges, which were often constructed during the period of high economic growth, are rapidly deteriorating, and concrete slabs in particular are prominently deteriorated and damaged due to repeated running of large vehicles under wheel load. It is important to quantitatively predict the deterioration of cracks in the floor slab, as it will lead to slipping out and the road surface to sink. However, few studies have quantitatively evaluated the influence of traffic volume of large vehicles on cracks in floor slabs, and methods for estimating the progress of cracks in floor slabs have not been developed. The purpose of this study is to construct a model that quantitatively estimates the progress of cracks in floor slabs from information such as the number of large vehicles traveling on road bridges and the traveling speed. Traffic of large vehicles can be obtained by combining damage diagrams that are detailed sketches of cracks recorded in road bridge periodic inspection data managed by local governments and probe data that are classified by vehicle type and have detailed location information recorded. We quantitatively clarified the effect of amount on the progress of cracks on the floor.