

報告 全国道路橋データベースを用いた損傷の経時的変化から推測した橋梁点検時の主な着目箇所の検討

内藤 雄也*1・氏家 京香*2・伊代田 岳史*3・勝木 太*4

要旨: 現在, 日本全国に橋梁は約 73 万橋存在し, そのうちの約 9 割は地方公共団体が管理しているが, メンテナンスサイクルを回すのが難しい自治体も存在しているため, これまでの点検の質を確保しながらも点検実施内容を効率化することが早急に必要とされている。本研究では, 国土交通省により構築された全国道路施設点検データベースのうち, 道路橋に関する情報を活用し, 部材や損傷の種類別に劣化傾向の統計処理を行うことで, コンクリートの点検時に着目すべき箇所を検討したところ, 主桁・横桁や堅壁での劣化(損傷)が, 今後のコンクリート橋点検時に特に注意すべき箇所であった。

キーワード: 維持管理, 劣化傾向, データベース, 橋梁定期点検

1. はじめに

2012 年 12 月に発生した中央自動車道笹子トンネル天井板崩落事故では, 死者 9 名, 負傷者 2 名という大事故となった。この事故の原因は天井板の設計・施工・維持管理の全ての面にあり, これらが複合的に作用したものとされている。特に, 維持管理については, 定期点検体制や点検手法, ならびに記録の保存等が十分でなかったことが指摘された。これを受け, 国内の道路インフラ施設の老朽化対策の重要性が再認識され, 点検を徹底するための仕組みが整備された。その一環として, すべての橋やトンネルで 5 年に 1 度の近接目視による定期点検が義務化され, 現在 3 巡目の点検が行われている。

そこで, 橋梁に着目すると現在日本全国に約 73 万橋存在しているが, そのうちの約 9 割を占めるおよそ 66 万橋が地方公共団体管理である。財政規模の小さい市町村では, 構造物の補修・補強まで行うことは財政的に厳しい。また, その地方公共団体において, 点検に携わる技術職員がいない市町村が複数あり, 自治体でメンテナンスサイクルを回せないという実情がある。すなわち, 自治体における「人材不足」「技術力不足」であり, これらに対して何らかの対策や支援の手を打たなければ, 橋梁の状態は危機的状況に陥ってしまう。さらに, 高度経済成長期に急速に多くの橋梁が建設されたため, 建設後 50 年を経過した橋梁の割合は年々増加しており, 約 10 年後には全体の半数を超えるとされている。この他にも, 古い橋梁など記録が確認できない建設年度の不明な橋梁が約 23 万橋存在している。

上記の課題を解決すべく, 2019 年 2 月に橋梁定期点

検要領¹⁾が改訂された。それまでは「すべての部材に対して」近接目視が必要とされていたが, 改訂後は「健全性の診断に影響を及ぼす箇所のみ」近接目視とされ, 点検の効率化が図られている。しかし, 「健全性の診断に影響を及ぼす箇所」という曖昧な表現により, 各橋梁によって点検箇所を見極める必要がある。そのため, 道路橋定期点検要領²⁾において, 橋梁の種類(鋼橋・コンクリート橋)ごとに「定期点検において着目すべき主な箇所の例」が提示されているが, どの橋梁においても同じように着目してよいのかという疑問が生じる。

そこで, 本研究では, 上述した問題を解消するとともに, 「健全性の診断に影響を及ぼす箇所」を明確にするため, 国土交通省により構築された全国道路施設点検データベース(以下, 国交省データベース)のうち, 道路橋に関する情報を活用し, 部材・損傷の種類別に劣化傾向の統計処理を行うことで, コンクリート橋の点検時に着目すべき箇所を検討した。

2. 本研究に関する基礎情報

2.1 国交省データベースの概要

2.1.1 国交省データベースの作成背景

現在国土交通省道路局では, 道路に関連する各種データの利活用を促進するため, 構造物などの諸元データや交通量等のリアルタイムデータを紐づけたプラットフォーム(xROAD)の構築が進められている。このうち, 道路構造物の諸元や点検結果に関するデータをデータベース化したものが, この国交省データベース³⁾である。また, 現在は 5 年に 1 度の道路施設の定期点検が義務化されてから 3 巡目の点検に突入しており,

*1 芝浦工業大学大学院 理工学研究科社会基盤学専攻 (学生会員)

*2 日本工営(株) 道路事業部

*3 芝浦工業大学 工学部 教授 土木工学課程担当 博士(工学) (正会員)

*4 芝浦工業大学 工学部 教授 土木工学課程担当 博士(工学) (正会員)

道路管理者ごとに様々な仕様で膨大な点検データが蓄積されている。こうしたデータを一元的に活用できる環境を構築するため、国交省データベースが作成された。

2.1.2 データベースの構成

国交省データベースは、位置（緯度・経度）や完成年度などの基礎的なデータを格納する基礎データベースと、使用材料などの道路施設ごとのより詳細なデータを格納する詳細データベース群で構成されている。道路施設によって、データベースは道路橋・附属物・土工・トンネル・舗装の5種類に分けられている。今回はそのうちの道路橋データベースを使用した。

2.1.3 道路橋データベースの構成

(1) 全体構成

道路橋データベースには、橋梁リスト(77条調査)、橋梁管理カルテ、橋梁定期点検、塩害特定点検、第三者被害予防措置、補修・補強工事調書、道路管理データ(MICHI)という7項目の資料が含まれている。

本研究では、このうち主に橋梁リスト(77条調査)内の資料を用いた。77条調査とは、道路法77条に基づく道路の維持または修繕の実施状況に関するデータおよび技術的助言版点検様式に基づいた点検表記録様式のことである⁴⁾。

(2) 橋梁リスト

橋梁リストでは、全国の橋梁がまず管理区分1として国・都道府県・道路公社・政令市・市区町村・高速道路会社の6つに分けられている。このうち、本研究では各種データが比較的揃っている国管理の橋梁データを使用した。次に、国管理の橋梁は管理者区分2として各地方開発局や整備局に分けられ、さらに管理者区分3として各地方の部や事務所に分けられ、全国の橋梁がそれぞれの区分ごとに登録されている。実際の画面を図-1に示す。また橋梁リスト内には、主に地図・カルテ・点検調書・道路管理データ(MICHI)・点検表がPDFやExcelファイルで格納されている。本研究では、特にカルテ内のデータを使用した。図-2に実際に分析で主に用いた総合検査結果の一部を示す。

2.2 全国の道路橋の現状

分析の前段階として、図-3に示す土木学会の「道路橋の健康状態に関する市町村別評価」⁵⁾を用いて、劣化原因をまとめた。本研究では、点検による橋梁の劣化原因の抽出として、主に赤色(損傷度が大きく劣化橋梁が多い)の割合が大きい都道府県に焦点を当て、大分県にある道路橋についてまとめた。

2.2.1 各橋梁での劣化原因の抽出方法

はじめに、図-4の上に示す橋梁カルテ内のA表「主要部材の重大損傷原因による損傷及びその他原因による

図-1 橋梁リストの実際の画面

図-2 総合検査結果(一部抜粋)

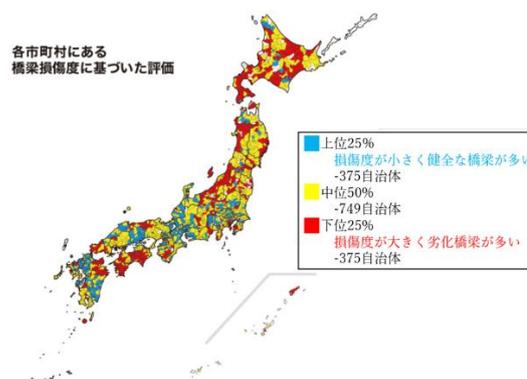


図-3 日本全国の道路橋の損傷状態

径間番号	部位・部材区分	材料	健全度(部材単位)	対策区分	損傷原因(注1)	
					確定	推定
1	主桁	コンクリ	I	B		中性化
1	主桁	コンクリ	I	B		中性化
1	壁壁	コンクリ	I	B		中性化
合計						

図-4 各橋梁の劣化原因抽出方法

表-1 劣化原因を抽出するための条件

橋梁の種類	PC・RC橋であること
部位・部材区分	主桁・床版・横桁・胸壁・壁壁・支承 およびPC定着部・伸縮装置・舗装であること
材料	コンクリートであること
損傷原因(確定・推定)	凍害・塩害・アルカリ骨材反応・疲労であること

る損傷のうち、今後速やかな補修等が必要な損傷の状況」にて、表-1の条件が全て当てはまるもののみを

「部材：損傷原因」のセットで抽出し、図-4の下に示す Excel 表を用いて各橋梁の損傷部材と損傷原因を整理した。

2.2.2 点検による橋梁の主な劣化原因の抽出

図-5 に大分県の橋梁における損傷原因から見た劣化傾向を示す。なお、表-1 の条件を満たす橋梁のデータ数を n とした。図-5 より、大分県の橋梁は、アルカリ骨材反応による劣化が多く見受けられていることが分かった。このように、橋梁リストを用いて部材別の劣化原因を分析することができた。

大分県のみならず、全国の橋梁において劣化の傾向を分析することが可能であるが、すべての橋梁の点検を細部に行うことは困難であるため、劣化原因と紐付けることによって点検時に着目すべき箇所の検討を行う必要があると考えた。また、本研究では、劣化原因だけではなく、各地域の気候の特徴や交通量によって点検時に着目すべき箇所を検討した。

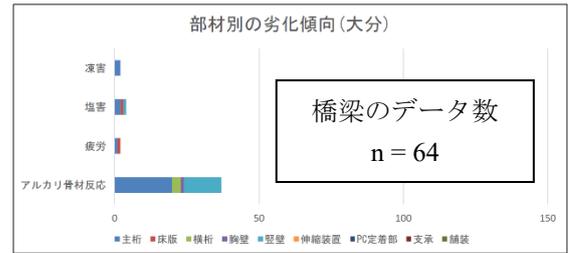


図-5 大分の橋梁における劣化傾向

表-2 本研究において対象とするもの

上部工形式	PCポステン工桁	損傷の種類	<ul style="list-style-type: none"> ひびわれ 漏水・遊離石灰 腐食 剥離・鉄筋露出 防食機能の劣化 変形・欠損 漏水・滞水 定着部の異常 うき
部材 (主要部材)	<ul style="list-style-type: none"> 主桁 床版 横桁 胸壁 堅壁 支承 		
劣化原因	<ul style="list-style-type: none"> 凍害 塩害 アルカリ骨材反応 疲労 		

3. 点検時に着目すべき箇所の検討

3.1 対象とするもの

本研究では、点検時に着目すべき箇所を検討するにあたり、対象とする橋梁の上部工形式・部材・劣化原因・損傷の種類を表-2のように絞った。PC 定着部・伸縮装置・舗装に関する情報もあったが、コンクリートでできているとは限らないこと、また伸縮装置や舗装は複数年に1度交換することになっている部材が含まれるため、主要部材とは分けて分析を行った。橋梁における各部材の位置を図-6に示す。

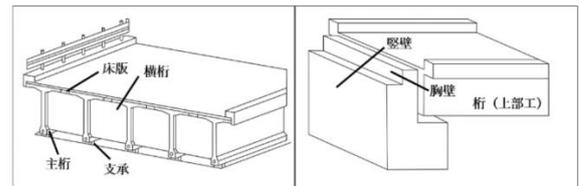


図-6 橋梁における部材の位置

3.2 分析手法

3.2.1 対策区分について

分析にあたり、表-3に示す橋梁定期点検要領²⁾において定められている「対策区分の判定区分」を使用した。対策区分は、「今後管理者が執るべき措置を助言する総合的な評価であり、橋梁診断員の技術的な判断が加えられたもの」であり、「各損傷に対して次回定期点検までの維持・補修等の計画を検討する上で特に参考とされる最も基礎的な評価」とされている。なお、現在は詳細な判定区分がなされているが、経時変化を見るにあたって過去の判定区分を扱っていることから、C1・C2やE1・E2、S1・S2となっているものは分析においてそれぞれC、E、S区分として扱った。例えば、表-4に記載されているCは、C1・C2のいずれかとして記載されていた場合、Cと表記した

表-3 対策区分の判定区分と本研究における扱い

判定区分	判定の内容	本研究における扱い
A	損傷が認められないか、損傷が軽微で補修を行う必要がない	軽微な損傷 (と推測)
B	状況に応じて補修を行う必要がある	
C1	予防保全の観点から、速やかに補修等を行う必要がある	重大な損傷 (と推測)
C2	橋梁構造の安全性の観点から、速やかに補修等を行う必要がある	
E1	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある	
E2	その他、緊急対応の必要がある	Bと同等
M	維持工事に対応する必要がある	
S1	詳細調査の必要がある	無視
S2	追跡調査の必要がある	無視

表-4 対策区分の経時変化パターン

	対策区分のデータがある最初の定期点検時	途中の定期点検時	直近の定期点検時	大分類
a1	CまたはE (重大な損傷)	CまたはE データなし	CまたはE	初めから重大な損傷と判定されているもの
a2	CまたはE	CまたはE データなし	データなし	
b1	B (軽微な損傷) またはM (維持工事)	B (M) またはC データなし	C	B (M) → Cと損傷程度が上っているもの
b2	BまたはM	B (M) またはC (最後はC)	データなし	
c1	BまたはM	BまたはM データなし	BまたはM	B (M) のまま維持しているもの
c2	BまたはM	BまたはM (1回以上)	データなし	
d			B	直近の点検がBまたはM

3.2.2 対策区分の経時変化の抽出方法

橋梁カルテ内にある総合検査結果から、対策区分を「部材：損傷の種類」のセットで各橋梁の定期点検ごとに抽出し、対策区分の経時変化をまとめた。経時変

化をまとめると、いくつかのパターンが存在することが分かった。本研究では、採用した対策区分の経時変化パターンを表-4に示す7つのパターンとした。除

外したパターンの一例として、対策区分が下がっていった（例えば、C から B に変化した）ものは、補修などによって対策区分が下がっているものや、補修履歴がないのにも関わらず、対策区分が下がっていったものもあったため、このパターンを総じて除外した。これは、本研究では、「対策区分の経時変化パターン」を損傷履歴のように扱ったため、履歴として追うことができないものや特徴のないもの等を除外パターンとして無視したためである。

3.2.3 分析手順のまとめ

以上を踏まえて、図-7 に示す 3 つの分析手順に従って 1 橋ずつ分析を行い、点検時に着目すべき箇所を検討した。分析結果の例として、図-8 に塩害が主な劣化原因の橋梁での主桁・堅壁における各損傷の種類別の経時変化から見た損傷度合いによる劣化の傾向を示す。本検討において着目すべき箇所・損傷の種類は、図-8 内に示す赤色の割合が大きいもの、すなわち危険な劣化・損傷の状態が続いているものとした。図-8 の場合、塩害が主たる劣化原因の橋梁は、主桁のうきや剥離・鉄筋露出による劣化は点検時に発見されてはいるもの、補修に至っておらず、今後の検討では着目すべきであると分析できる。

3.3 分析結果

(1) 劣化原因による着目すべき箇所・損傷の種類

図-9 に、劣化原因別での着目すべき箇所と損傷の種類をまとめた図を示す。ここで、図中に示している赤丸は a1, a2 の割合が高かった部分を示している。橋梁のデータ数を n としてそれぞれのデータ数を図中に示している。本検討では、凍害・塩害・アルカリ骨材反応・疲労に着目して分析を実施した。その結果、塩害に着目した図-8 のように全ての劣化原因において上部構造部材である主桁または横桁のいずれかが a1, a2 の割合が高かった。よって、主桁・横桁が着目すべき箇所であると考えた。また特に着目すべき損傷の種類は、うき、剥離・鉄筋露出、ひびわれ、漏水・遊離石灰のいずれかであった。そして特徴的な点として、アルカリ骨材反応においては、他劣化原因と比べ着目すべき箇所・損傷の種類が少なかった。これは、アルカリ骨材反応による劣化の変化が分かりにくい、または劣化の進行速度が比較的遅いためだと考えられる。さらに疲労においては、主桁・床版・横桁のみ重大な損傷の割合が大きかった。これは、橋梁の上を走る車両等による鉛直荷重は床版→主桁・横桁へと伝達していくため、比較的序盤に荷重のかかる 3 部材への負担が大きくなったためだと推測できる。

(2) 気候区分による着目すべき箇所・損傷の種類

図-10 に、気候区分による地域別での着目すべき箇所

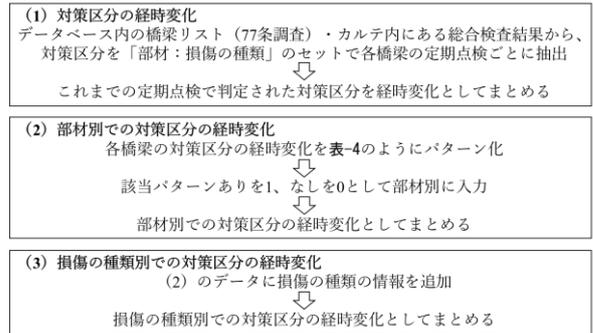


図-7 対策区分の経時変化に関する分析手順

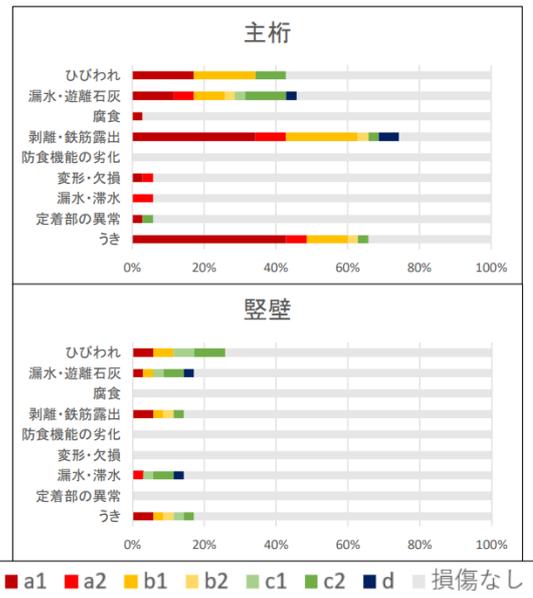


図-8 塩害による橋梁の主桁・堅壁の劣化傾向

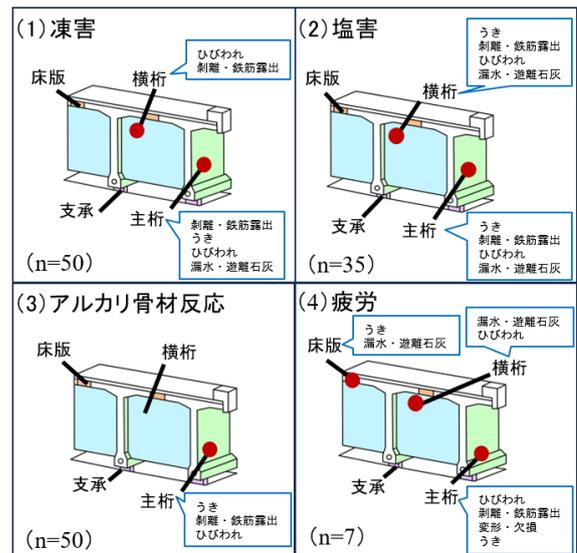


図-9 各劣化原因による劣化傾向

所と損傷の種類をまとめた図を示す。日本全国を気候区分すると 6 つに区分できる。本検討ではその内、北海道と本州内陸部（中央高地）以外の地域の 4 つの気候区分である、日本海側・太平洋側・瀬戸内・南西諸島

(沖縄)に着目し、分析を実施した。その結果、全ての地域において、上部構造部材である主桁または横桁のいずれかが着目すべき箇所であった。また着目すべき損傷の種類は、うき、剥離・鉄筋露出、ひびわれ、漏水・遊離石灰のいずれかであった。

(3) 大型車交通量別による着目すべき箇所・損傷の種類

図-11に、大型車交通量別での着目すべき箇所と損傷の種類をまとめた図を示す。大型車交通量別で着目した理由は、3.3(1)、3.3(2)において、疲労のみ主桁・床版・横桁の3箇所が重大な損傷の割合が大きいたことが確認された。そこで、疲労の劣化要因となる大型車通行量が多くなるほど主桁・床版・横桁の3部材での重大な損傷の割合が大きくなる傾向が見られるのかを分析した。大型車交通量はデータベースに記載の交通量(台/12h)に大型車混入率(%)を乗じて大型車交通量(台/12h)として算出した。また本研究では、1~1500(台/12h)、1500~3000(台/12h)、3000(台/12h)以上の3グループに区切り分析を行った。その結果、全ての大型車交通量において上部構造部材である主桁・床版・横桁のいずれかが着目すべき箇所であった。また着目すべき損傷の種類は、うき、剥離・鉄筋露出、ひびわれ、漏水・遊離石灰のいずれかであった。さらに、分析前において、大型車交通量が多いほど主桁・床版・横桁の3部材の重大な損傷の割合が大きくなる傾向が見られると予想した。結果は主桁・床版・横桁にて概ねこの傾向が見られた。したがって、大型車交通量が多いほど車等の荷重の影響が比較的大きくなる主桁・床版・横桁の上部構造部材に負担がかかり劣化しやすいことが推測できる。

そして、図-12に大型車交通量(台/12h)と交通量(台/12h)の散布図を示す。両者の間にはほぼ正の相関があることから、大型車みの交通量に限らず、交通量が多いほど、前述した上部構造3部材に負担がかかり劣化しやすくなることが予想できる。

4. 道路橋定期点検要領の概要と比較結果

4.1 道路橋定期点検要領の概要

道路橋定期点検要領は、道路法(昭和27年法律第180号)第2条第1項に規定する道路における橋長2.0m以上の橋、高架の道路等(以下、道路橋)の定期点検に適用するものである。この資料は、道路橋に対して省令及び告示(以下、法令)に従う定期点検を行うにあたって、参考となる技術情報を主に、要領の体裁でとりまとめた技術的助言である。法令の要点を示した上で、各部材の状態の把握と措置の必要性の検討を適切に行い、また将来の維持管理に有益となる記録を効率的・

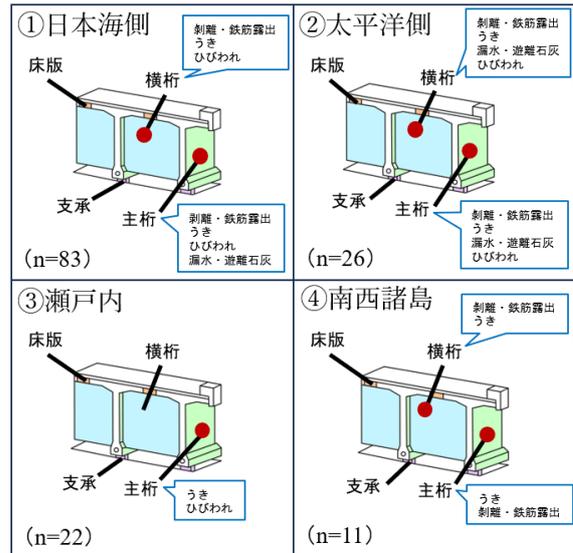


図-10 気候区分による地域別の劣化傾向

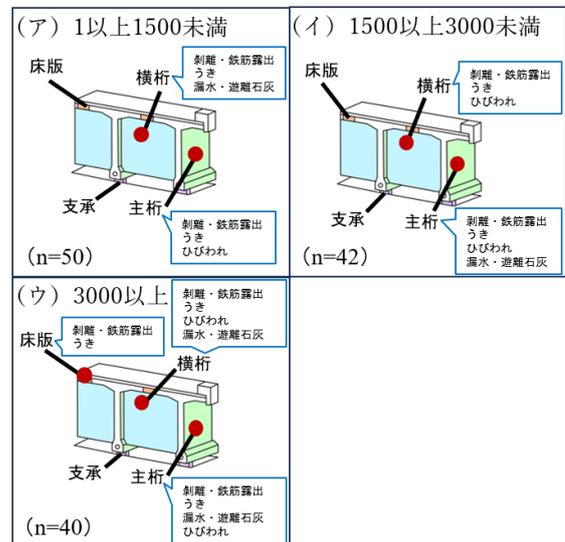


図-11 大型車交通量における劣化傾向

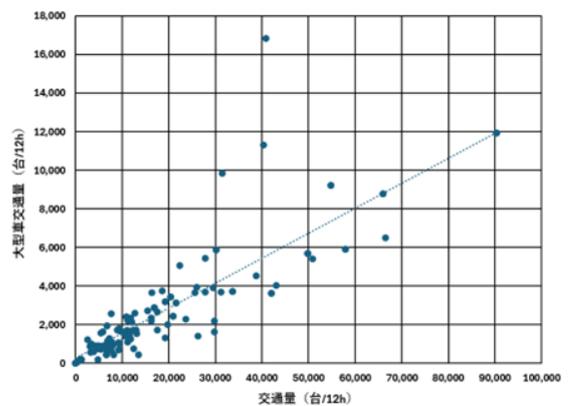


図-12 交通量と大型車交通量の関係

効果的に残すために留意することがまとめられている。実際の定期点検の実施や結果の記録は、法令の趣旨に

表-5 主な着目すべき箇所と損傷の種類のプロ案

新たに提案する着目部材と主な損傷の種類		着目ポイント（起こりやすい条件）										道路橋定期点検要領に記載ありの部材と損傷の種類	
部材	損傷の種類	劣化原因				地域				大型車交通量			
		凍害	塩害	アルカリ骨材反応	疲労	日本海側	太平洋側	瀬戸内	南西諸島	若干多い	やや多い		かなり多い
主桁	ひびわれ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	桁（具体的な記述なし）
	漏水・遊離石灰	◎	◎		○	○	○	○					
	腐食				○								
	剥離・鉄筋露出	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
	変形・欠損			○	◎								
	うき	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
横桁	ひびわれ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		○	◎	◎	橋台（≒胸壁・堅壁）：ひびわれ
	漏水・遊離石灰		◎		◎	◎	◎			◎	◎	◎	
	腐食				○								
	剥離・鉄筋露出	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
	うき	○	◎		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
	ひびわれ			○	○							○	
堅壁	剥離・鉄筋露出	○				○				○	○		
	うき												
	漏水・滞水	○				○				○			

則って各道路管理者の責任において適切に行う必要がある。この技術的助言は、各道路管理者において法令の適切かつ効果的に運用が図られるよう、参考とされることを目的としたものである。

本研究では、平成 31 年 2 月に国土交通省道路局から発行されている道路橋定期点検要領を、本研究で新たに提案する点検時に着目すべき箇所と比較するために使用した。

4.2 道路橋定期点検要領との比較結果

3.3 より、新たに提案する着目箇所と、道路橋定期点検要領（以下、点検要領）にて提示されている点検時の主な着目箇所の例を比較した。点検要領では、主要部材において、床板・支承は具体的に記載されていたが、主桁・横桁・堅壁に関しては具体的な記述はなかった。よって、前述した3条件（劣化原因・気候区分・大型車交通量）において、主桁・横桁・堅壁のそれぞれの主な着目すべき箇所をまとめたものを表-5 に示す。

ここで、大型車交通量の表記は「1（台/12h）以上 1500（台/12h）未満」を「若干多い」、「1500（台/12h）以上 3000（台/12h）未満」を「やや多い」、「3000（台/12h）以上」を「かなり多い」としている。また、◎は経時変化による損傷度合いを分析して得られた部材・損傷の種類劣化傾向により、特に危険とされる損傷の種類、○は比較的危険とされる損傷の種類としている。大型車交通量に関して、横桁の漏水・遊離石灰は交通量がやや多い場合のみ危険度が高くなかったが、これは、経時変化パターンにおいて、a1 と a2 が存在していなかったためである。

以上より、現状の道路橋定期点検要領には具体的な記述のない、主桁・横桁や堅壁での劣化（損傷）が、今後のコンクリート橋点検時に特に注意すべき箇所であると考える。

5 まとめ

本研究で得られた成果を以下に示す。

- (1) 主たる劣化原因が、凍害、塩害、アルカリ骨材反応、疲労の各地域での劣化傾向から、点検時に着目すべき箇所と損傷の種類を明示できた。
- (2) 橋梁の位置する地域が日本海側、太平洋側、瀬戸内、南西諸島の各地域での劣化傾向から、気候区分をもとに分類した地域別での点検時に着目すべき箇所と損傷の種類を明示できた。
- (3) 大型車交通量が、1（台/12h）以上 1500（台/12h）未満、1500（台/12h）以上 3000（台/12h）未満、3000（台/12h）以上での橋梁のそれぞれの劣化傾向から、大型車交通量別での点検時に特に着目すべき箇所と損傷の種類を明示できた。
- (4) 新たに提案した点検時に着目すべき箇所と損傷の種類からは、劣化傾向の分析結果にて特に着目すべき箇所となったにも関わらず現状の道路橋定期点検要領に具体的な記述のない主桁・横桁・堅壁での劣化（損傷）が今後のコンクリート橋点検時に特に注意すべき箇所だと言える。

参考文献

- 1) 国土交通省中部地方整備局：日本の橋梁の現状～建設から管理の時代への移行～，2022.8
- 2) 国土交通省道路局：橋梁定期点検要領，2019.3
- 3) J-BEC 一般財団法人 橋梁調査会：全国道路施設点検データベース（道路橋），（閲覧日：2024年12月23日）
- 4) 一般財団法人日本みち研究所：全国道路施設点検データベース（道路付属物）サンプルデータ，2022.11
- 5) 土木学会：市町村の橋梁損傷度とそれから見える道路橋の健康状態，（閲覧日：2024年12月23日）