第 5 回 定 期 研 究 会

平成 19 年度 第 5 回定期研究会 議事録

日時 : 平成 19 年 12 月 19 日(水) 16:00~17:30 場所 : 愛知工業大学 本山キャンパス 3階 大講義室

出席者: 久保,小塩(名城大),山田,葛,石川(名大),忠(豊田高専),清水(信州大),小里(国交省),鈴木,中野(愛知県),前野,久野,田中,森下,鈴木,鷲,(名高速),小川(NEXCO中),森谷(海洋架橋),安藤(富士E),鷲見(八千代E),佐藤,森田,矢木(中日本C),坂井田(帝国C),長谷川,澤木(セントラルC),永田(創建),泉野(玉野C),加藤,藤田(長大),中山(大日C),藤澤(新三重),杉山(ベルウッド),酒井(川田),山本(サクラダ)古田土,長屋,林(トピー),織田,尾関,上田,中川(瀧上),山田,神頭,水野,高橋(日車)

46 名(敬称略)

1. 神武川損傷報告

講演者: 名古屋大学 山田 健太郎 教授

講演内容

神武川(国道25号線)にて多くの損傷が発生しており、教科書的な内容も多いことから、損傷について紹介をして頂いた

2. 定期研究会(忠研究会担当幹事)

講演題目 「橋を守る」

講演者 国土交通省 国土技術政策総合研究所 玉越 隆史

講演内容

多くの橋梁の損傷事例を紹介していただくとともに、橋梁の維持,点検のためのシステム構築の難 しさを紹介していただいた。

道路橋の設計は法律が曖昧であり、また、新しい技術について、それが性能を確保しているか、 信頼性が有るかといった指標が足りていない。

あるケースで基準を適用する場合、本当にその適用が妥当であるのか、基準が本来意図しているところと実情とがずれていないか、といったことを念頭に入れて、計画を立てるのが重要である。特に補修、補強工事には未だこれといった確立した技術がなく、いろいろな方法が考えられているが、その方法で本当に問題を解決できるのか、その方法が他に悪影響を与えることはないか、施工中に問題が発生したときの対処法は確立されているのか、と言ったところまで本当に検討されているのか、疑問に思うケースもある。

橋梁を維持管理する側も問題を抱えている。本来ならば、点検は近傍からの目視を行うことが原則であるが、予算の点から、全橋梁に対し、これを行うことは不可能である。不十分と知りながらも、遠望による点検となってしまうケースがある。更に、今一番ホットな話題、新しく着目され始めた問題というのは、現状の点検項目に盛り込まれておらず、次回の定期点検まで点検されないという状況にある。人材という観点でも、橋を点検できる人間が他の仕事に流れていっているという問題もある。

管理する側、計画、施工する側、両者に対して問題提起がなされ、本講演の参加者においても関心が高く、非常に活発な質疑が行われた。

以上//

講師

国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路研究部 道路構造物管理研究室 玉越 降史

題目: 「橋を守る(道路橋の維持管理の現状と課題)」

「題目要旨」

我が国の道路構造物インフラはすでに膨大な量となっている。

一方で、地域間格差や防災機能としての国土の脆弱性の問題も指摘されており必ずしも道路ネットワークが充足されているとはいえない現状にある。 そのため国では現在、道路構造物資産の効率的・合理的な形成と適正な保全の両立を達成すべく種々の施策が検討・実施されている。

本講演では、道路橋に焦点を絞って維持管理をとりまく課題について内外の事例や施策の実態を紹介しながら国等のとりくみと今後の展望に関する話題を提供する。

道路橋の計画的管理に向けて

~総合評価指標の開発と点検データ分析から見た損傷の特徴~

国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路構造物管理研究室

1. はじめに

道路は社会経済の活動を支える社会基盤として、各時代のニーズに対応して絶えず改良が重ねられながら、一定のストックが形成されてきた。今度は、これらの蓄積されたストックを適切に管理し、有効に活用していくことが新たな大きな課題となっている。

すなわち、高度経済成長期に建設された橋梁等の道路ストックの多くが今後急速に高齢化することとなり、適切な時期に十分な補修をしなければ、橋梁の架け替えが一時に集中するなど将来大きな負担が生じることが予想される。

そのため、個別の事後的損傷対応から、事前の 点検や調査に基づく予防的対応へ移行することに より、橋梁等の長寿命化を図る、トータルコスト を抑制する等、これまで蓄積してきた道路ストッ クを守り、道路として必要なサービスレベルを確 保していくことが求められている。

このためには、経年的に変化する状態について、 実績等のデータや科学的な根拠に基づき、「点検~ 予測~評価~対策」のサイクルを適切に実施して いくことが重要である。さらには、マクロとミク ロの両視点からマネジメントしていくことが求め られる。マクロマネジメントとは、管理構造物全 体として、ネットワークとしての管理水準の設定 や性能予測、投資計画の最適化等を行うものであ る。ミクロマネジメントとは、個々の橋梁に対し て、重大な損傷の防止、維持管理コスト最小化、 長寿命化等を行うものである。

本稿では、これらに関する取組として、「道路橋の総合評価指標」の開発、点検データ分析から見た道路橋の劣化損傷の特徴について、紹介する。

2. 道路橋の総合評価指標の開発

2. 1 総合評価指標が持つべき機能

公共性の高い道路橋などの社会インフラのマクロマネジメントにおいては、維持管理行為の目標や対策などの効果について、できるだけ客観的かつ対外的にも説明性のある手法で計測あるいは評価することが特に重要である。

道路橋のような構造物の維持管理では、通常個々の部材や部位に損傷や劣化による異常が認められると、それを回復することで健全な状態が維持できる。したがって、点検でも部材毎の状態を程度に応じて区分するなどの評価が行われるが、一方で、利用者や管理者にとってはまず第一に道路網の一部としての橋の機能がどの程度健全なのか、あるいは今後どのように推移するのかが重要であり、部材や部位毎の状態は橋全体としての状態に影響を及ぼす要因にすぎない。したがって、特別な工学的知見をもたない利用者にとっては部材や部位の変状を示されても、それに対する補修や補強の必要性やその効果を理解することは難しく、管理者にとっても説明がし難く、合意形成の障害となるものと思われる。

そこで、当研究室では、道路橋を対象に部材や 部位毎に得られる点検データを基に道路橋の橋全 体としての機能や性能の状態を表現できる指標(以 下「総合評価指標」という。)の開発を行ってきた。 図-1に、総合評価指標の活用概念を示す。

道路橋は、設計において安全で円滑な交通の確保だけでなく、大規模地震等の災害時に限定的な損傷にとどまり災害復旧活動に資すること等、様々な観点からの性能が設定されている。しかし、

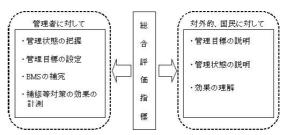


図-1 総合評価指標の活用概念

これらの性能全てに対応してその状態を指標化することは困難である。このため、本検討では道路橋の要求性能のうち、全ての道路橋に該当し、かつ供用安全性の観点から不可欠と考えられる3つの性能(耐荷性、災害抵抗性、走行安全性)の総合評価指標を設定した。各要求性能の定義と要注意橋梁の例を、表-1に示す。

表-1 3つの性能と要注意橋梁の例

要求性能 定義		要注意機梁の例		
耐荷性	自動車荷重満軟状態な どの耐荷力余裕が適切 に保たれていることの 程度	 ・興료桁鍼部の断面欠損が書しく大 製車の連行により、安全性に重大な 影響を及ぼす恐れがある。 ・PC竹の広範な剥離やPC調接の破断 があり大型車の進行により安全性に 重大な影響を及ぼす恐れがある。 		
災害抵抗性	地震等の自然災害に対 する抵抗機能が健全で あることの程度	・支承が著しく腐食しており、地震 時に落極の恐れがある ・基礎が著しく洗掘されており、洪 小時に転倒の恐れがある		
走行安全性	車両の安全な通行が確 保されていることの程 度	・床版が著しく損傷しており抜け落 ちにより交通の安全性に支障を来す 恐れがある		

なお、これらの3つの指標をさらに統合すると、 結果的に評価の観点が曖昧になり、道路橋の状態 が理解し難くなるものと考えられたため、これら 3つの指標については、さらに統合しないことと した。また、多数の部材が複雑に構成された道路 橋の状態を部材単位毎のデータを基に定量的な指 標で表現する場合、その精度には限界がある。し たがって、指標化にあたっては「補修等の必要性 のない程度の健全状態」「早期に補修する必要性が 高いと考えられる状態」「所要の性能を満足してい ない可能性が高い状態」の3つの区分を設定し、 区分内の相対関係よりもどの区分に分類されるか についての精度を重視することとした。すなわち、 図-2に示すように、60点と30点の2つの閾値を設定 し、健全、要補修、緊急対策の3段階の判別はな るべく工学的にも経験的にもできるだけ妥当なも のとなるように調整し、各区分内での点差や序列 についてはあまり厳密性を求めないこととした。

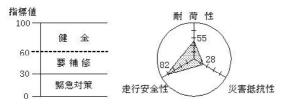


図-2 指標値の表現方法の例

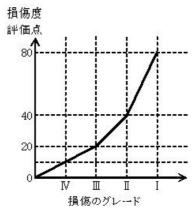
2. 2 指標値の算出方法

(1) 要素ごとの判定

まず、損傷の種類ごとにその進行程度が評価されている定期点検等の結果を用いて、着目要素の損傷状態を4つのグレード($I \sim IV$)に区分し、各グレードに図-3に示す損傷度評価点を対応させた。

こ着現種に適わグ定例床での目れ類つ宜せレ義え版はと要るのい組てーしばの、き素複損てみ損ドた、損床、に数傷は合傷を。RC傷版

ひびわれと



図−3 損傷グレードと損傷度評価点

漏水・遊離石灰を併せて評価し、床版としては1 種類の損傷グレードを設けた。

一つの部材が複数の要素からなる場合には要素 毎に損傷グレードが求められるが、3. で述べる 分析結果を活用し、それぞれの部材毎に代表値を 設定できるものは代表値とした。

(2) 指標値の算出

表-2に部材の統合方法と重み係数を、図-4に総合評価指標の計算の流れを模式的に示す。多主桁のように同じ種類の部材が複数ある場合、それぞれの部材の重要性や橋梁全体の性能に与える影響度を考慮して、部材の最悪値又は平均値を代表値とした。さらに部材ごとの代表値に対して、橋梁に与える影響を考慮した重み係数を付与し、構造単位(上部工、下部工など)毎に集約した。それぞれの重み係数の設定にあたっては、モデル橋梁に対して係数を様々に変化させた試算を行うとともに、実在する橋梁の損傷データでの試算を行い、試行錯誤を重ねて設定した。

表-2 部材の統合方法と重み係数

34		耐荷性		災害抵抗性		走行安全性	
		統合方法	重み係数	統合方法	重み係数	統合方法	重み係数
	主桁	最悪値	1.0	平均値	0.4	平均値	0.2
)	床版	平均值	0.6	平均值	0.2	最悪値	1.0
上部工	横桁	平均値	0.2	平均值	0.2		. v.
工型 1.	縦桁	平均値	0.2	平均值	0.2		
	対傾構	平均値	0.2	平均值	0.2		90
	横構	平均値	0.2	平均値	0.2		CO.
下音	17 工	平均値	0.2	最悪値	1.0		6
支	承	平均値	0.2	最悪値	0.8	平均値	0.2
伸縮	装置					最悪値	0.8

2. 3 指標値の妥当性の検証

定期点検要領(案)では、損傷の進行状態や環境 条件、構造形式等の様々な要因を総合的に判断し、 当該橋梁の供用の安全性を確保するための対策区 分の判定(部材ごと、損傷種類ごとに補修の必要 性、詳細調査の必要性を判定)が実施されている。 そこで、直轄A事務所管内の18橋(架け替え予定

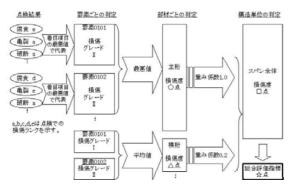


図-4 総合評価指標の計算の流れ

の橋梁及び指標値30点以下の橋梁)を対象として、 定期点検結果から算出した総合評価指標と、橋梁 の専門的な知見を有する検査員による対策区分の 判定を比較することで、総合評価指標の妥当性を 検証した。ただし、対策区分の判定は部材毎、損 傷毎にされているため、橋の状態を機能毎に表-3 に示す3ランクに判定し直し、その結果との相関 を分析する手法とした。

結果を図-5に示す。指標値は、前述のとおり3 段階のどの領域に属するかを重視している。この 観点から結果を見ると、領域を逸脱しているのは、 耐荷性において5橋、災害抵抗性において1橋、 走行安全性において 8 橋という結果であったもの の、緊急対応領域の逸脱はないことから、概ね妥 当であると判断された。

2. 4 総合評価指標の活用方法

図-6に、総合評価指標(耐荷性と災害抵抗性) 表-3 定期点検結果から判定し直す橋梁の3ランク

判定 ランク	定義
Ι	損傷が認められないか、損傷が軽微で補修の必要が ない状態
П	損傷があり補修の必要性はあるが、5年間程度放置 しても橋梁構造全体としての当該機能が著しく損な われることがない状態
Ш	損傷が相当程度以上進行し、橋梁構造全体としての 当該機能が著しく損なわれており、速やかに補修等 を行う必要がある状態

を試算した結果を示す。耐荷性と災害抵抗性で異 なる様相となり、ネットワーク上のどの位置の橋 梁がどのように機能上の障害となる危険性がある のか等が視覚的に捉えやすくなっている。さらに、 迂回路の条件や緊急輸送路などの路線条件、交通 量など様々な要素と組み合わせて評価する手法を 確立することで、対策箇所の優先順位付けや対策 効果の計測・説明等、計画的な維持管理に資する ツールとなる可能性があるものと考えている。

このように、具体的に、実務への活用方法や適 用範囲を予め明確に決定することで、有効なツー ルが開発可能となるものと考えている。

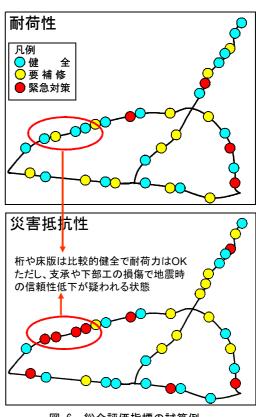
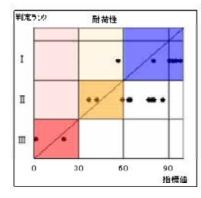
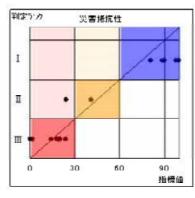


図-6 総合評価指標の試算例





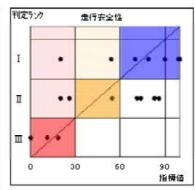


図-5 指標値と定期点検結果から求めた判定ランクの対比

3. 点検データ分析から見た損傷の特徴

3.1 背景

当然ながら、道路はネットワークとして機能し ており、ネットワーク全体を一定程度の水準でも って管理していくことが必要である。一方、我が 国の道路は法体系上、高速自動車国道、一般国道、 都道府県道、市町村道に区分され、高速自動車国 道は高速道路会社が、一般国道のうち指定区間は 国が、その他の道路(一般国道のうち指定区間外、 都道府県道、市町村道)は地方自治体が管理して いる。その地方自治体の管理する道路に対する補 助制度として、道路局において今年度、「長寿命化 修繕計画策定事業」が創設された。制度創設の背 景に、都道府県では約1割、市町村にあっては約 9割が、予算や技術的な制約からか、橋梁の定期 点検が実施されていないという現実があり、橋梁 の重大な損傷による社会への影響を防ぐとともに ライフサイクルコストの最小化を図るためには、 最低限、状態の把握が必要との判断があった。

そこで、少ないデータで効率的かつある程度の 信頼性でもって橋梁の健全度の概略を把握する方 法を目指し、定期点検データの分析を実施した。

3.2 定期点検結果の分析方法

橋梁に生じる代表的な損傷について、劣化がどのように進行するのか損傷傾向を分析し、橋梁全体の状態を代表できるデータの抽出方法を検討した。道路橋には様々な形式や規模があり、これらを一元化して分析するため、橋の規模や部材数を標準化した構造パターンに集約することとした。

構造のパターン化は、以下の要領で、様々な形式・部材数の橋のデータを平面的な位置情報として標準化して集計した。例えば、桁の腐食の分析では、全ての橋を、橋軸方向に5分割(端支点部、支間中央部、その他(1/4支間、3/4支間))、橋軸直角方向に3分割(中桁、外桁)の平面区分に分割するものとし、損傷データを対応する平面区分毎に集約した(図-7参照)。なお、複数の損傷データが存在していて一つの区分に集約される場合、最も悪いものを採用している。また、桁の場合、2つの外桁のデータのうち、悪い方を代表値とした。

定期点検では損傷の程度を 5 段階 (a, b, c, d, e)で評価しているが、分析では損傷データを表-4にしたがって点数化し、発生位置毎に複数橋梁の損傷データの点数を加算し、どの部分の点数が高くなる傾向があるか確認した。

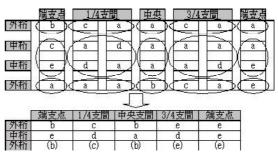


図-7 平面区分毎への損傷データの集約例

表-4 点検要領の損傷程度と点数の関係

損傷程度	a	b	c	d	e
点数	0 点	1 点	2 点	3 点	4 点

3.3 分析から見た損傷の特徴

直轄国道の平成16年度の定期点検結果のデータを用いて、鋼桁の腐食、RC床版のひびわれ、漏水・遊離石灰についての分析結果を示す。損傷発生頻度のグラフ(図-8~10)では、X、Y平面に橋梁の平面区分における位置を示し、縦軸(Z軸)に損傷点数(分析対象橋梁で合計した点数)を示している。

① 腐食

図-8から、鋼桁の腐食は桁端部で先行して進行する傾向が見られる。狭隘部である桁端部は湿気がこもるだけでなく、伸縮装置部など上部構造からの漏水の影響、支承部の滞水や塵埃の堆積などにより腐食環境に劣る場合が多いことが原因と考えられる。

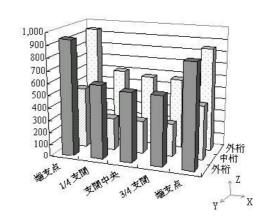


図-8 腐食の部位別損傷点数(566径間)

② 床版ひびわれ

床版の場合、張出床版部については橋軸方向に 分割せず全てのデータを1つに集約している。RC 床版では、床版の機能に影響を及ぼすひびわれが 疲労によって進行する場合が多い。特に路面段差 等により自動車荷重の動的影響が大きくなる桁端部付近では劣化が進行しやすいと考えられたが、図-9に示すように平面区分別の分析結果でも端部で損傷程度が相対的に悪くなる傾向が見られた。このことから、床版では、端部のみ増厚したり配筋量が多くなっていることも考慮し、桁端部の2パネル程度までを当該車線方向の代表値として評価することが合理的であると考えられる。

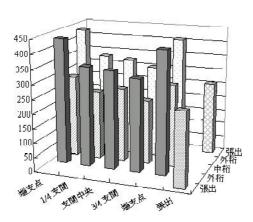


図-9 床版ひびわれの部位別損傷点数(473径間)

③ 漏水·遊離石灰

図-10に示すように、R C 床版の漏水・遊離石灰についても、ひびわれ同様に端支点部で損傷が多い傾向が見られる。また、張出部の損傷が突出する特徴が現れている。

床版からの漏水や遊離石灰の析出は床版コンクリートの劣化が内部で進行している危険性があり、ひびわれと損傷の卓越するパターンが類似していることから、ひびわれ同様に桁端部から2パネル程度について着目して評価するのが合理的であると考えられる。

④ リスクの程度

既往の点検結果を分析した結果、従来から経験

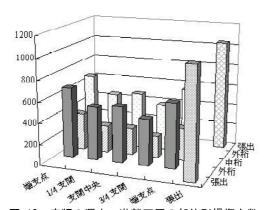


図-10 床版の漏水・遊離石灰の部位別損傷点数 (480径間)

的に損傷が出やすいと考えられていた位置で、損 傷発生率が高いなど特徴的な損傷パターンが設定 できるものがあることが実証できた。

表-5は、端部のみ損傷の評価を実施した場合に、 損傷を見逃してしまう確率(リスク率)を示したも のである。このような分析結果を活用すると、橋 の状態を評価する場合に、必ずしも全ての部材・ 部位で詳細なデータがなくても、桁端部の損傷デ ータを当該桁の代表値として評価すれば、リスク の増加を抑えつつ少ないデータで効率的に評価が 行えると考えられる。

表-5 端部が健全で、かつ端部以外に損傷が 発生していた割合(リスク率)

	腐食	床版ひび	漏水・遊			
		われ	離石灰			
外 桁	4.77%	3.81%	7.92%			
中 桁	2.30%	2.96%	4.79%			
全 体	7.07%	5.50%	11.88%			

3. 4 橋梁の状態把握のために必要な基礎データ

以上の分析を踏まえ、著しい劣化の有無など道 路橋の健全度に着目した調査時点の状況について の概略をできるだけ簡易に把握することのできる 方法について、検討した。

これは、直轄管理の道路橋についてこれまで定期点検等で得られた道路橋の主として劣化傾向に関する知見に基づいて、できるだけ簡易に道路橋の健全度に関して概略が把握できることを意図し、一般的な構造形成の道路橋において、主要な部材のみに着目し、かつ損傷発生頻度が高い箇所や同じ部材の中でも劣化が先行的に進行する箇所のみに着目するなどにより省力化を図ったものである。また、トラス・アーチ等の特殊な形式の橋梁については、本検討の対象外とした。

(1) 調査方法

- ①目視によることを基本とする。
- ②桁端部や支承部及びその近傍の部材は、直近 の橋台や橋脚からできるだけ近接して調査す る。
- ③近接が困難な調査箇所等は、遠望目視と周辺 の部材等の状況から推定する。

調査は、単純桁、連続桁にかかわらず、1径間ごとに実施し評価するものとする。図-11に、現地における近接・遠望の調査例を示す。

表-6に、調査項目を示す。

(2) 妥当性の検証

前述の総合評価指標を、直轄A事務所管内の10 1橋を対象として、「定期点検結果」及び上記の方

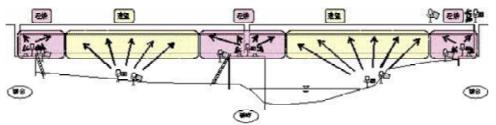


図-11 現地における近接 遠望調査例

法、考え方で取得した限られたデータで、各々算 出し、比較した。

結果を図-12に示す。耐荷性については、領域の 逸脱はほとんど見られない。災害抵抗性について は、9橋で点数が増加(危険側)し、うち4橋は 領域を逸脱した。理由は「下部工の変状」を省略 したことによる。走行安全性については、29橋で 点数が増加し、うち7橋は領域を逸脱した。理由 は「路面凹凸」を省略したことによる。

このように、データ項目の削減によって橋梁の 状態に関する評価にも差が生じてくることが分か る。ただし、どのような目的で活用するのかを明 確に意識して評価基準を作成することで、これら に必要なデータを合理的に選択し、少ない労力で 効率的に状態評価が可能となると考えられる。

4. おわりに

中国原定

90

50

30

点検結果をもとに道路橋の機能や性能の状態を 示す定量的な指標の構築を試み、複数の観点の評 価軸を用意することで専門的知見に基づく経験的 な評価と概ね整合する実用的な総合評価指標が構 築できる可能性を示せた。

今後は、さらに多くのデータを用いて検証を行 い、総合評価指標としての信頼性を高めていくと ともに、道路ネットワークとして評価できるよう、 道路構造物群(橋梁に加え、トンネル、舗装、土 工)の共通の指標の開発を行い、現場のニーズに あうものとなるよう、引き続き検討を進める予定 である。

耐肉性

60

30

参考文献

1) 玉越隆史·小林 寛・武田達也・ 平塚慶達:道路 橋の維持管理に 関する指標開発 の取組み、土木

技術資料、pp. 66~71、2007年2月

2) 玉越隆史・小林寛・武田達也・平塚慶達:道路 橋の健全度に関する基礎的調査に関する研究ー 道路橋に関する基礎データ収集要領(案)ー、国 総研資料第381号、平成19年4月(入手アドレス : http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/ tnn/tnn0381.htm)

表-6 調査項目(定期点検との対比)



図-12 定期点検と限定したデータによる指標値の比較

只要模糊的

中国原志