

# 橋梁の定期点検による劣化速度算定の試み

尾崎壮一<sup>1</sup>・松岡龍祐<sup>2</sup>・坂本雄太<sup>3</sup>・高瀬慎介<sup>4</sup>・長谷川明<sup>5</sup>

## 要 旨

道路や鉄道などの社会基盤は、文字通り産業やくらしの基盤であって、社会基盤はこれらの維持と発展のために欠かせない施設である。近年、この社会基盤の老朽化が課題となっており、特に 2012 年の笹子トンネル天井板崩落事故では、大きな被害が発生し社会的問題ともなっている。全国の橋梁では、この事故も契機となって 2014 年から橋梁の定期点検活動が始まった。この点検は、5 年毎に実施されるもので、すでに、同じ橋梁に対し複数回の点検が実施されている。しかし、時間経過に伴う劣化の変化についてはシステム内を除いて定量的な調査が行われていないことから、定期点検で得られる健全度に着目し、この低下を橋梁の劣化速度と受け止め、これを算出することを試み考察したものである。

**キーワード**：橋梁，定期点検，劣化速度，健全度

## Attempts to calculate the rate of deterioration using periodic inspections of bridges

Souichi OZAKI, Ryuusuke MATSUOKA, Yuuta SAKAMOTO, Shinsuke TAKASE and Akira HASEGAWA

### ABSTRACT

Social infrastructures such as roads and railways are the foundation of industry and life. And Social infrastructures are essential facilities for these developments. In recent years, this problem of ageing social infrastructure has become a challenge. In particular, the Sasago Tunnel ceiling collapse in 2012 caused significant damage and has become a social issue. In Japanese bridges, periodic inspection activities on bridges started in 2014. This inspection is carried out every five years and several inspections have already been carried out on the same bridge. However, no quantitative studies have been carried out on changes in time course deterioration. This paper presents on the degree of soundness obtained from periodic inspections and it considers this decline to be the rate of deterioration of the bridge and attempts to calculate this and discusses it.

**.Key Words:** *bridge, periodic inspection, Deterioration rate, Soundness*

---

<sup>1</sup> 八戸工業大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻博士前期課程・1年

<sup>2</sup> 株式会社コサカ技研・技術1部・技術員

<sup>3</sup> 株式会社コサカ技研・技術1部・主任

<sup>4</sup> 八戸工業大学大学院工学研究科・教授

<sup>5</sup> 八戸工業大学・名誉教授

## 1. はじめに

道路や鉄道などの社会基盤は、文字通り産業やくらしの基盤であり、社会基盤はこれらの維持と発展のために欠かせない施設である。近年、この社会基盤の老朽化が課題となっており、特に2012年の笹子トンネル天井板崩落事故では、大きな被害が発生し社会的問題ともなっている。全国の橋梁では、この事故も契機となって2014年から橋梁の定期点検活動が始まった。この点検は、5年毎に実施されるもので、この点検結果を受けて橋の管理組織は橋梁長寿命化修繕計画を策定し、この計画に基づいて修繕が進められてきている。青森県では国に先駆け2003年から青森県橋梁アセットマネジメントが始まり、2005年度には橋長15m以上の橋梁の一回目の定期点検が完了している。

青森県、および県内市町村の管理橋梁で行われている定期点検は、BMS様式と呼ばれる共通様式で実施されている特徴がある。すでに、同じ橋梁に対し複数回の点検が実施されておりながら、時間経過に伴う劣化の変化についてはシステム内を除いて定量的な調査が行われていない。劣化の変化に関して、菊池ら<sup>1)</sup>は石川県の橋梁を対象に橋梁点検データ、環境要因データ等を組み合わせ、数量化Ⅰ類分析によって橋梁の劣化要因の推定を行っており、健全度の推移に影響を与える劣化要因について考察している。しかし、橋梁点検の記録様式、地域的環境等は県により異なることが想定される。そこで、本研究は、青森県の定期点検結果を分析し、地域橋梁の維持管理や整備に有効な知見を得ることを目的としている。本文では、その分析のうち、定期点検で調査された健全度に着目し、この低下を橋梁の劣化速度と受け止め、これを算出することを試み、考察したものである。

## 2. 定期点検・構成部材・対象橋梁

### 2.1 定期点検

青森県では、2014年の国土交通省「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」<sup>2)</sup>の通達にて指摘される通り、適切な橋梁の維持管理を行うため、橋梁の近接目視による定期点検を5年に1回実施することとなっている。また青森県は、橋梁マネジメントシステムであるBMSを導入しており、点検の記録様式としてBMS様式、国交省様式の2つの様式があり、BMS様式においては橋梁の各部材の健全度は0～5までの数値が0.5刻みで評価され、国交省様式においてはⅠ～Ⅳの4段階で評価される。BMS様式と国交省様式における健全度評価基準<sup>3)4)</sup>を表1、表2に示す。しかし、国交省様式では評価値が定性的な評価となっているため。本研究の目的である評価値による劣化速度の算定が難しいと考えられる。そのため本研究では、定量的な数値で評価されるBMS様式での評価を劣化速度の算定に使用することとした。

### 2.2 構成部材

橋梁は構造形式によって点検箇所や構成部材等が異なるため、本研究においては各部材、各箇所を主桁、横桁、床版、下部構造、支承の主要部材及び伸縮装置、防護柵等をその他部材として分類分けを行った。各部材の分類分けを表3に示す。

表1 健全度評価基準（BMS 様式）<sup>3)</sup>

健全度	全部材・全劣化機構に共通の定義
5 潜伏期	劣化現象が発生していないか、発生していたとしても表面に現れない段階
4 進展期	劣化現象が発生し始めた初期の段階。劣化現象によっては劣化の発生が表面に現れない場合がある。
3 加速期前期	劣化現象が加速度的に進行する段階の前半期。部材の耐荷力が低下し始めるが、安全性はまだ十分確保されている。
2 加速期後期	劣化現象が加速度的に進行する段階の後半期。部材の耐荷力が低下し、安全性が損なわれている。
1 劣化期	劣化の進行が著しく、部材の耐荷力が著しく低下した段階。部材種類によっては安全性が損なわれている場合があり、緊急措置が必要。

表2 判定区分（国交省様式）<sup>4)</sup>

区分		定義
I	健全	道路橋の機能に支障が生じていない状態。
II	予防保全段階	道路橋の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
III	早期措置段階	道路橋の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。
IV	緊急措置段階	道路橋の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

表3 部材項目

上部構造	主桁	主桁
	横桁	横桁・端横桁
	床版	床版
下部構造		橋脚部 橋脚梁部 橋台・橋台縦壁 橋台胸壁 橋台翼壁
支承部		支承
その他		沓座モルタル、伸縮装置 防護柵、高欄、地覆 縁石、排水柵、排水管、添架物

### 2.3 対象橋梁

橋梁対象としては、協力が得られた青森県のS町が管理および定期点検を実施している橋梁のうち、橋長15m以上20m未満であり、径間数が2径間以内に収まっており、複数回の定期点検が実施された小規模橋梁9橋を対象として抽出した。S町の特徴として、1年を通じて気候の変化が激しく、冬季においては北西から季節風が吹き、曇り及び降雪の日が多い。また、地域によっては最深積雪が2mを超える箇所もあり、本研究の対象橋梁が位置する路線は、融雪剤を散布していることをS町へのヒアリングにて確認している。抽出した橋梁の概要を表4に示す。

表 4 対象橋梁の概要

橋梁名	橋長	供用開始 年月日	第 1 回 点検年	第 2 回 点検年	第 3 回 点検年	上部構造 形式	下部構造 形式
A 橋	17m	1980/12/31	2009/10/27	2015/12/9	2020/7/16	単純 RCT 桁橋	逆 T 式橋台
B 橋	18m	1957/5/31	2009/11/6	2015/12/11	2020/7/16	2 径間 単純 RCT 桁橋	重力式橋台 壁式橋脚
C 橋	18m	1957/12/31	2009/11/6	2015/12/11	2020/7/15	2 径間 単純 RCT 桁橋	重力式橋台 壁式橋脚
D 橋	17m	1972/12/31	2009/11/17	2015/12/10	2020/7/28	単純 H 鋼桁橋	重力式橋台
E 橋	18m	1967/10/31	2009/11/6	2015/12/13	2020/7/15	単純 H 鋼合成桁橋	重力式橋台
F 橋	20m	1980/10/31	2009/11/12	2015/11/26	2020/7/15	PC 単純 T 桁橋	小橋台
G 橋	16m	1974/4/1	2015/12/13	2020/7/28	-	単純鋼非合成桁橋	重力式橋台
H 橋	15m	1970/3/31	2009/11/16	2015/12/9	2020/7/14	単純 H 鋼 非合成桁橋	逆 T 式橋台
I 橋	16m	1980/3/31	2009/10/26	2015/12/9	2020/7/16	単純 H 鋼合成桁橋	逆 T 式橋台

### 3. 劣化速度算定方法

#### 3.1 計算に使用した健全度

定期点検の記録には、橋梁を構成する各部材の各箇所の健全度が記載されている。部材項目としては、表 3 に示した主桁、横桁、床版、支承、およびその他の部材毎に複数の箇所で調査されている。そこで、ここでは、それぞれの部材毎に、健全度の最小値、すなわち最も劣化が進んでいる健全度を、部材を代表する健全度とし、この値を計算に用いた。以下の説明では、これを健全度として使用する。

#### 3.2 劣化速度の定義

ここでは、式 1 によって計算される値を劣化速度と定義した。

$$\text{劣化速度} = \frac{\text{新健全度} - \text{旧健全度}}{\text{経過年数}} \quad (1)$$

## 4. 結果と考察

#### 4.1 橋梁別劣化状況

各橋梁の定期点検を行った際の健全度の状況について図 1～9 に示す。また、図中の点検間に表示している縦線は、修繕したことを示す線であり、色は修繕した部材の色とリンクさせて表示している。図 1 の A 橋では、35 年後に下部構造が 4 から 3 に評価が落ちていることがわかる。図 2 の B 橋では第 1 回点検後と第 2 回点検後にその他の部材の健全度が改善されていることから、修繕された部材がその他の部材であることがわかる。また、B 橋の下部構造が 60 年を過ぎたあたりで健全度が 0.5 下がっている。図 3 の C 橋では、その他の部材で修繕がないのにも関わらず健全

度が1から2に上昇していることがわかる。この健全度の変化については、第1回目点検では初回の点検であったこともあり、健全度の評価方法や評価技術に様々な課題があったことが関係していると考えられる。またC橋では60年あたりで横桁と下部構造の健全度が下がっている。図4のD橋はほかの橋よりも健全度の変化は少なく見えるものの、下部構造において40年半ばで健全度が1下がっている。図5のE橋では第一回点検後の修繕により、その他の部材が修繕されることがわかる。また下部構造とその他の部材で50年ごろに健全度が1下がっている。図6のF橋は他の橋と比べて、直近10年間の健全度に変化が見られなかった。また部材によつての健全度の変化も見られないことから劣化が進行しにくい環境下にあったと推測される。図7のG橋では主桁と支承で健全度が下がっている。また支承の健全度が1になっていることから、今後の早期の修繕が必要になっている。図8のH橋では、第一回点検により、主桁、横桁、支承、その他の部材で修繕が行われている。修繕により、その他の部材以外では健全度が5に上がっていることが確認できる。また45年から50年にかけて下部構造とその他で健全度が下がっていることがわかる。図9のI橋もH橋と同様に第一回点検で同様の4つの部材の修繕が行われている。

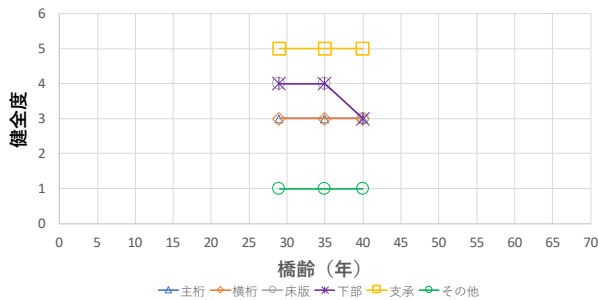


図1 A橋の健全度評価

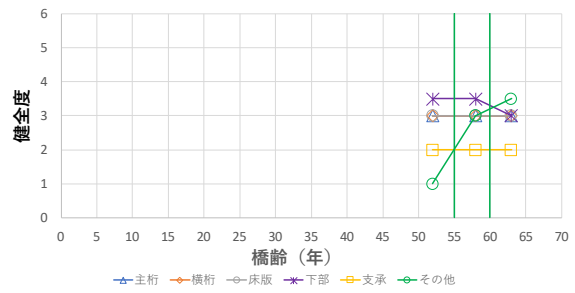


図2 B橋の健全度評価

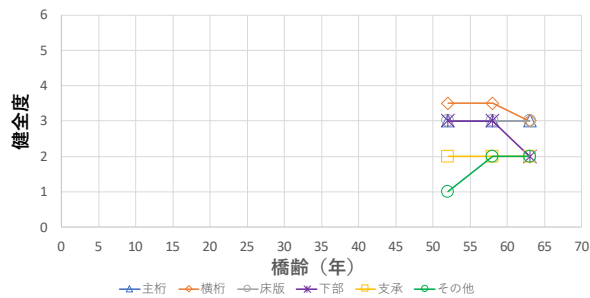


図3 C橋の健全度評価

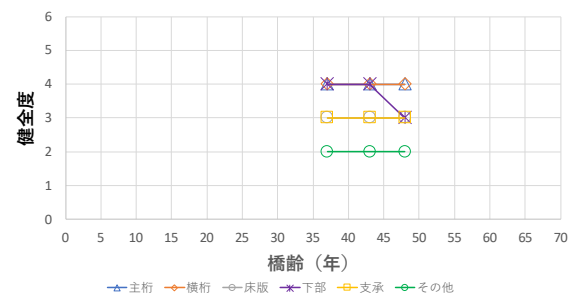


図4 D橋の健全度評価

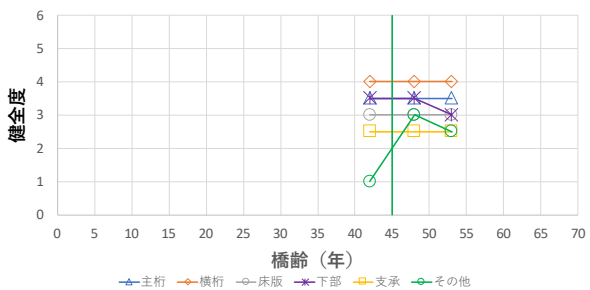


図5 E橋の健全度評価

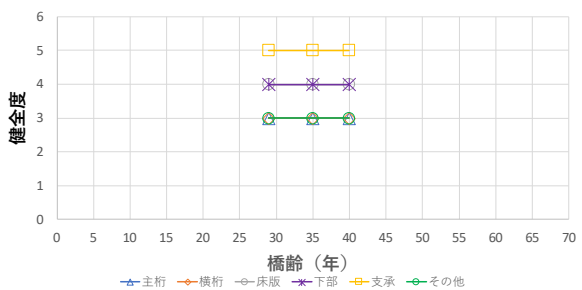


図6 F橋の健全度評価

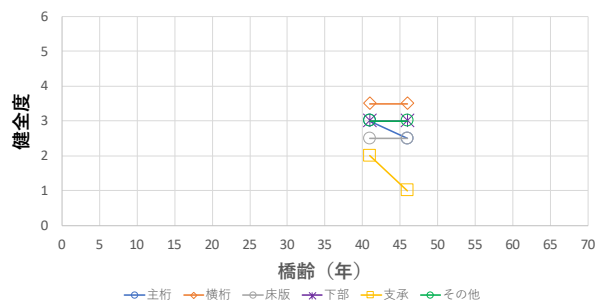


図 7 G 橋の健全度評価

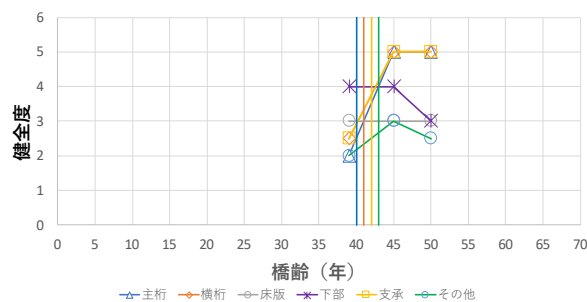


図 8 H 橋の健全度評価

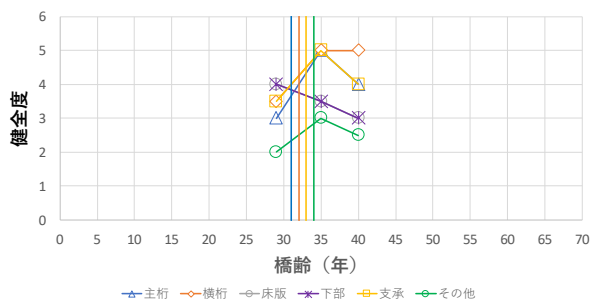


図 9 I 橋の健全度評価

また、下部構造の健全度では年々減少していることが確認できる。他の部材の健全度も減少傾向にあることから、I 橋周辺の環境は劣化の進行を早めてしまうのではないかと推測する。

#### 4.2 部材別劣化状況

9 橋の橋梁を部材別に見たときの健全度の橋齢による変化を図 10～15 に記載する。図 10 より主桁の健全度の評価は、修繕後の健全度を除くと 3 から 4 の範囲に収まっている。また点検ごとの健全度は一定になっていることも図より確認できる。図 11 の横桁でも主桁と同様に修繕後の健全度を除くと 3 から 4 に落ち着いており、点検ごとの健全度も一定である。図 12 の床版でも、同様に健全度評価が 3 から 4 に落ち着いている。図 13 の下部構造では、同様に健全度評価が 3 から 4 に収まっているが、50 年後半を過ぎると健全度が下がっている。他の部材に比べて、3 回の定期点検の中で健全度が低下している部分が多くみられるため、劣化速度が速い傾向にあると推測される。図 14 の支承は、修繕後のデータを除いたときの健全度が 3 から 2 に多い傾向にある。また支承において、G 橋の健全度は直近 10 年の評価が 5 のままであることがわかる。G 橋は全部材において劣化の変化が見られなかったことから劣化速度の遅い環境下にあると推測される。図 15 のその他の部材では、ほかの部材に比べてグラフのばらつきが大きいことがわかった。この原因としてその他の部材の中に様々な用途の部材がひとまとまりに集約されていることが挙げられる。

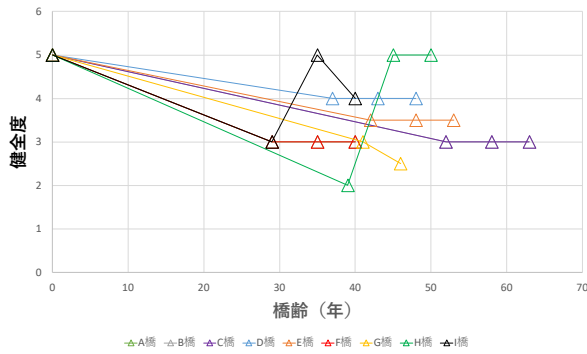


図 10 主桁の健全度評価

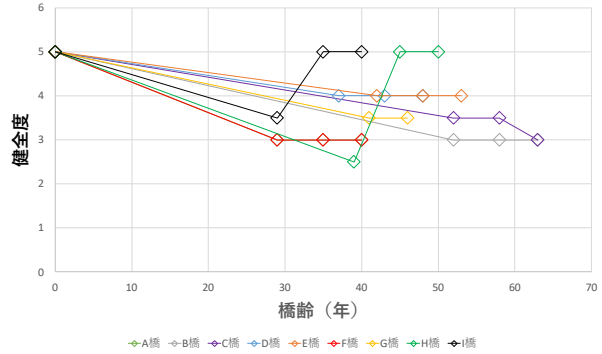


図 11 横桁の健全度評価

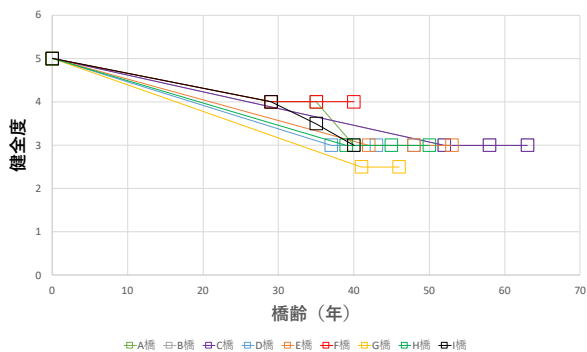


図 12 床版の健全度評価

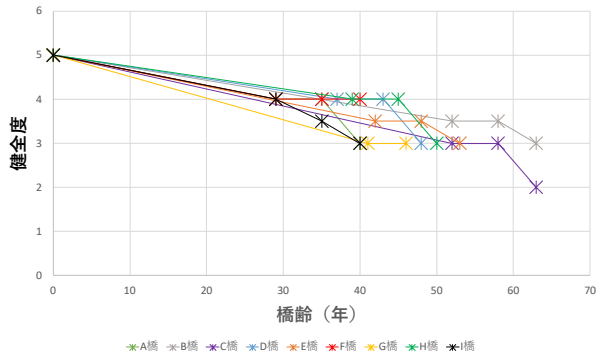


図 13 下部構造の健全度評価

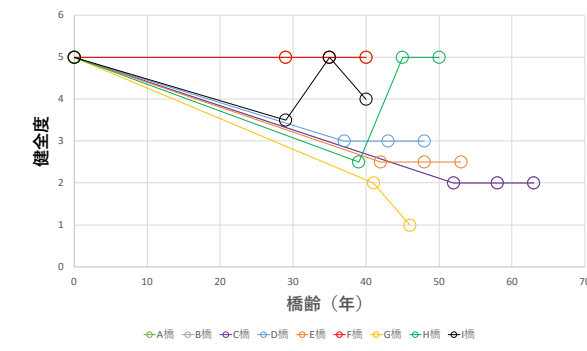


図 14 支承の健全度評価

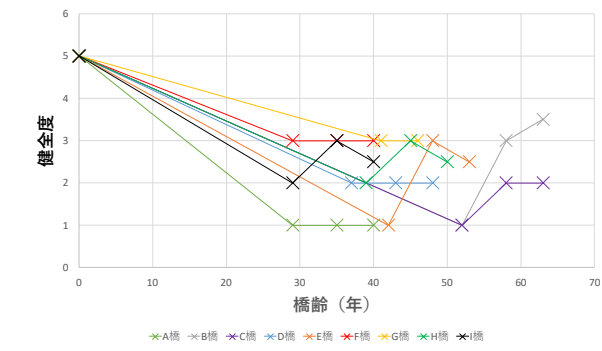


図 15 その他の健全度評価

### 4.3 劣化速度

各部材の修繕を行わない場合の劣化速度を考察するため、修繕した部材の健全度を除いた健全度と橋齢に伴う変化を示す図に近似直線を挿入した。これを図 16～21 に示す。これらの図の近似直線の傾きは、劣化速度を定義した式 1 の平均的な劣化速度に等しい。また、供用開始年度から現在までの近似直線と、直近 10 年間の 3 回の定期点検により得られた近似直線の傾きを比較することで、劣化速度が現在にかけてどのように変化したのかを確認した。図中、点線は供用開始年度から現在までの平均劣化速度  $V_a$  を表しており、実線は直近 10 年間の平均劣化速度  $V_b$  を表している。これらの劣化速度の対比を表 5 に示す。主桁、横桁、床版、その他の部材では劣化速度は遅くなっていることがわかる。一方で下部構造と支承においては、供用開始年度から現在までの近似直線の傾きよりも、直近 10 年の点検結果における近似線の傾きの方が大きくなっていることから、劣化が加速していると考えられる。

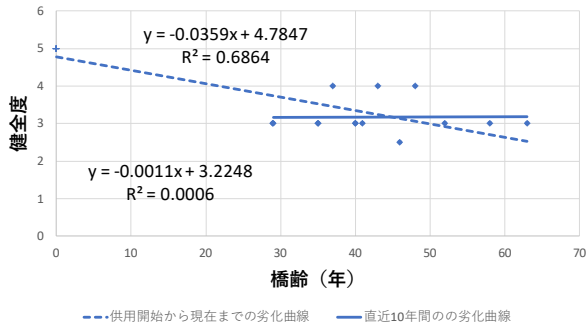


図 16 主桁の近似曲線

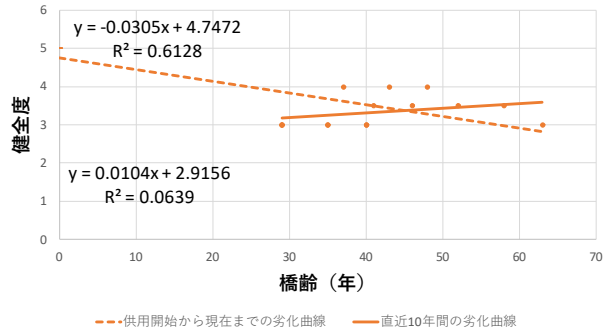


図 17 横桁の近似曲線

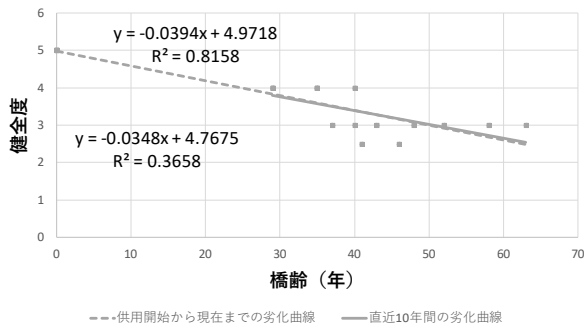


図 18 床版の近似曲線

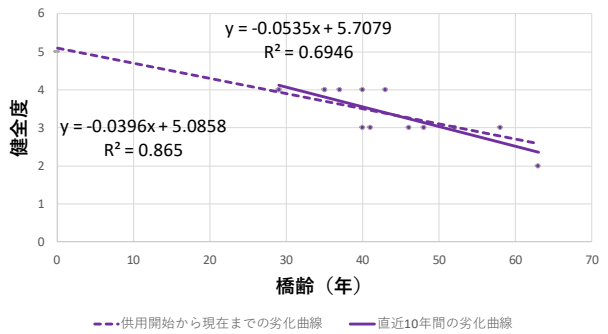


図 19 下部構造の近似曲線

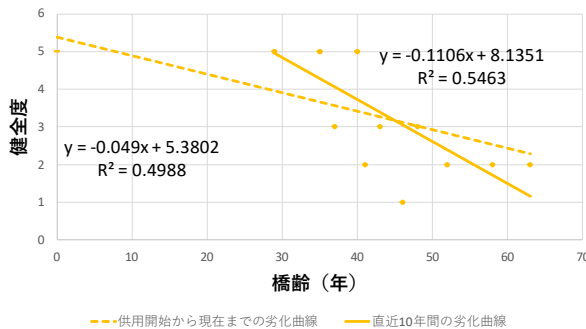


図 20 支承の近似曲線

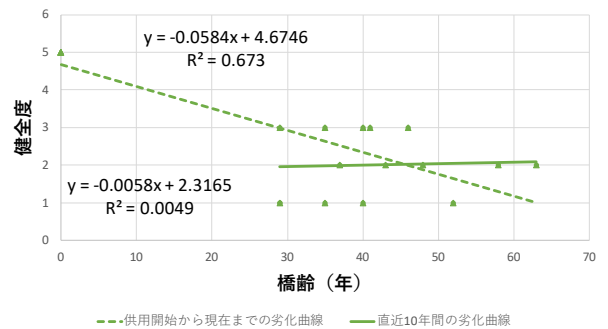


図 21 その他の近似曲線

表 5 劣化速度の対比表

	主桁	横桁	床版	下部構造	支承	その他	平均
平均劣化速度 $V_a$ (健全度 / 年)	-0.0359	-0.0305	-0.0394	-0.0396	-0.0490	-0.0584	-0.0421
平均劣化速度 $V_b$ (健全度 / 年)	-0.0011	0.0104	-0.0348	-0.0535	-0.1106	-0.0058	-0.0326
$V_b/V_a$	0.0306	-0.3410	0.8832	1.3510	2.2571	0.0993	0.7134

※ここで、 $V_a$ は供用開始年度から現在まで健全度による劣化速度、 $V_b$ は直近10年間の健全度による劣化速度

## 5. 結論

本文は、過去に実施された定期点検の健全度の変化に着目し、劣化速度を算定することを試行し、劣化の進行状況について考察したものである。定期点検の記録には、各部材の各箇所健全度が記載されているが、本文では、それぞれの部材毎に、健全度の最小値、すなわち最も劣化が進んでいる健全度を、部材を代表する健全度とし、この値を計算に用いた。この結果、次の結論を得た。



- (1) 多くの橋梁とその構成部材は、橋齢とともに健全度が低下する傾向にあるが、一部の橋梁では、3回の点検で健全度（代表する健全度：健全度の最小値）が変わらない橋梁も見られた。
- (2) 一部の橋梁では修繕が行われており、修繕が行われると健全度は高くなり改善されていることが示されている。一方、一部に健全度の低い部材があり、早期の適切な措置が求められる。
- (3) 部材別に見ると、主桁、横桁、床版、および下部構造の健全度は3から4が、支承では2から3、その他では1から3が多い。また、前者の4部材は、橋齢に伴う健全度変化にバラツキが少ない特徴がある。
- (4) 補修橋梁を除き、供用開始時の健全度を5として、劣化曲線の直線近似により劣化速度をもとめ、比較すると劣化速度は、その他、支承、下部構造、床版、主桁、横桁の順に早い。最も早いその他の部材の劣化速度は、最も遅い横桁の劣化速度の1.9倍となっている。支承の劣化速度は横桁のその1.6倍である。
- (5) また、供用開始時の健全度を5とし直近の点検時までの平均劣化速度  $Va$  と、3回の点検期間のみの平均劣化速度  $Vb$  を比較すると、支承で2.3倍、下部構造で1.4倍となって劣化が加速しており、支承の劣化の加速が著しい。主桁、横桁、その他では、 $Vb$  が小さな数値となって劣化の進行が緩い。また、床版は、供用開始から変わらない劣化速度で引き続き進行している。

本研究は、過去の定期点検結果を活用し、劣化速度に着目して劣化の特性を考察することを試行したものであるが、劣化が橋梁の置かれた環境によって異なること、多くの健全度から部材項目毎の最小健全度を代表値として捉えたこと、健全性評価として使用されている段階を劣化指標の数値情報として理解したことなど、得られた結論は限定的に捉える必要がある。しかし、多くの時間と経費を掛けて実施してきている定期点検結果の活用は、今後の橋梁管理に有効な知見を与えてくれると考えている。引き続き、課題を受け止め定期点検結果の活用を考えたい。

## 謝辞

本研究を進めるに当たって、青森県県土整備部道路課、青森県内S町の皆さんには点検データの提供や橋梁整備の全般にわたる課題や情報を提供いただきました。感謝申し上げます。また、寒冷地小規模橋梁研究会のみなさんには、橋梁劣化や橋梁定期点検業務について助言を頂きました。ありがとうございました。

## 参考文献

- 1) 菊池創太、久保善司「劣化要因の分類に基づくコンクリート橋の健全度評価結果に関する一考察」コンクリート工学年次論文集、Vol.38、No.1、2016 国土交通省：道路の老朽化対策の本格実施に関する提言、2014
- 2) 国土交通省：道路の老朽化対策の本格実施に関する提言、2014
- 3) 青森県：青森県橋梁長寿命化修繕計画、2022
- 4) 国土交通省道路局：道路橋定期点検要領、2014