

複数回の定期点検データを用いた橋梁部材の劣化予測に関する検討

○茨城大学大学院 学生会員 市川奈央子
茨城大学大学院 正会員 原田 隆郎

1. はじめに

橋梁の老朽化対策の一つとして、国土交通省道路局は、2014年に5年に1度の近接目視による定期点検を義務付けた¹⁾。茨城県内市町村の一部の自治体では「橋梁定期点検要領²⁾」による定期点検結果を踏まえて橋梁長寿命化修繕計画を策定している。この長寿命化修繕計画において、橋梁を補修するかどうかの判断はコストに大きく関わるため、補修時期の決定は非常に重要である。そして、補修時期を決めるために、定期点検で得られた健全度と経過年数の関係をもとにして劣化予測が行われている。県内の市町村においても、現在、2回目（場合によっては2回以上）の定期点検が実施されており、複数回の定期点検のデータが蓄積されていることから、長寿命化修繕計画で策定された劣化予測を修正することが可能となっている。しかしながら、複数回の定期点検データを劣化予測に有効利用している自治体は多くなく、変化する劣化傾向を反映させた将来予測とはなっていない。そこで本研究では、複数回の橋梁定期点検データを用いた劣化予測について検討し、部材ごとの劣化傾向が将来予測に及ぼす影響について確認することを目的とした。

2. 橋梁点検に基づく健全度と劣化予測の考え方

(1) 健全度について

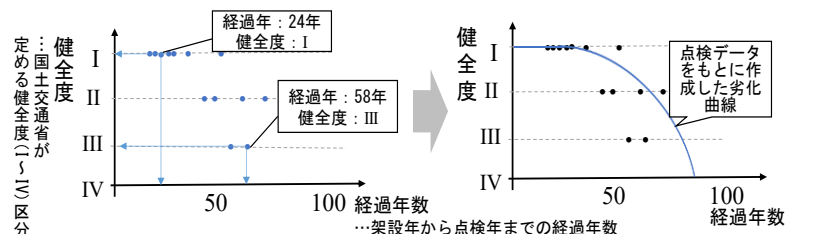
本研究では、表-1に示す国土交通省道路局が定めている区分（I～IV）に基づく健全度を用いた。この健全度は、各部材の定期点検結果を、健全（I）から緊急措置段階（IV）までの4段階にレイティングしており、健全度IIIやIVは要補修と定義される。

(2) 劣化予測曲線の導出について

劣化予測を表現するモデルは、それぞれの用途に合わせて複数の手法が提案または研究されている^{2),3)}が、本研究では、茨城県内市町村のいくつかの自治体が、橋梁長寿命化修繕計画の作成で用いている「曲線への当てはめ」（点検結果を統計的に曲線に当てはめる方法）を用いた。図-1に劣化予測曲線の導出プロセスを示す。まず、劣化予測曲線は橋梁部材ごとに作成するため、各部材の国土交通省道路局が定める健全度（I～IV）と経過年数（架設年から点検年までの年数）の関係を把握する（図-1(a)）。ここで、経過年数は、できれば各部材の最新補修年からの年数とすることが望ましいが、補修履歴データと点検データの関連付けは行われていないことから、本研究では、すべての部材の径年数を架設年から点検年までの年数とした。ただし、例えば鋼製主桁は、一般塗装系において劣化が進み、塗膜の存在価値を失っている状態になるまでに20年程度と言われていることから⁴⁾、架設年からの経過年数が21年以上で健全度の低下がみられない部材については除外するなど、劣化予測に使用するデータを選定した。次に、健全度と経過年数の関係を、最小二乗法による曲線回帰によって求める（図-1(b)）。そして、2次～4次までの回帰曲線のうち最も寄与率の高いものを利用して、各部材の劣化曲線を導出した。

表-1 健全度区分¹⁾

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。



(a) 健全度と経過年数の関係図 (b) 回帰分析によって求められた劣化曲線

図-1 劣化予測曲線の導出プロセス

3. 複数回の定期点検データを用いた橋梁部材の劣化予測曲線の導出

(1) 使用する定期点検データと複数回の定期点検データの扱い

本研究では、茨城県内のある自治体の2009～2019年度までの複数回の橋梁定期点検データを使用し、そこから国土交通省道路局が定める健全度区分を導出するとともに、橋梁部材ごとに経過年数と健全度の関係から曲線への当

キーワード：橋梁長寿命化修繕計画、橋梁点検データ、部材健全度、劣化曲線、回帰曲線

連絡先：〒316-8511 日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学大学院 都市システム工学専攻 TEL：0294-38-5172

てはめにより劣化予測を行った．表-2 に対象とした自治体の定期点検データの概要を示す．本研究で対象とした自治体の橋梁数は 301 橋であり，部材種類は，主桁（鋼），主桁（コンクリート），床版，下部

表-2 対象橋梁 122 橋の部材ごとと点検実施年ごとの定期点検データ数

部 材		点検実施年ごとの定期点検データ数						
名 称	データ数	2009	2014	2015	2016	2017	2018	2019
主桁(鋼)	18	4	0	2	3	6	1	2
主桁(コンクリート)	102	18	3	14	18	15	9	25
床版	48	13	4	5	7	5	7	7
下部構造	105	16	4	11	23	16	13	22
支承	49	15	3	6	6	4	7	8

構造，支承の 5 部材とした．また，本研究では複数回の定期点検データを，表-2 に示すように点検を実施する度にデータ数が追加される変化を考慮して取り扱う（以下，点検実施年ごと）こととし，劣化曲線を導出した．

(2) 点検実施年ごとの定期点検データより導出された橋梁部材の劣化曲線と劣化傾向の考察

点検実施年ごとに蓄積されたデータを利用して，年度ごとに劣化曲線を更新することで，橋梁管理者は部材ごとの劣化傾向を予測しやすくなると考えられる．そこで，複数回の定期点検データを点検実施年ごとに蓄積して導出した各劣化曲線の回帰係数や寄与率を表-3 に，劣化曲線を図-2，図-3 に示す．ただし，本稿では紙面の関係から主桁（鋼）と主桁（コンクリート）についてのみ掲載した．

表-3 と図-2 より，主桁（鋼）の点検データは少ないものの，2016 年までの 9 データで作成した劣化曲線，2019 年までの 18 データで作成した劣化曲線において，変化がほとんど見られなかった．このことから，主桁（鋼）は点検データが増えても，劣化傾向が変わらないことがわかる．また，主桁（コンクリート）では，表-3 と図-3(a) 及び (b) より，2009 年から 2015 年の劣化曲線は，4 次曲線の寄与率が最も高くなり，劣化が急であると予測されていたものの，2016 年から 2019 年の劣化曲線では 2 次曲線の寄与率が最も高く，劣化曲線が緩やかになった．このことから，定期点検による点検データが蓄積されることによって 2015 年までの劣化予測よりも実際の劣化が緩やかであったことがわかる．

表-3 主桁(鋼・コンクリート)の劣化曲線の回帰係数と寄与率

部材	点検データ	回帰係数 ($\times 10^{-4}$)	曲線次数	寄与率
主桁 (鋼)	2016 年まで	7.057	2 次曲線	0.927
	2019 年まで	6.652	2 次曲線	0.898
主桁 (コンクリート)	2009 年のみ	0.005	4 次曲線	0.891
	2015 年まで	0.004	4 次曲線	0.860
	2017 年まで	5.131	2 次曲線	0.840
	2019 年まで	5.164	2 次曲線	0.853

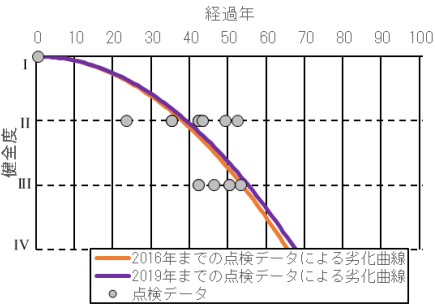
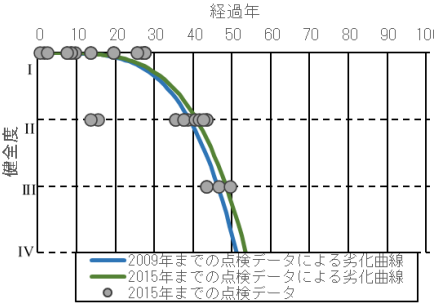
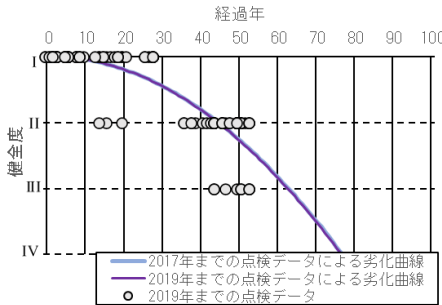


図-2 主桁（鋼）の劣化曲線



(a) 2009～2015 年



(b) 2016～2019 年

図-3 主桁（コンクリート）の劣化曲線

4. まとめ

本研究では，茨城県内の特定の自治体について 2009～2019 年度までの複数回の橋梁定期点検データを使用し，橋梁部材ごとに経過年数と 4 段階の健全度（Ⅰ～Ⅳ）の関係を把握するとともに，最小二乗法による曲線回帰によって劣化曲線を導出し，複数回の定期点検データによる部材ごとの劣化傾向と将来予測について考察した．その結果，複数回の定期点検データを点検実施年ごとに用いることで，劣化曲線の傾きが緩やかになる部材や，急になる部材，変化が小さい部材があり，部材によって将来的な劣化傾向が変化することが確認できた．

参考文献

1) 国土交通省道路局国道・技術課：橋梁定期点検要領（平成 31 年 3 月），2019.3. 2) 貝戸清之，阿部允，藤野陽三：実測データに基づく構造物の劣化予測，土木学会論文集 No.744, pp.29-38, 2003.10. 3) 南貴大，藤生慎，高山純一：大規模地震を想定した橋梁の被災リスクの評価～橋梁定期点検データを用いて～，AI・データサイエンス論文集 1 巻（2020）J1 号，pp.406-413, 2020. 4) 国土技術政策総合研究所：道路橋の計画的管理に関する調査研究－橋梁マネジメントシステム（BMS）－，国総研資料 523 号，pp19-80, 2009.