

点検データを活用した道路橋床版の劣化要因分析と修繕計画に関する検討

Study on Deterioration Analysis and Repair Plan for Decks of Highway Bridges by Utilizing Inspection Data

横山和昭*, 刈山茂喜**, 伊川嘉昭***

Kazuaki Yokoyama, Shigeki Kariyama, Yoshiaki Ikawa

*西日本高速道路株式会社 中国支社 事業調整部 (〒731-0103 広島市安佐南区緑井 2-26-1)

**西日本高速道路エンジニアリング中国株式会社 道路技術部 (〒733-0037 広島市西区西観音町 2-1)

***株式会社ドュー大地 構造部 (〒733-0037 広島市西区西観音町 17-17)

In this study, soundness degree assessment is quantitatively performed by defining the percentage of extracted leakage and delaminated areas on the bottom of highway bridge decks with inspection data as the degree of deterioration. And, the trial to sort out significantly deteriorated bridges as the highest-priority bridges is conducted with the deterioration factor analysis to evaluate the linkage among the degree of deterioration, spray volume of anti-freezing agents and service periods. In addition, the utilization of inspection data is studied for the repair plan for highway bridge slabs by analyzing the effects of deterioration speed while considering the presence of a history of repair.

Key Words: RC slab, Deterioration Analysis, Inspection Data, Repair Plan

キーワード: RC 床版, 劣化要因分析, 点検データ, 修繕計画

1. はじめに

高速道路における構造物の保全点検では、供用開始後の経年的な劣化に伴う変状の進行状態の把握と構造物の健全性を評価する目的で近接目視および打音等による詳細点検を定期的実施している¹⁾。道路構造物の中でも橋梁構造物の床版は、舗装を介して車両の輪荷重を繰り返し受けるとともに環境的にも厳しい条件下に曝されており、RC 床版の定期的な詳細点検においては、漏水やコンクリートのひび割れ、はく離に代表される変状の点検データが蓄積されている。高速道路の詳細点検結果による RC 床版の評価判定は、主として RC 床版の疲労損傷を評価することを目的として、床版下面の漏水と遊離石灰を伴うひび割れの発生状況に着目したランク分類（以下、「遊離石灰法」という）による健全度判定を実施している。これらの健全度判定結果に基づき、劣化や損傷が顕著な道路橋床版については個別に補修・補強を検討しているが、塩害により劣化した床版の評価においては、鉄筋腐食に伴うコンクリートはく離等の変状についても考慮する必要がある。

一方、道路橋の維持管理を取り巻く我が国の情勢に目を向けると、国が地方自治体管理の橋梁の維持管理計画策定に関わる費用を時限措置で補助する制度が設立され

た。また、「道路橋の予防保全に向けた有識者会議」により、有識者の意見を取り入れて道路橋の維持管理に真剣に取り組む姿勢が示されている。このため、道路橋の維持管理においては、長寿命化と予防保全を意識した効果的な修繕計画の策定が必要な情勢にある。

道路橋床版の効果的な修繕計画を策定するためには、同じ健全度ランクで判定されている多くの床版について、補修の優先順位付けを行う必要があり、そのためには、ランク分類による健全度評価に加えて、詳細点検データに基づく定量的な健全度評価手法の確立が必要となる。

本研究では、積雪地や寒冷地において冬期に散布される凍結防止剤による塩害劣化を受けた道路橋床版に着目し、塩害劣化の予兆となる床版下面の漏水面積および劣化が顕在化した段階でのコンクリートのはく離面積を点検データから抽出し、それらの面積が床版面積に占める割合を劣化度として定義することにより健全度評価を定量的に実施することを試みた。また、これらの劣化度と凍結防止剤散布量ならびに供用年数との関連性を整理した劣化要因分析を行うことにより、劣化速度の速い橋梁を補修の優先順位の高い橋梁として抽出することを試みた。さらに、補修履歴の有無による劣化度への影響について分析を加え、道路橋床版の修繕計画に向けての詳細点検データの活用の方針について検討を行った。

2. 提案する劣化度の算出方法

2.1 分析対象の道路橋床版のデータ諸元

本研究における道路橋床版の劣化要因分析では、中国地方に位置する高速道路の鋼橋 RC 床版を対象とした。

分析対象の鋼橋の構造形式別の連数は 345 連であり、図-1 に示すとおり連続非合成桁が 203 連となっており全体の約 60%を占めている。また、単純合成桁の 88 連を含めると鈑桁形式の橋梁が 85%を占めており、その他の箱桁および特殊な形式の橋梁は 54 連で、全体に占める割合は 15%程度となっている。

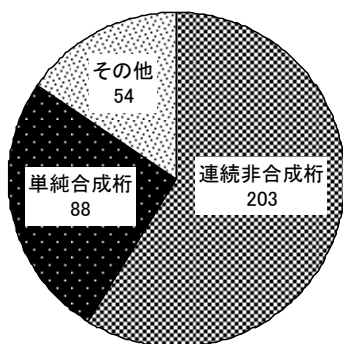


図-1 分析対象の鋼橋の構造形式別連数

また、詳細点検データの分析においては、橋梁別に修繕計画を検討することを考慮して橋梁単位で整理することとした。なお、供用開始年から最新の詳細点検実施年までの年数を供用年数とした場合の供用年数別の橋梁数は図-2 に示すとおりである。供用年数が最も長い橋梁は 34 年の 10 橋程度であり、20 年から 29 年の間の供用年数の橋梁が多くを占めている。5 年程度の間隔で対象橋梁数が多くなっているのは、供用開始時期と点検間隔の両方が反映された結果である。

2.2 提案する劣化度の算出方法

本研究で新たに提案する劣化度は、詳細点検時に鋼桁間の床版下面の外観変状を記録したスケッチ図より漏水 (R)、はく離 (H) の面積を抽出し、橋梁単位で R と H の合計面積 (ΣR と ΣH) をそれぞれ算出し、床版面積で除した割合 (%) をそれぞれ漏水劣化度、はく離劣化度と定義して算出したものである。提案する漏水劣化度、はく離劣化度の算出事例は図-3 に示すとおりであり、床版下面の変状スケッチ図が CAD で作図されている場合は、漏水・はく離の面積は自動的に抽出でき、合計面積も自動的に算出可能である。

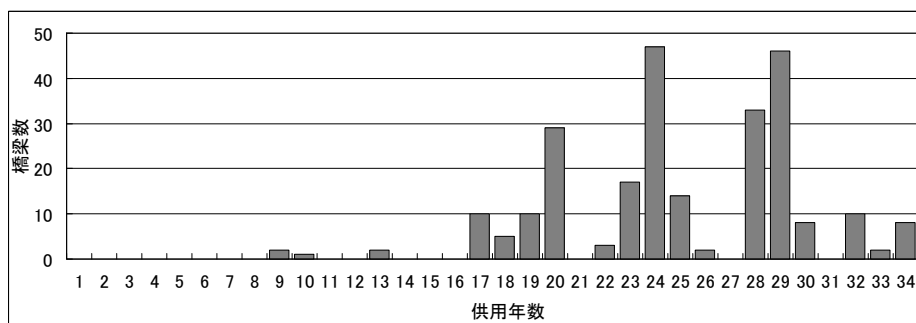


図-2 供用年数と橋梁数の分布

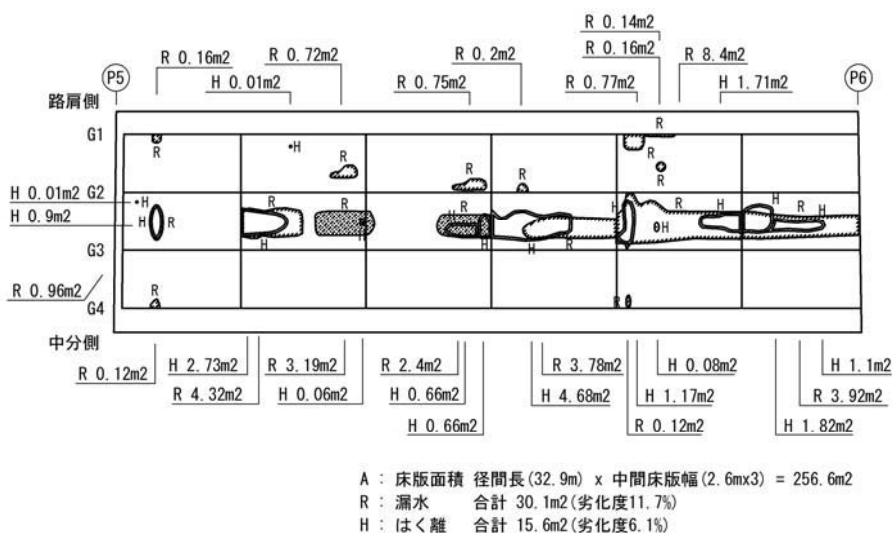


図-3 劣化度の算出事例

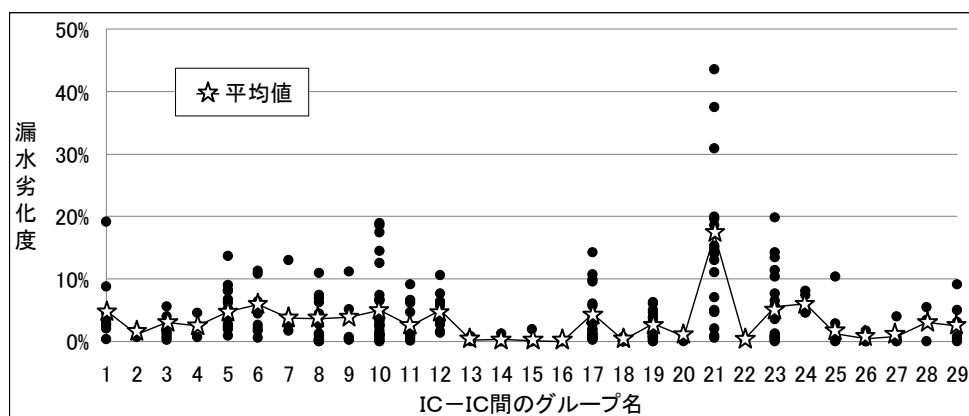


図-4 IC 区間別の RC 床版の漏水劣化度

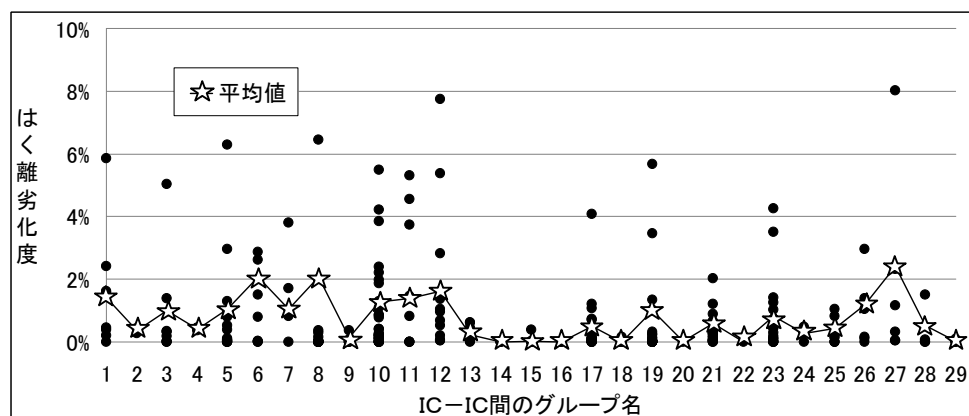


図-5 IC 区間別の RC 床版のはく離劣化度

2.3 劣化度の算出結果

本研究で提案した RC 床版の漏水劣化度およびはく離劣化度を橋梁単位で算出し、29 の IC 区間にグループ化して整理したものを図-4 および図-5 に示す。図中には、IC 区間のグループ内の橋梁における劣化度の平均値も示しており、平均値を大きく超える劣化度を有する橋梁があることが分かる。このように、IC 区間でグループ化した平均的な劣化度より大幅に上回る劣化度を有する RC 床版があるため、修繕計画を立案する際にはこれらの RC 床版について優先的に検討する必要があることが示唆される。

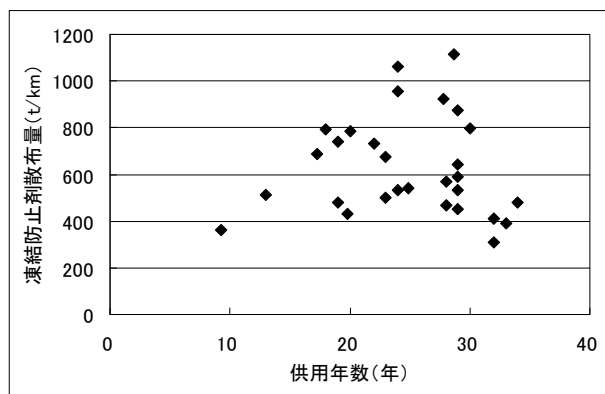


図-6 供用年数と累積凍結防止剤散布量との関係

3. RC 床版の劣化要因分析

3.1 供用年数と凍結防止剤散布量の関係

本研究で対象とした鋼橋 RC 床版の劣化要因として、供用開始年から詳細点検実施年までの「供用年数」および供用年数分で累積して算出した「凍結防止剤散布量」との関係性を IC 区間の平均値で整理して図-6 に示す。図-6 の縦軸には供用年数を考慮した累積の凍結防止剤散布量を示しているが、各 IC 間の凍結防止剤散布量にバラ

ツキがあるため、供用年数と散布量とは完全な比例関係にはないことが分かる。しかしながら、供用年数の増加に伴い散布量も増加している傾向がある。また、散布量が最大の区間は供用年数 29 年付近の IC 間であり、供用年数が 34 年で最長の IC 間が必ずしも散布量が最大となっているとは限らないことが分かる。

以上より、劣化度に対して供用年数と散布量のいずれの要因が強く影響するかについて明らかにすることを目的に分析した結果を以降に示す。

3.2 劣化度と供用年数との関係

漏水劣化度およびはく離劣化度と供用年数との関係を IC 区間の対象橋梁の平均値で整理したものを図-7 および図-8 に示す。供用開始年は理論的には劣化度が 0% となるため、図中には原点を通る線形の近似線を示している。

劣化度と供用年数との関係は、右肩上がりの相関がある傾向を示しており、目安の近似直線の決定係数 (R^2) に着目すると、漏水劣化度に比べてはく離劣化度の方が供用年数との相関があることが分かるが、いずれの決定係数も小さな値となっている。

また、目安の近似直線の上方にある IC 区間は劣化度が比較的高い RC 床版の多い区間と位置付けられるが、近似直線の上方にある点はいずれも供用年数が 20 年を超えており、供用年数が 20 年を超える IC 区間の RC 床版は劣化度が高くなる傾向が示唆される。

供用年数が 20 年以上の RC 床版は、1986 年の JIS 改訂前に建設された橋梁であり、アルカリ総量規制や塩化物イオン量規制の適用以前の橋梁であり、これらの要因も影響しているものと推察される。

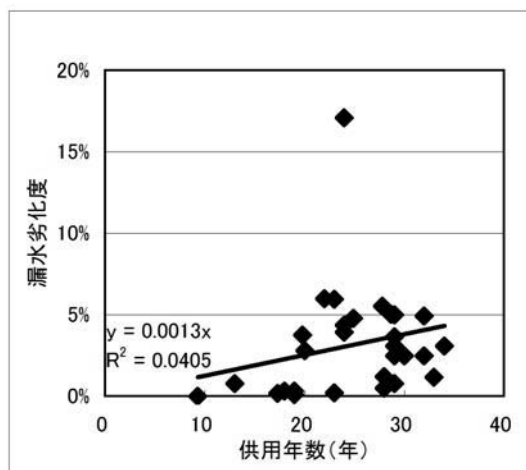


図-7 漏水劣化度と供用年数との関係

なお、図-7 において、顕著に高い漏水劣化度を示す IC 区間の値が存在しているが、この点については、凍結防止剤散布量との関係も含めて以降において詳細に分析して述べる。

3.3 劣化度と凍結防止剤散布量との関係

漏水劣化度およびはく離劣化度と点検時点までに累積した凍結防止剤散布量との関係を IC 区間の対象橋梁の平均値で整理したものを図-9 および図-10 に示す。図中には原点を通る線形の近似線を示している。

劣化度と凍結防止剤散布量との関係は、右肩上がりの相関がある傾向を示しており、目安の近似直線の決定係数 (R^2) に着目すると、はく離劣化度に比べて漏水劣化度の方が凍結防止剤散布量との相関性が高いことが分かるが、いずれの決定係数も小さな値となっている。

先に供用年数との関係でも着目していた①に示す IC 区間の漏水劣化度が顕著に高くなっているが、この IC 区間は先に図-4 で示している No21 の IC 区間であり、この区間には 19 橋の RC 床版が漏水劣化度 0% から 40% を超えるものまで分散しており、漏水劣化度が 30% を超える RC 床版は 3 橋存在している。

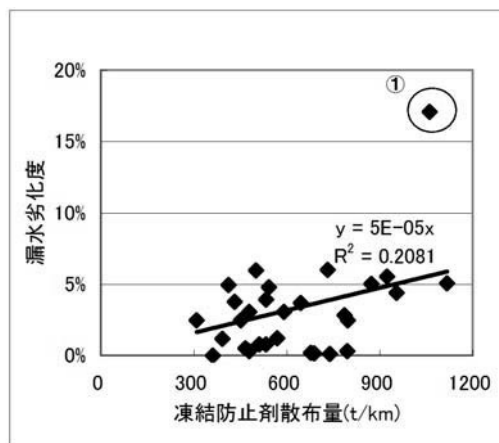


図-9 漏水劣化度と累積凍結防止剤散布量との関係

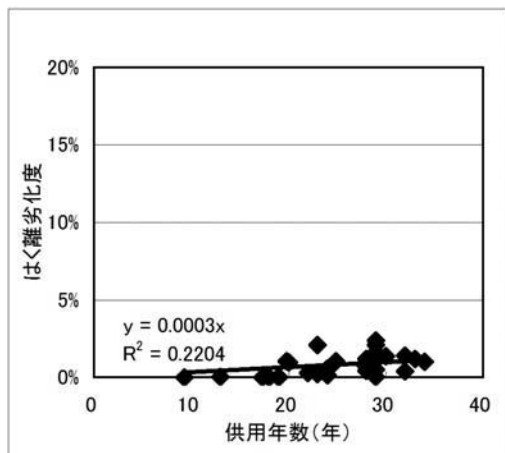


図-8 はく離劣化度と供用年数との関係

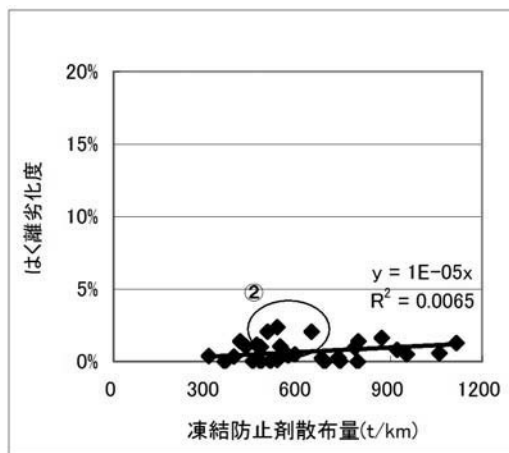


図-10 はく離劣化度と累積凍結防止剤散布量との関係

また、図-10の②で囲まれたIC区間のはく離劣化度は近似直線より上方にあり、これらのIC区間の点検時点までの供用年数を確認すると23年～29年と比較的長いことから、前述したようにはく離劣化度に及ぼす要因は、凍結防止剤散布量よりも供用年数の影響が高いと言える。

3.4 漏水劣化度とはく離劣化度との関係

漏水劣化度とはく離劣化度との関係を、IC区間の対象橋梁の平均値で整理して図-11に示し、連続非合成桁、単純合成桁、その他の形式に分類して整理した値をそれぞれ図-12、図-13、図-14に示す。

図-11に示すように、IC区間の対象橋梁で平均化した劣化度については、漏水とはく離の相関は分散しており、明確な比例関係は見受けられない。よって、床版下面の漏水が多いRC床版が必ずしも鉄筋腐食に伴うコンクリートのはく離が多くなるとは限らない。この分散傾向は、対象橋梁の構造形式のバラツキ、置かれている環境条件の違い、点検時点までに実施された補修履歴の有無等、様々な要因が複雑に関係した結果で生じているものと思慮される。そこで、構造形式別に整理した図-12～図-14を比較して見てみると、図-12に示す連続非合成桁が他の形式に比べてはく離が多い傾向を示しており、図-13に示す単純合成桁のはく離は3橋程度を除いて少ないことが分かる。

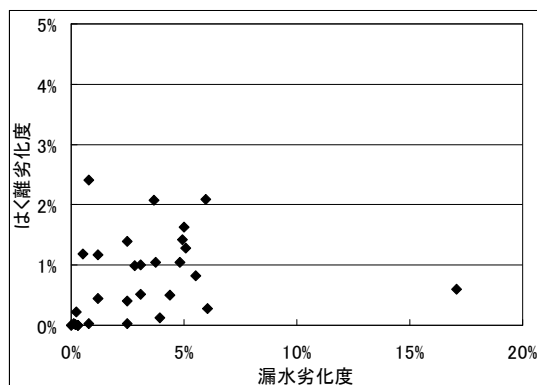


図-11 漏水とはく離との関係（IC区間平均値）

3.5 補修履歴の影響

道路橋床版は路面を支えている重要部材であり、過酷な環境下に置かれているため、交通荷重による疲労損傷や経年的な劣化損傷が確認された場合は、簡易な応急補修から大規模な補修まで様々な補修が実施されている。これまでに示している劣化度算出対象橋梁においても、点検時点までに補修履歴のある橋梁が含まれており、補修履歴の有無によって劣化度にも違いがあるものと思慮される。そこで、補修履歴の有無に分類して整理した漏水劣化度と点検時点までの見かけの供用年数との関係を図-15に示す。

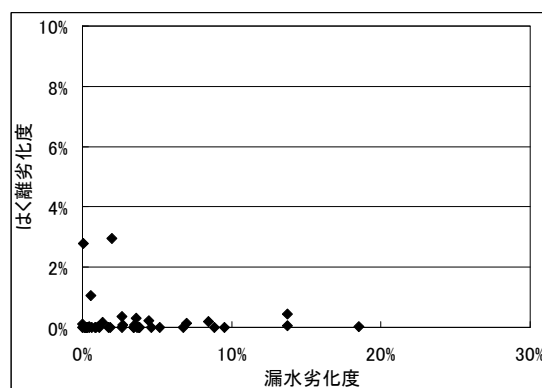


図-13 漏水とはく離との関係（単純合成桁）

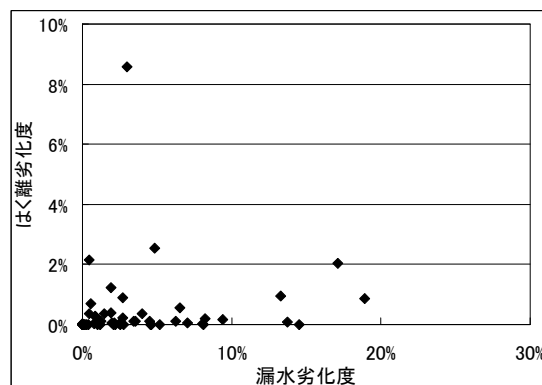


図-14 漏水とはく離との関係（その他形式）

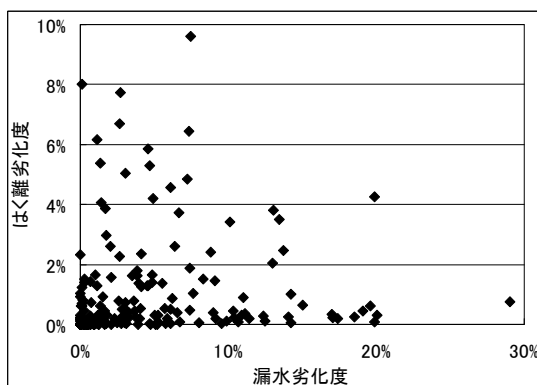


図-12 漏水とはく離との関係（連続非合成桁）

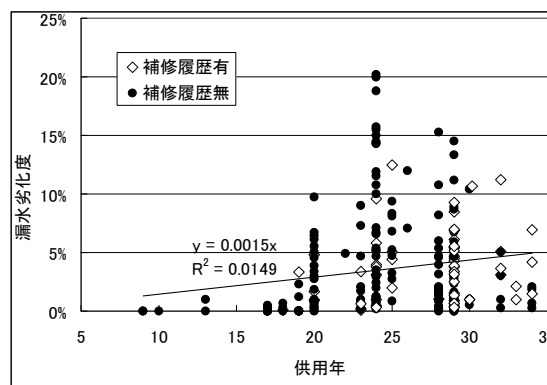


図-15 補修履歴の有無で分類した漏水劣化度

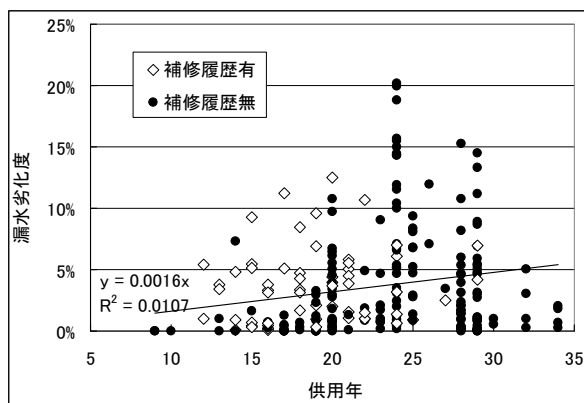


図-16 補修時点に供用年数をシフトした漏水劣化度

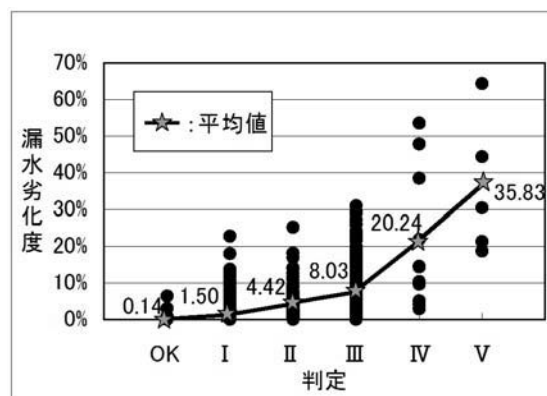


図-18 健全度判定と漏水劣化度との関係

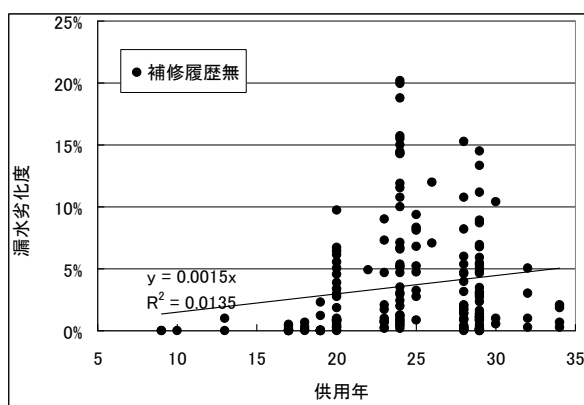


図-17 補修履歴無のみの漏水劣化度

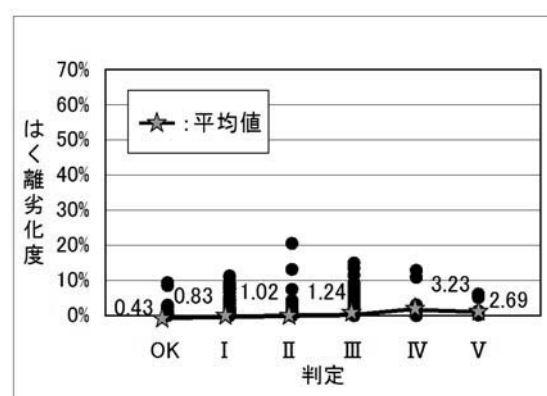


図-19 健全度判定とはく離劣化度との関係

図-15における近似直線は、補修履歴有無に関係なく全点の近似直線を示しており、IC区間の対象橋梁の平均値で整理した図-7と同様に近似直線の上方にある橋梁は供用年数が20年以上のものが殆どである。補修履歴のある白抜点は全点の23%を占めており、これらの橋梁は補修後の劣化速度が抑制されている可能性がある。よって、補修履歴のある橋梁の供用年数を供用開始年から補修実施年までの年数にシフトさせて図-16に示す。

図-16に示すように、補修履歴のある白抜点は供用年数が短い時点で補修を実施しており、補修直後に漏水が減ったか否かは不明であるが、漏水劣化度が近似線より上方にある橋梁も多いため、補修後に再劣化した橋梁もあると思われる。さらに、補修履歴の有る橋梁は除去して整理したものを図-17に示す。図-15～図-17を比較すると、近似直線の決定係数に大きな差は見られない。

以上より、補修履歴の有無による影響については、個別橋梁の補修内容について詳細に分析する必要がある。

3.6 劣化度と遊離石灰法による健全度ランクとの関係

高速道路のRC床版の評価判定は遊離石灰法により劣化の軽微なIから劣化の顕著なVまで5段階にランク分類した健全度判定を実施している。よって、劣化度と健全度判定との関係を図-18、図-19に示す。

はく離劣化度に比べると、漏水劣化度と健全度判定との相関性が高い傾向にあり、同じ健全度判定のランクの橋梁においても劣化度は分散しているため、同じ健全度判定ランクにある橋梁群を対象とした修繕計画では、今回提案した劣化度のような定量的評価手法を用いて、補修の優先順位付けについて、追加的な検討をするのがよい。

4. まとめ

本研究は、高速道路の鋼橋RC床版の点検データを活用し、床版下面の漏水とはく離に着目した定量的な劣化度を算出して劣化要因分析を行い、今後の修繕計画の方向性について考察したものである。本研究で得られた知見は限られた点検データに基づき考察したものであり、今後も詳細な劣化要因分析を行う必要があると認識しているが、多くの床版の修繕計画を立てる上では定量的な劣化度に基づく劣化要因分析が必要であり、本研究の取り組みが今後の同様な検討の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 西日本高速道路：保全点検要領（構造物編）、2006。