

空港インフラの効率的な維持管理を目指した 橋梁定期点検の自動診断システム構築のための一考察

学生会員 ○那須 瑞生 正会員 山口 浩平

成田国際空港株式会社 尾関 将克, 山本 裕, 白井 聡, 宮根 正和

長崎大学 非会員 平尾 百花

1. はじめに

橋梁定期点検は、国土交通省の橋梁定期点検要領¹⁾に基づいて実施されているが、点検項目が多く、大変な労力と時間、費用を要する。そこで、効率的にインフラを維持管理するためには、新技術を活用しシステム化されたマネジメントが必要となる。

空港には誘導路橋、道路橋をはじめ様々な橋梁が存在しているが、開港 41 年を迎え老朽化した橋梁も存在する。また、補修まで行っていない橋梁も存在する。さらに、通行止めなどの交通規制ができない構造物があることも維持管理をするうえで問題となっている。

定期点検は橋梁点検員による点検と橋梁診断員による診断から構成される。点検における損傷の程度の評価は、定期点検要領に記載の判断基準によって 5 段階で定量的に評価される。損傷の状態を把握したのちに、橋梁診断員が対策の必要性と健全性について診断を行う。また診断においては、対策区分の判定と健全性の診断には対応関係が存在する。一方、点検から診断への対応については定期点検要領に記載がなく、橋梁診断員の知識や経験によるため、大変な労力や時間を要することや、判断基準が明確でないことが問題となっている。これまでに橋梁定期点検結果を用いた研究は数多く行われているが、点検結果と診断結果の関係性に着目したものはほとんどないのが現状である。

2. 研究目的

以上のような背景より、本研究では今後の定期点検の効率化を目的とする。点検と診断の関係性に着目し、これらの対応関係を見出す。損傷の発生部材や発生箇所、第三者被害の有無等を考慮し、点検から診断を一意的に評価する判断基準を見出すことができれば、自動診断支援システムの構築など定期点検の効率化につながると考える。

3. 研究概要

空港内橋梁の定期点検データ分析を行った結果、点検と診断に関係性があることが分かった。

図 1 は、各損傷の種類の割合を全 49 橋と健全性Ⅲ、

Ⅳの橋梁について示したものである。同図より、腐食はどちらにも多くみられる。また、うき、ゆるみ・脱落、支承部の機能障害は全 49 橋においては割合が低いにもかかわらず、健全性がⅢ、Ⅳの橋梁においては割合が高くなっている。このことから、腐食、うき、ゆるみ・脱落、支承部の機能障害が致命的な損傷であることがわかった。

図 2 は、損傷部材の割合を全ての橋梁と健全性がⅢ、Ⅳの橋梁について示したものである。全 49 橋に対して健全性がⅢ、Ⅳの橋梁では、床版、ボルト、支承本体の損傷割合が高くなっている。このことから、これらの部材が重点的に着目すべき部材であることがわかった。

図 3 に示す損傷の程度と対策区分判定に着目したグラフを用いて分析を行っていく。同図において、損傷の程度 b のものは対策区分判定がすべて B となっており 1 対 1 で対応している。一方で、損傷の程度 d のものは対策区分判定が C1 と C2 のものがあり 1 対 1 で対応していないのでこのような部分を要検討とし、分析を行うことで判断基準を見出し、一意的に評価できるようにしていく。

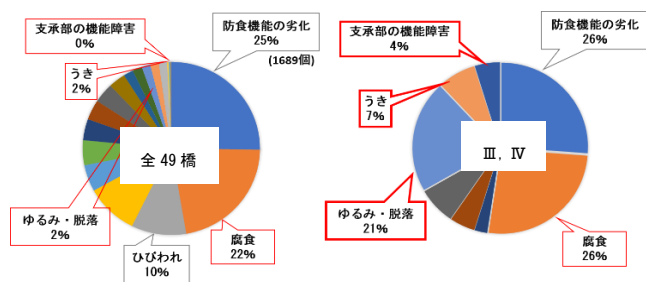


図 1 全 49 橋および健全性Ⅲ、Ⅳの橋梁の損傷の種類割合

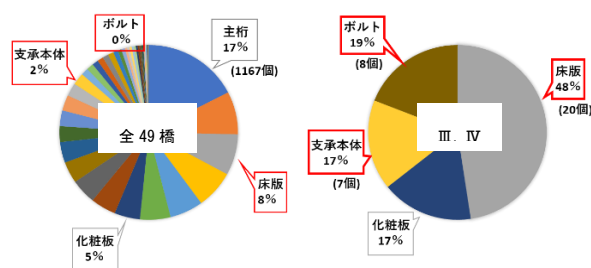


図 2 全 49 橋および健全性Ⅲ、Ⅳの橋梁の損傷部材割合

キーワード 維持管理, 橋梁定期点検, 機械学習

連絡先 〒852-8135 長崎市文教町 1-14 長崎大学大学院工学研究科構造工学コース 電話 095-819-2590

空港内橋梁の全ての損傷が発生した部材と損傷の種類
の組み合わせについて分析した結果、空港内橋梁全
49 橋において損傷が発生した部材と損傷の種類
の組み合わせは 252 ケースあり、そのうち要検討の組
み合わせは 113 ケースあった。ここでデータの信用性
の観点から重複部分の損傷数が 20 以上という閾値を
設け、これに該当する 32 ケースについて分析を行
う。図 4 に全損傷数と対策区分判定の内訳を示す。
同図より、本研究が目指す自動診断支援システムの
構築による定期点検の効率化を行ううえで、人の手
でなく機械により判断したい部分である B、C1 が約
90%を占めることから、これらの判断基準を見出す
ことで定期点検の効率化につながると考える。

分析によって得られた結果を機械学習に用い、自
動診断支援システムの構築に向けた検討を行う。

4. 研究結果および考察

まず、致命的損傷と重点着目部材の組み合わせに
ついて分析した。例として、床版に発生した腐食に
おける損傷の程度 d の C1 と C2 の違いは、雨水の
影響があるかどうかであることが分かった。

次に損傷数 20 以上の組み合わせについて、32 ケ
ースのうち 20 ケースで判断基準を見出すことがで
きた。一部を例として表 1 に示す。

分析結果を用いた自動診断支援システム構築のた
めに、点検調査から損傷の種類、損傷の程度の評価
、対策区分判定を抜き出したものを入力データとし
、これらを 10652×52 のマトリクスとなるようプロ
グラムを用いてマトリクス形式に変換し入力データ
と教師データを作成した。対策区分判定の内訳は
、B が 75.2%、C1 が 21.7%、C2 が 2.4%、E2
が 0.05%である。また、要検討の内、B と C1 の
重複は 35.8%、C1 と C2 の重複は 0.35%であ
る。なお、明らかにした要検討の判断基準は、本学
習では考慮しないこととした。これらの入力データ
と教師データを用いて学習を行う際に、そのデー
タの 70%を学習に、15%をネットワークが汎化さ
れていることを検証し過適合の発生前に学習を停
止するために、残りの 15%をネットワークの汎化
の完全に独立したテストとして使用する。これら
3 つのセットは、データの中からランダムに分割
される。

図 5 に入力データと教師データから学習した結果
である ROC 曲線を示す、ROC 曲線は、しきい値
が変化する場合の、横軸偽陽性率 (1-特異度) 対
する縦軸真陽性率 (感度) のプロットである。参
考として、同図中の右隅に精度の良い学習結果を
示すが曲線が左上隅に集

まるような図となる。同図より、対策区分 E2 は
データの数 (全体の 0.05%) が少ないために直線的
なものとなった。対策区分 C2 (全体の 0.35%) は
、要検討が比較的少ないので、対策区分 B および
C1 (B と C を合わせて全体の 35.8%) より左上隅
によっている。これらのことから、要検討に關し
ての対策区分の判断基準を入力データとして取り
入れることにより、より信頼性の高い適切な診断
結果が得られることが明らかになった。

今後、今回得られた分析結果を機械学習の入力
データとして取り入れることにより、より信頼性
の高い適切な診断結果が得られることが明らか
になった。

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，2019.3
- 2) Deep Learning Toolbox 入門ガイド，2019.3

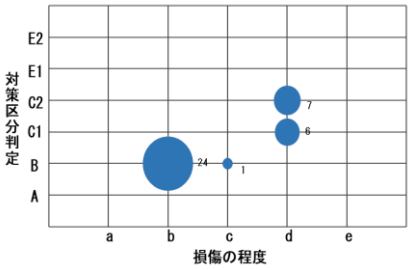


図 3 床版に発生した腐食の損傷の程度と対策区分判定の関係

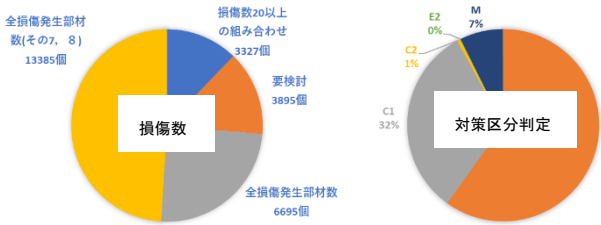


図 4 損傷数と対策区分判定の内訳

表 1 損傷数 20 以上の損傷の程度と対策区分判定の判断基準

損傷の種類	損傷の程度	部材	対策区分判定の重複	判断基準
腐食	d	主筋	C1	塩状の耐用年数を超過している場合C1
			B	
ひびわれ	c,d	床版	C1	鉄筋の腐食が確認される場合C1
			B	
ひびわれ	c,d	縦壁	C1	鉄筋の腐食が確認される場合C1
			B	

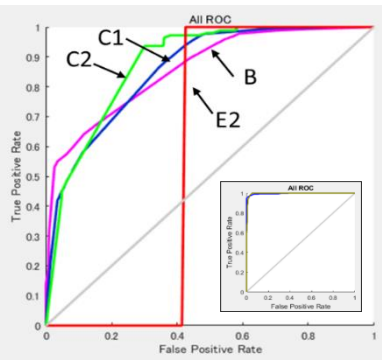


図 5 点検結果と診断結果のみを用いた学習