

地理情報システムを用いた北海道道路橋の健全度の傾向分析

Analysis on deterioration of road bridges in Hokkaido using GIS

北海道大学大学院工学院 ○学生員 川内谷 純 (Jun Kawauchiya)
北海道大学大学院工学研究院 フェロー 横田 弘 (Hiroshi Yokota)

1. はじめに

北海道開発局が管理する橋長 2m以上の道路橋は、平成 26 年 4 月 1 日時点で 4,162 橋あり、その 4 割が高度経済成長期に建設されたものである。今後これらの橋梁の劣化が一斉に進むことが危惧され、計画的な補修・架替えが必要である。橋梁定期点検では、道路橋の各部材における損傷状況の把握と対策区分の判定を行い、その結果を踏まえて、部材単位、橋梁単位の健全性診断を行っている。より効率的かつ適切に維持・補修計画を立案するためには、蓄積された橋梁点検データの健全度の傾向を把握することが有効である。一方で、北海道のような積雪寒冷地における橋梁は、飛来塩分や凍結防止剤による塩害、凍結融解作用による凍害などの複合的な劣化作用を受けるため、橋梁の健全度は地域的な特徴が存在する可能性がある。

そこで本研究では、地理情報システム (GIS) を用いて、北海道開発局が管理する北海道内の国道に設置されている橋梁の点検データから劣化傾向の空間的な傾向を把握し、地理条件や環境条件が健全性に及ぼす影響について考察を行った。

2. 橋梁の劣化傾向の把握

「道路橋定期点検要領」に基づいて得られた平成 26 年度から 29 年度までの北海道の国道における橋長 2m 以上の道路橋 3,386 橋の点検データを用いた。健全性の判定区分を表-1 に示す。

点検データを集計し、健全性判定区分、供用年数、材料についての傾向を把握した。まず、図-1 に判定区分ごとの割合を示す。判定 I が 1,870 橋(55%)、判定 II が 1,005 橋(30%)、判定 III が 511 橋(15%)、判定 IV が 0 橋(0%)であり、判定 I の割合が最も高い。次に、建設年度と点検年度の差を供用年数として、図-2 にその割合を示す。供用年数 40 年以上 50 年未満が 24%で最も高く、50 年以上の橋梁は 19%、80 年以上経過している橋梁は 10 橋ある。図-3 は判定区分別の供用年数の割合を示したものである。判定 I の橋梁 (1425 橋) における供用年数別の割合は、10 年以上 20 年未満の割合が 28%で最も高くなり、50 年以上の割合は 13%である。判定 II の橋梁 (1425 橋) における供用年数別の割合で最も高かったのは、10 年以上 20 年未満で 21%、40 年以上 50 年未満の割合の 22%であり、50 年以上では 21%である。判定 III の橋梁 (1425 橋) において、供用年数別の割合で最も高かったのは、40 年以上 50 年未満の 38%であり、50 年以上では 33%である。これらの結果から、供用年数が長くなるほど、健全性が低下することがデータからも

確認された。

さらに、道路橋の材料の相違による劣化傾向の把握を行った。上部構造の主材料から、鋼橋、コンクリート橋 (RC, PC)、その他に大別した。全体の割合は、鋼橋が 43%、コンクリート橋が 56%、その他が 1%であり、コンクリート橋の割合が高い。鋼橋とコンクリート橋の

表-1 健全性の判定区分

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。

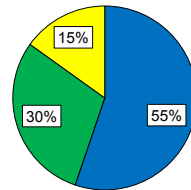


図-1 判定区分の割合

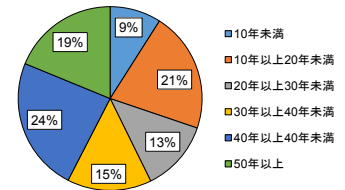


図-2 供用年数ごとの割合

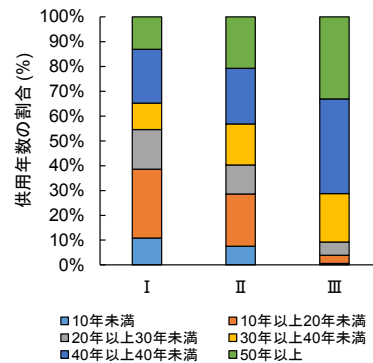


図-3 判定区分別の供用年数の割合

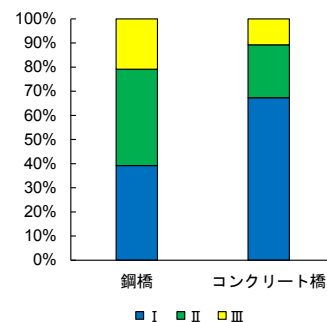


図-4 材料ごとの健全性判定区分の割合

健全性判定の割合を図-4に示す。鋼橋ではⅠとⅡがそれぞれ39%、40%であり、Ⅲが21%である。コンクリート橋ではⅠが67%であり、Ⅲが11%である。これらの結果から、鋼橋の方が比較的健全度の低下が進行していることがわかった。

3. GISを用いた橋梁点検データの傾向分析

GISは、地物に空間上の特定の地点や区域などを示す位置情報が付加された地理空間情報をコンピュータ上でデータベース化し、それを検索・分析・表示できるようにしたシステムである。本論文では、GISを用いて各橋梁が位置する標高、海岸線からの距離、年最深積雪といった地理条件や環境条件が、健全性に及ぼす影響の把握を行い、傾向分析した結果を示す。

3. 1. 標高

各橋梁の標高は、国土交通省 国土地理院が提供する「地理院マップシート」を用いて取得した。対象橋梁は、標高データの取得できる3,369橋とした。標高100m未満の地域を平地部、100m以上の地域を山間部と定義し、GIS上で平地部と山間部の橋梁位置をプロットしたものを図-5に示す。プロットした結果を整理すると、平地部が69%、山間部が31%である。平地部において標高を50m未満(P1)と50m以上100m未満(P2)の2つに分類すると、P1の割合は80%、P2の割合は20%であり、標高50m未満の地域で橋梁が多く設置されていることがわかった。

次に、山間部において標高を100m以上200m未満(M1)、200m以上300m未満(M2)、300m以上400m未満(M3)、400m以上500m未満(M4)、500m以上600m未満(M5)、600m以上(M6)の6つに分類すると、該当する橋梁のうち、M1が48%と最も多く、次いでM2が24%である。標高100m以上200m未満(M100)と200m以上(M200)の2つに分類し、これに該当する橋梁の位置を図-6にプロットした。また、これらの橋梁の健全性区分の割合を図-7に示す。区分がⅠからⅢに上昇するにつれて、M100の割合は低下する一方、M200の割合は上昇している。したがって、山間部において標高200m以上の地域ではより健全性が低下する傾向にあると考えられる。

3. 2. 海岸線からの距離

GISでは、海岸線などの任意の線データから等距離にある領域を生成するバッファ機能があり、作成したバッファ領域内の点データを抽出することができる。この機能を用いて、海岸線から一定の距離内にある橋梁を抽出し、その結果からデータの傾向分析を行った。海岸線データは国土数値情報の海岸線データを用いた。

図-8は沿岸部と内陸部の健全度Ⅲの橋梁の分布を示したものである。北海道の南西側に位置する渡島・檜山・後志・胆振地方では、海岸線付近に橋梁がより密集している。海岸線から100m、200m、300m、400m、500m、600m、700m、800m、900m、1km、1.5km、2km、3km、4km、5km、10km、20kmの17個の領域を設定し、

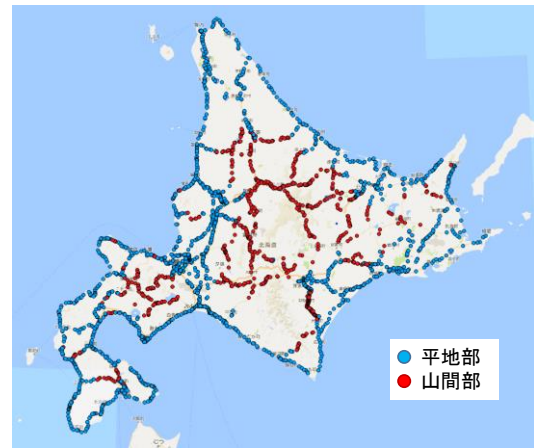


図-5 橋梁の平地部と山間部の橋梁

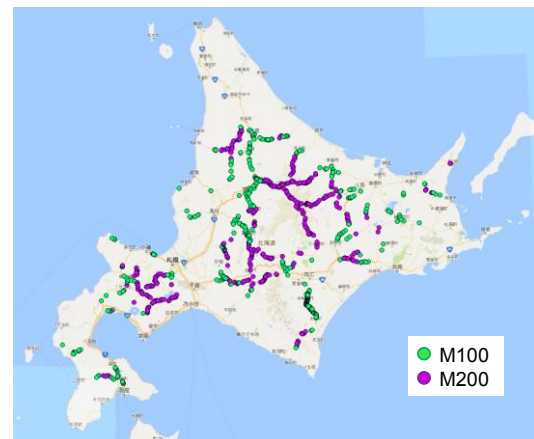


図-6 橋梁のM100とM200の橋梁

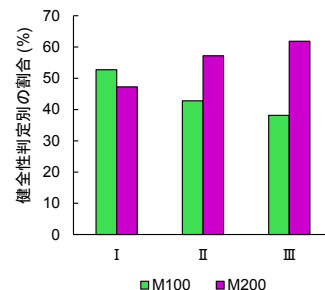


図-7 M100, M200における健全性区分の割合

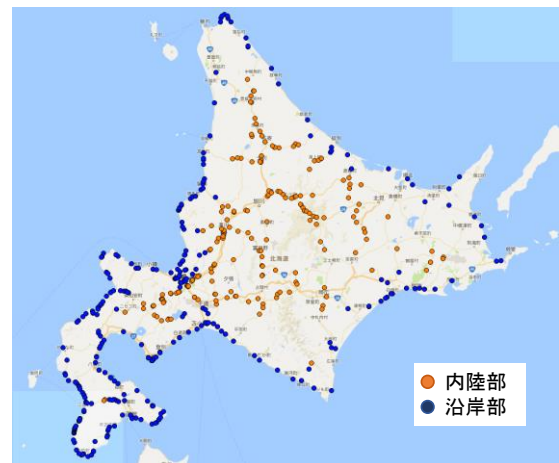


図-8 内陸部、沿岸部における判定Ⅲ橋梁の分布

それぞれの領域に位置する橋梁を抽出した。各領域における健全性判定の割合を図-9に示す。どの領域においても判定Ⅰの割合が高く、判定ⅡとⅢを比較すると海岸線から1kmまでの領域では判定Ⅲの方が、1.5km以上の領域では判定Ⅱの方が高い。つまり、各判定Ⅲの割合に着目すると、海岸線に近いほど判定Ⅲの割合が高くなる傾向が見られる。この結果から、判定Ⅲの沿岸部において飛来塩分の影響を受けていることが想定され、劣化の進行に地理的要因が関係している可能性が高いことがわかった。

次に、鋼橋、RC橋、PC橋に分類し、材料の違いによる傾向を調べた。判定Ⅲの橋梁に着目して、各領域における材料別の割合を図-10に示す。鋼橋では、海岸線に近いほどより健全性が低下する傾向を示しているが、RC橋とPC橋では異なる傾向を示している。また、海岸線から500m以内の領域ではPC橋の方が健全性Ⅲの割合が高いが、700m以上の領域では鋼橋の方が高くなっている。

次に、日本海側とそれ以外の地域に分類し、環境の違いが健全度に及ぼす影響を材料別に調べた。道路橋示方書(Ⅱ 鋼橋編)では、耐候性鋼材を無塗装で使用する場合の適用地域として飛来塩分量の測定を省略してよい地域が設定している²⁾。また、道路橋示方書(Ⅲ コンクリート橋編)では、コンクリート橋が塩害の影響を受ける地域を設定している³⁾。これらを参考に鋼橋は、海岸線から1km、2km、5km、20kmの範囲で、RC橋、PC橋は、海岸線から100m、300m、500m、700m、1kmの範囲で塩害による影響を受けていると仮定し、それぞれの領域における橋梁の劣化傾向について分析を行った。

まず、鋼橋において、設定した海岸線からの領域の橋梁を集計した。日本海側の海岸線付近における判定ごとの割合を図-11に示す。この結果から、海岸線から5km以内の領域では大きな差がないが、20km以内の領域では判定Ⅰの割合が最も高くなる傾向が見られる。また、判定Ⅲに着目すると、海岸線から近いほど割合は低下する傾向が見られる。日本海側以外の海岸線付近において判定ごとの割合を比較すると、どの領域においても判定Ⅲの割合が低い。判定Ⅲに着目すると、海岸線から近いほど割合は低下する傾向がある。この結果から、日本海側、日本海側以外のどちらでも、鋼橋は海岸線から近いほど健全度が低下することがわかった。

次にRC橋において、設定した海岸線からの領域の橋梁を集計し、日本海側の海岸線付近における判定ごとの割合を算出した。この割合を比較すると、どの領域でも判定Ⅰの割合が最も高い。判定ⅡとⅢにおける割合の比較を図-12に示す。海岸線から100m以内の領域では判定Ⅱより判定Ⅲの方が高く、300m以上の領域では判定Ⅲより判定Ⅱの方が高い。判定Ⅲに着目すると、領域による明確な傾向の相違は見られない。日本海側以外の海岸線付近における判定ごとの割合を比較すると、どの領域においても判定Ⅰ>Ⅲ>Ⅱとなる。判定Ⅲの割合に着目すると、海岸線から300mまでの領域で割合が比較的高くなり、全体の傾向としては海岸線から遠ざかるほど割合は低下している。これらの結果から、日本海側で

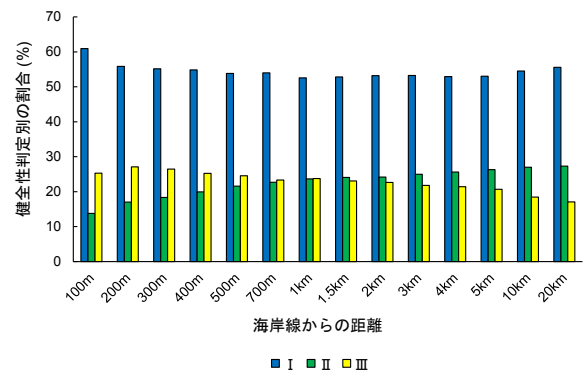


図-9 沿岸部の各領域における健全性判定区分の割合

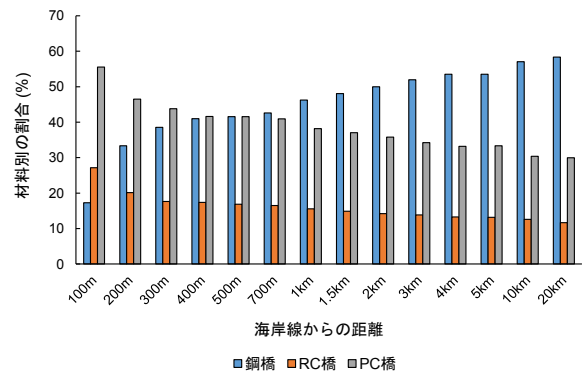


図-10 沿岸部の各領域における判定Ⅲ橋梁の材料別割合

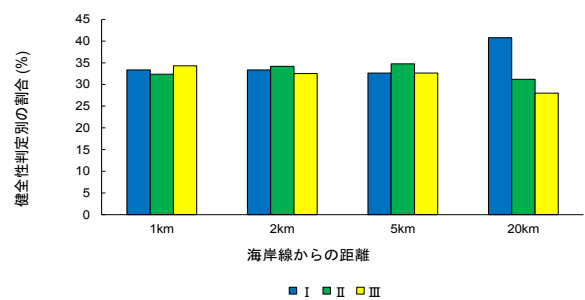


図-11 鋼橋における健全度判定別割合

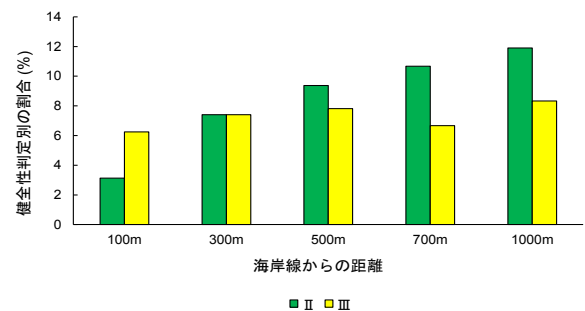


図-12 RC橋における健全度判定Ⅱ,Ⅲの割合

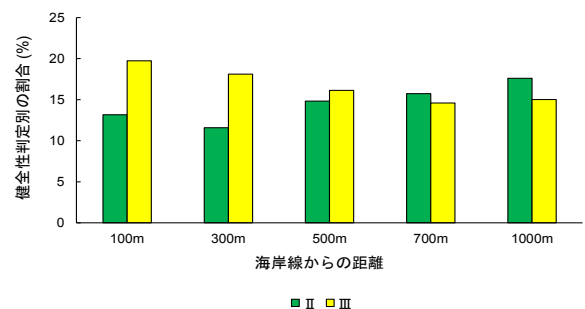


図-13 PC橋における健全度判定Ⅱ,Ⅲの割合

は海岸線からの距離による健全性の低下の傾向は認められず、日本海側以外では海岸線に近いほど健全性が低下すると考えられる。

次に、PC 橋において、設定した海岸線からの領域の橋梁を集計し、日本海側の沿岸部における健全性ごとの割合を算出した。この結果、どの領域においても判定 I の割合が最も高くなることが分かった。判定 II と III における割合の比較を図-13 に示す。海岸線から 300m 以内の領域では判定 II より判定 III の方が高く、300m 以上の範囲では判定 III より判定 II の方が高い。判定 III に着目すると、海岸線から近いほど割合が高くなる傾向がある。日本海側以外の海岸線付近において、判定ごとの割合を比較すると、どの領域においても判定 $I > III > II$ となり、判定 III に着目すると、海岸線に近いほど割合が高くなる傾向が見られる。これらの結果から、日本海側、日本海側以外どちらも海岸線に近いほど健全性が低下すると考えられる。

これらの結果から、鋼橋、PC 橋では沿岸環境の違いによらず健全度がほぼ同様に低下する傾向があり、RC 橋では日本海以外の沿岸で健全性がより大きく低下する傾向にあると考えられる。

3. 3. 年最深積雪

国土数値情報・平年値メッシュデータの年最深積雪メッシュデータを用いて北海道内における年最深積雪の分布を GIS 上に投影させた。平年値とは、その時々気象（気温、降水量、日照時間等）や天候（冷夏、暖冬、少雨、多雨等）を評価する基準として利用されるとともに、その地点の気候を表す値としても用いられる。気象庁では、西暦年の 1 の位が 1 の年から続く 30 年間の平均値をもって平年値とし、10 年ごとに更新している⁴⁾。本研究では、2013 年 5 月から使用されている現在の平年値を用いた。

図-14 に、年最深積雪の分布と健全度 III の橋梁の位置情報を示す。全体的に積雪 100cm 未満の割合が高いことがわかる。積雪 100cm 未満の橋梁を集計し、50cm を閾値とすると、50cm 未満より 50cm 以上 100cm 未満の方が割合が高い。

北海道のような積雪寒冷地では路面に凍結防止剤やすべり止め材を冬期に散布する。北海道における凍結防止剤とすべり止め材の使用比率は、降雪量が少なく気温が比較的高い開発建設部では凍結防止剤の使用比率が高く、気温が低く降雪量の多い開発建設部ではすべり止め材の使用比率が高くなっている⁵⁾。また、北海道で散布されている凍結防止剤の 99% は塩化ナトリウムなどの塩化物系であり、凍結防止剤によって塩害を受け橋梁の劣化が進行する要因になり得る。判定区分 III の橋梁の分布をみても、道東、道北地域より、道南地域で多く分布がみられる。このことから、比較的高い気温が高く降雪量が少ない地域では凍結防止剤の影響による塩害劣化を受けたため、判定 III の割合が高くなったと考えられる。

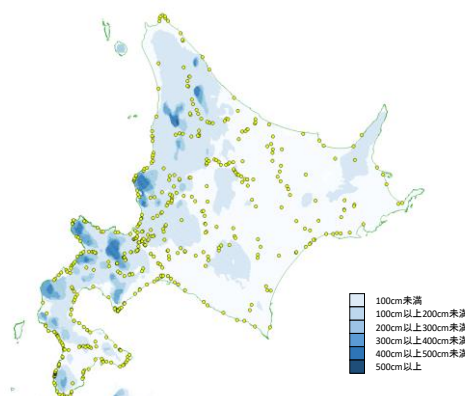


図-14 年最深積雪の分布と健全度 III の橋梁の位置

4. おわりに

本論文では GIS を用いて各橋梁が位置する標高、海岸線からの距離、年最深積雪といった地理条件や環境条件が橋梁の健全性に及ぼす影響を調べ、その傾向を分析した。GIS 上に海岸線データや気象データを表示し、当該橋梁をそれぞれプロットすることで、地理条件・環境条件がおよぼす傾向を把握することができた。さらに、GIS 上で得られた傾向から指定した橋梁を抽出することで高度な分析を行うことができた。今後は、供用年数の影響と本分析結果を基に健全度を補正し、健全度の低下予測を行う予定である。また、道路橋健全度の低下予測の観点から PDCA サイクルによる維持管理マネジメント手法の提案を行う予定である。

謝辞

本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」および「地域協働型インフラセットマネジメント実装に関する研究」（管理法人：JST）によって実施されました。解析に際しては、北海道大学公共政策大学院・高松泰客員教授のご助言をいただきました。また、橋梁データは国土交通省北海道開発局からご提供いただきました。ここに記して、感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 橋本雄一、二訂版 QGIS の基本と防災活用、古今書院、2017
- 2) 公益社団法人 日本道路協会、道路橋示方書・同解説 I 共通編 II 鋼橋編、H24.3
- 3) 公益社団法人 日本道路協会、道路橋示方書・同解説 I 共通編 III コンクリート橋編、H24.3
- 4) 平年値の更新について、国土交通省 気象庁ホームページ、
https://www.jma.go.jp/jma/press/1103/30a/110330_heine_nchi.html
- 5) 凍結防止剤とすべり止め材について、独立行政法人土木研究所 寒地土木研究所ホームページ、
http://www2.ceri.go.jp/jpn/news/koutsu/panf/touketubou_si.pdf