

北海道の橋梁点検と劣化曲線に関する一試み

On bridge inspection of bridges in Hokkaido and an attempt on deterioration curves

北海学園大学工学部
 北海学園大学大学院
 北海学園大学
 北海学園大学
 (株)建設技術研究所

○正員 杉本博之 (Hiroyuki SUGIMOTO)
 学生員 阿部淳一 (Junichi ABE)
 学生員 菊地康太 (Kouta KIKUCHI)
 学生員 小林弘明 (Hiroaki KOBAYASHI)
 正員 松岡利一 (Toshikazu MATSUOKA)

1. まえがき

橋梁維持管理システムの開発、運用に関しては、国に比べ地方公共団体はかなり後れを取っている。その中でも、各高速道路関係の機関の他に三重県、青森県、大阪府、兵庫県などは比較的進んでいるといわれている¹⁾。

北海道の橋梁維持管理システムの開発は、全国的にも進んでいるほうと考えられるが、まだ本格的な実施体制の確立には至っていない。

その現状と、維持管理システムに欠かすことのできない橋梁各部材の劣化予測曲線の推定についての一つの試みを報告する。

2. 北海道の橋梁の点検状況

北海道の橋梁点検は、平成12年(2000年)から開始しているが、現段階でまだ全橋の点検は終了していない。

各土現毎および橋梁種別毎の管轄橋梁数と点検状況を表-1に示した。

全道では、鋼橋とコンクリート橋の数はほぼ同数であり、点検終了の橋梁の割合は76%である。土現別に見ると、札幌と稚内土木現業所において9割前後なのに対し、旭川、帯広、釧路土木現業所においては6割台に過ぎない。橋梁維持管理システムの開発が進んでいる他府県に比べて、広域であることと管理橋梁数が多いことがその理由と考えられる。

しかし、有効な橋梁維持管理システムの開発には、現状把握が第1条件であるので、早急に進める必要があると思われる。また、上路橋に比べて下路橋(トラス橋、アーチ橋等)の点検は余り進んでいない(5%程度)。これらもやはり進めなければならない。

図-1と図-2は、それぞれ旭川土木現業所と札幌土木現業所管轄橋梁の竣工年度と未点検、点検済み橋梁の数の関係を表す。上部の濃い黒の部分が無点検橋梁数を表し下の薄い灰色の部分の点検済み橋梁数を表す。やはり、旭川土木現業所の未点検橋梁が目立つ。

なお、点検は部材毎に行われる。それは、上部工は「主桁」、「副部材」、「床版」の3部材、下部工は「躯体」、「基礎」の2部材、「支承」は本体、モルタル、アンカーの3ヶ所を点検し、それらの最小の値を用いる。さらに「伸縮装置」、「橋面工」の2部材である。橋面工は、舗装、地覆、縁石及び防護柵の4ヶ所を点検しそれらの最小値を用いる。以上、8部材の点検が5段階評価で行われている。

点検結果の分析においては、これらの部材の他に、さらに、鋼橋とコンクリート橋に分けてまとめられている。

表-1 各土現の橋梁点検の状況

土現名	鋼橋	コンクリート橋	その他	点検橋梁	管轄橋梁	未点検橋梁
旭川	170	280	97	547	850	303
網走	215	249	13	477	634	157
小樽	140	102	10	252	345	93
帯広	197	207	13	417	677	260
釧路	97	45	94	236	388	152
札幌	314	335	206	855	865	10
函館	159	264	15	438	453	15
室蘭	212	181	92	485	666	181
留萌	111	88	23	222	310	88
稚内	93	122	39	254	291	37
全道	1708	1873	602	4183	5479	1296

旭川

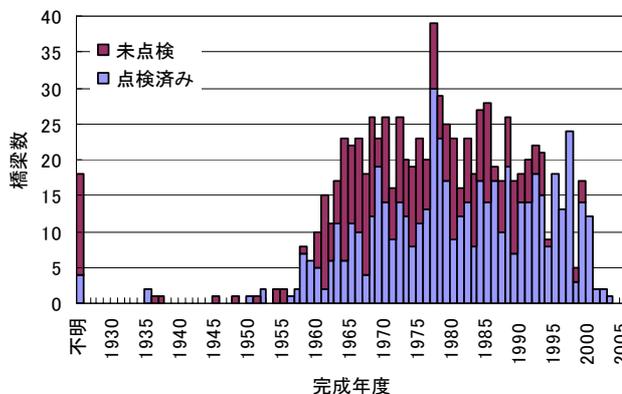


図-1 点検、未点検橋梁と竣工年度(旭川土現)

未点検橋梁 12
 点検済み橋梁 41
 札幌

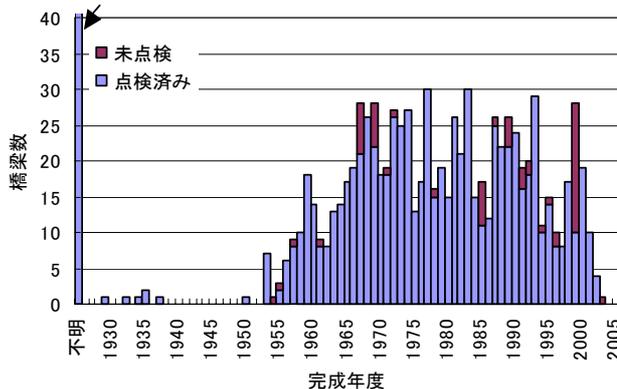


図-2 点検、未点検橋梁と竣工年度(札幌土現)

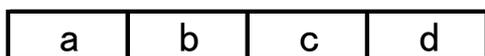


図-3 部材と部材を構成する要素 (a~d)

表-2 評価例における最悪値評価と平均値評価の例

部材要素名	評価				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
a	2	1	1	1	1
b	2	2	1	1	1
c	2	2	2	1	1
d	2	2	2	2	2
最悪値評価	2	1	1	1	1
平均値評価	2.0	1.75	1.50	1.25	1.0

3. 点検におけるいくつかの課題

目視点検は、今後の橋梁維持管理においても重要なデータを提供すると思われる。今後の施策のほとんどはこの目視点検の結果を元として導かれる。

一方、いくつかの課題もあることは事実である。基本的には、点検の質と量にかかわる課題である。

(1) 点検単位について

前節において、例えば点検部材を主桁と書いたが、これは主桁の長さあるいは単径間、多径間に関係なく、主桁を点検した結果の最悪値を主桁全体の評価に用いることを意味している。この問題点を図-3及び表-2に示した。これは、ある部材が4要素から構成されるとし、それぞれの要素の点検評価に5パターン与えて、そのときの最悪値評価（4要素の評価の内、最も悪い評価を部材評価とする方法）と平均値評価（各要素の評価をそのまま用いる評価方法）の違いを示したものである。ここでは、簡単のため2段階評価で、1が悪い状態、2は健全な状態を表すとする。表に示すとおり、最悪値評価では、2か1かしか現れず、悪い状態の程度を表せない。一方、平均値評価では悪い状態の程度を相対的に表すことができる。これを、4要素からなる部材の破壊確率として考える場合、要素間関係が直列的でも並列的でも、表の右にいくに従い破壊確率は連続的に増加する。これらより、現状の大きな括りによる部材による評価は、ある程度細分化した要素による評価に修正する方が、より適切に橋梁の健全度を表現することができると考えられる。

(2) 点検の量と質

点検の量に関しては、2.に記述したように、まだ全橋梁の点検が終了しておらず、早急に必要な必要があるし、点検の精度の向上も今後図る必要があると思われる。北海道は、他府県に比べてはるかに広域である。それは地理的のみならず、技術及び技術者の分布においても多様な広がりを持っている。橋梁点検の結果は、今後一括して管理され、分析されて今後の施策の決定に用いられる重要な作業であるので、均一な精度は当然要求される。点検に関する種々の資格制度の利用、あるいは担当者の講習会への参加の義務付け、担当者への技術者倫理教育などが必要と考えられる。

(3) 橋梁の健全度評価

橋梁の点検は部材単位で行われ、橋梁全体の点検は行われない。補修、補強工事は部材に対して行われるので、その意味では橋梁の評価は必要ない。しかし、橋梁はあくまでも道路ネットワークの1要素であり、その観点からは部材の損傷の程度よりは、橋梁の健全度の評価の方が重要である。

橋梁の健全の程度を表す指標としては、次式の橋梁健全度²⁾を用いる。

$$BHI_i = \sum_{j=1}^{nm} D_j \times a(R_{ij}) \quad (1)$$

ここで、 BHI_i は*i*橋の橋梁健全度、*i*は橋梁番号、*j*は部材番号、*nm*は部材数、 D_j は*j*部材の重み係数、 $a(R_{ij})$ は*i*橋梁の*j*部材の点検健全度 R_{ij} に対応する健全度係数である。詳細³⁾は省略する。

ここでの課題は、部材の重み D_j の設定である。横浜市の方法⁴⁾が合理的と考えられるが、今後さらに検討が必要である。

4. 点検結果による橋梁各部材の劣化予測曲線の推定

橋梁維持管理システムにおいては、最終的に対策を施す橋梁、部材の優先順位の決定と、対策工法の選択が示される。そこでは、ライフサイクルコスト(LCC)の計算が必要となる。

LCCの計算には部材の劣化の経年的な進行を推定する劣化予測曲線が必要である。

青森県では、環境要因に対応する1022種の劣化予測式を設定している⁵⁾。

伊藤ら⁶⁾は鋼材、ゴム材等の膨大な量の促進実験を行い、耐久性評価等を行っている。実時間とのキャリブレーションが課題になると思われるが、今後種々の環境下における劣化予測式の確立が期待できる。

北海道が集積したデータの内容から考えると、橋梁サイトごとの環境要因のインプットは非現実的である。そこで、今回行われた点検結果を用いて劣化曲線の予測を試みた。

(1) 各部材の点検結果

点検結果は、10土現それぞれで集計されているが、劣化の経年的変動傾向を見るためにはデータの数が少ないので、すべてのデータを統合して、北海道レベルで検討することにする。

データそのものは、現段階では、鋼橋(S)とコンクリート橋(C)それぞれにおいて、前記の8部材総てで集計されている。それらの内、鋼橋床版とコンクリート橋主桁の結果を図-4、5に示した。

図はそれぞれ、点検劣化度(1~5)毎に橋梁の供用年数に対する橋梁数を示している。点検劣化度は1が最悪で5が健全な状態を表す。

(2) 劣化予測曲線の推定

劣化予測曲線は本来は、1つの橋梁の履歴を追跡して経年的な劣化状況を公式化するべきものである。しかし、現状ではそのようなデータは蓄積されていない。それで、鋼橋とコンクリート橋それぞれにおいて、図-4あるい

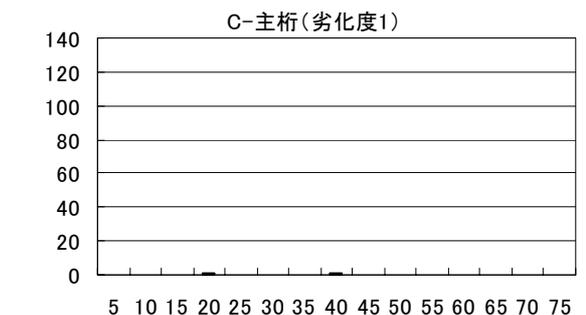
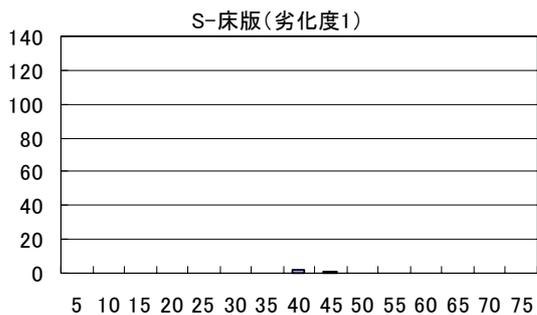
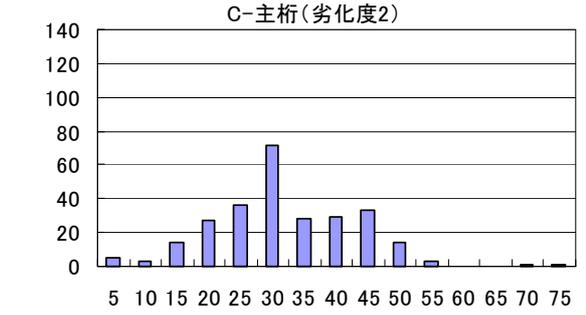
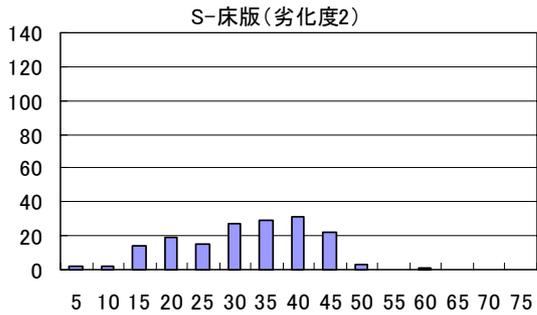
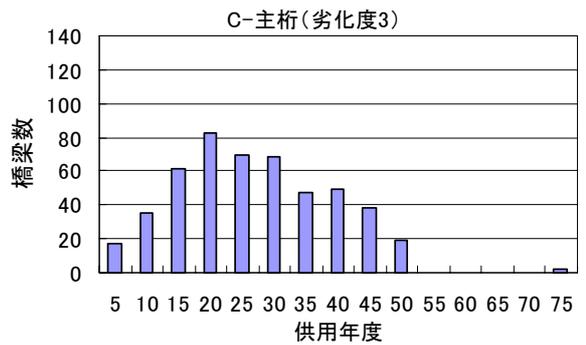
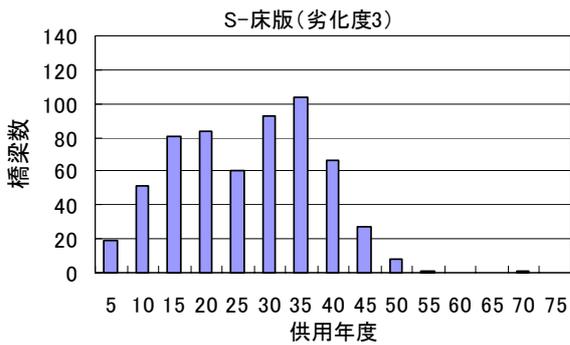
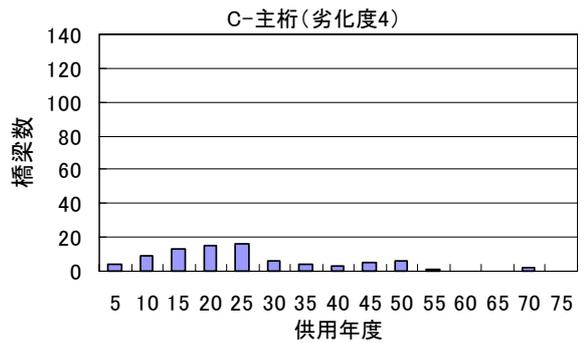
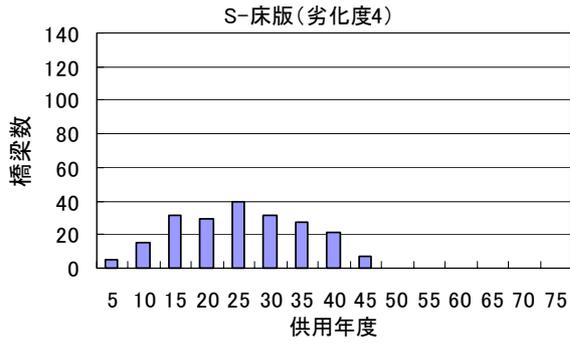
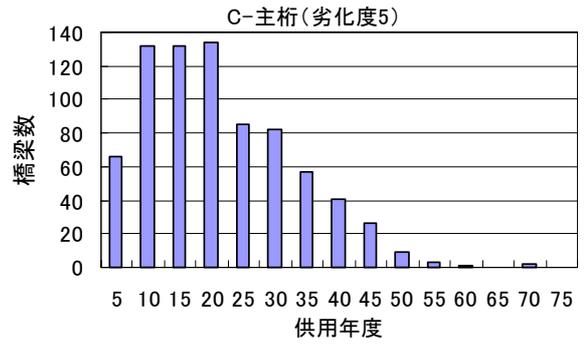
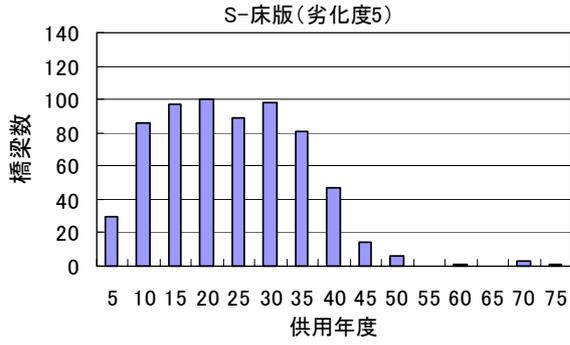


図-4 鋼橋床版の劣化度別分布

図-5 コンクリート橋主桁の劣化度別分布

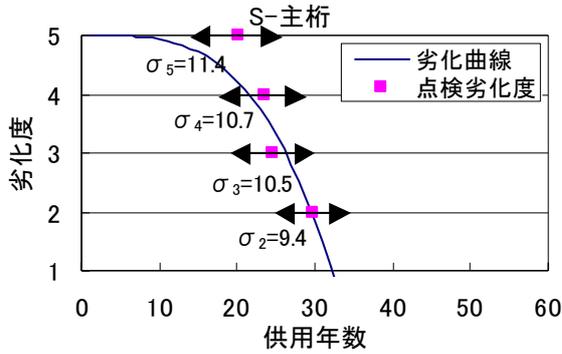


図-6 鋼橋主桁の劣化曲線の予測

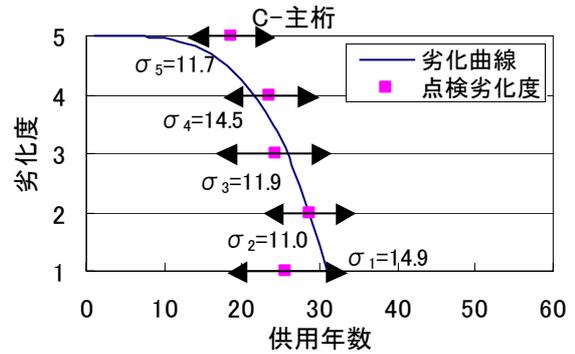


図-9 コンクリート橋主桁の劣化曲線の予測

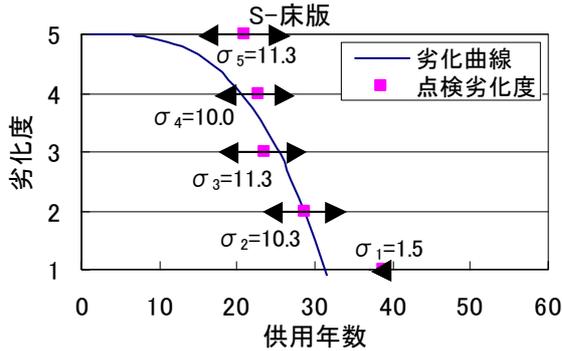


図-7 鋼橋床版の劣化曲線の予測

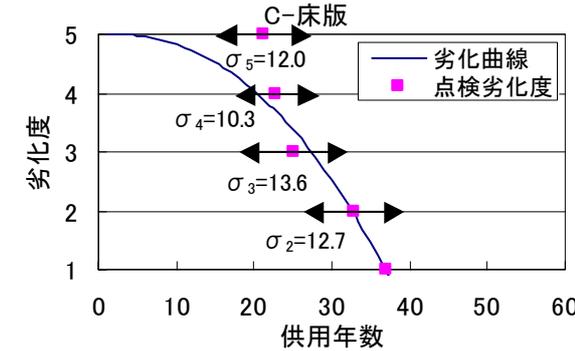


図-10 コンクリート橋床版の劣化曲線の予測

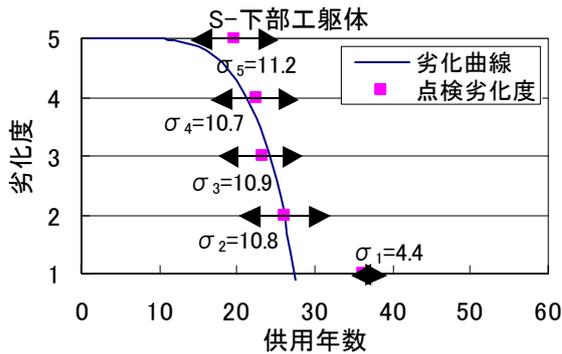


図-8 鋼橋下部工躯体の劣化曲線の予測

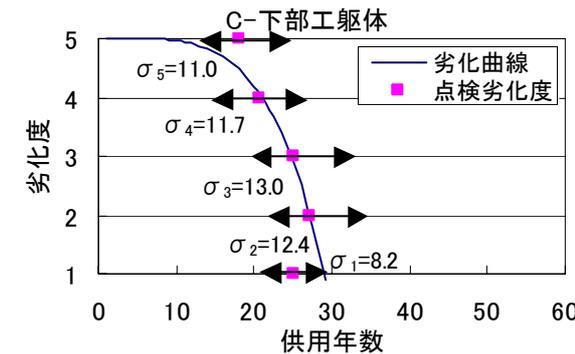


図-11 コンクリート橋下部工躯体の劣化曲線の予測

は図-5に示すような供用年数に対する劣化度の分布を1橋梁の経年的な劣化の進行とみなして、劣化予測曲線を推定した。具体的な手順は以下のようになる。

- ① 例えば図-4において、劣化度毎に平均値を出す。
- ② 得られた平均値と劣化度の関係をプロットする。
- ③ 得られた3点(劣化度5に対しては年数0を設定、劣化度1はデータ数が少ないので無視)を近似する曲線を決定する。

得られた曲線の一部を図-6~11に示した。図-6~8は鋼橋であり、図-9~11はコンクリート橋であり、それぞれ主桁、床版、および下部工躯体の例である。図の□が平均値、矢印の範囲は $\pm\sigma$ (標準偏差)を表す。

5. あとがき

北海道の橋梁の維持管理体制における点検の現状、いくつかの問題点、および北海道の橋梁の点検結果を用いた劣化予測曲線の推定について説明した。

ここで、記述した他に課題は山積している。

橋梁管理区分と管理区分毎の性能設定、橋梁の劣化と重要度を指標とする対策の順番、ライフサイクルコストの計算と対策工法の選定、検討年数の設定と割引率の設定、等々である。

本文が、今後の議論の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 阿部允：限られた費用でも「やりくり」で実現可能，日経コンストラクション，pp.72-75，2005. 8.
- 2) 大島俊之，三上修一，山崎智之，丹波郁恵：橋梁健全度評価に用いる評価方法の検討と影響要因の解析，土木学会論文集，No.675/I-55，pp.201-217，2001.
- 3) 杉本博之，阿部淳一，赤泊和幸，渡邊忠朋：公共投資の経年的シナリオに対する橋梁の健全度推移に関する研究，土木学会論文集，No.780/I-70，pp.190-209，2005.
- 4) 杉本博之，阿部淳一：橋梁維持管理に関する2，3の考察，第60回土木学会年次学受注講演会，I-049，2005.
- 5) 浅利洋信：予算に応じて柔軟に事業計画を変更，日経コンストラクション，pp.48-50，2005. 11.
- 6) 伊藤義人，金仁泰，太田洋，貝沼重信：鋼材の腐食耐久性評価のための環境促進実験に関する基礎的研究，構造工学論文集，Vol.49A，pp.707-715，2003.