

北海道の BMS 体制と劣化予測曲線の更新について

On framework of BMS of Hokkaido and regeneration of deterioration curves

北海学園大学工学部
北海学園大学大学院

○正 員 杉本博之 (Hiroyuki SUGIMOTO)
学生員 阿部淳一 (Junichi ABE)

1. まえがき

戦前の公共事業は、直轄・直営で行われていた。もちろん維持管理に気を配る余裕などなく、新規建設が主な事業であった。戦後、工事の施工は順次建設業者が行うようになってきて、昭和 30 年代になり、東名高速道路や新幹線の建設など公共事業の急速な拡大に伴い、建設コンサルタントの活用の兆しが現れた。昭和 39 年に建設コンサルタント登録規定が告示され、コンサルタントの登録が実施された。当初は、官側が担ってきた業務の大半が民側に委託されるようになってきたわけである。

談合の問題も、このような歴史が少なからず影響していると思われるが、新規事業の遂行そのものは、民側の技術力の向上もあり大きな問題は起きていない。

しかし、今後維持管理の時代になって、同じようなシステムで旨くやって行けるのであろうか。

公共施設の維持管理に関しては、その重要性に対してなかなか社会的合意が得られないので、身近な例に置き換えて説明されることがある。施設側に視点を置くハード的な説明の場合は、劣化現象は不可逆的な現象であるので、歯の治療がわかりやすい。虫歯は治療しなければ深刻な事態に陥るし、虫歯になる前に、早目の治療が必要であるし、日常の手当てが必要である。

行政と維持管理の関係に視点を置くソフト的な説明の場合は、家庭における子供の健康管理に置き換えるのが適当と思われる。幼稚園あるいは学校で定期健康診断はあるし、病気になるれば医者に見てもらおう。しかし、親は子供の健康管理を学校に丸投げしない。子供の健康は、基本的に親が見るものであるし、責任も親にある。親と子供の距離は近くなければならない。

橋梁の維持管理においては、目視点検は従来コンサルタントに委託されてきた。この業務は、点検だけが受注の内容であり、その後の橋梁の状態変化を観察する義務をコンサルタントは負わない。補修・補強の業務は発注されるが、目に見える深刻な損傷に対応するものであり、カナダのモントリオール郊外で 2006 年 9 月 30 日に起きたような突発的な事故(桁の崩落)を防げるような管理体制はしかれていないと思われる。つまり、子供の健康管理における、親と子の関係が、公共施設の維持管理に関しては希薄だということである。従来は、幸運にも大過なく運営されてきた。しかし、年々施設・構造物の疲労は蓄積されるし、その健康状態は、自力で改善されることのない劣化曲線上を降下している。不測の事態を防ぐためには、責任のある管理者が、親が子を見る視線で管理する公共施設を見る必要がある。管理者側と公共施設の距離を近くする必要がある。そのために、第 2 次目視点検を管理者側が直轄・直営で実施することが提案された。親が、子供の顔色、振る舞い、食欲などを知らない

で、健康管理などできるわけもないのと同じで、管理下の施設の現状を直接見、触れることなしに安全確保のための管理など出来ないと思われるからである。

北海道では、橋梁構造物の第 1 次目視点検は昨年度終了し、現在第 2 次目視点検が開始されている。前者の点検結果は、出張所、土木現業所、そして建設部という流れで集積された。これらは今、橋梁維持管理(BMS)のためのプログラムによる解析が当初の予定通り行われるように処理が行われている。しかし、これらの処理の結果を待つ必要は必ずしもない。点検データは維持管理の最前線であり、各出張所においてデータの中身の確認、検討がなされることにより、より多くの有用な知見が得られると考えられる。上記のシステムで処理されたデータよりは、生のデータの方がより多くのことを語る場合もあるからである。各出張所で独自の処理が行われ、それが集約されて、道建設部の BMS に反映されれば、より良いシステムの構築が可能になると思われるし、それが、BMS 構築の本来の姿であると思われる。

以上のことを踏まえて、今後の維持管理体制について若干の考察を最後に加える。

第 1 次目視点検の結果は、鋼橋、コンクリート橋それぞれにおいて、各部材毎に劣化予測曲線が算出され、LCC の計算などに用いられている。今後第 2 次目視点検の結果が徐々に集積されてくるが、それらの結果は、現状の把握と同時に、劣化曲線の更新に用いられる。まず、この更新について若干の考察を加える。

2. 第 2 次目視点検

北海道の橋梁の第 2 次目視点検は、平成 18 年(2006 年)から 5 年間の予定で実施される。

前回の点検(第 1 次点検)では、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たが、今回の点検では、多径間構造の場合は、これらの値は径間毎に示されることになった。これが大きな変更点である。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。これらは、従来と同じである。

これらの点検結果は、鋼橋とコンクリート橋に分けて分析される。

3. 劣化曲線の更新

北海道建設部管理下の橋梁各部材の劣化予測曲線は、第 1 次目視点検の結果を用いて、鋼橋、コンクリート橋それぞれの各部材毎に、全道統一の公式として算定された。今後、第 2 次目視点検の結果が追加されるので、そ

れらを用いて、劣化予測曲線は更新されなければならない。この更新法としては、3種類の方法が考えられるが、これらについて、考察を加える。

(1) 昨年度と同じ方法による更新

一つの方法は、前回と同様に、鋼橋、コンクリート橋それぞれの部材（床版、主桁等々）において、5段階健全度毎の供用年数の平均値を取り、最小2乗法により劣化予測曲線式を算出する方法である¹⁾。

この場合は、LCCの計算などに画一的に同じ劣化予測曲線式を用いることになる。予算の経年的なシナリオと橋梁の健全度とのグローバルな関係を見る上では用い得ると思われるが、補修・補強等の適切な時期の判断には精度が落ちると思われる。

(2) 第1次劣化予測曲線の個別更新

公共土木施設長寿命化検討委員会で採用された方法である。この方法の考え方は以下になる。

まず、劣化予測曲線、特異値などの基本的な関係を示すと図-1のようになる。赤の実曲線が劣化予測曲線、黒の太い実線が劣化予測曲線から得られる点検健全度の予測値、赤の一点鎖線が特異値²⁾の下限である。特異値の下限は一般に滑らかな曲線とはならないが、ここでは理想化して示している。劣化予測曲線は道建設部の場合は2次式で表される。ここではそれを $d(y)$ と定義する。 y は年度(図-1の横軸)である。

図-1を基本として、当該年度(y_s)の点検結果が得られた場合、その値により以下の3ケースの対応が必要となる。以下で、青線が更新された劣化予測曲線を表す。

点検健全度が特異値の下限を下回る場合

この場合の対応を図-2に示した。赤丸が点検結果で、特異値の下限を左に外れた場合である。この部材の劣化は標準的な場合よりかなり進行している可能性がある。この部材の劣化予測曲線は点検結果を参考に下方修正される。図に青線で表すように、点検年度以降は、劣化予測曲線を左に平行移動する。この結果、劣化予測曲線式は以下のように更新される

$$\bar{d}(y) = d(y + y_s) \quad (1)$$

点検健全度が2, 3, 4の場合

点検健全度が2~4で特異値でない場合の対応を図-3に示した。報告書²⁾では、「勾配の修正」と表現しているが、それでは、関数形は一意的に決まらないので、点検結果を参考に比例倍する結果を以下に示す。

点検健全度が4の場合

$$\bar{d}(y) = \left(\frac{4 - d_0}{d_0 y_s} y + 1 \right) \times d(y) \quad (2)$$

点検健全度が2の場合

$$\bar{d}(y) = \left(\frac{2 - d_0}{d_0 y_s} y + 1 \right) \times d(y) \quad (3)$$

点検健全度が5の場合

点検健全度が5の場合は、対応する予測値が4以上の場合と4以下の場合とで分けて考えた。

予測値が4以上の場合は、劣化予測曲線の誤差の範囲

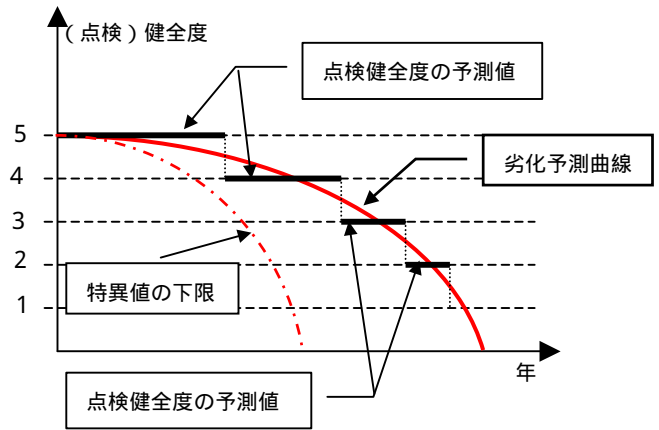


図-1 劣化予測曲線と関連の図

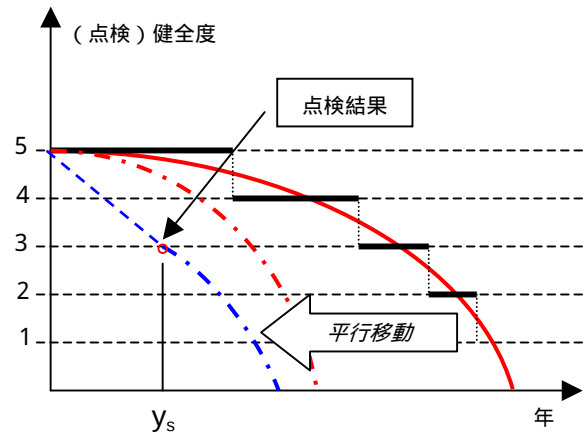


図-2 点検健全度が特異値の下限を下回る場合

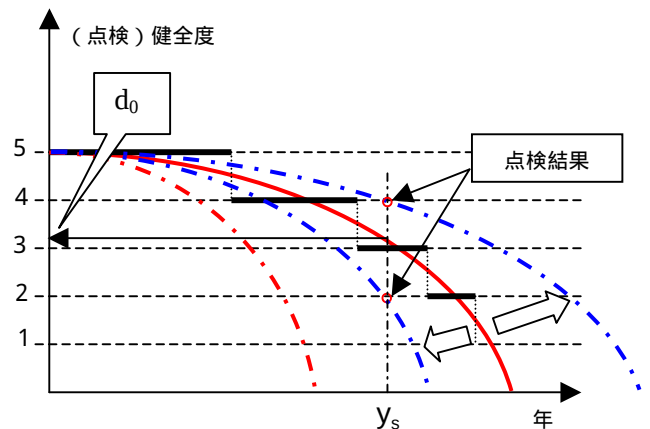


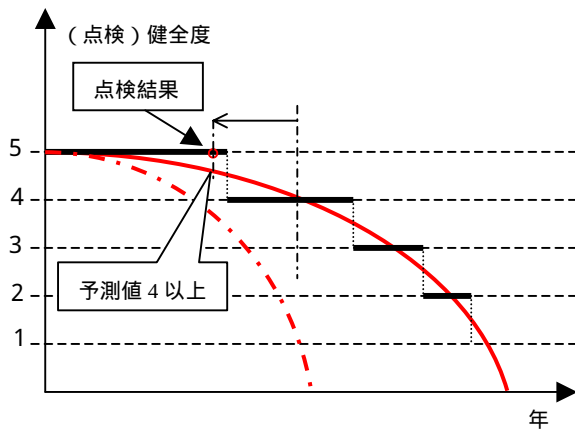
図-3 点検健全度が2~4の場合

と考えて更新しないことにした(図-4)。

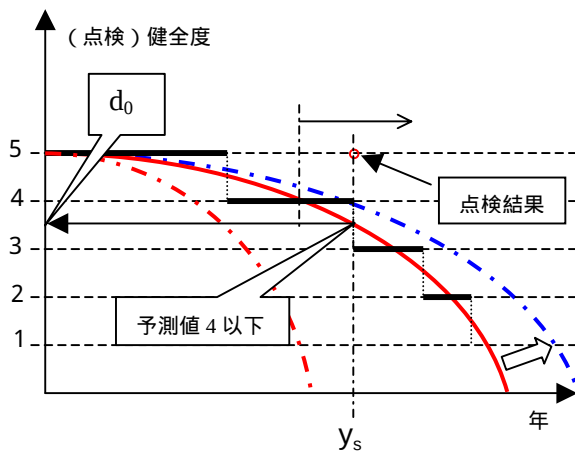
$$\bar{d}(y) = d(y) \quad (4)$$

当該年度の予測値が4以下であるのに関わらず、点検健全度が5の場合は、劣化予測曲線は4を通るとし、と同じ比例倍する方法で更新することにした(図-5)。

$$\bar{d}(y) = \left(\frac{4 - d_0}{d_0 y_s} y + 1 \right) \times d(y) \quad (5)$$



図—4 点検健全度が5の場合で予測値が4以上の場合



図—5 点検健全度が5の場合で予測値が4以下の場合

(3) 3点による劣化予測曲線の再構築

第1次目視点検の結果を用いる劣化予測曲線の構築法²⁾を採用した理由は、各部材毎に2点の情報しかないのであった。しかし、第2次目視点検の結果が得られれば、各部材毎に3点の情報があることになるので、最小2乗法により劣化予測曲線を構築することが出来る。例を図—6～8に示した。

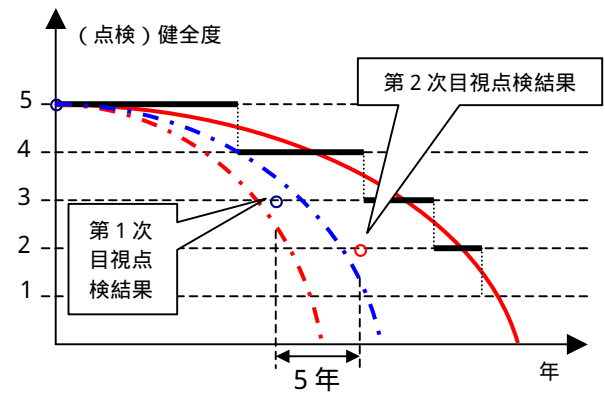
図—6は、第2次目視点検の結果が第1次目視点検結果より1ポイント下がった場合、図—7は2ポイント下がった場合、図—8は同じ場合である。第1次と第2次の間は、基本的に5年の間隔があいているので、比較的無理なく曲線を適合させることが出来る。

(4) 劣化予測曲線の更新に関する考察

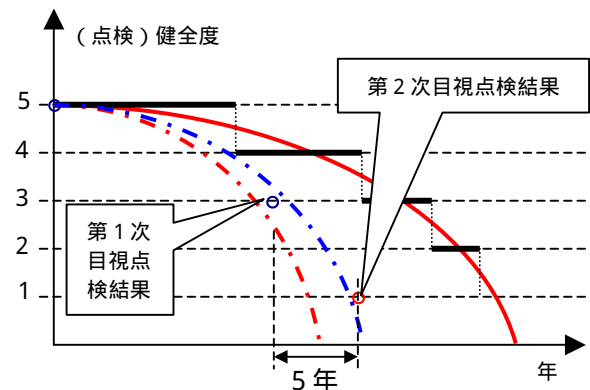
今後、第2次目視点検結果が得られることを前提として、劣化予測曲線の更新法について考えられる3つの方法を説明した。

報告書²⁾では、(2)の方法を採用した。この方法は、全橋梁の平均的な劣化予測曲線を基本としているので、この方法をとる限り(1)は付随して実施しなければならないことになる。少なくとも、要注意橋梁の抽出には各部材、各健全度毎の平均値および標準偏差は必要となるから、上記の(1)は実施しなければならない。

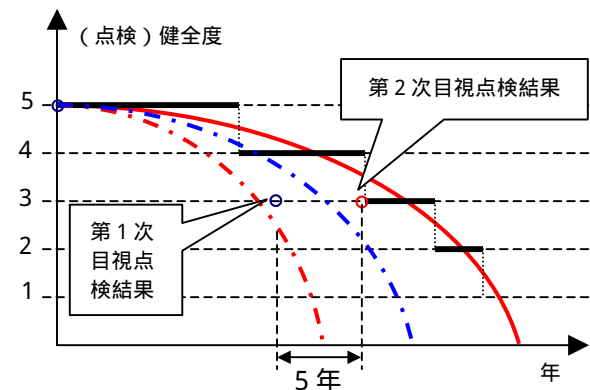
今後、第3次、第4次等の点検が実施されデータの



図—6 3点による劣化予測曲線の構築
～第1次目視点検結果より1ポイント下がった場合～



図—7 3点による劣化予測曲線の構築
～第1次目視点検結果より2ポイント下がった場合～



図—8 3点による劣化予測曲線の構築
～第1次目視点検と同じだった場合～

蓄積がなされることを考えれば、第2次目視点検後の処理として(3)の方法も検討した方が良いと思われる。

4. 今後の体制

今後、合理的なBMS体制を確立するためには、以下の事項が必要と考えられる。

BMSのためのプログラムシステムの全道展開：

現在札幌土木現業所で試行段階にあるプログラムシステムを出来るだけ早く全道の現業所および出張所に展開

する必要があると思われる。橋梁維持管理のためのプログラムのように比較的複雑なものは、現場で実際に使用してみないと、改善点などは見えてこないと思われる。また、改善点は各現業所独自の習慣もあるし、現業所と出張所では要求されるものが違うと思われる。その意味で、出来るだけ早く全道展開する方が、システムの完成には早く近づくと思われる。

プログラムの改善要求を吸い上げ、改善が常時実施できる体制・組織の確立：

プログラムを全道に展開した場合は、多数の改善要求が出てくるとと思われる。それらは、組織的に吸い上げなければならないし、一方、要求に応えるため改善作業は、公的性格を有する組織でなければ出来ないと考えられる。

データベースの管理：

データベースの管理と更新は重要な課題である。やはり、公的性格を有する組織でないと十分な管理、保存、および更新はできないと思われる。また、データベースは、各現業所、および各出張所間で、全てではないが部分的に共有される必要がある。

点検データなどの登録・更新も、公的性格を有する組織に集中し一括して行うか、あるいは、点検を実行したセクションごとに更新・追加を行い、順次上位のデータベースに反映して行くかなどの検討も、第2次目視点検の作業と並行して行い結論を出す必要がある。

劣化予測曲線の更新を迅速に実施する体制・組織の確立：

劣化予測曲線は、長期的には LCC の計算に用いられるが、短期的には、次年度の補修事業の決定に参考とされる。基本的には5年毎の更新になるが、点検結果の集積に応じて迅速に更新する体制と組織の確立が必要と思われる。

データベースの精度向上：

今後の BMS は橋梁簡易データベースと橋梁点検データを用いて処理される。そこでの問題は、橋梁諸元に関する一部のデータの信頼性が乏しいことと、劣化予測曲線の構築にも関わる交通量関係のデータが、やはり信頼性に乏しいことである。交通量に関するデータは、文献3)等との整合性は取るべきではないかと考えられる。

報告書では、ある健全度に達する供用年数の平均値から標準偏差を差し引いた値の左側を特異値領域とし、ここに落ちる部材を含む橋梁については、「要注意橋梁」として注意を喚起することが提案された。次回の点検には、参考にすべき事項であるので、橋梁点検データベースに記載し管理することが望まれる。

5. あとがき

北海道建設部の公共土木施設長寿命化検討委員会の報告書を取りまとめたものの一人としてその後考えたことをまとめた。それらは、点検作業を直轄・直営することの意味、今後の劣化予測曲線の更新法、および今後の体制の3項目である。

橋梁に限らず公共土木施設の維持管理は、単発的な事業ではなく、長期的、継続的な事業である。従来の公共事業といえば、規模の大小はあるが単発的なものがほとんどであった。そのため、官民を問わず、人の組織から税金の使われ方まで、全て単発的な事業に対応する形で作られて来て定着している。

しかし、今後は、維持管理の時代に移行することは間違いない。最後の「今後の体制」で触れたように、公共土木施設の維持管理を納税者の負託にこたえる形で実施して行くためには、現在の組織、税金の使われ方は、維持管理のような長期的（半永久的）事業に対応するように部分的にでも変えなければならないと考えられる。

そのための一つとして、常設の“維持管理センター”的な機関の設立があると思われるし、複数（多数）年度にまたがる予算の配分等の検討が必要であると思われる。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) 杉本博之、阿部淳一、菊池康太、小林弘明、松岡利一：北海道の橋梁点検と劣化予測曲線曲線に関する一試み、土木学会北海道支部論文報告集、2006.2.
- 2) 北海道建設部：公共土木施設長寿命化検討委員会報告書、2006.3.
- 3) 北海道開発局道路計画課：平成11(17)年度全国道路交通情勢調査(道路交通センサス) 北海道版。