

寒冷地橋梁の確率モデルにおける劣化同定

東北工業大学 正会員 ○須藤 敦史

関西大学 兼清 泰明

土木研究所寒地土木研究所 正会員 佐藤 京

東京都市大学 正会員 丸山 収

1. 目 的

橋梁や山岳トンネルなどの道路構造物は、長い耐用年数を必要とするインフラストラクチャーであり、昨今の社会情勢などから北海道では、これらの長寿命化を早急に図らなければならない。

このような状況の下、平成25年度に国土交通省は道路構造物（橋梁・トンネルなど）に対して、本格的なメンテナンスサイクルを回すための取組みに着手し、平成26年度にはこれらの具体的な取組みとして道路構造物を国の定める監視および統一的な尺度で健全度の判定区分による診断を実施¹⁾している。そこで本研究では、北海道における橋梁の劣化特性を実際の点検データから把握・評価する目的で、経過年数に対する劣化特性の動向、および分布のばらつきなどを確率モデルで検証している。

2. 寒冷地における橋梁の（確率）劣化モデル

(1) 確率・統計的な劣化過程の考え方

橋梁などの道路構造物において観察や点検は、一般的にその劣化の程度により2～5年間隔で実施され、図.1に示すように点検値（○）は点検間隔に応じた離散値の形で得られる。ここで劣化過程は、その環境などにより異なる劣化過程（サンプルパス△：構造物A、■：構造物B）を示し、加えてそれぞれの観察や点検値において観測・点検誤差（一般的には正規分布）は有しているもの、観測値若しくは点検データの広がりや誤差を有する値とは考えず、何等かの状況により広がって分布する実現値として扱うのが現在のところ現実的である。

(2) Kachanov（橋梁）モデル²⁾

点検時刻における橋梁の健全度指数（BHI）³⁾が取り得る連続値は区間[0,1]であるため、式(1)に示す経験論的なKachanovモデルを用いて劣化評価値の平均的時間変動を記述する。

$$\frac{dX(t)}{dt} = -\beta_0 X(t)^{-\gamma} \quad (1)$$

β_0 は劣化に関する平均進展抵抗値、 γ は劣化に関する形状パラメータ

また、不規則な時間劣化として複合Poisson過程を駆動雑音とすると以下の確率微分方程式は以下となる。

$$dX(t) = -\beta g(X(t))dt - g(X(t-))dC(t) \quad (2)$$

$$C(t) = \sum_{k=1}^{N(t)} Y_k \quad (3)$$

ここでパラメータを $\beta = \beta_0 - \lambda_{q_1} \lambda_{q_1}$ として点検データより最尤法で同定し、同定したパラメータより健全度指数（BHI）の推移を推定する。

3. 寒冷地における橋梁の劣化過程の同定

北海道開発局が保有する橋梁の点検データ（3945橋）⁴⁾から求めた橋梁の健全度指数（BHI）と同定されたKachanovモデル

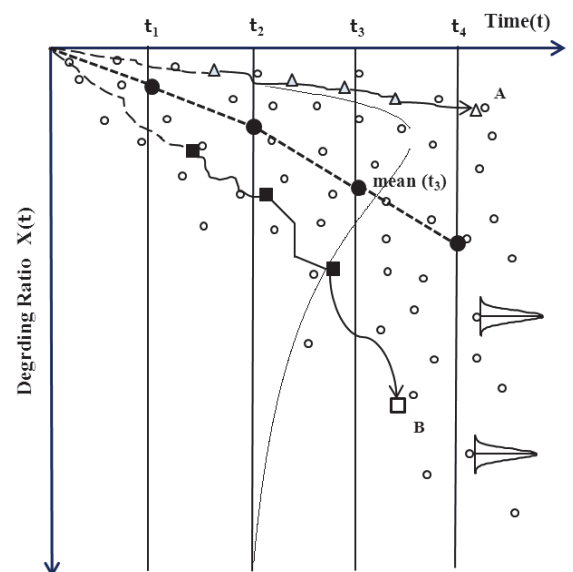


図.1 点検データと劣化サンプルパスの概念

キーワード 寒冷地橋梁, 劣化推移モデル, ライフサイクルコスト, 確率過程

連絡先 〒105-8488 東京都港区西新橋 3-23-5 Tel:03-3436-31783 E-mail:a.sudou@iwata-gr.co.jp

ルによる平均値(実線)を図. 2に示す。

4. 寒冷地における橋梁の劣化分布 (ロングテール)

北海道内における3945橋 (鋼橋・コンクリート橋) の点検データから、橋梁の供用期間ごとの健全度指数 (BHI) の分布推移 (①0～5年, 6～10年, ②11～15年, ③16～20年, ④21～25年) を図. 3に示す。

図. 3 より、北海道内の橋梁における健全度指数 (BHI) は対数正規分布を示しており、平均値は供用期間に応じて劣化進行を示し、その分散値は広がる傾向を示している。

次に、供用時間ごとの健全度指数の平均値とその期間の分布を図. 4に示す。

図. 4 より、北海道内の橋梁における健全度指数 (BHI) の分布は供用期間にともない裾野は健全度の大きい方向に広がり、かつ度数も増加するロングテールもしくはヘビィテール化も見られる。

6. まとめ

本研究は、北海道の橋梁において劣化の特性を点検データから把握・評価する目的で、経過年数に対する確率・統計を基本とした劣化推移モデルを提案し、健全度指数:BHI (点検評価値) から劣化推移モデルのパラメータ同定を実施して、その傾向の把握を試みた。

また、それぞれの劣化分布におけるばらつき状態の傾向・変化も点検データより確認した結果、提案モデルは劣化過程 (推移) を表すことが可能である。

また、その分布は対数正規分布を示し、かつ経過時間とともにロングテールもしくはファットテール化傾向を示しており、その説明は維持管理を行う上で非常に重要であるが、これらは今後の課題と考える。

参考文献

- 1) 国土交通省 (社会資本整備審議会道路分科会) : 道路の老朽化対策の本格的実施に関する提言, 平成 26 年 4 月 14 日。
- 2) Kachanov, R. Rupture time under creep conditions, Int. J. of Fracture, 97, xi-xviii.
- 3) 大島俊之, 三上修一, 丹波郁恵, 佐々木聡, 池田憲二: 橋梁各部材の資産的評価と橋梁健全度指数の解析, 土木学会論文集 No.703/ I -59, pp.53-65, 2002.4.
- 4) CERI (2009). "BHI data in Hokkaido area." Database in Civil Engineering Research Institute for Cold Region Japan.

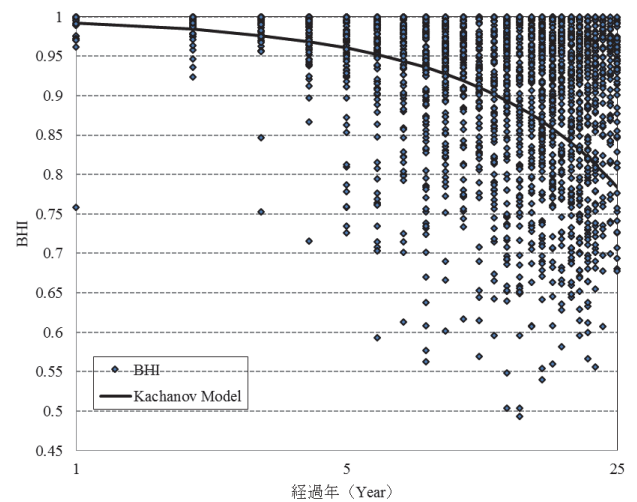


図. 2 Kachanov モデルによる橋梁の BHI (同定)

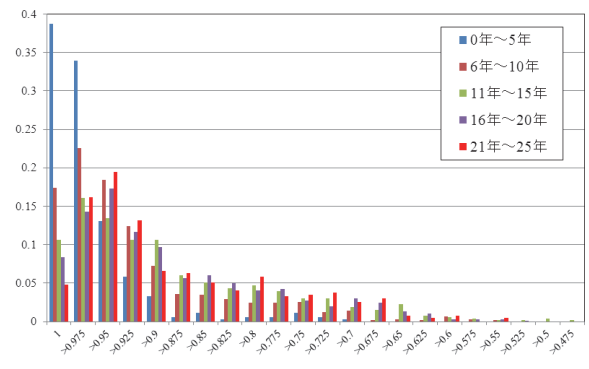


図. 3 経年ごとの橋梁における劣化 (BHI) 分布

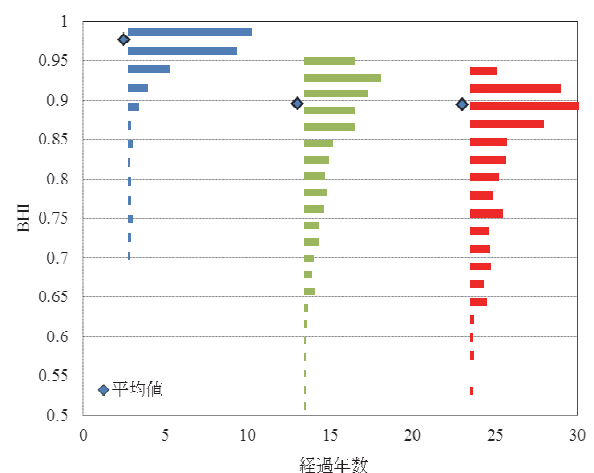


図. 4 橋梁の経過年数における平均BHIと分布