

床版防水層の経年劣化を考慮したワイブル劣化ハザードモデル

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○宇野 裕亮
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 貝戸 清之
 京都大学経営管理大学院 フェロー 小林 潔司
 大阪大学大学院工学研究科 学生員 二宮 陽平

1.はじめに

近年, 限られた予算, 人員の中で老朽化の進む社会基盤施設(以下, 施設)の維持管理を効率的に行うために, 新たな補修工法, 建設材料, 構造形式など, 施設の長寿命化を図るための技術(以下, 長寿命化技術)の開発が行われている. 長寿命化技術の導入効果について, シミュレーションや実験を通じて検証を行った, あるいは, 個別の施設に関して長寿命化技術導入前後の施設の状態を追跡調査した事例はあるものの, 本格的に導入がなされた長寿命化技術の実供用下における導入効果を施設の寿命や劣化速度の差異として定量的に評価した事例は数少ない. また, 長寿命化技術の導入効果を定量的に評価した事例においても導入効果を経年で変化しないとしており, 導入効果が経年変化することを評価した事例は少数である. 管理者が管理する膨大な施設群に対して, 適切なタイミングで適切な長寿命化技術を導入し, 施設群の価値を最大化していくためには, 長寿命化技術の導入効果が経年によってどのように変化していくのかを適切に評価することが望ましい. そこで, 本研究では長寿命化技術導入効果が経年変化する統計的劣化予測モデルを構築する. さらに実高速道路橋の RC 床版に発生しているひび割れ損傷に対する目視点検データを用いて本研究で提案するモデルの実証分析を行う.

2.モデルの定式化

本研究では長寿命化技術の導入前後の施設の劣化速度の差異を定量化することを目的とする. 具体的には長寿命化技術導入後には長寿命化技術導入前の劣化速度に補正がかかると考える. ある施設において, 施工からの時刻を t , 長寿命化技術導入からの時刻を τ とし, 長寿命化技術導入前をターム 1, 長寿命化技術導入後をターム 2 と定義する. ターム間の施設の劣化速度が

$$\lambda_2(t) = \eta(\tau)\lambda_1(t) \quad (1)$$

の関係性があると仮定する. $\lambda_u(t)$ はターム u における劣化速度を, $\eta(\tau)$ は長寿命化技術導入による施設の劣化速度の変化率を規定する関数(以下, 変化率規定関数)である. いま, ターム 1 における劣化速度 $\lambda_1(t)$ としてワイブル劣化関数¹⁾を用いることで変化率規定関数の経年変化による寿命の変化をモデル化することが可能である. 変化率規定関数 $\eta(\tau)$ に関しては様々な関数形が考えられるが, 劣化速度の定義や本研究においては長寿命化技術が施設の劣化速度を抑制させる効果があること, また十分時間が経過した後には長寿命化技術導入による施設の劣化速度を抑制する効果が減少すること考慮し制約条件

$$\begin{aligned} 0 \leq \eta(\tau) \leq 1 \\ \lim_{\tau \rightarrow \infty} \eta(\tau) = 1 \end{aligned} \quad (2)$$

を定めた. 本研究では制約条件を満たすいくつかの関数形から logistic 曲線を選定した.

3.実証分析

本研究で提案するモデルを実高速道路橋の RC 床版に発生しているひび割れに対して適用した. 目視点検においてはひび割れの幅や長さに応じて多段階の離散的な判定が実施されている. 本研究で提案するモデルではワイブル劣化ハザードモデルを用いており, 劣化事象を 2 段階の離散的な判定に集約する必要がある. そのため, 実証分析に用いたデータでは多段階の離散的な判定をひび割れの状態によって C ランクひび割れ発生サンプル, B ランクひび割れ発生サンプル, A ランクひび割れ発生サンプルを作成した. サンプルサイズはそれぞれ 173,787 サンプル, 177,320 サンプル, 183,009 サンプルであった. 長寿命化技術として本研究では床版防水層の施工を対象とした. これは RC 床版に床版防水層が施工されることによって床版内部に水

キーワード: アセットマネジメント ワイブルハザードモデル RC 床版 床版防水 長寿命化技術
 連絡先: 〒565-0871 吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科 TEL:06-6879-7622

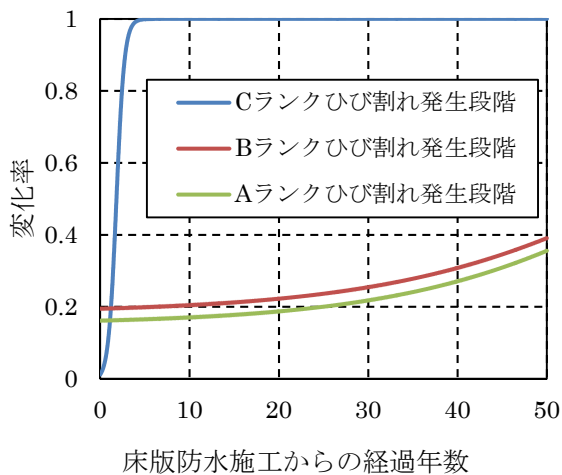
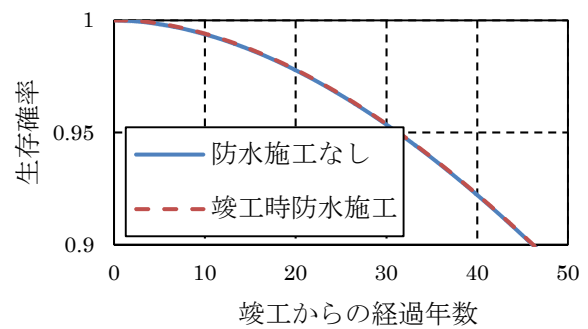


図-1 変化率規定関数

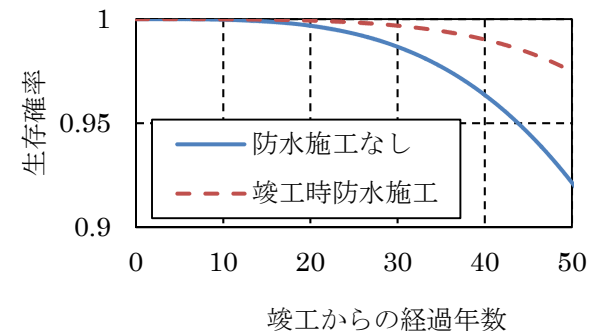
の浸入が無くなり、損傷発生を抑制する効果を持つと考えられるからである。これらサンプルを用いて本研究で提案するモデルのパラメータ推定を行った。図-1に推定されたパラメータを用いた変化率規定関数を示している。変化率規定関数から B ランクひび割れ発生段階や A ランクひび割れ発生段階では床版防水施工から 50 年経過した時点においても十分効果が持続していることがわかる。一方で、C ランクひび割れ発生段階では 5 年程度で床版防水層の効果が存在しなくなっているが、このモデルでは床版防水施工後に床版防水層の効果が無くなっている場合と、対象損傷である C ランクひび割れ発生に対し床版防水層が及ぼす効果が低い場合を区別できない。C ランクひび割れ発生段階に関しては乾燥収縮等の初期欠陥によって発生するひび割れが存在していると考えられ、RC 床版内部に水が侵入するか否かは損傷発生過程に大きな影響を与えていないことが考えられる。また、変化率規定関数を用いて竣工時に床版防水を施工した場合と床版防水層を施工しない場合の生存関数を図-2 に示す。変化率規定関数が示すように C ランクひび割れ発生段階では床版防水施工による差異が確認できないが、B ランクひび割れ発生段階および A ランクひび割れ発生段階では床版防水施工による差異が見られていることから、これらの損傷に対しては床版防水施工による損傷発生抑制効果が存在すると考えられる。

4.おわりに

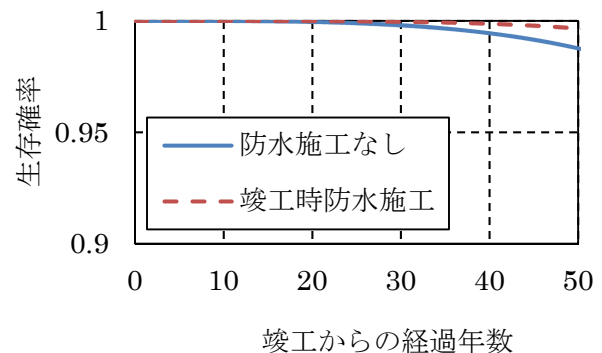
本研究では、長寿命化技術の導入効果が経年変化する統計的劣化予測モデルを構築した。また、本研究で提案するモデルを用いて実高速道路橋で得られたデー



(a) C ランクひび割れ発生段階



(b) B ランクひび割れ発生段階



(c) C ランクひび割れ発生段階

図-2 長寿命化技術導入の有無による生存関数の変化

タを分析することで床版防水層がひび割れ発生過程に及ぼす影響を定量化した。今後の課題として、本分析では特定の劣化過程における特定の長寿命化技術の効果を定量化したに過ぎず、今後適用範囲を拡大する必要がある。また長寿命化技術の導入効果が損失する場合と存在しない場合が分離できない問題点が存在するため、今後これらを分離できるような手法を開発する必要がある。

【参考文献】1) 青木一也，山本浩司，小林潔司：劣化予測のためのハザードモデルの推計，土木学会論文集，No. 791，IV -67，pp111-124，2005