

劣化予測における劣化状態のばらつきの評価

高知工科大学 正会員 ○Bongochgetsakul Nattakorn
 (株) オリエンタルコンサルタンツ 正会員 工藤 徹郎
 高知工科大学 正会員 那須 清吾

1. はじめに

橋梁の戦略的な維持管理手法としては、ブリッジマネジメントシステム（以下 BMS）に注目が集まっており、BMS の精度向上のための研究が進められている。その中、BMS の核でもある劣化予測は将来の技術進歩により、予測モデルの精度向上が見込める物理モデルが実用化される。ただし、物理モデルによる劣化予測は材料や環境条件にばらつきがあるため、現実の劣化と大きく異なる予測結果となることがある。よって、劣化予測の精度向上には、ばらつきを考慮する必要がある。本論文では劣化予測にばらつきを導入する方法および点検結果による補正方法を提案する。

2. 劣化のばらつきの評価

図-1 に示す様に、実際の橋梁が受ける飛来塩分や温度等の環境条件は同じ橋梁でも場所によって大きなばらつきがあり、材料条件についても施工誤差等に起因するばらつきがあるため、劣化は場所によってばらつく。この場所によってばらつく劣化を 1 本の劣化速度で予測しても、その結果が実橋と整合しないことは明白である。

実橋の劣化がばらつくのは、温度、湿度、飛来塩分量のばらつきや材料のばらつきおよび部材の場所の違いによる違い等が原因である。これらの原因を別個に考慮するためには、橋梁毎にこれら原因の特性を設定する必要があり、殆どの場合には困難な状況である。一方、劣化速度は材料条件や環境条件などの入力条件によって、その速度に影響を受ける。以上からの別個要因に考慮するよりも、「劣化速度」のばらつきを考慮する方がモデルを単純化できる。

実橋を点検すると、図-2 に示すように面的(要素毎)にばらついた劣化の状態が得られる（高知県の点検基準に基づき）。このばらつきの状態を表すため各劣化度を異なる劣化速度を持つ複数の劣化曲線で表す。図-3 には劣化状態のばらつきを表す。図-1 のような確定的な一本の劣化曲線をベースとし（赤い線）、それより劣化速度の遅い複数の劣化曲線や速い劣化曲線を均等にばらつけて、ある時刻において全ての劣化曲線の状態を劣化度に換算したらその時の劣化度の分布が表現できる。各劣化曲線は均等な面的な割合を有する。ただし、劣化曲線が多ければ多いほど、ばらつきの評価はよりスムーズになるが、計算ループが多くなるため、約 100 本が妥当であろう。

この劣化状態の分布は点検結果によって補正させることで初めて今後の劣化状態の分布を表現可能となる。補正方法としては劣化曲線 1 本あたりの橋面積の割合を補正することで、実橋と整合させることができる。図-3 に劣化予測における劣化度割合のイメージを示しているが、図-4 に示すように、その劣化度割合（橋面積の割合）を点検結果に合うように補正する。具体的には、劣化予測による劣化度と点検結果に相違が発生する場合、例えば図-4

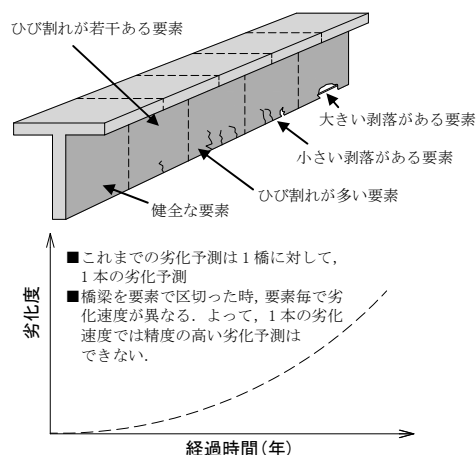


図-1 劣化状態と確定的な劣化予測

1-d	2-d	3-c	4-d	5-e
6-b	7-b	8-a	9-c	10-d
11-b	12-b	13-a	14-b	15-c
16-b	17-b	18-b	19-c	20-c

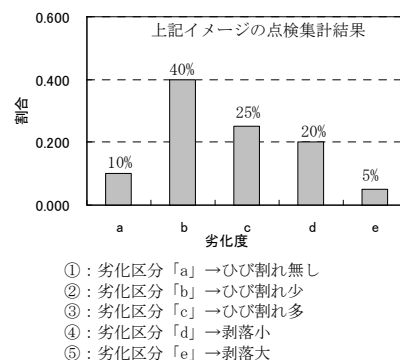
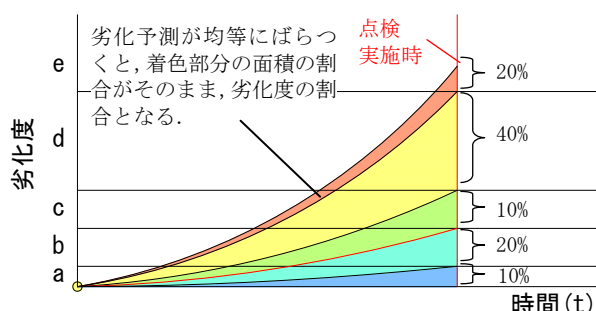
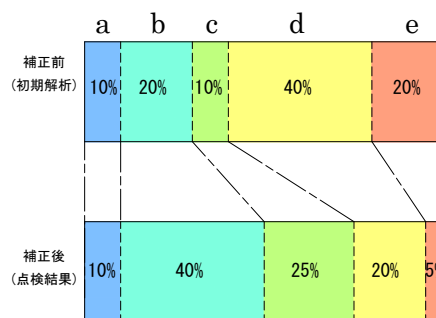


図-2 点検結果と劣化評点

中の劣化度 b (補正前 20%→補正目標 40%) を表す 20 本の劣化曲線 (全ての劣化曲線を 100 本と考える場合) の重みを倍に補正する。よって、その 20 本の各劣化曲線が現す面的な割合が 1%から 2%になる。



図—3 複数劣化曲線による劣化のばらつき



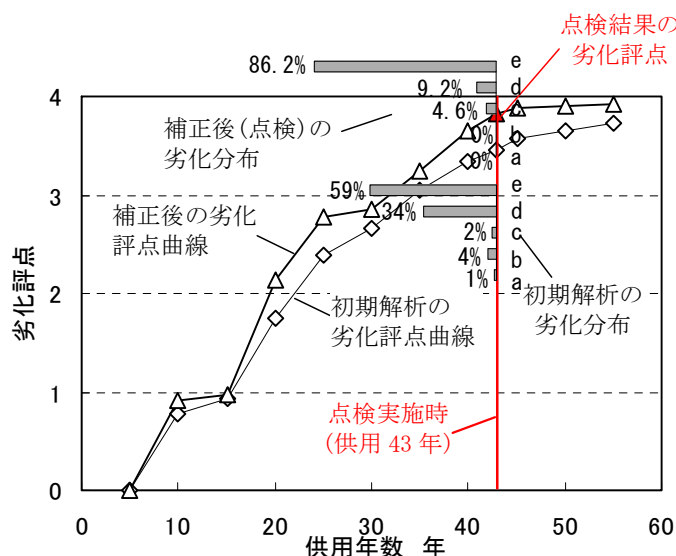
図—4 点検データによる補正のイメージ

3. 解析例

「五台山橋」を解析例として、昭和 40 年代に架設された橋梁で、PC3 径間単純ポステン T 桁橋(橋長 L=99.0m)である。橋梁諸元(表—1)に基づいて計算した初期解析の劣化分布(◇線)と経過年数 43 年後の点検結果は図—5 に表す。

表—1 五台山橋の橋梁諸元

項 目	単位	五台山橋 (PC橋)
架設年	年	1965
解析期間	年	100
飛来塩分流速	mg/mm ²	300
初期塩化物イオン濃度	kg/m ³	0
鉄筋径	mm	10
かぶり	mm	30
水セメント比	%	43
飽和度	—	0.6
ヤング係数	N/mm ²	31000
圧縮強度	N/mm ²	40
コンクリート内pH	—	12.5
骨材比率	—	0.25
単位セメント量	kg/m ³	300
温度	K	293



図—5 五台山橋の劣化評点と劣化度分布

点検結果では「a」の判定区分や「b」の判定区分は存在しないが、解析結果では「a」区分が 1.0%、「b」区分が 4.0%存在する。また、点検結果では「c」の判定区分が 4.6%、「d」の判定区分は 9.2%及び「e」の判定区分が 86.2%の割合で劣化しているのに対し、解析結果では「c」が 2.0%、「d」が 34.0%、「d」が 59.0%となっている。点検データを用いて補正した結果は図—5 の△線を表す。新たに振分けられた劣化曲線の重みにより再計算した△線は点検時の劣化状態を表すことが可能になる。ここでの劣化評点は劣化度とその割合を表すのに用いた。劣化評点は次に定義する。劣化度「a」ひび割れ無し：0 点、劣化度「b」ひび割れ幅 0.2mm：1 点、劣化度「c」ひび割れ幅 0.2～0.3mm：2 点、劣化度「d」ひび割れ幅 0.3mm～剥落しているが鉄筋の腐食は軽微：3 点、劣化度「e」剥落し、著しい鉄筋の腐食：4 点。

4. まとめ

これまでコンクリート橋梁の塩害における劣化予測において、1 橋の中でも、環境条件や材料条件のばらつきを原因とした劣化のばらつきを考慮することができなかったが、腐食速度に任意のばらつきを与えることで、これらのばらつきを考慮できる様になった。また、ばらつきを橋面積の割合で表現できるようになった。

参考文献 1) 高知県土木部道路安全利用課：高知県職員橋梁点検マニュアル(案)，2006。