

R C床版の劣化予測手法の検討

首都高速道路公団	正会員	○岡田	昌澄
首都高速道路公団	正会員	井野	勝彦
オリエンタルコンサルタンツ	正会員	船越	博行
オリエンタルコンサルタンツ	正会員	黒川	直哉

1. はじめに

今後、首都高速道路を維持・管理していく上で、なお一層の適切な維持管理費の支出が望まれている。そのためには適切な点検頻度、適切な時期における補修・補強の実施等が必要であり、構造物の現況の健全度の把握や将来の劣化進行を予測することは重要な課題であると考えられる。

ここでは、RC床版に着目して過去の点検データによる劣化の進行傾向を取りまとめると共に、今後の劣化の進行を予測する手法の提案及びその結果について報告を行うものである。

2. 点検結果の整理・分析

RC床版の点検結果は、基本的に判定ランク（A,B1,B2,C,D：Aは緊急補修、B1,B2は要補修、Cは対策不要、Dは以上なし）による判定である。昭和57年度からの各種の点検結果を整理したところ、

- ①定期的に点検が実施されていないこと
- ②損傷無しのデータが保存されていないこと（全体点検数量の把握が困難）
- ③点検者の主観による判定結果であること

が確認され、構造物の劣化進行を予測していくことは困難であった。

また、同じ判定ランクにあってもその中である程度の範囲を有することから、劣化に進行があっても判定ランクの上では同一ランクというものも存在しているといえる。

3. 劣化進行の予測手法

ここで、格間をそれぞれ定量的に判定することが必要となる。床版点検時には格間ごとに写真が撮影されていることから、その写真を用いてひびわれ密度（ m/m^2 ）を算出することとした。これによって床版の損傷を判定ランクからひびわれ密度に置き換えることで定量的に把握することが可能となり、劣化進行の予測が可能であると考えられる。

今後、検討を進めていく上で用いる点検データは、簡易的に劣化進行の推移を予測するための点検結果による「判定ランク」、劣化の進行を定量的に捕らえることが可能な「ひびわれ密度」とし、この2つのデータに着目して検討を行うこととした。なお、劣化の予測は下記の方法を考えた。

(1) 確率密度関数を用いた方法

床版写真点検は同一格間で点検が実施されているものが多く、格間の追跡点検が可能である。よって、変状の様子を経年で捉えることができる。そこで、格間ごとに判定ランクを追跡し、損傷ランクがどのように推移するかを推移確率行列によりマルコフ連鎖（マルコフチェーンとも呼ぶ）の計算を行い、状態区分（A,B1,B2,C,D）の推移を予測する方法である。

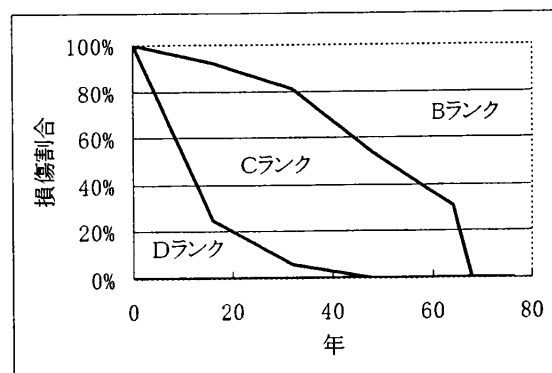
(2) ひび割れ密度進行の予測による方法

ひび割れ密度の進行が供用年数又は大型車、中でも過積載車による軸重の繰返し回数に比例すると想定して計算した場合、将来の劣化進行を予測することが可能と考えられる。そこで、ひび割れ密度の算出により得られた2回分の点検データを直線で結び、その後も劣化の進行速度が同じであるとして将来のひび割れ密度を予測する方法である。

4. 劣化の推定

(1) 判定ランクに基づく確率密度関数による劣化の推定

今回使用したデータは、都心環状線、3号渋谷線、中央環状線の床版約3万件の点検結果である。本来は床版種類別に作成することが望ましいが、床版種類や路線別に計算するにはデータ数が少ないため、ここでは分類をしていない。点検結果である判定ランクとマルコフ連鎖の手法を用いて算出した推移確率行列を用いて床版の劣化予測を行うと図・1に示すような損傷割合と経過年数の関係を得ることが可能となる。



図・1 判定ランク数の推移の予測

過去の判定ランクに基づいて、その推移を予測した結果、以下の事が得られた。

- ①過去の判定ランクにおいて B1, A ランクの判定結果が少ないため、現状においては B ランク以上を区分けすることができない。
- ②簡易的な算出方法での予測であるものの、ある程度の予測が可能と考えられる。

(2) ひび割れ密度進行の予測による劣化の推定

ここでは、床版のひび割れ密度が大型車の軸重数に比例するものとして、ひび割れ密度比（ひび割れ密度／最終ひび割れ密度）と累積軸重数から算出される寿命比（換算軸重数 N ／使用限界寿命 N_f ）により詳細に劣化予測する方法で検討を行った。

過年度における 3 号渋谷線の 12 t 以上の累積軸重数の推移を図-2 に示す。

また、松井らの報告¹⁾を参考に計測された軸重を 10 t 相当へ換算を行って各年度を比較できるようにし、過年度及び将来予測の軸重数を算出した。ここでは近年の交通量が横ばいの傾向を示すことから、累積軸重数が 2000 年と同じであると想定して将来の累積軸重数を算出している。

ここで図-3 にひび割れ密度比（ひび割れ密度／最終ひび割れ密度）と累積軸重数から算出される寿命比（ N/N_f ）の関係を示す。なお、最終ひび割れ密度とはひび割れ密度の増加が停滞する密度のことであり、ひび割れ密度 10m/m^2 が最終ひび割れ密度の 90～95%にあたる²⁾として松井らの報告があることから、 11m/m^2 を用いた。

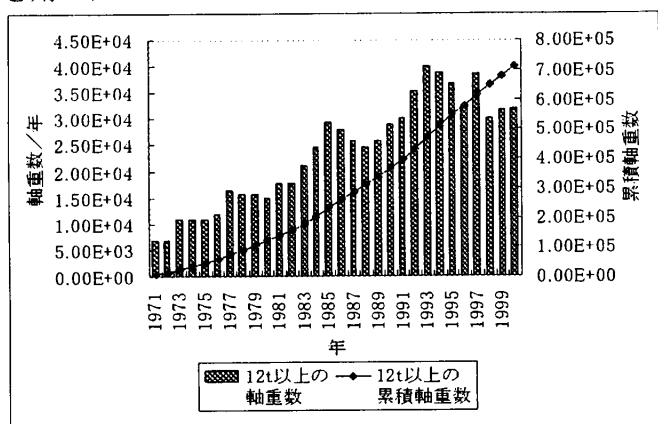


図-2 累積軸数の推移

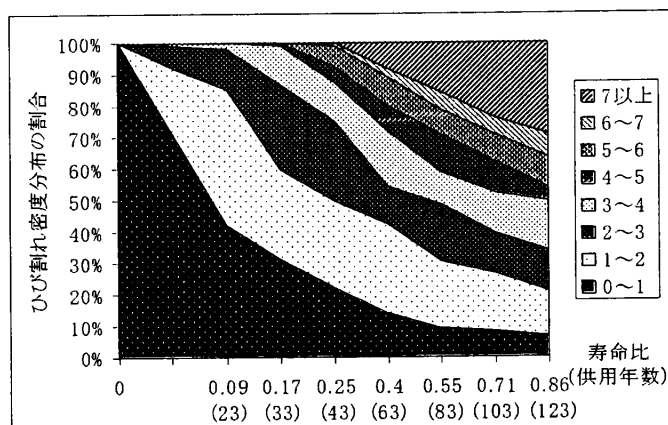


図-3 寿命比とひび割れ密度分布の推移率

床版写真により算出したひび割れ密度と過積載車の軸重数に基づいて、その推移を予測した結果、以下の事が得られた。

- ①過去の点検結果でひび割れ密度 4m/m^2 以上はデータとして存在していないものの、将来の劣化予測はある程度可能となった。
- ②本手法により算出するためには、過去に点検された床版についてひび割れ密度に変換することが必要となりすべてを対象にすることは困難と思われる。

5. 今後の課題

本検討では、床版の劣化進行予測におけるデータとして「点検判定ランク」と「ひび割れ密度」を、分析方法として「確率密度関数を用いた方法」と「ひび割れ密度進行の予測による劣化の推定」を用いて検討を進めてきた。

「点検判定ランク」と「確率密度関数を用いた方法」を用いた劣化予測は簡易的に劣化の進行を予測することが可能であり、比較的近い将来を予測することは可能と考えられる。しかしながら、床版を打ち換えるまでの状況を考慮することは、現在ではデータが少ないことから困難であった。

また点検結果を「ひび割れ密度」に置き換え、「10 t 相当の累積軸重数により、簡易的に直線補完してひび割れ密度を予測した方法」においても、将来的な劣化進行を予測できそうであるが、約 100 年後にひび割れ密度 4m/m^2 以上が 50%程度の格間にしか発生していないとの予測結果となってしまった。このような結果が適切か否か検証していくには、現状ではデータの蓄積が必要であり、今後も同様に床版写真点検を実施し、その結果を劣化進行予測に反映させていくことが必要である。

参考文献

- 1)松井：「長支間 RC 床版の疲労設計法に関する一考察」，構造工学論文集 vol44A (1998.3)
- 2)松井，前田：「道路橋 RC 床版の劣化度判定法の一提案」，土木学会論文報告集 No. 374/I-6, (1986.10)