

東京都内の道路ネットワークにおける道路橋の補修に関する考察

○中央大学 学生会員 青島 壮志
中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. 研究の背景と目的

都心部では他の地域に比べ交通量が多く東京都の交通量は全国平均の約 3 倍、区部では約 5 倍となり都心部の道路は多くの交通量を負担している¹⁾。本研究ではそのような東京都の主要道路を対象としているが、これらの道路は都市部の交通を円滑にするための大きな役割を果たしている。それだけでなく、災害時の緊急輸送を円滑に行うことを目的とした緊急輸送道路に指定されているものが多く、今後発生が予想される首都直下型地震のような災害時においても安全な交通の確保を期待されている。これらの道路の機能を確保する為に補修工事が行われるわけだが、実際に工事を行うのは災害の起きていない平常時であり交通量の多い都心部においては補修工事を行う際の社会的影響が大きいと考えられる。よって本研究ではこれらの道路の交通量を制限した場合に生じる社会的損失を考慮した上での補修工事の優先度についてグルーピングを行うことを目的とする。さらにどれくらいのサイクルで補修工事を行うことが適切であるかを評価することを目的とする。

2. 道路橋の劣化推移確率

道路橋の劣化状態は表-1に示すように5段階に分けられていて、劣化状態の推移確率については、式(1)に示す内山らによる確率遷移行列²⁾を用いている。この遷移行列は、各ランクからの 5 年後の劣化推移確率を示している。この劣化推移行列を n 乗することにより $5, 10, \dots, 5n$ 年後の劣化推移確率を求めることができる。また、確率遷移行列に交通量別の劣化要因変数を考慮する事により、交通量別に劣化推移確率を求めることができる。各ランクにおける劣化の一般的状況を表-1に示す。

	5	4	3	2	1
5	0.8165	0.1783	0.0	0.0064	0.0
4	0.0	0.4322	0.5397	0.0297	0.0
3	0.0	0.0	0.6159	0.3872	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.3247	0.6782
1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0

…(1)

3. 交通量制限が与える影響

各リンクの交通量が制限された場合、迂回交通量の発生により周囲のリンクへ影響を与えることになる。この影響のうち、走行時間の変化による損失を走行時間増加損失、走行距離と走行経費原単位の変化による損失を走行費用増加損失とし費用便益分析マニュアル³⁾

を参考に前者を式(2)後者を式(3)を用いて求め、これらの和を各リンクの与える影響つまり社会的損失額として考える。時間価値原単位は表-2の値を、走行経費原単位は表-3の値を用い、交通量は平成 17 年度道路交通センサスから抽出した値を用いている。

$$\text{走行時間増加損失: } CT = (CT_w - CT_o) \times D \quad (2)$$

$$\text{総走行時間費用: } CT_i = \left\{ \sum_j \sum_l (Q_{ijl} \times T_{ijl} \times \alpha_j) \right\}$$

$$\text{走行経費増加損失: } CR = (CR_w - CR_o) \times D \quad (3)$$

$$\text{総走行費用: } CR_i = \left\{ \sum_j \sum_l (Q_{ijl} \times L_l \times \beta_j) \right\}$$

ここで、

CT_i : 補修工事 i の場合の走行時間増加 費用(円)

CR_i : 補修工事 i の場合の総走行経費 (円)

Q_{ijl} : 補修工事 i の場合のリンク l における車種 j の交通量 (台 / 日)

T_{ijl} : 補修工事 i の場合のリンク l における車種 j の走行時間 (分)

i : 補修工事有の場合 W , 無の場合 O

D : 補修工事期間 (日)

j : 車種

l : リンク

L_l : リンク l の延長 (km)

α_j : 車種 j の時間価値原単位 (円 / 分・台)

β_j : 車種 j の走行経費原単位 (円 / 台・km)

4. リンク破壊確率を考慮した評価

各リンクには複数の道路橋が含まれている。玉田らによる既往の研究⁴⁾ではそれらの道路橋を直列モデルとして考え、一つでも破壊した場合をそのリンクが破壊したとみなし各リンクの破壊確率を求める。また、リンクに含まれる道路橋が一つも破壊しない確率をリンクの信頼度とし、本研究ではこの信頼度にリンクの社会的損失額を乗ずることにより求まる値を、損失額期待値と定義する。この時、道路橋のランクが 2 または 1 になった場合をその道路橋が破壊したとみなす。

求めた交通量をゼロにした場合の損失額期待値が大きいリンクの上位から 1/3 ずつを赤色、黄色、青色で、また道路橋のないリンクを黒色で示したものを図-1に示す。このようにグルーピングをしてみると、環状 7 号線と環状 8 号線、そしてそれらを繋ぐ放射状道路の優先度が高くなり、明治通りとそれより内側の放射状道路の優先度が低い結果となった。

5. 補修時期の評価

道路橋の供用期間を 50 年とし、各リンクに含まれる道路橋を補修するサイクルに関して費用便益分析を用いて考察を行う。便益は累積経年損失額期待値の減少量とする。

費用対効果 1 として、費用は各ランクへの推移確率に各ランクにおける補修費用を乗ずることにより求まる補修費用と考える。これにより補修費用に対し補修工事を行う妥当性を示すことができる。

費用対効果 2 として、リンクを通行止めにした時の損失額を費用として考える。これにより実際に工事を行うことにより発生する社会的損失が将来の損失額期待値を減少させるために必要なものであるという妥当性を示すことができる。

RC 床版の補修単価は橋梁定期点検要領(案)⁵⁾を参考に表-1 に示したものをを用いた。補修により構造物の機能はランク 5 まで回復するものとし、補修サイクルを 10,15...25 年として評価を行った。

費用便益分析の結果より費用対効果 1 による評価を行うと、含まれる道路橋が 4 つ以上のリンクについては 10,15,20,25 年サイクルの順に効果が高く、早い時期に補修を行う方が結果に効果が高い結果となった。また、リンクに含まれる道路橋の数が 3 つ以下のリンクでは 20 年サイクルの値が 15 年サイクルの値を上回る傾向が見られた。

費用対効果 2 による評価を行うと、道路橋が 5 つ以上含まれるリンクでは 20 年サイクルで補修を行うことが最も効果が高く、25 年サイクルでの補修が最も効果が低いという結果になった。また、道路橋が 4 つ以下のリンクでは 20,25,15,10 年サイクルの順に効果が低いという結果になった。

費用対効果 1 による評価より道路橋が 4 つ以上含まれるリンクを赤色、3 つ以下のリンクを黄色で示したものを図-2 に示す。

6. 今後の流れ

費用対効果 1 による評価を行ったが、費用対効果 2 も含めた評価を行うことを今後の目標とする。また、各リンクに含まれるすべての道路橋を補修するとして求めたが、補修を行う橋梁の数に関しても考察を行う。

〈参考文献〉

- 1) 東京都建設局 HP
<http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/>
- 2) 内山典之 他：床版の劣化予測を考慮した橋梁維持管理システムの構築（応用力学論文集 vol:7,pp1141-1148 頁,2004.）
- 3) 費用便益分析マニュアル
http://www.mlit.go.jp/road/ir/hyouka/plcy/kijun/bin-ekiH20_11.pdf#search=費用便益マニュアル 国土交通省
- 4) 玉田雄亮 他：東京都内の道路ネットワークにおける橋梁劣化の影響の分析（第 37 回関東支部技術研究発表会 2010.3）
- 5) 大阪府土木部交通道路室：橋梁定期点検要領（案）

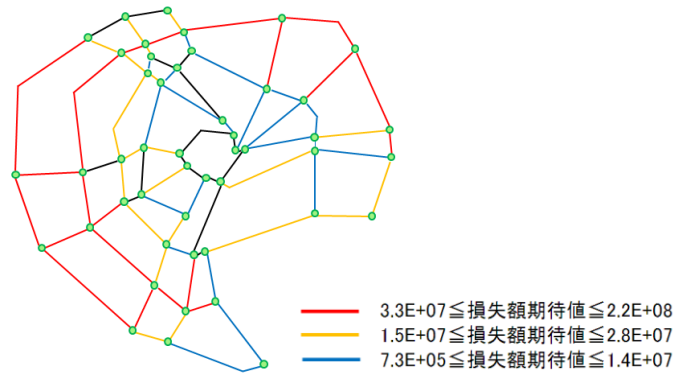


図-1 損失額期待値によるグルーピング

表-1 RC 床版損傷ランクと補修単価

ランク	一般的状況 補修工法及び補修単価
5	損傷は認められない。
4	損傷があり、程度を記録する必要がある。 ひび割れ注入工法 24,000円/㎡
3	損傷があり、追跡調査を行う必要がある。 ひび割れ注入工法+炭素繊維接着工法 100,000円/㎡
2	損傷が大きく、詳細調査を実施し補修の検討が必要。 ひび割れ注入工法+鋼板接着工法 130,000円/㎡
1	損傷が著しく、交通の安全確保の支障となる恐れがある。 床版打ち替え工法 250,000円/㎡

表-2 時間価値原単位

車種	時間価値原単位(円/分・台)
乗用車	40.1
バス	374.27
乗用車類	45.78
小型貨物	47.91
普通貨物	64.18

注：平成20年価格

表-3 走行経費原単位

速度(km/h)	乗用車	バス	乗用車類	小型貨物	普通貨物
5	44.82	114.46	46.00	34.40	77.74
10	32.54	96.41	33.62	29.42	63.97
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
55	22.37	76.53	23.29	22.75	39.30
60	22.44	76.57	23.36	22.74	39.18

注：平成20年価格

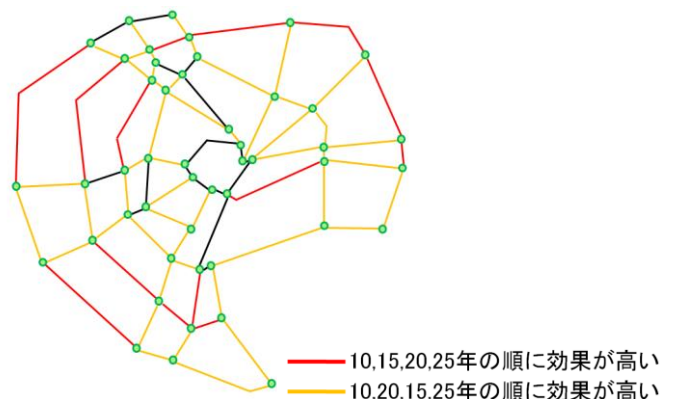


図-2 費用対効果 1 による補修時期の評価