

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 (その1: 橋梁分布と信頼性解析)

中央大学 学生会員 ○玉田 雄亮 中央大学 学生会員 遊佐 亮太郎
目白大学 正会員 吉岡 由希子 中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. 研究の目的と方法

我が国における社会資本の整備は、昭和40年～50年代のいわゆる高度成長期に非常に多くの資本投資が行われ、形成されたものが中心となっている。社会資本の中でも、道路資産として交通社会基盤施設が概成されたと言われている。社会資本の中でも、道路資産として重要な位置を占める橋梁の維持管理対策は問題であるが建設後相当の年数を経ているのみならず、近年における交通量の増加、車両の大型化などにより、著しい損傷を受けているものもある。

¹⁾本研究の対象とする東京都の管理する道路橋(建設局管理)は、平成19年4月1日現在、橋数で1,248橋、延長で71,496m、総面積は1,096,144 m²である。本研究の目的は、東京都の橋梁が道路ネットワークの中でどのような影響を持っているのかを分析し影響力の高い橋梁を含むリンクの順位づけを行うことである。本研究ではまず東京都内における橋梁の分布をGISを用いて調べる。次に東京都23区内の道路ネットワークをモデル化し、ネットワークを構成する各リンクの信頼度の計算を行う。この信頼度をもとに重要なリンクを見つけ、そのリンクの費用便益分析を行う。その結果、重要なリンクの中でもそのリンクが使えなくなることによる影響が大きくなるリンクを見つけ、順位づけを行う。

2. 東京都の道路橋分布

東京都23区に道路橋がどのように分布しているか、GISを用いて調べた図を図-1に示す。この図より、東側に道路橋が多くあることがわかる。放射道路には、陸橋はあまりなく、ほとんどが川に架かる橋であることがわかる。また放射道路と環状道路が交わる所にある道路橋は、ほとんどが環状線の方に架かっているのがわかる。これは、環状道路の方が放射道路より後に造られたためであると考えられる。

3. 東京都の道路のモデル化

信頼度の計算、費用便益分析を行うにあたって東京都23区内の国道と主要都道を抜き出したモデルをGISを用いて作成する。これは、東京都23区内にあるすべての道路において信頼度の計算を行うのは難しいと判断したためである。東京都23区内の国道と主要都道を抜き出したモデルを図-2に示す。そしてこの図を単純化してモデル化しリンクの番号をつけたものを図-3に示す。本研究で抜き出した路線とその路線延長、橋梁数、橋梁密度を示したものを表-1に示す。橋梁密度は1km当たり橋梁がいくつあるかを表したものである。

4. 橋梁の破壊確率

信頼度の計算を行うために5、10...30年後に橋梁の

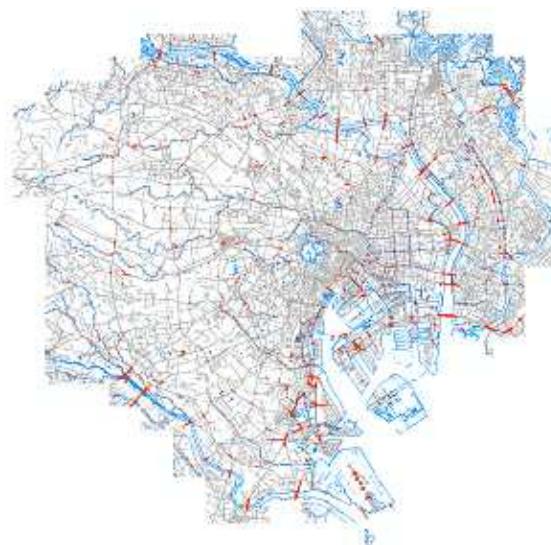


図-1 東京の道路橋の分布図

表-1 路線別の橋梁密度

路線名	橋梁数	総延長(km)	橋梁密度
明治通り	9	33.4	0.27
山手通り	9	19.8	0.45
環状7号	39	57	0.68
環状8号	11	39.4	0.28
国道15号	3	18	0.17
国道1号	3	15.3	0.20
国道246号	4	14	0.29
国道20号	4	16.3	0.25
国道254号	4	15	0.27
国道17号	6	15	0.40
国道4号	5	15	0.33
国道6号	8	13	0.62
京葉道路	6	11.9	0.50



図-2 東京都の主要道マップ

キーワード GIS 橋梁 東京都 交通量

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL03-3817-1816

状態がどのように移行していくかの確率を計算する。橋梁の状態は5段階で表すこととする。それぞれのランクでの状態を表-2に示す。次式(1)は表-2の5段階の状態が現在から5年後にどう変わるかを示した確率遷移行列²⁾である。破壊確率の計算には、文献2)において、東京都75橋梁の実データより算出したものを用いた。

$$\begin{matrix} & \text{OK} & 4 & 3 & 2 & 1 \\ \begin{matrix} \text{OK} \\ 4 \\ 3 \\ 2 \\ 1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.8165 & 0.1783 & 0.0 & 0.0064 & 0.0 \\ 0.0 & 0.4322 & 0.5397 & 0.0297 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.6159 & 0.3872 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.3247 & 0.6782 \\ 0.0 & 0.0 & 0.0 & 0.0 & 1.0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad \dots (1)$$

この確率遷移行列をn乗することにより5n年後の橋梁の破壊確率を計算することができる。さらにこの確率遷移行列に劣化要因変数として交通量のデータも考慮して²⁾今回の研究を行う道路ネットワーク内に存在する125個の橋梁の破壊確率の計算を行った。結果の一部を表-3に示す。¹⁾交通量のデータは東京都建設局のものを用いる。

5. 信頼度の計算

各リンクの信頼度の計算を行う。信頼度の計算は、リンクを下図のように直列モデルと考えて計算をするものとする。ここでRは信頼度でありこの直列モデル全体の信頼度はそれぞれの橋梁の信頼度をかけることにより求める。信頼度は $R=(1-P)$ で求める。Pは道路橋が通行止めになる損傷ランクが1か2になる確率のこととする。上で求めた橋梁の破壊確率を用いて計算を行う。今回の計算では、橋梁の損傷ランクは現時点ですべてランク5の状態と仮定して計算を行った。計算結果の一部を表-4に示す。区間番号はネットワークモデルに示す。また信頼度が低いものから並べている。表中の区間7は環状7号線の交差点、大原～板橋中央陸橋間である。区間8は環状7号線の交差点、青戸八丁目～之江一丁目間である。10年後までの信頼度はどの区間でも80%以上あるが15年後以降は橋梁の数が多いリンクほど信頼度の減少が大きくなっていることが分かる。また橋梁の数と同じリンクでも信頼度に差があることがわかる。これは交通量による違いである。

6. 今後の流れ

費用便益分析の計算を行う。その計算結果よりメンテナンスコストを削減するにはどうすればよいかを考えていく。また費用便益の計算をするにあたって、ほかのリンクに流れた交通量の分配をどうするかを検討する。

参考文献

- 1) 東京都建設局 HP
<http://www.kensetsu.metro.tokyo.jp/index.html> 2010,1月現在
- 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.）
<http://www.mlit.go.jp/> 2010,1月現在

表-2 損傷ランク

ランク	一般的状況
OK(5)	損傷は認められない。
4	損傷あり、程度を記録する必要がある。
3	損傷あり、追跡調査を行う必要がある。
2	損傷が大きく、詳細調査を実施し補修の検討が必要。
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。

図-3 ネットワークモデル

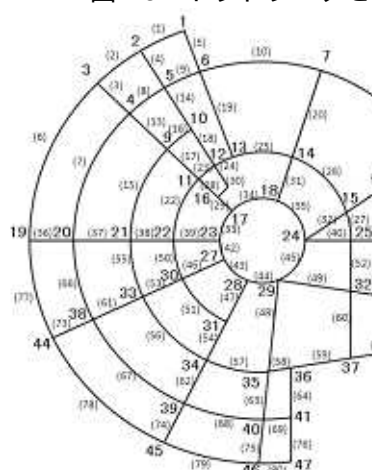


表-3 橋梁破壊確率

橋梁番号	5年後	10年後	15年後	20年後	25年後	30年後
1	0.0064	0.0169	0.0651	0.145	0.2411	0.3423
2	0.0064	0.0169	0.0651	0.145	0.2411	0.3423
3	0.0064	0.0169	0.0651	0.145	0.2411	0.3423
4	0.0064	0.0169	0.0651	0.145	0.2411	0.3423
5	0.0064	0.0169	0.0651	0.145	0.2411	0.3423
6	0.0064	0.0169	0.0651	0.145	0.2411	0.3423
7	0.0051	0.0184	0.1124	0.256	0.412	0.5551
8	0.0051	0.0184	0.1124	0.256	0.412	0.5551
9	0.0051	0.0184	0.1124	0.256	0.412	0.5551
10	0.0051	0.0184	0.1124	0.256	0.412	0.5551
119	0.0064	0.0169	0.0651	0.145	0.2411	0.3423
120	0.0064	0.0169	0.0651	0.145	0.2411	0.3423
121	0.0064	0.0169	0.0651	0.145	0.2411	0.3423
122	0.0059	0.0175	0.0818	0.186	0.3076	0.4293
123	0.0059	0.0175	0.0818	0.186	0.3076	0.4293
124	0.0059	0.0175	0.0818	0.186	0.3076	0.4293
125	0.0064	0.0169	0.0651	0.145	0.2411	0.3423

表-4 各リンクの信頼度

区間	5年後	10年後	15年後	20年後	25年後	30年後	橋梁数
7	0.9502	0.8305	0.3035	0.0520	0.0049	0.0003	10
12	0.9594	0.8837	0.5503	0.2368	0.0763	0.0197	7
6	0.9622	0.9028	0.6677	0.3907	0.1910	0.0809	6
9	0.9641	0.8789	0.4490	0.1381	0.0286	0.0044	7
78	0.9648	0.8781	0.4340	0.1262	0.0243	0.0035	7
49	0.9651	0.8995	0.5993	0.2909	0.1102	0.0345	6
67	0.9659	0.8987	0.5793	0.2659	0.0936	0.0269	6
10	0.9708	0.9155	0.6527	0.3574	0.1591	0.0605	5
68	0.9708	0.9155	0.6527	0.3574	0.1591	0.0605	5
72	0.9761	0.9324	0.7237	0.4611	0.2519	0.1223	4
11	0.9766	0.9318	0.7108	0.4390	0.2298	0.1061	4
15	0.9766	0.9318	0.7108	0.4390	0.2298	0.1061	4
63	0.9766	0.9318	0.7108	0.4390	0.2298	0.1061	4
69	0.9766	0.9318	0.7108	0.4390	0.2298	0.1061	4
59	0.9809	0.9502	0.8171	0.6250	0.4371	0.2845	3
65	0.9809	0.9502	0.8171	0.6250	0.4371	0.2845	3
20	0.9819	0.9490	0.7882	0.5665	0.3638	0.2142	3
21	0.9824	0.9484	0.7741	0.5394	0.3319	0.1859	3
41	0.9824	0.9484	0.7741	0.5394	0.3319	0.1859	4
74	0.9840	0.9467	0.7234	0.4506	0.2394	0.1130	3
22	0.9872	0.9665	0.8740	0.7310	0.5759	0.4326	2
23	0.9872	0.9665	0.8740	0.7310	0.5759	0.4326	2
25	0.9872	0.9665	0.8740	0.7310	0.5759	0.4326	2
32	0.9872	0.9665	0.8740	0.7310	0.5759	0.4326	2
40	0.9872	0.9665	0.8740	0.7310	0.5759	0.4326	2
71	0.9872	0.9665	0.8740	0.7310	0.5759	0.4326	2
17	0.9877	0.9659	0.8584	0.6960	0.5255	0.3753	2
75	0.9877	0.9659	0.8584	0.6960	0.5255	0.3753	2
55	0.9882	0.9653	0.8431	0.6626	0.4794	0.3257	2
36	0.9885	0.9650	0.8298	0.6361	0.4462	0.2926	2
73	0.9885	0.9650	0.8298	0.6361	0.4462	0.2926	2
77	0.9885	0.9650	0.8298	0.6361	0.4462	0.2926	2
61	0.9890	0.9644	0.8150	0.6056	0.4071	0.2539	2
79	0.9892	0.9671	0.8399	0.6547	0.4682	0.3139	2
8	0.9898	0.9635	0.7878	0.5535	0.3457	0.1979	2
13	0.9898	0.9635	0.7878	0.5535	0.3457	0.1979	2
66	0.9898	0.9635	0.7878	0.5535	0.3457	0.1979	2