

道路橋 LCC マネジメントの中での疲労劣化と大型車交通便益の関係の評価

○中央大学理工学部土木工学科 学生会員 近藤 航
中央大学理工学部土木工学科 正会員 佐藤 尚次

1. はじめに

我が国の道路橋は高度経済成長期に建設されたものが多く、近年それらの老朽化が騒がれはじめ、補修・更新が必要となる橋梁が急増していくことが予想される。そのため、より経済的な維持管理計画を立てることが重要であり、現在、橋梁維持管理システム(Bridge Management System)の開発研究が活発である。

橋梁建設事業では、計画時に劣化速度の予測をすることによってライフサイクルコスト(以下 LCC)を算定し、その橋梁によってもたらされる社会的便益の額とのバランスを評価し事業の経済性を判断するが、大型車交通量の多い道路橋では、活荷重による疲労劣化の進行が早まり、予定よりも高額な補修費がかかってしまうというのが現状である。しかし、我が国の輸送サービスの大部分を担う大型トラックが多く走行することによって、良い経済効果ももたらされているとも考えられる。本研究では、大型トラックの走行が道路橋の疲労劣化に与えている影響を評価して、補修費という形で貨幣換算し、大型車が橋梁を走行することにより発生する社会的便益の額と比較し、道路橋 LCC マネジメントの経済性の評価を試みる。

2. 大型車交通量別の劣化予測

「橋梁点検要領(案)」(1988年 国土交通省)にならって、橋梁の健全性を5段階で評価する。疲労劣化による損傷は補修を行わない限り回復しないと考えられるため、健全性の推移をマルコフ仮定による健全性ランクの推移確率行列で表し、それに基づいて劣化曲線を作成する。まず、基準として施工30年目で健全性ランク3に達するような推移確率行列Pを次のように設定する。

$$P = \begin{bmatrix} & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \\ 5 & 0.95 & 0.05 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 0.9 & 0.09 & 0.01 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 0.86 & 0.13 & 0.01 \\ 2 & 0 & 0 & 0 & 0.83 & 0.17 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

この行列に大型車交通による劣化の影響を表す要因変数 y を導入し、大型車交通量別(1000[台/24h]未満、1000~5000、5000~10000、10000以上の4パターン)の劣化曲線を作成した。 y については、文献1)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。また、本研究では健全性を次に示すような式で算出できると仮定し、 t 年次における推移確率行列から健全性が算出できるものとした。

$$H = 5.0 - QP^t S(0)$$

(P ; 遷移確率行列、 $S(0)$; 初期状態ベクトル、 Q ; 換

表-1 健全性判定標準

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。

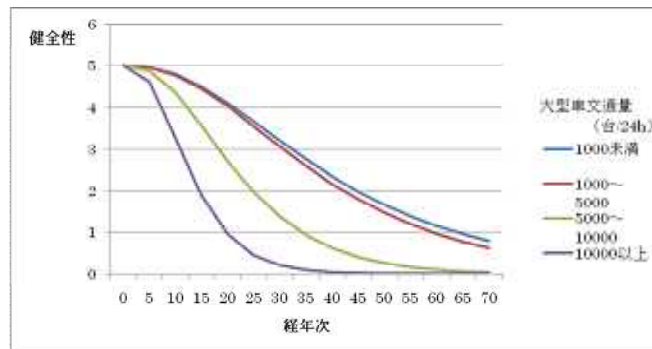


図-1 床版の大型車交通量別劣化曲線

3. LCC 算定

3.1. 条件設定

設定期間60年。区間長100km、橋幅18kmの高速道路を考える。コストは橋梁の規模によって違うため、面積と関連付けるとし、表-2のように設定する。

表-2 各費用・補修周期

	費用(万円)	周期(年)
建設	20/m ²	架け替え無し
塗装塗替	0.2/m ²	10
支承交換	0.5/m ²	15
伸縮装置交換	0.1/m ²	10
道路維持管理	2700/km	1

また、床版補修費は1.4万円/m²×回復ランク数(少数以下も計算)、社会的割引率4%とする。

3.2. 補修計画設定

補修工事を行う条件を健全性 $H < 4$ とし、60年目で $H > 2.5$ を満たしていなければならないとする。

大型車交通量(台/24h)別に補修周期10,15,20,25,30年の場合について補修を算定したところ、補修費最小と考えられる補修計画は表-3のようになった。

表-3 最適点検周期

大型車交通量	t年次に補修を行う	回数
1000(台/24h)未満	t=30	1
1000~5000(台/24h)	t=20,40	2
5000~10000(台/24h)	t=15,30,45	3
10000(台/24h)以上	t=10,20,30,40,50	5

3.3. 算定

以上の条件より、大型車交通量区別にLCCを原価法により算出した。算出結果を図-2に示す。

キーワード; ライフサイクルコスト、疲労劣化、維持補修、便益

連絡先; 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 tel.03-3817-1816 fax.03-3817-1803

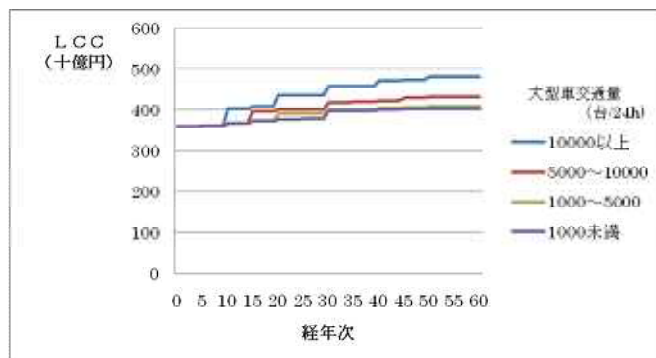


図-2 大型車交通量区分別 LCC

4. 便益算定

4.1. 大型トラックの走行により発生する社会的便益

高速道路が建設されアクセスが効率化されると、従来よりも移動時間もしくは走行距離が短縮され、輸送業者の輸送コスト削減が可能になる。これによって輸送サービスの消費者価格（一般化費用）が低下されると、それに伴って交通需要量が増加する。これによって発生する経済効果を大型車交通による社会的便益であるとする。図-3は需要曲線が一次関数であるときの一般化費用 p 、交通需要量 q の関係と、それぞれの変化によって発生する便益の値の大きさを表している。

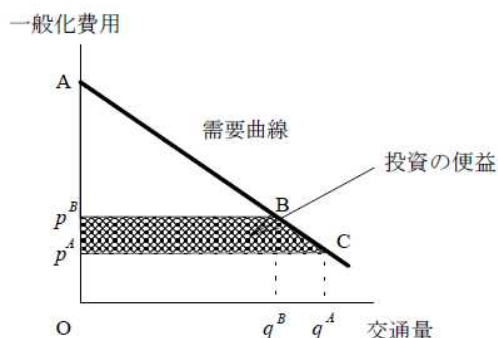


図-3 交通需要曲線

4.2. 社会的便益の算定

まず、大型車交通量 1000(台/24h)未満の場合の LCC を用いて、大型車交通量 10000(台/24h)の道路橋の費用便益分析を行ったとき、費用便益比 B/C が 1.7 であると仮定しこの道路事業によって発生する短縮時間を求める。ここでの B は全乗用車の走行時間短縮便益と走行費用短縮便益の和である。「費用便益分析マニュアル」（H16 国土交通省）より、時間価値原単位普通乗用車 62.86 円/min・台、大型車 87.44 円/min・台、高速または地域高規格道路において平均旅行速度 78.7km/h としたときの走行費用原単位普通乗用車 6.38 円/km、大型車 21.02 円/km、また大型車混入率 32.8%としたとき、短縮時間は 18.55min となった。

内閣府の調査によると、1988～1999 年の間に道路貨物輸送サービスの一般化費用は 11.4%減少し、需要量は 5.6%増加した。このことから交通需要曲線の傾きを -2.036 とした。増加前の大型車交通量を 10000(台/24h)、第 8 回物流センサスより、全国平均輸送単価を 40.2 円/トンキロとしたとき、需要量は 480(台/24h)増加した。以上より、大型車交通量の増加によって発生した社会的便益額の算定を行なった。また、大型車種の混入比

率は 1984 年 R357 有明のデータを使用した。

4.3. 環境に対する便益損失

本研究では、大型トラックが環境に与える悪影響を貨幣換算し、損失額として便益の値から差し引いた。

算定にあたっては表-4のような条件を用いた。またこのときの大型トラックの平均速度を 80/km とした。

表-4 環境への影響の算定条件

環境への影響	使用した計算式
Nox発生量 (t/年)	$2.29 \times \text{大型車交通量 (台/年)}$
→ 便益損失 (万円/年)	$58 \times \text{発生量}$
炭酸ガス発生量 (t/年)	$129 \times \text{大型車交通量 (台/年)}$
→ 便益損失 (万円/年)	$0.23 \times \text{発生量}$
等価騒音レベル (dB(A)/年)	$43 + 10 \log(4.5) + 10 \log(\text{大型車交通量 (台/年)} / 24)$
→ 便益損失 (万円/年)	$47.52 \times \text{発生量}$

5. 大型車交通による疲労劣化の影響と便益の比較

大型車交通量 10000(台/24h)以上の場合と 1000(台/24h)未満の場合での LCC の差額に環境への影響を加えた値を C' とし、この値を大型車交通による補修費の増分であると考え、大型車交通により発生する便益を B' として、 B' の値と比較した結果、費用便益比 $B'/C' = 2.913$ という値が得られた。道路事業計画の費用便益比は 1.5 を上回ることが基準とされているので、この値であれば社会的便益収入が見込めると言える。

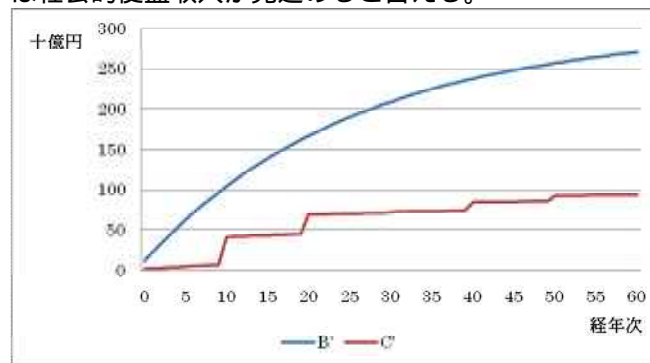


図-4 C と B' の値の推移

6. おわりに

本研究で試算したケースでは、大型車交通によって発生する便益は、大型車の走行によって増大する疲労劣化の影響をカバーできる値であった。よって、大規模な道路橋では、大型車の通行を規制せずに、補修回数を増やしてでも通行を促した方が、良い経済効果が見込めると考えられる。

また、橋梁の疲労劣化に特に大きなダメージを与えていると言われている違法な過積載車の影響を考えることが必要であり、活荷重シミュレーションを用いて検討中である。結果は口頭発表によって示す予定である。

参考文献

- 1) 内山典之：RC 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 巻 1141-1148 頁、2004
- 2) 熊木克典：社会基盤構造物の価値評価、2002 年度卒業論文
- 3) 三木千嘉、山口亮太：社会的損失を考慮した道路橋のライフサイクルコスト、2000
- 4) 原田隆郎：道路構造物の維持管理を支援する計算モデルの構築、2002
- 5) 金本良嗣：交通投資の便益評価 - 消費者余剰アプローチ -
- 6) 国土交通省：橋梁点検要領、1988
- 7) 国土交通省：費用便益分析マニュアル、2004
- 8) (社)日本道路協会：限界状態設計法分科会荷重検討班第二次報告書、1988