

# 道路ネットワーク的観点から見た橋梁の便益に関する一考察

On benefit of bridges from the point of view of road network

北海学園大学工学部土木工学科 正員 杉本 博之 (Hiroyuki Sugimoto)  
 北海学園大学大学院建設工学専攻 ○学生員 阿部 淳一 (Junichi Abe)  
 北海学園大学大学院建設工学専攻 学生員 赤泊 和幸 (Kazuyuki Akadomari)

## 1. まえがき

近年、様々な維持管理問題において、ライフサイクルコスト（以下、LCC）の導入が言われている。筆者の一人は以前に、仮想の道路ネットワークを作成し、各路線上の補修の順位を遺伝的アルゴリズム（以下、GA）を用いて計算することを試みた<sup>1)</sup>。そこでは、劣化の経年的推移は復旧費の経年的推移に置き換えられてLCCに組み入れられた。このように、LCCによる中、長期にわたる維持管理施策の策定には、橋梁各部の信頼できる劣化モデルの構築は不可欠と思われる。あるいは劣化に関わるパラメータの統計的設定によるLCCの推定は可能であるが、当面の施策の決定には説明力は乏しいと考えざるを得ない。

当面の施策の決定には、費用便益比により行うのがやはり妥当ではないかと考えられる。このとき、橋梁の便益評価が課題となる。路線交通量をもって重要度の指標とする研究も発表されている<sup>2)</sup>が、路線交通量では、道路の評価と橋梁の評価は同じ値にならざるを得ない。しかし、復旧の難易等を考えるともう少し踏み込んだ評価が必要ではないかと考えられる。今後の低公共投資の時代を考えると、各施設間の予算の配分が問題となり、各社会基盤施設毎に妥当な維持補修費を自立的に確保できるシステムが必要になるからである。

筆者らは、北海道のいくつかの橋梁のユーザーコスト（以下、UC）を計算し、橋梁の維持管理に用いることを提案してきた<sup>3) 4)</sup>。この研究は、社会的損失を評価する研究として引用されている<sup>5) 6)</sup>、一方、現在存在しない施設の建設の妥当性は、やはり費用便益比で評価されるのは一般である。この時は、その施設があるとして生じる変化を推定し便益として用いられる。新設の施設で、現在無いものがあると評価されるものが便益として扱えるのなら、現在あるものを無いとして評価されるUCを便益として用いることのどこに問題があるのだろうか。

本研究は、そのような立場にたち、以下の点を明らかにすることを目的として進められて来た。

- ① 仮想の道路ネットワークを想定し、交通量の等分割配分法により交通の流れを推定し、同程度の交通量の路線でも、近傍の迂回路の程度によりUCが異なることを示す。
  - ② 過去の求めたUC計算の中から、同程度の交通量でもUCが異なる例、及び交通量が少なくともUCは大きくなる例などを紹介し、その理由を考察する。
  - ③ 本研究のUCの値の意味を、橋梁の交通処理能力を種々設定し、その下での結果より考察を加える。
- これらの点を明らかにし、その上で、当面の維持管理施策

表-1 Q-V曲線データ

規格	設計速度	設計速度 (km/h)		交通容量 (台/日)	
		Vmax	Vmin	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>
3種1級4車線	80	60	20	14700	44000
	80	50	20	22000	44000
3種1級2車線	80	60	20	5100	15400
	80	50	20	7700	15400
3種2級4車線	60	50	20	9000	36000
3種2級2車線	60	50	20	2300	9000
3種3級2車線	60	60	20	0	8000
	60	50	10	2000	8000
	60	40	10	3200	8000
	50	30	10	4000	8000
3種4級2車線	50	50	10	0	8000
	50	40	10	2000	8000
4種1級6車線	60	50	10	8600	43200
	60	50	10	9600	48000
4種1級4車線	60	50	10	5800	28800
	60	40	10	11500	28800
	60	50	10	2400	12000
4種1級2車線	60	50	10	1900	9600
	60	40	10	3800	9600
	50	50	10	0	24000
4種2級4車線	50	40	10	6000	24000
	50	40	10	2000	8000
4種2級2車線	40	30	10	2700	8000
	50	40	10	1800	7200
4種3級2車線	30	30	10	1800	7200

の決定に、UCを利用した費用便益費を導入することを提案するものである。

## 2. 時間損失の計算

時間損失は、式-(1)によって算定する。

$$\Delta T = T_d - T_0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 $\Delta T$ は時間損失、 $T_d$ は迂回路走行時間、 $T_0$ は本線走行時間である。迂回路走行時間は、橋梁が存在する路線が通行止めになり、既存の交通量が他の路線に流出した時の、全車両の最小走行時間である。本線走行時間は、橋梁が通行可能における全車両の走行時間である。最小走行時間の算定は、各路線の状況に応じて交通量を最適配分する（等分割配分法）ことにより算出する。以下に、仮想道路ネットワークの定義、路線の交通状況、及び配分計算についての詳細を説明する。

### 2.1 ゾーン、ノード、リンクの設定

本研究における道路ネットワークは、いくつかのゾーンと、ゾーン間を結ぶ道路網で構成される。一般に交通計画をたてるために、計画の範囲を決める必要があり、その地域割りをゾーニングと呼び、設定された範囲をゾーンと呼ぶ。また、道路の交差点や道路規格が変わる点をノードと呼ぶ。本研究では、ゾーンは交通の発着点と道路規格が変わる点とし、ノードは道路の交差点と道路規格が変わる点とした。また、ゾーンとゾーン、ゾーンとノードあるいは



表-4 グループにおける時間損失と時間損失比

グループ	リンク番号	健全時の配分交通量 (台)	健全時の総走行時間 (台・時)	通行不能時の 総走行時間(台・時)	時間損失 (台・時)	時間損失比
1	6	19958	1499578	1515787	16209	1.0
	24	19132		1524279	24701	1.5
	31	19892		1539292	39714	2.5
2	25	30878	1499578	1530180	30602	1.0
	28	31622		1548142	48564	1.6
	41	31082		1566171	66593	2.2
3	3	58292	1499578	1632175	132597	2.0
	26	59964		1581033	81455	1.3
	40	59454		1564291	64713	1.0

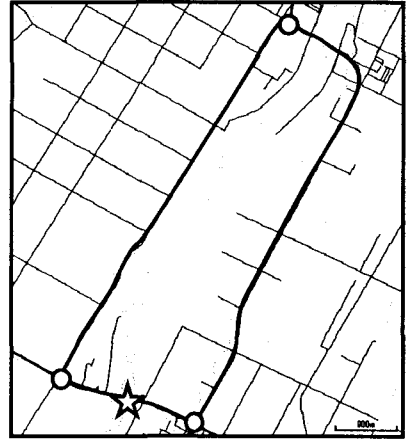
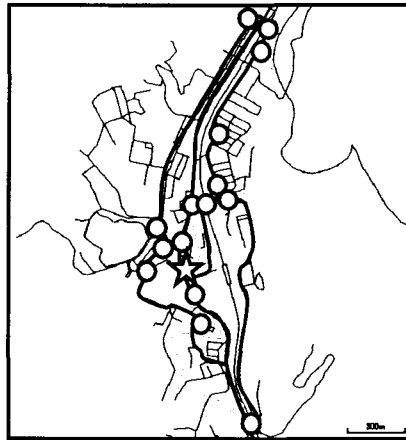
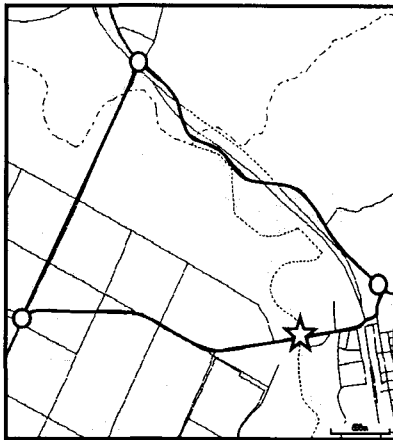


図-3 道路ネットワーク図(橋梁A) 図-4 道路ネットワーク図(橋梁B) 図-5 道路ネットワーク図(橋梁C)

表-5 実在の橋梁の時間損失

橋梁名	24時間交通量 (台)	本線距離 (m)	最短迂回路距 離(m)	迂回路走行時 間(時・台)	本線走行時間 (時・台)	時間損失 (時・台)
A	7415	3.5	5.3	2046.0	428.1	3236.0
B	7179	1.7	1.8	252.7	184.2	68.5
C	3003	1.9	12.0	589.4	68.5	520.9

[5,8], [5,7,14], [4,7,8], [4,14]である。

各ゾーン間の交通量は、OD表を用いて任意に与えた。一般的に、交通には発着点があり、その間の移動を基本単位とする。この発着点をゾーンで考え、集計したのがOD交通である。OD表は、このOD交通をマトリクスで表したもので、行に発地ゾーン、列に着地ゾーンをとる。本研究では、同じゾーン間において、発地と着地の交通量を同一とし、表-3のOD表を用いた。

#### 4. 計算結果

##### 4.1 交通量と時間損失の関連性

道路ネットワーク内において、同程度の交通量が流れるリンクをグループとして、グループ内で時間損失の比較を行う。対象とする道路ネットワークは図-2を用いた。時間損失は、1つのリンクを通行止めにした場合のネットワーク全体の総走行時間と、全てのリンクが通行可能でのネットワーク全体における総走行時間の差である。同程度の交通量が流れるリンクの選択は、全てのリンクを通行可能とし、等分割配分法を行い、配分交通量を基に選択した。配分計算の結果、リンク番号6, 24, 31で配分交通量は約20000台程度、リンク番号25, 28, 41で約30000台程度、リンク番号3, 26, 40で約60000台程度となった。配分交通量20000台程度のリンクをグループ1、30000台程度のリンクをグループ2、60000台程度のリンクをグ

ループ3として、これら3グループについて検討する。全てのリンクが通行可能な状態における総走行時間は1499578台・時となり、これを基準に時間損失を算出する。それぞれのグループにおける配分交通量、時間損失、時間損失比を表-4に示す。時間損失比は、各リンクの時間損失をグループ内で最小となった時間損失で除した値である。時間損失比は1.0に近いほど、グループ内において時間損失に差がないものとなる。

グループ1での時間損失は、リンク6で最小、リンク31で最大となり、その差は約23000台・時、時間損失比は2.5となった。同程度の交通量であっても、時間損失は大きく異なる。グループ2での時間損失は、リンク25で最小、リンク41で最大となり、その差は約36000台・時、時間損失比は2.2となった。グループ2においても、時間損失は大きく異なる。グループ3での時間損失は、リンク40で最小、リンク3で最大となり、その差は約67000台・時、時間損失は2.0となった。グループ3においても時間損失は大きく異なる結果となった。全てのグループにおいて、同程度の交通量であっても、近傍の迂回路の違いによって、時間損失は大きく異なった。

##### 4.2 道道に架かる橋梁の時間損失についての実例

上記の結果は全て仮想の道路ネットワークを用いたものであるが、本項では実在の橋梁で算出したUCについても検討を行う。図-3, 4, 5にある地域における橋梁と迂

回路を示す。図中の星印は橋梁の位置を示し、丸印はノード、実線は対象となる路線、点線は迂回路を示す。また表-5には図-3, 4, 5に対応する橋梁の24時間交通量と本線、迂回路データを示す。橋梁Aと橋梁Bを比較すると、これらは同程度の交通量であるが、橋梁Bの迂回路が充実しており、橋梁Bのほうが時間損失は少なくなっている。また、橋梁Bと橋梁Cについて比較をする。橋梁Bの交通量は橋梁Cの交通量の約2倍であるが、橋梁Bの時間損失は橋梁Cの時間損失の約8分の1となった。実際の橋梁においても周辺の迂回路により時間損失に大きな差が現れることが示された。

#### 4.3 橋梁の交通処理能力と時間損失の関係

これまで算定してきた時間損失は、橋梁が通行止めになった時のものであるが、本項では橋梁が通行止めだけでなく、交通処理能力が低下した時の時間損失を算定し、時間損失と交通処理能力の関係について検討を試みた。

交通処理能力は、交通処理低下係数 $\alpha$ を用いて考慮した。 $\alpha$ は、橋梁本来の交通処理能力の時1.0とし、0.0に近づく程交通処理能力が低下し、0.0で交通不能とした。 $\alpha$ の値は0.0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00の5ケースで解析した。また道路ネットワークは図-2を用いた。道路ネットワーク内の1つのリンクに橋梁が存在すると仮定し、橋梁の交通処理能力が低下した時の道路ネットワーク全体の総走行時間と $\alpha=0.0$ におけるネットワーク全体の総走行時間の差を時間損失とした。 $\alpha=0.0$ における総走行時間は、1499578台・時である。図-6に $\alpha$ と時間損失の関係をグラフで表した一例を示す。また表-6には、図-6に対応する走行時間と時間損失を示す。

$\alpha$ と時間損失の関係は、図-6に示される3タイプに集約された。図-6のタイプ1は $\alpha=0.75$ の時間損失と $\alpha=1.00$ の時間損失が同一である。これは、橋梁の交通処理能力が、本来の25%の時点で既に交通量は配分されず、通行止めと同様な状態になっている。全体的に時間損失が低い場合にタイプ1の傾向が見られた。タイプ2では、 $\alpha$ と時間損失が比例関係にある。全体の約8割はタイプ2の傾向がみられた。タイプ3は2次関数的に、時間損失が増大している。全体的に時間損失が多い場合に、タイプ3のような関係になる傾向がみられた。

個々の橋梁の交通処理能力と時間損失の関係は、多くの場合で比例関係がみられた。これは、周辺迂回路により時間損失は大きく異なるが、交通処理能力と時間損失の線形性は変わらないことを示している。橋梁の交通処理能力が低下した時のUCは、筆者らが算定したUCを元に $\alpha$ を用いて統一的に算定できるものと考えられる。

#### 5. あとがき

橋梁の便益としてUCを用いることを、道路ネットワークの観点から考察した。仮定の道路ネットワークにおいては、橋梁周辺の迂回路の違いにより、時間損失は種々の値となり、同程度の交通量であっても時間損失には大きな違いが見られた。事例における検討でも、時間損失は迂回路によって大きな違いが見られ、UCが迂回路と交通量に影響されることを示した。これは、橋梁の評価は道路の評価と同等ではなく、橋梁独自の評価の指標として、UCを用

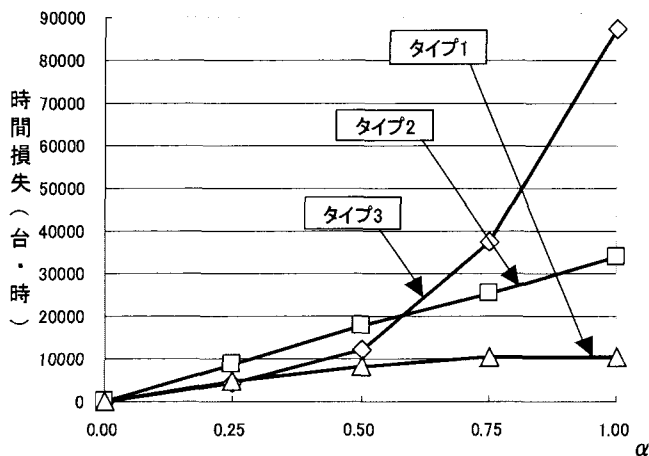


図-6  $\alpha$ -時間損失関係

表-6 タイプ別総走行時間と時間損失

		タイプ1	タイプ2	タイプ3
総走行時間 (台・時)	$\alpha=1.00$	1499578		
	$\alpha=0.75$	1504429	1508450	1503983
	$\alpha=0.50$	1508022	1517469	1511819
	$\alpha=0.25$	1509990	1524821	1536906
	$\alpha=0.00$	1509990	1533422	1586785
時間損失 (台・時)	$\alpha=1.00$	0		
	$\alpha=0.75$	4851	8872	4405
	$\alpha=0.50$	8444	17891	12241
	$\alpha=0.25$	10412	25243	37328
	$\alpha=0.00$	10412	33844	87207

いることの意味を示すことができたと考えられる。

橋梁の交通処理能力の低下による、時間損失の変化の検討では、 $\alpha$ と時間損失に比例関係が見られた。これらの結果を用いて、今後さらに効率的な橋梁の維持管理施策を検討したいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 田村・杉本・上前：遺伝的アルゴリズムの道路整備順位決定問題への適用，土木学会論文集，No.482/IV-22，pp.37-46,1994
- 2) 長谷川・大島・三上・佐藤・丹波・前田：既存橋梁に対する補修補強に関する研究：土木学会第58回年次学術講演会，I-451，pp.901-902，2003.
- 3) 杉本・首藤・後藤・渡邊・田村：北海道の橋梁のユーザーコストの定量化の試みとその利用について，土木学会論文集，No.682/I-56 2001.
- 4) 杉本・中野・後藤・高橋・渡邊：ユーザーコストに関する一考察，土木学会北海道支部論文報告書，第58号，4-7，2002.
- 5) 杉本一朗：既設鋼鉄道橋のLCC評価事例，土木学会平成15年度全国大会研究討論会資料 鋼構造物のLCC評価の現状と将来展望，pp.18-21，2003.
- 6) 伊藤・和田：イベントを考慮した交通基盤施設のライフサイクル評価手法に関する研究，土木学会論文集，No.745/I-65，131-142，2003.
- 7) 社団法人 日本道路協会：道路構造令の解説と運用，1983.