

I-57

橋梁のユーザーコスト算定に関する一考察

北海学園大学 正会員 杉本 博之 ○北海学園大学 学生員 首藤 諭
 北海学園大学 学生員 後藤 晃 室蘭工業大学 正会員 田村 亨

1. まえがき

橋梁は、設計・施工・供用の後、補修・補強を経て、架け替えというライフサイクルをたどる。近年、ライフサイクルコストを最小化しようとする橋梁維持管理に関する研究が様々に行われている。例えば、床版や塗装の補修順位決定支援システムの研究¹⁰⁾¹¹⁾あるいは既存橋梁の補修計画の試み¹²⁾等である。

ここで、ライフサイクルコストを考える上でのユーザーコストは、項目としてのみ挙げられ、実際に評価を行っているものは少ない。しかし、ライフサイクルコストの中のユーザーコストは大きな割合を示すことが予想され、無視することはできないであろうと考えられる。このユーザーコストは、橋梁が何らかの理由により通行不能になった場合にユーザーが蒙る損害と理解されるが、逆に考えれば、橋梁が日々生産している利益とも考えることができる。これは、橋梁価値と定義できる値でもある。

一般に、社会基盤施設はあって当たり前と暗黙の内に捉えられており、それを一つの理由として橋梁等の社会基盤施設の維持管理(維持管理に税金を投入するということ)に対する国民的な合意は極めて薄いと考えられる。それは、我々が扱う社会基盤施設の価値を明確に定義せず、定量化していないことも理由と考えられる。

そのような背景のもとに、本研究は、北海道内の橋梁を対象とし、それらの橋梁が通行不能になった場合、迂回路交通による時間的な損失を計算し、橋梁価値の定量化に関する試みを行おうとするものである。

ライフサイクルコストの計算におけるユーザーコストの位置付け、社会基盤施設の維持管理業務への国民的合意、そして、橋梁の維持管理における資本の投資順位決定などに貢献ができることを期待している。

2. 橋梁マネジメントとユーザーコスト

橋梁マネジメントを行う上でライフサイクルコストを最小にする考えは近年重要であるとされ、その考えの元で維持補修を行う補修計画を算定することが必要である。その中に橋梁が使用不可能になった場合に、どの程度利用者に損害が出るのかというユーザーコストという項目がある⁹⁾。これはライフサイクルコストを考える上で大きく影響する因子であると考えられる。このユーザーコストの中にも、迂回路交通による走行時間の増加による損害、運輸交通にかかわる経済的損害、交通事故等の社会的損害など様々な損害が考えられる。ここではユーザーコストの中でも大きな割合を示すと考えられる、ある橋梁が使えなくなった場合に迂回路を通る車両が、どの程度時間が余計に掛かるのかを算定する。その時間をコストに換算したものをユーザーコストとし、それが対象橋梁の価値と考えることとする。つまり、ユーザーコストを算定することは橋梁の価値にも繋がる指標である。橋梁の価値を算定することは、利用者にどの程度のその橋梁が重要であるかを示すのに非常に解りやすい。また、管理側も重要度を考える場合や新設の橋梁を設計する時などで重要な因子になることが考えられる。

今回対象とした橋梁は、道道に架かる橋梁を132橋選定し、60グループの計算を行った。本研究は、基本的に個々の橋梁を対象としてその橋梁の価値を計算しようというものであるが、場合によっては、複数の橋梁が1路線上に近接して存在し、個々の橋梁に分割できない場合がある。その場合は路線上の橋梁群をグループとして扱い、そのグループに対する価値として計算することとした。

Basic research on user cost of bridges due to detour traffic,

By Hiroyuki SUGIMOTO, Satoshi SUDOH, Akira GOTOH & Tohru TAMURA

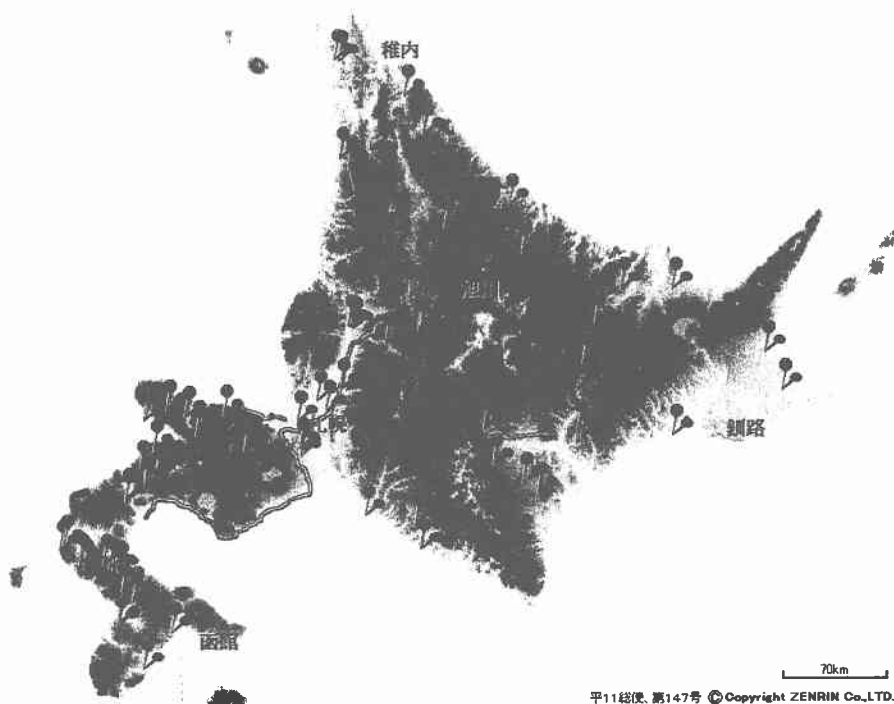
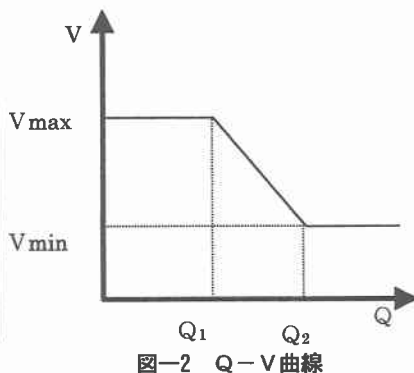


図-1 対象橋梁の分布図

表-1 迂回路の無い橋梁一覧

路線名	橋梁名	構造形式	橋長(m)
茅沼鉾山泊線	サカイバシ	床版橋	19
"	モミジバシ	I桁(合成)	30
"	トキワバシ	I桁	34
"	コザワバシ	床版橋	5
"	タマガワバシ	床版橋	21
豊丘余市停車場線	シンタツチバシ	I桁(合成)	28
千代田初山別停車場線	キュウセンバシ	I桁(合成)	30
"	ジツケンバシ	床版橋	34



3. 計算方法

本研究のユーザーコストの算出法を以下に説明する。

3-1 橋梁選定と代替の設定

本研究は道道にかかる橋梁を対象にした。そこで地図ソフト(ゼンリン電子地図帳ZII)を使い、地図上で確認できる橋梁を選定した。次に、その周辺で迂回路となるであろう路線を選定する。ここでは、道道、国道の他に、市町村道も迂回路になるように選定を行っている。図-1に示す北海道地図でピンが刺さっているとところが今回対象とした橋梁である。また、上記のように橋梁単独では、迂回路の設定が難しく、同じ路線上の近接する橋梁群の迂回路として設定をした。この場合は、橋梁群をグループとして単独橋梁と同じ扱いをして計算した。さらに、山間部などで幹線道路が行き止まりになり、橋梁近傍に迂回路を設定できない場合もあった。今後の研究では、迂回路の設定を橋梁近傍と広域の2ケースを考えているが、本報告では橋梁近傍の迂回路と考え、計算の対象からはずした。それらの橋梁を表-1に示した。

3-2 配分計算と遅れ時間の算定

本研究では、1時間毎の幹線道路の交通量で計算を行っている。しかし、全ての幹線道路の1時間毎の交通量データは存在しないため、道路交通情勢成果表¹⁾より24時間交通量のデータ約30パターン²⁾の1時間毎の交通量の平均値をとり、その割合から比例配分で1時間毎の交通量をピーク交通量から算定し計算を行っている。しかし、交通量の多い道路では、ピーク時と深夜の交通量では大きな較差があるため、交通量がある程度低い場合と高い場合の2つのパターンで時間毎の交通量を算定している。また、主要幹線道路の交通量や橋梁データは文献1)~5)を参照した。特に交通量に関しては、平成9年度道路交通情勢調査成果表¹⁾を参照した。

交通量の分配方法としては、主要幹線道路の1時間毎の交通量をいくつか分割して、各迂回路のQ-V曲線を見て、距離と時間の関係から一番時間がかからない路線に配分を繰り返し分割数だけ配分を行う等分割配分法を用いた⁷⁾。ある時間の交通量が1時間以内に捌ききれない場合、トータルの交通量を総時間で割った1分当たりの交通量を算定する。それに1時間を超過した時間(分)を掛け合わせることで、その1時間で捌ききれなかった交通量を算定することができる。計算された捌ききれない交通量は、次の時間の交通量に加算して再び配分計算を行うものとする。この操作を24時間分繰り返した時の全車両の迂回路通行時間と、幹線道路のみに24時間その交通量を流した(通常交通)時の全車両の通行時間との差を取る。その時間差に1時間当たり1800円の時間コストをかけあわせたものが、その橋梁のユーザーコスト(あるいは橋梁価値)と推定される⁹⁾。これらの関係を式(1)に示した。

$$\{\text{ユーザーコスト}\} = \{\text{迂回路通行時間} - \text{通常通行時間}\} \times (1800 \text{円/時}) \quad (1)$$

3-3 Q-V曲線

今回、交通量と速度の関係をQ-V曲線によって与えている。このQ-V曲線は道路構造令⁶⁾によって定められ、図-2で表すように交通量が多くなると速度が低くなるような関係である。 $V_{\max}$ は車両が通り得る最大の速度であり、 $V_{\min}$ は最小の速度である。今回 $V_{\min}$ は一律で5km/hとした。そして、 Q_1 は最大の速度で通り得る最大の交通量を設定したものであり Q_1 を超える交通量の場合、速度が線形的に落ちていく。 Q_2 は最小の速度になる限界の交通量である。 Q_1 、 Q_2 は道路構造令⁶⁾に定められている値を用いた。これらは道路種別や交通速度によって変動する。また、 $V_{\max}$ もやはり道路構造令の定められている値を用いたが、詳細は道路ごとに市町村に確認した値を用いた。道路種別の判定に必要な道路幅員も市町村に確認している。道路構造令による道路種別3種、4種毎のQ-V曲線を図-3に示した。

また、実際の解析に使用した道路ネットワークの1例を図-4に示す、この図の実線は主要幹線道路であり、点線で示しているのが迂回路線である、また、○で表している点は起終点であり、◇で示している点がノードである。ここで、この道路ネットワークのノード間全てのリンクにQ-V曲線を与えることになる。そして前述のように各リンクにQ-V曲線から交通量を分配し、交通時間を算定することになる。

3-4 シミュレーションプログラムの利用

本研究では、道路構造令のQ-V関係だけではなく、シミュレーションプログラムによるQ-V曲線の推定も行った。

Q-V曲線の設定においては Q_1 の値の設定が重要になる。道路構造令には定められているが、必ずしも通行する車両の構成、車線数あるいは道路曲線な

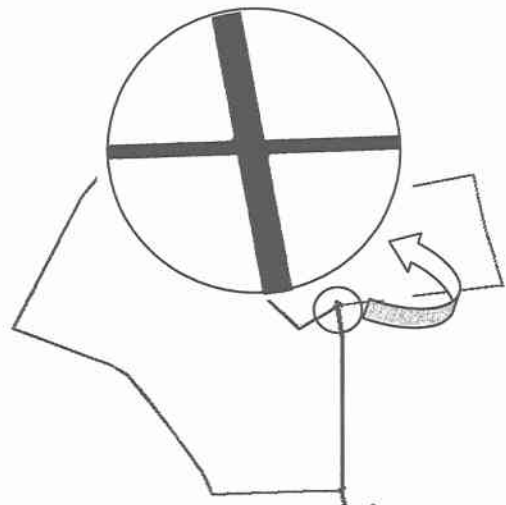
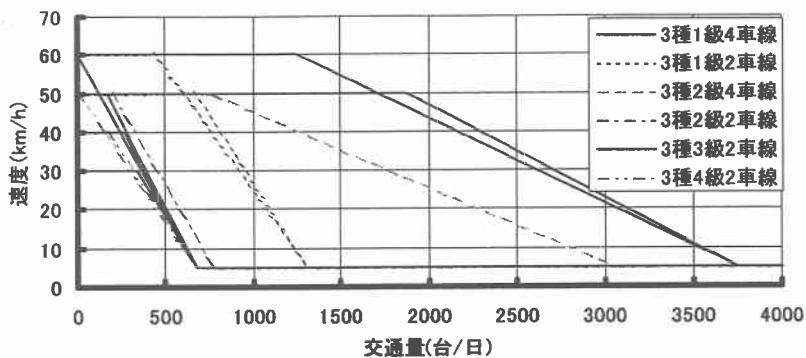
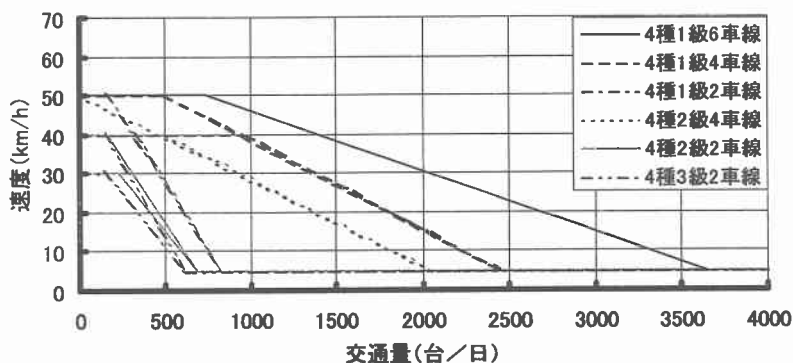


図-5 シミュレーションプログラム



3種(地方部)のQ-V曲線



4種(都市部)のQ-V曲線

図-3 道路構造令におけるQ-V曲線

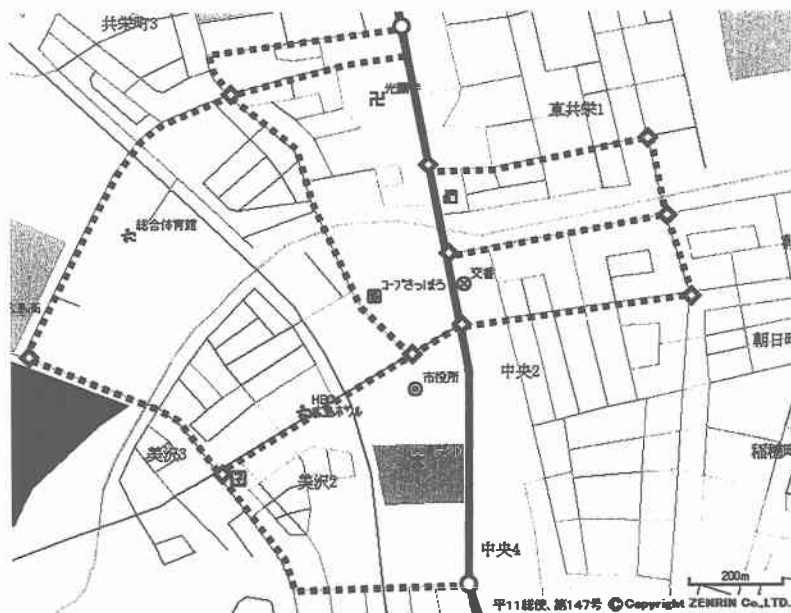


図-4 使用した道路ネットワーク例

どを反映していない。そこで、補足的にシミュレーションプログラムを用い検討した。

今回使用したシミュレーションプログラムは、PTV system Software and Consulting GmbH (Germany) による VISSIM ver. 2. 36 を扱った。本プログラムは車線構成、車両構成、信号機、バス電車停留所などといった様々な制約条件の下で、交通の挙動を綿密に分析するためのプログラムであり、アニメーション及び統計データとしてシミュレーション結果を見ることができる。そこで、このプログラムを用いて、その道路が捌ききれの最大の交通量を求めることによって、 Q_1 を求め道路構造令とは別の根拠によって $Q-V$ 曲線を推定した。二つの手法で推定した $Q-V$ 曲線を用いてそれぞれ橋梁価値を算出することにより、ある程度の幅の中で橋梁価値が推定することができると考えられる。使用したシミュレーションの図を図-5 に示す。

4. 計算結果と考察

今回、対象橋梁を 132 橋、60 グループのユーザーコストを算出した結果を図-6 に示す。図は横軸に 12 時間交通量を取り、縦軸にユーザーコスト(1 万円/日)との関係を表したものである。今回抽出した橋梁の関係で、交通量が多い場合と少ない場合の二つに分けられている。交通量が少ない橋梁は換算コストが最大で 10 万円程度である。月に換算すると 300 万円、年に換算すると 3,650 万円ということになる。これは道路構造令での $Q-V$ 曲線でもシミュレーションプログラムでの $Q-V$ でも大きな変化は見られなかった。また、交

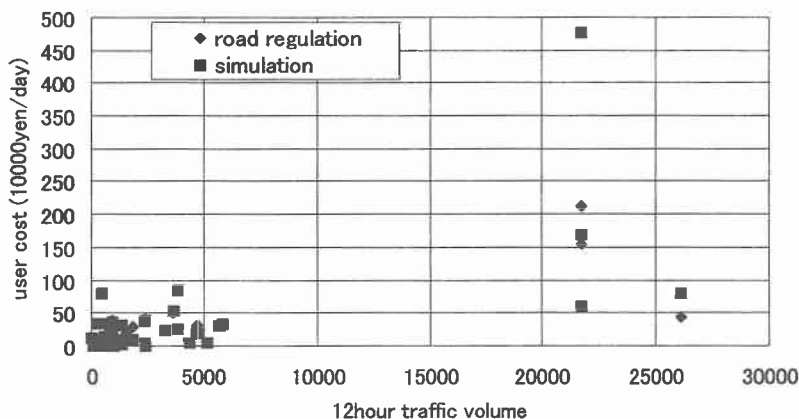


図-6 12 時間交通量と換算コストとの相関

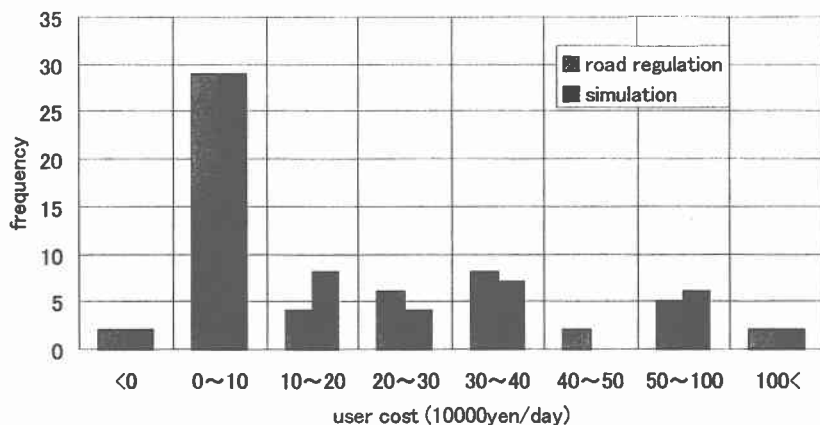


図-7 ユーザーコストの発生頻度

通量が多い場合では最大で一日当たり 200～400 万円のユーザーコストが算出された。同じく月では 6,000～12,000 万円、年では 73,000～146,000 万円ということになる。結果にはかなりのばらつきがあるが、必ずしも交通量が多いところが高額という傾向は見えず、迂回路の質と量が大きな要因であることが伺える。詳細の傾向については、今後より対象橋梁を増やし、また国道に架かる橋梁も対象にすることによって事例を増やしその中で検討したいと考えている。

図一 7 に、今回対象とした 60 グループの橋梁における換算コストの頻度分布を示した。10 万円/日以下の橋梁が多いが、他は均等に分布している。

5. あとがき

ライフサイクルコストの計算におけるユーザーコストの位置付け、社会基盤施設の維持管理業務への国民的合意、そして橋梁の維持管理における資本の投資順位決定などへの貢献を目的として、北海道内のいくつかの橋梁を対象とし、迂回路交通による時間を計算しコストに換算し示した。地域により差はあるが、少ないコストが計算された。

今後、対象橋梁の数を増やすこと、国道の橋梁も検討対象に含めること、迂回路の設定範囲を橋梁周辺の他に広域に設定すること、迂回交通の時間のみでなく、経済損失、社会的損失なども検討対象に加えていきたいと考えている。

6. 謝辞

本研究は、平成 11 年度ホクサイテックおよび文部省私立大学学術リサーチ拠点推進事業（積雪寒冷地における災害に強い都市モジュールの開発とシステム構築）の援助を受けた。また、市町村道のデータが必要なため、北海道建設部の田中実氏をはじめ多くの方々、および北海道各市町村の建設課の協力を得た。また、北海道開発局開発土木研究所維持管理室長高橋守人室長よりアドバイスを頂いた。そして、シーイーサービスの正岡氏と鹿氏よりシミュレーションプログラムに関してアドバイスを頂いた。末筆ではあるが、記して謝辞に代える。

参考文献

- 1) 北海道建設部道路計画課：平成 9 年度 道路交通情勢調査成果表，1998.
- 2) 北海道建設部道路計画課：平成 10 年度 橋梁現況調査報告書，1998.
- 3) 北海道開発局：平成 9 年度版 北海道版 全国道路交通情勢調査（道路交通センサス）一般交通量調査箇所別基本表，1998.
- 4) 北海道開発局：平成 10 年度 橋梁，トンネル，立体横断施設，覆道等現況調査，1998.
- 5) 北海道開発局建設部道路計画課：平成 9 年度 交通量常時観測集計報告書，1998.
- 6) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用，丸善，1983.
- 7) 塚口・塚本・日野等：交通システム，オーム，1996.
- 8) B. S. Yanev（訳 杉本）：橋梁のためのマネジメントシステム，北米鋼橋技術調査団報告書 北の技術者による北米 BMS の現状 pp58-68，1999.
- 9) P. Xanthakos: Bridge Strengthening And Rehabilitation , Prentice Hall , pp51-122, 1996.
- 10) 古田・市田・堂垣：道路橋 RC 床版の補修順位決定支援システムに関する研究，構造工学論文集，vol. 44A, pp511-519, 1998.
- 11) 古田・中塚・堂垣：鋼橋の塗膜補修順位決定支援システムに関する研究，構造工学論文集，vol. 43A, pp601-607, 1997.
- 12) 近田・橘・城戸・小堀：GA による既存橋梁の補修計画支援の試み，土木学会論文集，No. 513/I-31, pp151-159, 1995.