

# 多種道路施設に対応する普及型維持管理 戦略決定支援システムの構築

岐阜大学工学部社会基盤工学科 教授 高木 朗義  
岐阜大学工学部社会基盤工学科 教授 倉内 文孝

## 概要：

市町村道は我が国の道路の 84.1%を占めており、これら多くの構造物を維持管理する責務を負う中小自治体は、一般的に大規模自治体と比べて取り組みが遅れている。長期にわたる修繕事業を効率的に進めるためには、予算制約のもとで戦略的に修繕する計画が必要である。筆者らが先行研究で構築したリスク評価に基づく修繕計画立案方法は複数種類の構造物を一元的に評価し、修繕優先順位を決定することにより、予算制約下における投資効果の高い修繕計画を立案するものである。この手法は交通量など共用環境に関するデータを多く必要とする。そこで、本研究ではこの手法の市町村への展開を目指し、限られたデータでも多種道路施設の修繕計画を立案可能な普及型維持管理戦略決定支援システムを検討するものである。具体的には、市町村道路管理者へのヒアリングによるデータ蓄積状況、修繕計画の立案状況の確認と、優先順位決定に寄与しないリスク評価項目の選定を行った。

キーワード：維持管理, 修繕計画, リスク評価, 小規模自治体

## 1. はじめに

市町村道は我が国の道路の 84.1%を占めており、これら多くの構造物を維持管理する責務を負う中小自治体は、一般的に大規模自治体と比べて取り組みが遅れている。この理由として、技術者不足やひっ迫する財政事情が挙げられている<sup>1)</sup>。国土交通省はこれに対応するために多くの施策を実施している。平成 25 年 2 月には、危険個所の把握を目的とした「道路ストック総点検」を実施し、(以下、総点検という)橋梁、トンネル、舗装など主要構造物の点検マニュアルを公表、点検に係る費用の補助などを実施した。平成 27 年 2 月には「市町村における持続的な社会資本メンテナンス体制の確立を目指して」を公表し、今後の市町村の道路維持管理業務において各関係主体が果たす役割と、その具体的な方策について示した。ここではマスメリットを目的とした複数市町村の共同発注、民間技術者の導入による人員、技術力の確保、包括的民間委託等による民間ノウハウの活用、国・都道府県による技術的支援を謳っている。これらにより今後は、点検や修繕など個別の発注を伴う事業は効率化が図られるものと期待される。

長期にわたる修繕事業を効率的に進めるためには、予算制約のもとで戦略的に修繕する計画が必要である。現

状、市町村においては橋梁で先行して策定が進められている。修繕計画には一般的に長期にわたる修繕費費用を最小化する LCC (Life Cycle Cost) 型の考え方が用いられる。LCC 型は施設に偶発的な破損が生じない仮定をおくことを前提としている。現実には予算不足や点検の不備、劣化予測の過誤、想定外の外力の発生などにより破損に至る可能性がある。道路施設の破損により道路網が正常に機能しないことによる利用者への影響は交通渋滞や道路事故の発生など多岐にわたり、復旧費用も大きくなるため、無視できないと考えられる。そのため、予防保全においては破損したときに生じる管理者費用と利用者費用の両者を評価して修繕実施の可否を決定する必要があるだろう。また、種類の異なる道路施設を各々の管理計画に基づいて対策を実施することは経済性の面で効率的ではない。施設の種類によらず、破損したときの利用者、管理者への影響によって優先順位を与えることで道路網の効率的に維持する必要がある。これらの問題意識に基づいて、筆者らは、複数種類の道路施設をリスクにより一元的に評価し、修繕優先順位を与える方法を提案した<sup>2,3)</sup>。この考え方に基づいて、岐阜県は橋梁、舗装、危険斜面を対象とした総合維持管理計画である「社会資本メンテナンスプラン」を策定、運用している。この手法を中小自治体にも展開できれば、既に修繕計画が策定

されている橋梁にくわえて、策定が遅れている舗装や他の構造物の計画も一元的に、かつ投資効率の高い修繕計画を策定できる。しかし、リスク評価では道路施設の点検データはもちろんのこと、交通量など共用環境に関するものなど多様なデータを必要とする。中小自治体では各種データの蓄積が十分でないことが予想される。本研究はリスク評価に基づく維持管理戦略決定方法を中小自治体の道路管理者に展開できるように、普及型システムを構築するものである。

## 2. 研究の流れ

リスク評価に基づく道路施設修繕計画ではハザードの発生確率と生じたときの社会的影響を定量評価した値の積をリスクと定義している。リスク評価項目は表1に示すように、利用者と管理者に生じる影響8種類を定義している。各構造物のリスクは8種類のリスクの和で算出される。発生確率は点検により得られた劣化性状によって数値が与えられる。社会的影響はそれぞれについて算出法を定めており、これらのインプットには交通量やその他共用環境に関するデータが用いられる。しかしながら、基礎自治体レベルでは総点検によって劣化性状のデータは蓄積されているものの、交通量やその他共用環境に関するデータの十分な蓄積がないことが予想される。そのため、先行研究で定義されたリスク算出過程を簡略化する、あるいは簡易的に作成できるデータで代替させるなどの方策が必要となる。以下に研究の流れを述べる。

まず、基礎自治体において現在利用可能なデータ、あるいは簡単に作成しうるデータを把握するため、ヒアリング調査を行う。また、管理対象の修繕順位をどのように決定しているかを尋ねることで、先行研究のリスク評価項目が道路管理者の意思決定構造と大きく乖離していないかを確認する。ヒアリング調査の対象は岐阜県内の人口規模や地形条件の異なる4つの市とした。次に、市町村で持ちうるデータでもリスク評価が可能になるよう、リスク評価項目を見直す。リスク評価に採用された8つの評価項目のうち、修繕優先順位への影響が小さい評価項目は評価対象から除外しても差し支えない。そこで、岐阜県のリスク評価で求められた値と優先順位の結果を比較することで、修繕優先順位に影響しない評価対象を除外する。これによりリスク評価に必要なデータ項目を減少させる。

リスク評価項目の見直し後、評価する必要がある項目については基礎自治体で蓄積されているデータ、および簡単に作成できるデータを鑑みて、リスク評価方法を改良する。具体的には、岐阜県のリスク評価に用いられるインプットデータを代替しても類似の結果が得られるような算出方法を提案する。

表1 リスクの分類と入力データ

リスクの分類	リスクの定義	入力データ
①道路事故	①道路事故によって生じる損失	事故件数
②救命救急アクセス	②救命救急患者を医療機関へ搬送する時間の増大による損失	人口
③観光・産業活動	③観光・産業活動の輸送が遅れることによる損失	交通量
④孤立集落	④孤立集落となることに対する不安感	世帯数
⑤通行規制区間	⑤多降雨時の通行規制に伴う損失	交通量 遅延時間 迂回の距離
⑥情報提供	⑥苦情の通報で道路利用者生じる時間的損失	なし
⑦事後対策工事	⑦事後対策工事が必要となった場合に発生する工事費用	補修範囲
⑧事後対策工事による渋滞・迂回	⑧事後対策工事が必要となった場合に発生する渋滞・迂回損失	交通量 遅延時間 迂回の距離

表2 ヒアリング調査項目

	質問項目
維持管理体制	<ul style="list-style-type: none"> <li>・管理延長、管理橋梁数、危険斜面数</li> <li>・維持管理業務に携わる人数</li> <li>・移動の頻度</li> <li>・年間の維持管理予算</li> </ul>
点検実施状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>・道路ストック総点検の実施状況</li> <li>・点検にしようとしたマニュアル</li> <li>・データの電子化状況と更新頻度</li> <li>・点検の委託状況</li> </ul>
修繕計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>・修繕計画の策定状況</li> <li>・修繕計画策定までの経緯</li> <li>・修繕計画で用いた優先順位などの詳細</li> </ul>
データ蓄積	<ul style="list-style-type: none"> <li>・路面性状調査の実施有無</li> <li>・橋梁健全度の蓄積状況</li> <li>・危険斜面の落石履歴データの有無</li> <li>・交通量の計測の有無</li> <li>・孤立する可能性のある集落の把握状況</li> </ul>

## 3. 市町村道路管理者へのヒアリング調査

ヒアリングは岐阜県内の4市で実施した。A市は人口規模が10万人未満で、平野部に位置する。B市は人口が5万人未満で山間地に位置する。C市は人口15万人以上で、平野部、山間部の両者が混在する。D市は人口規模10万人未満で山間地を多く有する。聞き取り内容は表2に示す通りである。ここでは修繕計画とデータの蓄積について紹介する。

表3に維持管理の状況と修繕計画の優先順位評価項目を整理した結果を示す。点検実施状況を確認するといずれの市も橋梁は総点検以前から実施しており、その他の道路施設は多くが総点検により行われていることがわかった。修繕計画は橋梁で先行して策定されているものの、舗装は1市が策定中であった。その他の施設はいずれの市も修繕計画が策定されていない。橋梁の維持管理計画では、3市が路線の重要性を示す指標と、破損時における第三者被害の有無を修繕優先順位に取り入れている。C市は橋梁の耐震化事業と合わせて修繕を実施する方針であるため、修繕優先順位に耐震化優先順位の検討に使われる項目が挙げられた。舗装は橋梁と異なり、第三者被

害が生じにくいと、幹線道路であるか、あるいは幹線道路へのアクセス道路か、など利用者の量を意識した項目が挙げられた。

リスク算出のための劣化性状のデータ、交通量やその他供用環境に関するデータと、保有の有無を表4に示す。舗装は路面性状測定車を利用した計測により、劣化指標として一般的な3指標がすべて蓄積されている。橋梁はA, B, C市が岐阜県橋梁点検マニュアルを用いた点検、D市が国土交通省道路局公表の橋梁定期点検要領を用いた点検を実施している。危険斜面はB, C, D市では点検が実施されているものの、A市では管理道路に危険を生じる斜面は存在しないと判断し、点検が実施されていない。点検を実施したものの、B, D市では落石の報告実績がほとんどなく、事故も生じていないため、履歴データを蓄積するほど注意を要さないという回答を得た。したがって危険斜面はこれらの市町村道路管理者においては対応の優先度が低いと考えられる。

リスク評価に基づく修繕計画では危険斜面からの落石によって孤立集落が生じるリスクについて評価している。しかしながら、C市を除いて落石によって孤立集落が生じるとは考えていない。この理由として、落石が生じていないこと、山間地の集落と都心部を結ぶ幹線的な道路は管理していないことが挙げられた。C市は山間地の集落に接続する市道があり、その路線のみ異常気象時に通行規制するなどの対応をしている。

いずれの市も管理道路において交通量を観測していない

表3 維持管理の状況と修繕計画の優先順位評価項目

		A市	B市	C市	D市
舗装	点検実施状況	実施済	実施済	実施済	実施済
	計画策定状況	策定済	策定中	策定済	策定中
	劣化性状以外の優先順位評価項目	特になし	・市道のクラス(1級, 2級) ・幹線道路へのアクセス道路であるか ・う回路の有無	・幹線道路であるか ・バス路線であるか ・緊急輸送道路の指定有無 ・交通量・大型車交通量	・幹線道路へのアクセス道路であるか
橋梁	点検実施状況	実施済	実施済	実施済	実施済
	計画策定状況	策定済	策定済	策定済	策定済
	劣化性状以外の優先順位評価項目	・橋長15m以上を優先	・緊急輸送道路の指定有無 ・市道のクラス(1級, 2級)など	・破損により機能停止をする部材の劣化状態 ・緊急輸送道路を高架する道路であるか ・道路幅員 ・代替路の有無など	・破損による第3者被害の有無 ・高架物への影響の有無
その他道路施設	計画策定状況	未策定	未策定	未策定	未策定

表4 データの蓄積状況

		項目	A市	B市	C市	D市
舗装		ひびわれデータの有無	○	○	○	○
		わだち掘れ量データの有無	○	○	○	○
		平坦人性データの有無	○	○	○	○
橋梁		部材ごとの劣化状態の記録の有無	○	○	○	○
		健全度の値の有無	○	○	○	○
危険斜面		落石履歴データの有無	対象外	×	○	×
		異常気象による通行規制の履歴データの有無	対象外	×	○	×
		異常降雨時の通行規制区間の有無	×	×	○	○
供用環境に関するデータ		危険斜面からの落石により孤立する集落の有無	対象外	×	○	×
		孤立する場合の世帯数の把握	対象外	×	○	○
		各路線の交通量の計測の有無	×	×	×	×
		各路線における主観的な交通量の区分	可能	可能	可能	可能

いが、管理担当者であれば、主観的に交通量を「大」「中」「小」の3つ程度に区分することは可能であるという回答を得た。ただし、各区分の閾値については市町村の規模や交通状況によって差があることがわかった。例えばC市では10,000(台/日)以上が「大」とであると判断し、B市では1,000(台/日)程度から「大」とであると判断される。

#### 4. 主成分分析を用いたリスク項目の見直し

岐阜県でリスク評価に用いたインプットデータとリスクを算出した結果を用いて、修繕優先順位に影響しないリスク評価項目を抽出する。具体的には各道路施設の8項目リスクの総和について主成分分析を用いて、主成分を構成するリスク項目とその寄与率を判断基準とする。例として橋梁の主成分分析の結果を表5に示す。第2主成分まではほぼ100%の累積寄与率となっており、第1,2主成分を構成するリスク評価項目は「事後対策工事」と「事後対策工事による渋滞・迂回」である。すなわちこのリスク評価項目以外はリスクの値に影響しない。確認のため8項目すべてで算出されたリスクの値および優先順位を上記2項目のみでリスク評価した結果を比較し図1,2の結果を得た。これと同様にリスク評価項目の要否を舗装と危険斜面でも検証した結果を整理し、表6に示す。道路事故、観光産業に関するリスク、情報提供のリスクはどの道路施設でも道路施設のリスク、優先順位に影響が小さく、試算が不要と判断できる。

#### 5. 市町村での維持管理を鑑みたリスク評価項目

3章と4章の結果を踏まえて、市町村道路における修繕計画で考慮すべきリスク評価項目について考察をくわえる。表6で示した結果は、岐阜県が管理する道路を対象にリスク評価した値を用いて、構造物の総リスクへの各リスク評価項目の寄与度から判断したものである。市町村へのヒアリング結果によれば、市町村が管理する道路では、その道路の遮断によって孤立集落が生じることは極めて稀であると考えられる。同様に雨天時通行止めが生じる路線も限定的と考えられる。救急救命アクセス経路のリスク、事後対策工事に関するリスクは、交通量が限定的で、迂回路が比較的多くある道路網を管理する市町村であれば、考慮する必要性は大きくない。しかしながら多くの市町村では交通量が大きい道路も混在するため、優先順位に考慮すべき場合もあるだろう。

以上の考察は本研究で対象とした4市へのヒアリング結果に基づいたものである。今後は複数の市で点検データを借用し、実際に適用した結果に基づいて修繕優先順位の妥当性や導入可能性について道路管理者と検証する必要がある。特に渋滞迂回リスクの算出に必要な交通量は計測データがなく、管理延長が長い市町村道の交通量

表5 橋梁における主成分と寄与率

橋梁	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
道路事故	0	0	0.009	-0.098
救急救命	-0.002	-0.01	0.983	0.182
観光産業	-0.001	-0.012	0.181	-0.978
情報提供	0	0	0	-0.002
事後対策工事	-0.998	0.055	-0.001	0
渋滞迂回	-0.055	-0.998	-0.012	0.01
標準偏差	2.57E+07	2.08E+06	6.20E+04	2.36E+04
寄与率	0.993455	0.006539	0.000006	0.000001
累積寄与率	0.993455	0.999993	0.999999	1.000000

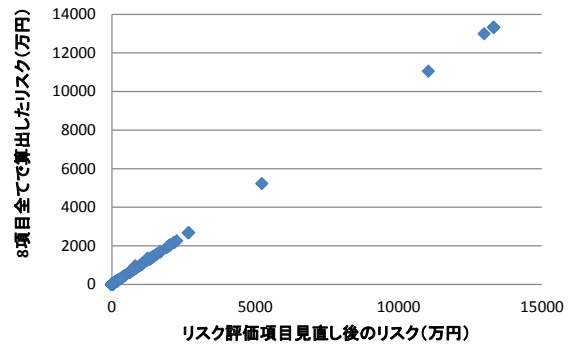


図1 リスク項目見直しによるリスク値の比較

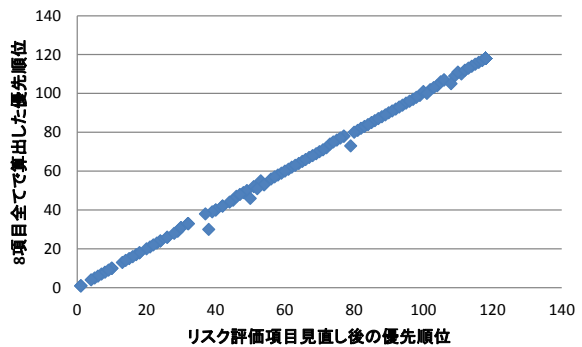


図2 リスク項目による優先順位の比較

表6 リスク評価見直しの結果

	舗装	橋梁	危険斜面
①道路事故	×	×	×
②救急救命アクセス	○	×	×
③観光産業	×	×	×
④孤立集落	×	×	○
⑤雨天時通行止め	×	×	○
⑥情報提供	×	×	×
⑦事後対策工事	○	○	○
⑧渋滞迂回	○	○	○

を計測するための費用は膨大になることが予想されるため、管理者の主観的で区分する定性的なデータに頼らざるを得ない。このデータで決定する修繕優先順位が妥当なものとなるか、検討が必要となる。

#### 6. おわりに

本稿ではリスク評価に基づく修繕計画立案方法を市町村で展開するための普及型維持管理戦略決定システムの

開発方針を検討した。具体的には先行研究で構築されたリスク評価に基づく修繕計画の簡略化を図った。岐阜県内4市の道路管理者へのヒアリングによりデータの蓄積状況と修繕計画における優先順位に考慮する項目を明らかにした。また、岐阜県で試算されたリスク評価結果に基づいて、優先順位の決定に影響がないリスク評価項目を特定した。今後は市町村道路管理者から点検データを借用して本研究の検討内容が妥当であるか確認し、必要があれば修正する。最終的にはこの検証結果を踏まえて実務に展開できるようなシステムの開発を目指す。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省：平成25年度国土交通白書，第3章
- 2) 杉浦聡志，金森吉信，高木朗義，倉内文孝，森本博昭：リスク評価に基づいた道路施設の総合維持管理手法の開発，土木学会論文集 F4 (建設マネジメント) 特集号，Vol.67, No.4, pp.103-112, 2011.
- 3) 杉浦聡志，高木朗義，倉内文孝：道路施設の破損リスクに基づく最適補修戦略決定モデルの構築，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol.69, No.5, pp.145-152, 2013.
- 4) 土木学会編：土木工学における数値解析，流体解析編，サイエンス社，1974.