

ライフサイクルコストを考慮した道路の最適修繕ルール

The optimal repairing rules in consideration of life cycle cost of road maintenance management

室蘭工業大学 ○学生員 渡 大輔 (Daisuke WATARI)
室蘭工業大学 学生員 三澤 勉 (Tsutomu MISAWA)
室蘭工業大学 正 員 田村 亨 (Tohru TAMURA)

1. はじめに

高度成長期に構築された道路インフラは、耐用年数に達して老朽化し、また、交通量の急激な増大と車両の大型化等により劣化損傷が著しくなっている。このように、高度経済成長期に異例の速さでストックされ、利益を生できた道路インフラが今日、「メンテナンス」を求める時代となっている。

そこで、本研究の目的は、①既存研究のレビューを通し、道路の維持管理研究に関する課題を明確にするとともに具体的には、②課題を考慮した最適修繕ルールを提案する。

2. 既存研究のレビュー

道路舗装の維持修繕に関する既存の研究は、ライフサイクルを考慮し、維持修繕計画の最適化を図るという研究に関心が寄せられている。舗装のライフサイクルを求める場合、舗装のパフォーマンスを予測することが必要不可欠である。内田らの研究¹⁾では、路面性状調査で得た値を基に回帰分析を行い舗装のパフォーマンスを求めている。それらにインプット要素として舗装の健全度(支持力)を組み込んでいる研究²⁾もある。また、将来需要や道路舗装の劣化過程には、不確実性が含まれるとして、道路舗装の劣化は、確率過程に従うとして予測式を設定している研究もある³⁾。一般に既存研究では、ライフサイクルコスト(以下、LCCと示す)算出の際に利用者費用として燃費、車体劣化損傷のみしか考慮していない。しかし、利用者費用項目は、表-1に示すように多数ある。道路舗装の維持修繕では、表-1のうち、「車両走行費」の1項目しか考慮していない。このことは、総合的・体系的な道路の維持修繕を考える上で大きな問題である。したがって、利用者費用をいかに定量化し、LCCに組み込むかが課題といえる。また、表-1に示したLCCも決して全体を網羅したものではなく、コスト項目と表-2の工種とが関連付けられていないことも問題である。

3. 維持修繕の範囲

維持修繕は、通常、「維持」と「修繕」に区別されるが、その区分は、必ずしも明確ではなく、また各道路管理者間でも統一されていない。しかし、一般的に「維持」は、道路の機能を保持するために行われる道路の保存行為であって、日常計画的に反覆して行われる手入れ、また軽度な修理(既存施設の機能を高めない範囲の修理)を示す。「修繕」は、日常の手入れでは及ばないほど大きくなった損傷部分などの大規模な修理であり既存施設の機能

を当初築造されたときの機能まで回復させ、あるいは若干の機能増を伴う場合を含むものである。また、老朽化、陳腐化したことによる更新を「修繕」に含めることが多い。表-2にそれぞれのおおまかな工種とその内容を示す。

表-1 ライフサイクルコスト項目

費用負担者	費用の種類	例
道路利用者	各事業費	i) 新設工事費 ii) 維持・修繕費
道路利用者	利用者費用	i) 車両走行費 ii) 車体の劣化損傷 iii) 事故確率の増加 iv) 速度低下による時間損失 v) 乗り心地の悪化
(道路利用者)	社会的費用	i) 騒音・振動の増大

(出典:参考文献3)

表-2 維持修繕の工種とその内容

エ		種	主 内 容
維持	路面	コンクリート舗装	厚さ3cm未満の表面処理等
		アスファルト舗装	厚さ3cm未満の表面処理等
		砂利路面	骨材補給、防塵処理等
		歩道等	小規模な舗装打換え
	構造物	橋 梁	橋梁塗装、袖石積の修理等
		トンネル	漏水防止等の小規模修理
		一般構造物	擁壁、側溝等の小規模修理
	交通安全施設	電力料	道路照明等の電力料
		修理・更新	道路照明、等の修理、更新
	路 肩 の り 面	路 肩	路肩・路側の除草等
		のり面	のり面除草
		街路樹等	街路樹の補植等の維持管理
		清掃散水	路面、側溝等の清掃、散水
		除 雪	積雪指定地域外の除雪等の設置、取外し
	巡回その他	巡 回	通常巡回、道路情報連絡等
		防 災	小規模な災害防除工事
		災害復旧・応急処理	小規模な災害復旧工事等
		防音助成	道路交通騒音の著しい沿道の住宅等の防音工事の助成
修繕	路面		厚さ3cm以上のOL等
	軌道		軌道敷内の修繕等
	構造物	橋 梁	床版打換え、補強等の更新
		トンネル	覆工修繕等の修理、更新
		一般構造物	側溝、擁壁等の新設、修繕
	防災		落石防止、災害復旧工事等
	局改その他	局 改	局部的線形改良で小規模
		その他	交通安全施設の修理、更新その他上記以外の修繕

(注) 同一内容の工種の場合、工事費が200万円以上は「修繕」とする。
(出典：参考文献6)

4. 路面性能評価

路面評価の際には、舗装が利用者に与えるサービスアビリティ（供用性能）を定量的に把握することが不可欠である。舗装のサービスアビリティ [Sa] は次のような関数で表現される⁴⁾。

Sa = f(a,b,c,d,e, f, g...) (1)

- ここで、a：乗り心地（平坦性）
- b：すべり抵抗
- c：路面損傷
- d：支持力
- e：夜間の視認性・眩しさ・反射
- f：路面の美観
- g：沿道への騒音・振動

各々の変数の重みは、舗装にどのようなサービスアビリティを要求するかによって決定されるべきであり、舗装の性格によって異なる。これらの要素を考慮することがこれからの道路評価に求められていることである。

わが国で用いられている道路の評価に関するものは、維持管理指数（MCI：Maintenance Control Index）で、路面損傷のみを考慮した評価指標である。

MCI = 10 - 1.48C^{0.3} - 0.29D^{0.7} - 0.47σ^{0.2} (2)

- ここで、MCI：維持管理指数
- C：ひび割れ率（%）
- D：わだち掘れ量（mm）
- σ：縦断凹凸量（mm）

維持管理の適用段階では、MCI の算出値に基づき表-3 を基準として修繕計画を立てるのが一般的である。

表-3 維持管理指数による維持修繕基準

維持管理指数（MCI）	維持修繕基準
MCI ≤ 3	早急に修繕が必要
MCI ≤ 4	修繕が必要
MCI ≤ 5	望ましい管理水準

ところで、わが国では、コスト縮減や仕上がり高さの制約等から、薄層舗装が主流となっている。薄層舗装とは、既設舗装の上に 3.0cm 以下の厚さで舗装を重ねるものである。これは、一時の走行性を増加させる維持的なもので構造の強化にはなっていない。しかし、薄層舗装後に MCI を計測すると当然のことながら高い値が算出される。この場合、舗装の支持力やすべり抵抗等は考慮されていない。このように、ひび割れ率、わだち掘れ量、縦断凹凸量の路面性状値のみから算出される現行の MCI では、薄層舗装の見かけの評価が算出される恐れがある。したがって、式（1）で示したサービスアビリティを指標化、この変数を定量化して、道路の維持修繕の基準に取り入れていく必要がある。

5. ライフサイクルコストを考慮した分析手法の提案

LCC には、修繕費用（OC）、維持費用（MC）、利用者費用（UC）の要素があり、式（3）により、構造物のラ

イフサイクルコストを算出することができる。

LCC_n = Σ_{i=1}ⁿ {pwf_{i,n} (OC + MC + UC)} (3)

- ここで、LCC_n：ライフサイクルコスト
- pwf_n = 1 / (1+i)ⁿ , i：割引率（4%）
- OC：修繕費用
- MC：維持費用
- UC：利用者費用

OC・MC に関しては、実際に掛かった費用である。UC は、表-1 の項目を全て網羅することが重要である。しかし、現状の UC は、2 章で述べた通り、1 項目しか考慮されていない。表-1 に挙げた項目のうち i)～iii)は定量化でき、iv)も定量化が難しくない。例えば、iv)の時間損失は、「時間損失額＝維持修繕期間×交通量×時間価値原単位」と示すことができる。修繕工法別の修繕期間が必要となるが、これをもとめるには、現状では、AASHO で用いられている PSI(Pavement Serviceability Index)と、MCI の関係を示すことで、可能であるとする(式(4))。

MCI = α PSI + β (4)

ここで、α、β はパラメータ
v) の LCC への取り組みについては、物理的劣化と利用者意識の関係が必要となる。

こう考えると、B/C の概念を用いた LCC による最適修繕ルールの確立も重要であるが、公会計手法を用いた総合的分析体系も今後必要となろう。

6. ケーススタディ

北海道の幹線道路をケーススタディとして、その区間のライフサイクルコストを算出し、min{LCC_n}となる修繕ルールを提案する。詳細については発表時に述べる。

一般に、インフラの最適な修繕・更新戦略を導く方法は、①信頼性工学による純便益最大化、②工業経済学による等価同一の 1 年あたり費用最小(EUAC)、③戦略的マネジメント方法、の 3 つしかない。本研究では、①を志向するものの、最終的には公会計の体系に動学的最適化手法を導入し、道路プロジェクトの維持更新に関わるマネジメント手法を提案したい。

参考文献

1) 内田弘、召田紀雄：地方道における長期補修計画の立案、土木学会論文集、No.597/IV-40、21-31、1998.7
2) 姫野賢治、弓削富司夫、石谷雅彦、亀山修一、笠原篤：支持力を考慮に入れた舗装の維持修繕計画の最適化、第 2 回舗装工学講演会講演論文集、1999.12
3) 田村謙介、小林潔司：不確実性下における道路舗装の修繕ルールに関する研究、土木計画学研究論文集、No.18 (1)、pp.97-107、2001
4) 山之口浩、丸山：「超」舗装学入門、アスファルト舗装修繕技術、山海堂、pp.42-53、90-99、265-270
5) 堤昌文：道路の維持管理に関する計画学的考察、土木計画学研究・講演集、No.18 (2)、1995.12
6) 布施洋一：新体系土木工学 65 道路 v-維持管理-、土木学会編、pp34-35、1984