

道路の施設多種性と多面的機能を考慮した健全性評価手法に関する研究

研究予算：運営費交付金

研究期間：平 27～平 29

担当チーム：道路技術研究グループ

特命上席（道路維持管理）

研究担当者：吉田 武

【要旨】

本研究では、安全、快適な道路利用等の機能の観点から道路の維持管理の優先順位をつけるために、機能に対する舗装と附属物の複合的効果について検討を行った。海外における複合的評価と複合指標の事例に関する調査を行い、機能別のパフォーマンスを表す指数の算出方法を提案した。さらに、主要幹線道路における既存の実測データを用いた適用事例を通じて、提案された指数の有用性を確認した。その結果、舗装に係る指数と附属物に係る指数の統合のための資産区分の重みの設定にあたっては、舗装と区画線・道路標示を路面上の特性として一体的に評価した指数と統合された指数を等しくさせる重みがひとつの基準となり得ることがわかった。

キーワード：パフォーマンス指数、維持管理品質保証、評点化、重み付け、基準内率

1. はじめに

道路の維持管理の目的は道路のサービスを所要の水準に保持することであり、そのために道路施設への維持管理行為が実施される。道路を効率的に管理するために、安全、快適等の機能の観点から道路施設の健全性を評価する必要がある。機能の観点からの評価においては、道路利用者にサービスを提供する舗装と防護柵、道路標識、区画線等の附属物との複合的効果が重要である。しかし、我が国においては、当該分野の知見の蓄積がなされていない。

工種と特性の多種性および機能に対するその複合的効果を考慮した複合指標をパフォーマンス指数 (Performance Index: PI) と呼ぶこととし、評点化した特性を機能に対する重要性を勘案して統合したものと定義する。PI の算出手順を以下の 2 式に示す。

$$PI_{ij} = \sum_k R_{jk} W_{ijk} / \sum_k W_{ijk} \quad (1)$$

$$PI_i = \sum_j PI_{ij} W_{ij} / \sum_j W_{ij} \quad (2)$$

ここで、 PI_{ij} : 機能 i に係る資産区分 j の PI、 R_{jk} : 資産区分 j 施設特性 k の評点、 W_{ijk} : 機能 i に係る資産区分 j 施設特性 k の重み係数、 PI_i : 機能 i に係る全体 PI、 W_{ij} : 機能 i に係る資産区分 j の重み係数。 W_{ij} は道路管理の実情に即して政策的に設定されるが、政策的判断の前提として技術的判断の拠り所が必要となる。

本研究は、PI の算出方法を提案するため、複合指標の算出方法に関する文献調査を行ったものである。さらに、PI の有用性を確認するため、主要幹線道路

における既存の実測データを用いて複合的評価を行ったものである。

2. 研究方法

2. 1 算出方法に関する文献調査

2. 1. 1 機能の観点からの舗装の評価

PI の算出に必要な施設特性、評点化、重み付けの動向を把握するため、EU とオーストラリア・ニュージーランド道路運輸交通協会 (Austroads) の事例に係る文献調査を行った。両組織は、域内の舗装の横断面的ベンチマーキングを可能とするため、道路管理者間で定義が異なる路面特性に関する既存データを無次元数の指数に変換し、複数の指数を機能に対する相対的重要性により加重平均する複合指標を開発している。

2. 1. 2 舗装と附属物の複合的評価

PI の算出に必要な施設特性、評点化、重み付けの動向を把握するため、米国諸州における維持管理品質保証 (Maintenance Quality Assurance: MQA) プログラムに係る文献調査を行った。フロリダ州の MRP (Maintenance Rating Program)、ミシシッピ州の AMMO (Accountability in MDOT Maintenance Operations)、カリフォルニア州の LOS2000、テキサス州の TxMAP (Texas Maintenance Assessment Program)、ウィスコンシン州の Compass、ワシントン州の MAP (Maintenance Accountability Process) に注目した。

2. 2 有用性を確認するための実測データ解析

PIの有用性を確認するため、主要幹線道路における既存の実測データを用いて複合的評価を行った。

延長2kmの管理区間を6区間想定し、舗装4特性（ひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸、ポットホール）および附属物2工種（区画線、道路標示）に着目した。舗装3特性は延長100mの評価単位区間の実測値であり、平均わだち掘れ量に1.2を乗じたものを最大わだち掘れ量とした。ポットホールおよび区画線・道路標示については国内の実測データが得られないため、海外の幹線道路におけるネットワークレベルの舗装状態指数（Pavement Condition Index: PCI）の算出に用いられたラベリングの実測データに基づいて、施設特性の評点を設定した。

算出されたPIにより維持管理の優先順位が決定されるものとして、資産区分の重み係数の設定、評点化の方法の影響、施設特性の重み付けの影響、管理区間長の影響等の課題について検証した。

3. 研究結果

3. 1 算出方法に関する調査結果と提案

3. 1. 1 算出方法に関する調査結果

1) 舗装の特性と附属物の工種

アスファルト舗装の特性として、ひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸、ポットホールは大半の事例が採用している。テクスチャ、すべり抵抗、支持力・たわみはEUとAustroadsが採用しているが、米国での採用事例はない。

附属物の工種について、防護柵、道路標識、区画線、道路標示、視線誘導標はすべての事例が採用し、道路鋸、防護壁、衝撃吸収装置は大半の事例が採用している。

2) 施設特性の評点化

Austroadsが舗装の機能別複合指標を算出する際に、個別の指標に対し補修閾値による正規化を行っている。

米国諸州におけるMQAではパフォーマンス基準と評点基準が用いられている。パフォーマンス基準は、抽出区間の指標を測定し適合・不適合を判定するために補修閾値を規定した基準である。評点基準は、道路区間内に存在する抽出区間の適合・不適合の区間数の割合あるいは適合・不適合の施設数量の割合による評点付けを行う基準である。

3) 重み付け

EUは、安全、快適、構造という機能別に路面特

性と重み係数を提案している。Austroadsは、路面特性が機能に与える影響の程度に応じた3段階の重み係数0.33、0.22、0.11を例示し、EUよりも差分の大きな重み付けとすることを提案している。

MQAにおける維持管理の目的すなわち維持すべき機能は、安全、快適・実用、保全・構造、環境・美観と優先順位も含めてほぼ共通している。CompassはLOS等級付けにおいて機能の相対的重要性に応じた差別化を行っているが、重大な順に決定的安全、安全・移動性、乗り心地・快適、管理、美観である。表-1に、Compassにおける附属物の貢献区分を示す。

表-1 Compassにおける附属物の貢献区分

重大性	貢献区分	交通（附属物）の工種
大 ↑ ↓ 小	決定的安全	中央線、規制・警戒標識（緊急的維持）
	安全・移動性	視線誘導標、外側線、案内標識（緊急的維持）、防護柵、規制・警戒標識（日常的維持）、道路標示
	乗り心地・快適	案内標識（日常的維持）

MRPは、例えば地方部幹線道路において、資産区分である舗装、路側、交通、排水、植生・美観の重みを24%、18%、27%、14%、17%としている。TxMAPにおける資産区分の重みは舗装が50%、交通が25%、路側が25%である。

3. 1. 2 算出方法に関する提案

1) 施設特性の評点化

評点化の方法として、補修閾値による正規化およびパフォーマンス基準と評点基準による基準内率（Percent Within Limit: PWL）の2種類を用いる。補修閾値による正規化には、最も基本的な線形法を用いる。

2) 施設特性と重み係数

表-2に、EUの提案とCompassにおける附属物の貢献区分を踏まえた、PIの算出に用いる項目と重み係数の値を示す。舗装と区画線・道路標示は実際の道路管理において密接な関係があることから、舗装と区画線・道路標示が路面上の特性として一体的に評価できるとの観点から両工種の特性の間で機能に対する貢献度を比較し、区画線・道路標示の重み係数の定義域を舗装の定義域と整合させた上でその他の附属物の重み係数の定義域を定めた。3段階の重み係数として1.0、0.7、0.3を用いた。この表に示す9項目すべてを用いたPIは、道路施設により構成される区間の健全性を機能の観点から評価するものである。

表-2 PIの算出に用いる項目と重み係数

資産	工種	施設特性	安全	快適
舗装	アスファルト舗装	ひび割れ	0	0.6
		わだち掘れ	1.0	0.8
		縦断凹凸	0	1.0
		ポットホール	0.7	0.8
附属物	防護柵	所期の機能	0.7	0
	案内標識	所期の機能	0.3	1.0
	規制・警戒標識	所期の機能	1.0	0
	区画線	所期の機能	1.0	0.7
	道路標示	所期の機能	0.3	0.3

3. 2 有用性を確認するための実測データ解析結果

ここでは、資産区分の重み係数の設定および評点化の方法の影響に関する検証結果について述べる。施設特性の重み付けの影響、管理区間長の影響等の課題に係る検証結果については、参考文献を参照されたい。

3. 2. 1 資産区分の重み係数の設定に関する結果

舗装と区画線・道路標示を路面上の特性として一体的に評価することで、舗装と附属物の資産区分の重み係数の設定にあたっての考え方について明らかにした。

舗装4特性に着目したPIと附属物2特性に着目したPIを式-1により求め式-2により統合したPIによる評価(以下、「統合型評価」という)および舗装と区画線・道路標示の特性を路面上6特性として式-1により一体的に算出したPIによる評価(以下、「一体的評価」という)を考えた場合、両PIの値を等しくさせる舗装の重み係数 α_0 は次式で得られる。

$$\alpha_{0i} = \sum_k W_{ipk} / \left(\sum_k W_{ipk} + \sum_l W_{ial} \right) \quad (3)$$

表-2に示した路面上6特性の機能別重み係数を式-3に代入すると、安全に係る α_0 は0.57、快適に係る α_0 は0.76である。統合の重み係数 α と α_0 との乖離が評価結果に与える影響を確認するために、表-3に、統合の重み係数 α を0.5とした場合の両PIの値およびそれに基づく優先順位を示す。なお、評点化の方法としてはPWLを用いた。統合の重み係数 α と α_0 との乖離が比較的小さい安全では統合型評価と一体的評価の結果が等しいが、比較的大きい快適では結果に差異が生じている。参考までに、既に述べたように、米国のMQA事例における舗装と附属物に係る資産区分の重み係数として、機能を考慮しないMRPは24%と27%、TxMAPは50%と25%を用いている。これを舗装と附属物に係る複合的評価における舗装の重み係数 α に置き換えると、前者は

0.47、後者は0.67に相当する。

式-2における各資産区分の重み係数が統合型評価の結果を左右することは自明であるが、ここで明らかにしたように、その設定にあたっては統合型評価と一体的評価におけるPIの値を等しくさせる重み係数がひとつの基準となり得る。ただし、この考え方が有効となるのは、重み係数の設定で行ったように、舗装と区画線・道路標示が路面上の特性として一体的に評価できるとの観点から両工種の特性の間で機能に対する貢献度を比較し、区画線・道路標示の重み係数の定義域を舗装の定義域と整合させた上でその他の附属物の重み係数の定義域を定めた場合である。

表-3 路面上の特性によるPIと優先順位

		管理区間	A	B	C	D	E	F
安全	統合	PI	75.9	56.5	68.6	77.7	69.4	80.0
		順位	4	1	2	5	3	6
	一体的	PI	73.3	53.7	66.0	75.5	67.7	79.8
		順位	4	1	2	5	3	6
快適	統合	PI	88.1	72.9	81.6	88.0	79.1	78.7
		順位	6	1	4	5	3	2
	一体的	PI	84.5	70.7	78.8	85.1	77.6	77.7
		順位	5	1	4	6	2	3

注)PIの値が小さいほど優先順位が高い。統合型評価と一体的評価間で順位差が生じたものを黄色で示す。

3. 2. 2 評点化の方法の影響に関する結果

評点付けをPWLによる場合と正規化による場合の評価結果の相違について明らかにした。

評価単位区間データが存在する舗装3特性を用い、ポットホールに係るデータが存在しないでも複数の特性が関係する快適に着目した。わだち掘れに係る特性値には平均わだち掘れ量と最大わだち掘れ量があり、正規化には前者を用いる。補修閾値超過の観点からのPWLは後者に着目するものであるが、比較ケースとして前者についても検討した。特性値の正規化は次式によった。

$$R(x) = \begin{cases} 0 & x \geq x_1 \\ 100(x_1 - x)/x_1 & 0 \leq x \leq x_1 \\ 100 & x \leq 0 \end{cases} \quad (4)$$

ここで、 x :特性値、 $R(x)$:正規化された x 、 x_1 : x の補修閾値。

舗装3特性によるPIの値およびそれに基づく優先順位を表-4に示す。PWLによる場合と正規化による場合では、優先順位付けの結果だけでなくPIの水準も異なる。図-1に示すように、両方法とも補修閾値を超える区間に対しては、不適合区間とみなすか評点に0を

表-4 舗装3 特性による PI と優先順位

管理区間		A	B	C	D	E	F
PWL	最大	PI 85.0	86.7	85.0	95.0	100.0	96.3
	順位	1	3	1	4	6	5
平均	PI	91.7	91.7	95.0	100.0	100.0	96.3
	順位	1	1	3	5	5	4
R(x)	平均	PI 60.4	59.5	59.1	58.7	54.2	51.5
	順位	6	5	4	3	2	1

注) PI の値が小さいほど優先順位が高い。正規化による順位と3以上の差が生じたものを黄色で示す。

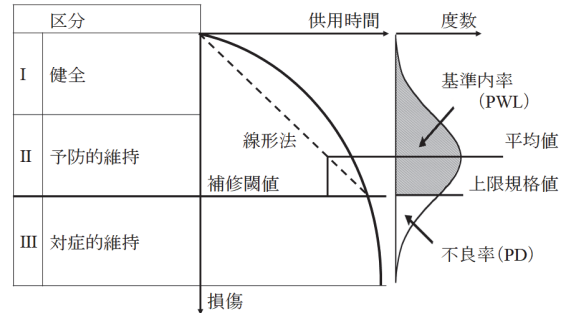


図-1 評点化における PWL と正規化の意味

割り当てるかの違いはあっても、特性値の大小に関わらず一律の操作を行う。一方、補修閾値以下の区間については、PWL が一律に適合区間と見なすのに対し、正規化は特性値の大小に応じて割り引いた評点付けを行う。この違いが両方法の結果を異にした理由であると考えられる。以上のことから両方法の間での代替性が低いことは確認できたが、正規化で用いる区間平均値を得るための定期点検等において区間最大値が確認される事実は、PWL による評点付けを伴う PI の実用化に有利である。日常点検においては閾値超過の観点から区間最大値に着目した目視による調査を行い、定期点検等の測定結果を用いてデータの時点修正と方法の校正を行うことが可能となる。

4. まとめ

本研究では、安全、快適等の機能の観点から道路施設への維持管理の優先順位を決めるために、機能別のパフォーマンスを舗装と附属物との複合的效果として表す指標について検討を行った。その結果、以下のことがわかった。

- 1) 海外では舗装と附属物の複合的評価が実践されており、舗装の特性として、ひび割れ、わだち掘れ、縦断凹凸、ポットホールが用いられ、附属物の工種として、防護柵、道路標識、区画線、道路標示等が着目されている。
- 2) 資産区分の重み係数は道路管理の実情に即して政策的に設定されるが、その設定にあたっては一体的評価と統合型評価の結果を等しくさせる重み係数がひとつの基準となり得る。
- 3) 評点化を PWL による場合と正規化による場合では、優先順位付けの結果だけでなく PI の水準も異なることから両方法の間での代替性は低い。

今後は、ポットホールと附属物の管理データの蓄積および個々の施設特性の時間的な損傷遷移に係る検討を行っていく必要がある。

参考文献

- 1) 吉田武：「道路機能の観点から舗装の維持管理ニーズを評価するための複合指標」、土木学会論文集 E1 (舗装工学)、Vol. 72、No. 1、pp. 12-20、平成 28 年 1 月
- 2) 吉田武：「道路機能の観点からの道路区間の維持管理ニーズの評価」、土木学会論文集 E1 (舗装工学)、Vol. 72、No. 1、pp. 42-53、平成 28 年 6 月

A STUDY ON SOUNDNESS ASSESSMENT METHODS FOR ROADS CONSIDERING VARIOUS KINDS OF FACILITIES AND MULTI-FUNCTIONALITY OF ROADS

Research Period : FY2015-2017

Research Team : Road Technology Research Group
(Road Maintenance)

Author : YOSHIDA Takeshi

Abstract : This research examines the combined effects of road pavements and appurtenances on functions such as safe and comfortable use, in order to fix the order of priority for road maintenance from the view point of functions. Foreign examples of the use of multiple evaluation approaches and composite indicators are reviewed, and a calculation method of indices assessing functional performance of road sections is proposed. Finally, the validity of the indices presented in the research is investigated by a case study dealing with the primary road in the real world. As a baseline in setting up category weights for the integration of indices concerning pavements and appurtenances, the use of the weights which let the index calculated from pavements, road stripes and markers as inseparable surface characteristics be equal to the integrated index is proposed.

Key words : performance index, maintenance quality assurance, scoring, weighting, percent within limit