

舗装の管理目標設定の考え方

藪雅行* 石田樹** 久保和幸*** 田高淳****

1. はじめに

道路資産を良好な状態に維持していくために必要な維持管理・更新に関わる経費は、今後増加していくことが予測され、道路資産を効率的に管理することが社会的要請となっている。

舗装分野において効率的なマネジメントを実践していくためには、舗装の状態を的確に把握し、予測するとともに、どのタイミングでどのような管理行為を実施するかを適切に判断していくことが必要となる。

このため、土木研究所では、(社)日本道路協会舗装委員会と連携し、舗装の管理目標の考え方や、過去の文献資料・新たな実験を通じた道路利用者の舗装状態の評価に関する知見の収集等を図ってきた。

本稿は、これまでの調査研究の主な成果について報告するものである。

2. 管理目標の考え方

2.1 管理目標の概念とその位置づけ

2.1.1 管理目標の概念

本稿では、管理目標を適切な舗装管理を行うために定める「管理指標」と「管理目標値」の総称と定義し、以下にその概念を述べていきたい。なお、ここで管理指標とは、舗装の性能を適切に表現できる指標のことであり、管理目標値とは適切な舗装の管理を行うために設定する値を指している。

舗装の管理目標を考える際には、一般的に道路構造物に求められる「道路資産保全の視点」はもとより、舗装は車両や歩行者が走行する際に直接接する構造物であり、その路面の状態は道路利用

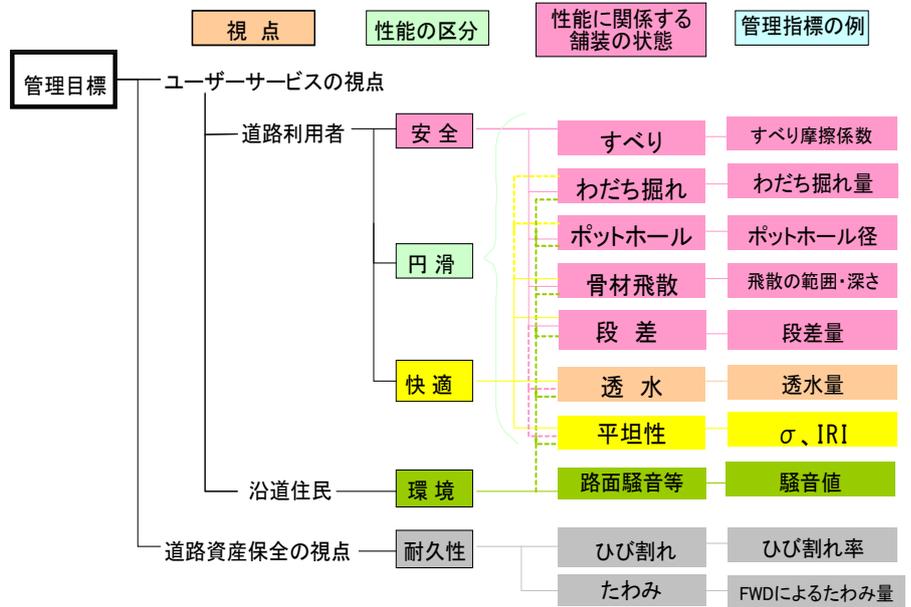


図-1 舗装の管理目標の概念

者・沿道住民等のサービス水準に直接連動していることから「ユーザーサービスの視点」も重要となる。

ユーザーサービスの視点から舗装に求められる性能としては、大きくは、道路利用者・沿道住民の観点から「安全性」、「快適性」、「円滑性」、「環境」を、また、道路資産保全の視点として「耐久性」を考えることができる。一般的に、舗装管理においては、これらの求められる性能を舗装の状態に置き換え、その状態を適切に表現し、かつ当該道路の管理者等がモニタリング可能な指標を設定していく必要がある（図-1）。

道路利用者や沿道住民が舗装に求める性能やその水準は、道路の性格や地域性などにより異なると考えられる。従って、管理目標の設定にあたっては、これらを考慮して、管理する道路において確保すべき性能を選択し、当該道路に用いる管理指標を設定していく必要がある。

2.1.2 舗装管理の視点と管理目標

前節で、舗装管理を考える視点として、「ユーザーサービスの視点」と「道路資産保全の視点」があることを記したが、これらの視点から管理目標設定の考え方を以下に述べる。

・ユーザーサービスの視点

道路利用者・沿道住民に直接的に影響を及ぼす要因となるのは路面の状態であることから、ユーザーサービスの視点からは、舗装状態の中でも、確保すべき路面の状態を管理目標として考えることとなる。

こうした観点からの検討においては、路面状態の水準に対して道路利用者等に及ぼす影響がどの程度なのかを把握することが求められる。

道路利用者の安全性や快適性等に及ぼす影響要因としては、路面の状態のみならず、道路の規格、線形、交通量、天候など様々なものがあるため、路面状態との関係を定量的に把握するのは難しい問題であるが、これを把握する方法として、路面状態と車両等の挙動との関係（例えば、わだち掘れの状態とわだちをのり越える際に車両に生じる加速度との関係）や路面状態と道路利用者等の評価の関係（例えば、わだち掘れの状態とドライバーの安心感の関係）に関する実験結果等から推定することが考えられる（3章）。

・道路資産保全の視点

ユーザーサービスの視点からは路面状態を評価するのに対して、道路資産保全の視点からは舗装全体の構造的な健全性の状態を評価することになる。

2.1.3 舗装の種類と管理目標

わが国で用いられている代表的な舗装を大別すると、アスファルト舗装とコンクリート舗装があり、さらにアスファルト舗装には密粒度舗装と排水性舗装がある。こうした舗装の種類により、舗装に求める性能が異なるとともに、この性能の低下に伴う舗装状態の特徴も異なる。

例えば、わだち掘れを例に取り上げると、わが国での発生が多い流動によるわだち掘れは、アスファルト舗装特有の現象であり、コンクリート舗装においてはその材料特性上発生しない。また、わだち掘れにより、ハンドルがとられることによる車両の操縦性安定性ととも、わだちに雨水等が帯水することによるハイドロプレーニング現象の発生や、走行車両や歩行者・沿道住居に対する水はね泥はねの発生等が懸念されるが、排水性舗装において透水機能が一定程度確保されている状態では、密粒度舗装に比べ雨水等による帯水は発生しにくい。

このようなことから、管理目標を検討する際には、こうした舗装の種類による性能の違いや性能の低下に伴う舗装状態の特徴を考慮した検討を行うことが望ましい。

舗装の種類毎の性能低下に伴う舗装状態の特徴については、舗装設計施工指針等において示されており、これらを参考にすると良い。

2.1.4 管理目標の位置づけ

管理目標の位置づけには、以下のようなものが考えられる。

- ①安全性の観点からの限界値として、これより下回るできない基準として設定する管理目標
- ②一定レベルのサービス等を提供するとともに、舗装としての健全性を効率的に確保することが望ましい目安として設定する管理目標
- ③比較的大きな補修を必要とする舗装状態の目安や補修の優先順位を決定するための目安として設定する管理目標

①は概念的には考えられるが、安全性は路面の状態のみならず、道路の規格、線形、交通量、天候などの状況に影響を受けると考えられ、また、ドライバーを見ても年齢や運転技能等は様々であるため、安全性についての限界となる舗装の状態を定義し、限界値を示すことは極めて困難である。国内外での管理目標の事例を見ても、その位置づけは②、③が一般的となっている。

2.2 舗装の管理目標設定の考え方

2.2.1 管理目標設定の手順

舗装の管理目標は、その水準により、道路利用者等の安全性や快適性等のユーザーサービス、舗装の構造体としての健全性から必要となる補修工法、維持管理のために必要となる予算や体制、補

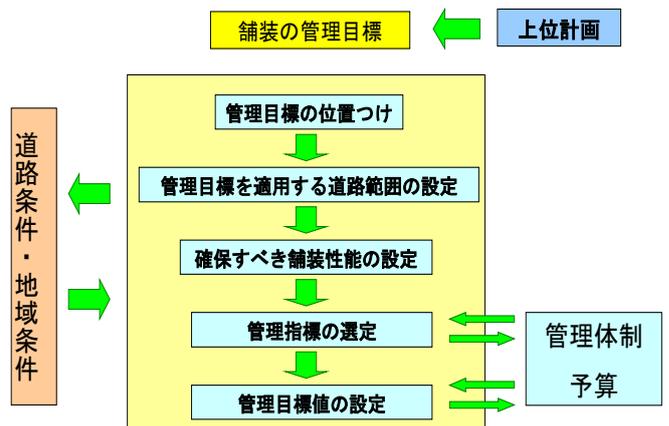


図-2 舗装の管理目標設定手順

修工事に伴う渋滞等の社会的損失等、様々なことに影響を与える。

したがって、管理目標の設定にあたっては、これにより影響を受ける事象を総合的に検討することが望まれる。

管理目標の設定の手順を図-2に示す。

以下に管理目標の設定にあたって考慮すべき事項を示す。

2.2.2 管理目標を適用する道路の範囲

管理目標は、舗装管理において重要な要素であり、管理している道路の全てについて管理目標を設定することが望ましい。

その一方、道路管理者は膨大な延長の舗装を管理しており、一律に管理目標を設定することが現実的でない場合には、管理する道路の性格、交通量、走行速度、沿道利用の有無など、道路・交通の条件、地域の条件等を踏まえて管理目標の柔軟な適用を検討することも考えられる。

2.2.3 確保すべき舗装性能と管理指標の選定

「2.1管理目標の概念」において、舗装に求められる性能を例示しているが、道路条件、地域条件等により、求められる性能が異なることも想定される。このため、管理目標を設定しようとする道路の状況や苦情・事故等の発生状況、道路利用者等のニーズ等を踏まえて、舗装の管理上確保すべき性能を具体化して設定していくことが必要である。

確保すべき舗装の性能を踏まえて、当該道路において道路管理者として把握しておくべき舗装の状態や具体的にその状態を定量化するための管理指標を選定する。

この際、ここで選定した管理指標については、一定程度定量的なモニタリングが実行できることも重要である(2.3)。

一般的に舗装のモニタリングは、各指標の舗装管理上の重要度を各道路管理者が判断して、道路巡回における目視等により舗装状態を確認し、異常を確認した場合にのみ機器により測定を実施する方法と、機器による定期的な測定を実施する方法が併用して(または前者を単独で)実施されている。

管理指標の選定にあたっては、モニタリング方法も含めた実行性を検討することも必要である。

2.2.4 管理目標値の設定

管理目標値は、その値により道路利用者等へのサービス水準や舗装の管理に必要な予算に影響を与える。

従って、管理目標値を含めた管理目標については道路利用者や納税者の理解を得ることが必要であり、設定した管理目標については、道路利用者等へのサービス提供の観点、そのサービスを得るための納税者の負担(あるいは必要となる予算)の観点等からわかりやすく説明することが求められる。

目標値の設定にあたっては、考慮すべき項目の例として「路面状態の水準と道路利用者等のサービスレベルの関係」、「道路条件、地域条件等による区分」、「目標値を維持するために必要となる予算」が上げられる。

さらに、管理目標値の検討にあたっては、短期的な視点とともに中長期的な視点も重要であり、例えば、舗装管理に要する費用についてはライフサイクルコストの最小化の観点からも検討することが望ましい。

なお、ライフサイクルコスト最小化については以下の概念が考えられる。

- ①舗装の維持・修繕・更新の費用の最小化。
- ②上記に加えて、社会的なコスト(工事による渋滞損失、路面悪化による損失等)も含めた費用の最小化。

舗装のライフサイクルコストを算定するためには、過去の舗装状態の履歴等から舗装状態の供用性予測(劣化予測)式等を設定する必要がある。

(1)舗装状態の水準と道路利用者等のサービスレベルの関係

2.1.2で述べたように、道路利用者等への安全性・快適性等は舗装の状態のみで決まるものでないため、舗装状態の水準と道路利用者等のサービスレベルの関係を一般化することは非常に難しい。一方、全ての条件下でこれらの関係を明らかにすることは現実的でない。

従って、一定の条件下で実施されたものであることを認識しつつ、過去に舗装状態の水準とサービスレベルに関して実施された実験結果(あるいは管理目標を設定しようとする道路の代表的な条件下において舗装状態と道路利用者等の評価に関

する実験等を実施し、これらにより得られた結果)等を参考に、概ねの「舗装状態の水準と道路利用者等のサービスレベルの関係」を想定することが現実的な方法と考えられる。

(2)道路条件、地域条件等による区分

道路条件や地域条件は、舗装状態の水準と道路利用者のサービス等の関係に影響を与えることから、これらの条件を踏まえて管理目標を検討することが望ましい。

区分を検討する際の観点としては、速度、交通量、沿道条件等が挙げられる。

(3)目標値を維持するために必要となる予算

目標値の設定は必要なる予算に影響を与えることから、短期的な視点、中長期的な視点から設定した管理目標により必要となる予算規模を過去の実績や現在ある知見から推定し、実施可能な水準であるか検証する。

2.3 管理目標のマネジメント

2.1.4で述べたように管理目標の位置づけには様々なものがあるが、いずれの場合においても設定した管理目標を達成するよう舗装を管理することが基本となる。

このためには、現在管理している道路の舗装状態を把握するモニタリングを適切に実施していくことが求められる。

モニタリングは、舗装状態の現状を知ることが最初の目的となるが、このデータを用いて設定した管理目標に対する健全性の評価、補修の候補となる区間の選定、対策の実施など具体的な管理行為に活用していくことが求められる。

さらには、こうしたデータから舗装状態の劣化予測、将来的に必要となる投資の分析などを実施することにより、ライフサイクルコストや維持管理コストの最小化・平準化など、より合理的な舗装管理に向けた取り組みへの活用が期待される。

モニタリングにより得られた結果を、上記で述べたような活用を図っていくためには、可能な限り定量的にモニタリング結果を記録し、データの電子化や時系列的な状態を把握するためのデータベース化を図っておくことが望ましい。

3. 舗装状態に対する道路利用者等の評価

本稿では、わだち掘れと平坦性を例に、道路利用者等の評価の視点について述べるとともに、

これらの舗装状態と道路利用者等の評価に関して土木研究所で実施した実験について報告する。

3.1 道路利用者等の評価実験の位置づけ

舗装状態に対する道路利用者等の評価は、走行条件・交通条件・気象条件等により変化し、また舗装状態も管理指標の値が同一であっても実際の路面は同一ではなく(わだち掘れ量が同一であっても、わだちの形状は現場ごとに異なる)、また自動車の種類や個々の自動車の性能により異なると考えられる。

しかし、管理されている道路の様々な道路条件、走行条件、路面状態を実験等において全て再現することは現実的には不可能である。

舗装状態の評価に関する既存研究事例において実施された実験等は、種々の制約から、ある一定の条件下で実施されたものであり、これらの情報を活用するには上記を踏まえることが必要ではあるが、管理目標を検討するには有用な情報となる。

3.2 舗装状態の評価の視点

3.2.1 わだち掘れ

わだち掘れの状態が道路利用者等に与える主な影響としては、以下が挙げられる。

- (1) ハンドルがとられることによる車両の操縦性安定性
- (2) ハイドロプレーニング現象の発生
- (3) 走行車両に対する水はねによる視界障害
- (4) 歩行者・沿道住居に対する水はね泥はねによる汚染

管理目標の検討においてわだち掘れの状態を評価する場合、当該道路の特性(例:速度、交通量、沿道利用の状況)を踏まえて、これらのすべてもしくは重要と考えられる事項を考慮して検討することとなる。

3.2.2 平坦性

一般に路面の平坦性とは、道路縦断方向の路面凹凸のうち、主として不快な乗り心地の原因となるものをさす。平坦性が悪い路面を走行すると、車両に過剰な鉛直方向運動やピッチング運動が発生し、乗り心地が悪化する。また、比較的波長の短い凹凸の場合、タイヤ路面間の接触が断続的になり、車両挙動が不安定になることもある。

3.3 道路利用者等の評価に関する実験

3.3.1 実験概要

本稿では、舗装状態と道路利用者等の評価に関する調査の一例として、ドライビングシミュレータを用いた、わだち掘れ・平坦性の状態に対する評価に関する実験について報告する。

実験は、被験者がドライビングシミュレータ上で、様々な路面状態を走行し、その後、被験者自身が安心感等の評価を行う方法により実施した。

用いたドライビングシミュレータ（写真-1）は、路面状態による車両応答を模擬する事を目的に、北見工業大学において開発されたもので、様々な路面状態を再現することが出来るものである。また、車両諸元も自由に設定することが可能で、本実験では一般的な乗用車の車両諸元（自動車学校で使用する教習車と同等）を使用した。

被験者として20名（男女各10名、22～50歳）に協力を得た。ほとんどの被験者はAT車を運転し、年間走行距離は約10,000km程度、ほぼ全ての被験者がほぼ毎日運転している。



写真-1 ドライビングシミュレータ

3.3.2 実験内容と結果

(1) わだち掘れ

実験にあたって設定した路面・走行条件は以下の通り。

- ・ 走行速度(V)
 - 4段階 (V=40, 60, 80, 100km/h)
- ・ わだち掘れ量(D)
 - V=40, 60km/h → D = 30,40,50mm
 - V=80, 100km/h → D = 20,30,40mm
- ・ わだち掘れ形状
 - 直轄国道のサンプルから流動わだち掘れの平均的な形状を設定

- ・ 道路線形：直線部、一車線幅員3.5m
- ・ 走行条件：第一車線から第二車線に乗り移る。
 - 遷移距離：V=40, 60km/h→60m
 - V=80, 100km/h→100m
- ・ すべり摩擦係数： $\mu = 0.25$ （雨天時を想定）
 $\mu = 0.60$ （晴天時を想定）

被験者は、同乗者の状態で走行し、走行終了直後に安心感の5段階（とても安心感があった、安心感があった、普通、不安感があった、とても不安感があった）で評価してもらった。

図-3,4にその結果を示す。なお、凡例にある湿潤は、湿潤路面の状態を指している。

わだち掘れ深さが大きくなるほど乗り心地および安心感の評価値は低下し、また、走行速度が増加するほど低下する傾向を示している

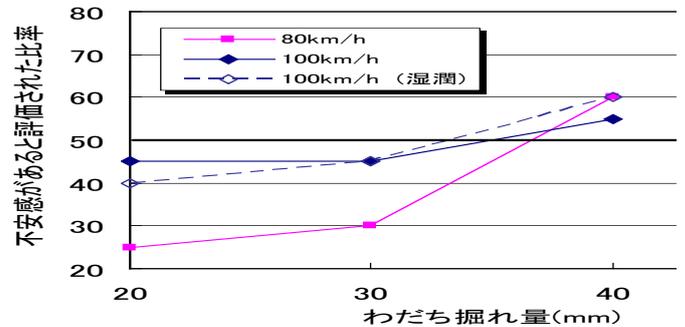


図-3 評価実験結果 (V=80km/h以上)

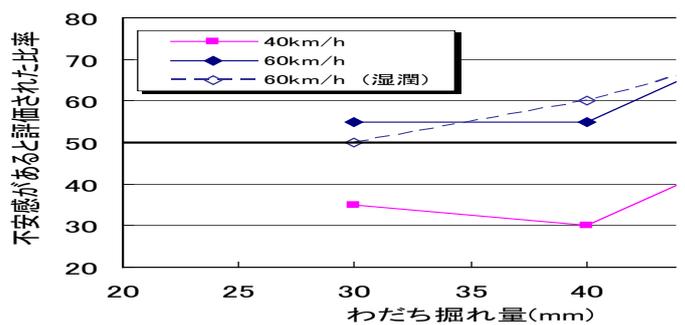


図-4 評価実験結果 (V=60km/h以下)

(2) 平坦性

平坦性（路面凹凸）の程度を5段階（IRI* = 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0mm/m）とし、走行速度は3段階に設定した（60, 80, 100km/h）。

被験者は自身で運転操作を行い、走行終了直後に乗り心地と安心感を5段階（良い、やや良い、どちらともいえない、やや悪い、悪い）で評価し

でもらった。

走行コースは全長1,600mの直線、片側1車線の幅員が3.5mで、加速及び減速区間を各300m、評価対象区間を1,000mとした。

実験の結果、路面の平坦性が悪化するほど乗り心地及び安心感の評価値は低下し、また、走行速度が増加するほど低下する傾向を示した。IRI評価区分として、被験者の50%以上が乗り心地を5段階中「悪い」と評価したIRI、および被験者の50%以上が走行時の安心感を5段階中「危険」としたIRIを、走行速度別に表-1に示す。

表-1 評価実験結果 (※は回帰式による推定値)

	走行速度		
	60km/h	80km/h	100km/h
概ね50%が危険を感じるIRI	7.0*	6.5*	3.5
概ね50%が乗り心地を悪いと感じるIRI	4.5	4.5	3.0

*IRI (International Roughness Index : 国際ラフネス指数) は、1986年に世界銀行により提案された指標で、単位は (m/km) または (mm/m) で表される。IRIは値が小さいほど路面の平坦性が良好であることを示す。

4. まとめ

本稿では、舗装の管理目標の考え方と安全性・快適性の観点から舗装状態と利用者評価についての実験例を報告した。これまで述べてきたように舗装状態の評価については様々な観点がある。土木研究所では、今後ともユーザーサービスに関わる知見を収集するとともに、管理目標を検討する上で、もう一つの重要な視点となる道路資産保全の視点、舗装の耐久性の観点からの管理目標設定手法についての調査研究を進めていきたいと考えている。

本稿に至る調査研究において、(社)日本道路協会舗装委員会委員・幹事各位には様々な観点からの知見を頂戴した。また、本稿で紹介したドライビングシミュレータを用いた実験では、北見工業大学川村教授をはじめ研究室各位に技術的アドバイスをいただいた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 藪・伊藤：舗装マネジメントシステムの構築、土木技術資料Vol46, No.12、2004年12月
- 2) 藪：舗装の管理目標、舗装、Vol40, No.7、2005年7月
- 3) 藪・久保：舗装の効率的な維持修繕について、土木技術資料Vol48, No.11、2006年11月
- 4) (社)日本道路協会：舗装設計施工指針 (平成18年版)、2006年2月

藪雅行*



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所道路技術研究グループ舗装チーム総括主任研究員
Masayuki YABU

石田樹**



独立行政法人土木研究所寒地土木研究所寒地道路研究グループ寒地道路保全チーム総括主任研究員
Tateki ISHIDA

久保和幸***



独立行政法人土木研究所つくば中央研究所道路技術研究グループ舗装チーム上席研究員
Kazuyuki KUBO

田高淳****



独立行政法人土木研究所寒地土木研究所寒地道路研究グループ寒地道路保全チーム上席研究員
Jyun TAKOU