

10.6 舗装の管理目標設定手法に関する研究

研究予算：運営費交付金（道路整備勘定）

研究期間：平17～平21

担当チーム：道路技術研究グループ（舗装）

研究担当者：久保和幸、藪雅行、加納孝志

【要旨】

本研究は、舗装の管理目標を設定するための技術的根拠を明らかにするとともに、地域の実情に応じた舗装の管理目標設定手法をとりまとめることを目的としている。19年度は、舗装の管理目標設定にあたっての考え方を整理するとともに、排水性舗装を中心に路面性状と構造的健全度の関係を調査した。その結果、路面性状と舗装の構造的な健全度には一定の関連性があり、これらの関係を用いて健全度を推測できる可能性があることを把握した。また、排水性舗装特有の破損形態である骨材飛散の定量化手法に関する検討を実施した結果、排水性舗装表面の凹凸を細かな間隔で測定したデータから骨材飛散の程度を評価できる可能性があることを明らかにした。
キーワード：舗装、管理目標、構造的健全度、排水性舗装、骨材飛散

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・修繕・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。道路資産を効率的に管理するためには、その状態の的確な把握が必要であるとともに、「管理目標」を設定することが非常に重要となる。しかしながら、舗装の管理目標を設定するための技術的根拠が必ずしも明確になっていない。

本研究では、道路管理者が管理目標を検討する際の参考となるよう、ユーザーサービスの視点と舗装の構造的健全性の視点から、舗装の管理目標設定のための技術的根拠を明らかにすることを目的としている。これまで、ユーザーサービスの視点から舗装の性能指標が道路利用者にも与える影響について、概括的な関係を把握するとともに、舗装の構造的健全性の視点から、密粒度舗装を対象に道路管理者が舗装管理の指標として利用している路面性状と舗装の構造的な健全度の関連性に関する検討を行ってきた。

19年度は、これまでの成果を踏まえ、舗装の管理目標設定にあたっての考え方を整理するとともに、排水性舗装を中心に路面性状と構造的健全度の関係の調査、及び排水性舗装特有の破損である骨材飛散に着目し、その破損程度の定量化に向けた基礎的な検討を行った。

2. 研究概要

2.1 舗装の管理目標設定の考え方¹⁾²⁾³⁾⁴⁾

舗装の管理目標設定にあたっての考え方について検

討するとともに、(社)日本道路協会舗装委員会委員等との意見交換を行った。この結果から管理目標の概念、設定の手順等を以下の通り整理した。

なお、上記考え方の整理にあたって、「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」の総称と定義した。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」、「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」とした。

2.1.1 管理目標の概念

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」とともに、車両や歩行者が走行する際に直接接する構造物である舗装の状態は、道路利用者・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・沿道住民の視点」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」を考慮することができる。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等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

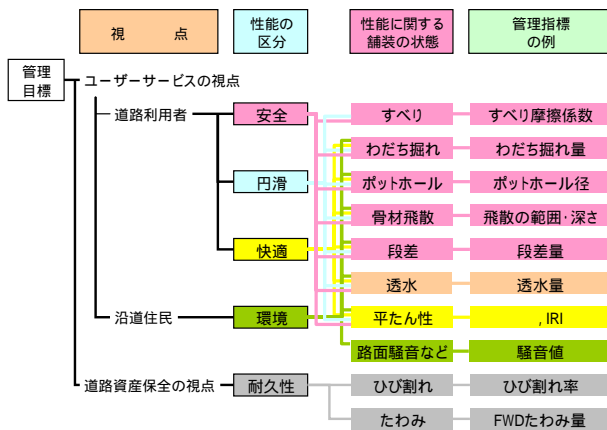


図-1 舗装の管理目標の概念

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、これらの視点からの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・沿道住民や歩行者等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、舗装の状態の中でも、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。

・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の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、わだち掘れでは、わだちを超える際の車両の操縦性安定性ととともに、雨水がわだちに滞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による滞水は発生しにくい。

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。なお、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⁵⁾において示されている。

2.1.4 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、舗装の構造的な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、管理目標の選定にあたっては、その設定により影響を受ける事象を総合的に検討することが

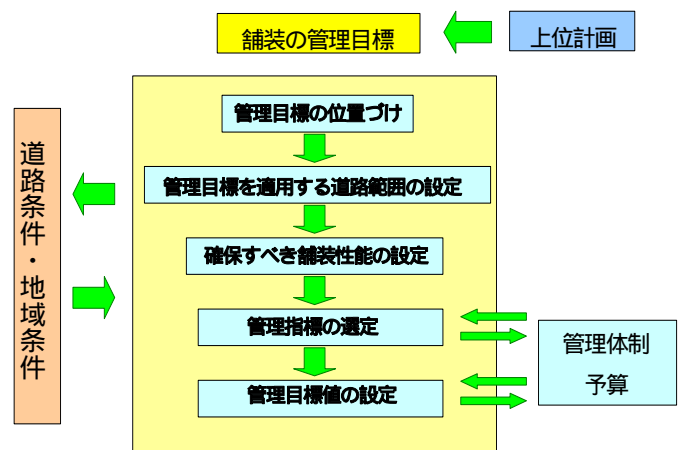


図-2 舗装の管理目標設定手順

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。

(1)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ある。安全性の観点からの限界値として、これより下回ることができない基準として設定する管理目標

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

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

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⁶⁾を見ても、その位置づけは、が一般的となっている。

(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。

(3)確保すべき舗装性能と管理指標の選定

2.1.1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。

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。

(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。

管理目標値の設定にあたって、考慮すべき項目の例として「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」、「道路条件、地域条件等による区分」、「管理目標値を維持するために必要となる予算」が上げられる。

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「目標値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。

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等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。

管理目標値を維持するために必要となる予算

管理目標値の設定は必要と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。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、「舗装の維持・修繕・更新の費用の最小化」、左記に加えて、「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」の概念が考えられる。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、補修サイクル等を設定する必要がある。

2.1.5 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や平準化など、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。

2.2 排水性舗装の路面性状と舗装構造の健全度調査

舗装構造の健全度を調査する方法には、抜き取りコアの調査やFWDによるたわみ量の調査等があるが、これらの調査はいずれも交通規制を伴い、大量のデータを取得することが困難であることから、道路管理者の舗装状態のモニタリングは、一般的に路面状態を対象として行われている。このようなことを踏まえ、路面性状と舗装構造の健全度の関係についての調査を行っている。

平成18年度においては、密粒度舗装を対象に調査を実施し、「ひび割れ形態」や「ひび割れ幅」を把握することにより、舗装の健全度を推定できる可能性があることを確認した。

本年度は、排水性舗装を中心に、実道において路面性状と舗装構造の健全度の調査を実施した。調査項目は、昨年度と同様、表-1の通りである。

また、本年度調査した6箇所（PO1～PO6）の区間（100m）平均の路面性状値は図-2～図-4のとおりである。

表-1 調査項目⁷⁾

種別	測定項目	試験方法	備考
路面性状	ひび割れ	舗装調査・試験法便覧	スケッチによる方法
	わだち掘れ量		横断プロファイルメータによる方法 FWD測定位置、コア採取位置にて測定
	平坦性		3mプロファイルメータによる方法 IWP、BWP、OWPの3測線
構造的な健全度評価	FWDによるたわみ量	舗装調査・試験法便覧	コア採取位置にて測定
	抜き取りコアによるひび割れ調査	-	アスファルト層全層を採取（100mm） FWDたわみ測定位置で採取

2.2.1 調査方法

FWD調査によるたわみ量から舗装各層の健全度を評価し、これと当該箇所における路面性状の各特性値の関係を分析した。

舗装各層の健全度評価については昨年度と同様であり、次節以降で取り上げるアスファルト混合物層での評価方法を示すと以下の通りである。

アスファルト混合物層の健全度評価方法⁸⁾

FWD載荷直下のたわみ量(D_0)と載荷点から300mmの位置のたわみ量(D_{300})の差(SCI : Surface Curvature Index)などから、(1)式によりアスファルト層の弾性係数 E_{ac} を算出し、健全度を評価した。

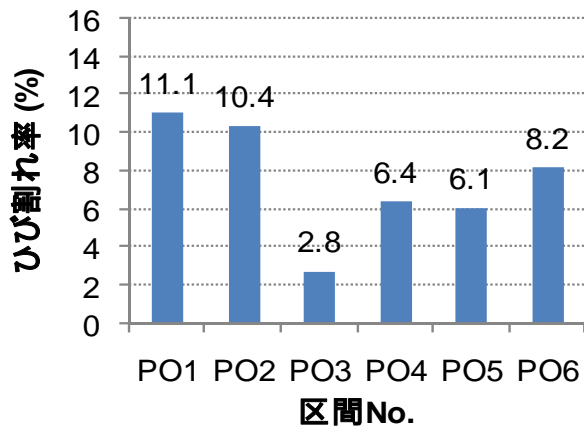


図-2 各区間のひび割れ率

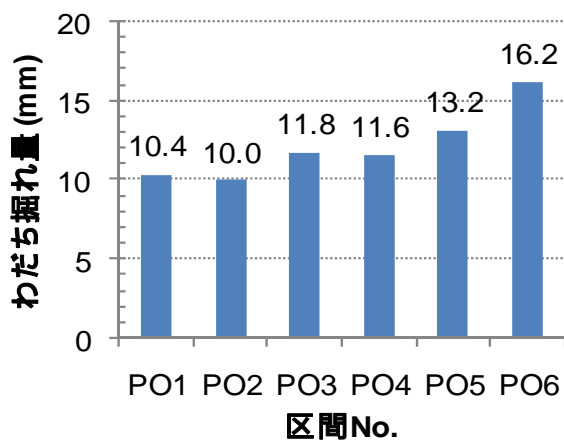


図-3 各区間のわだち掘れ量

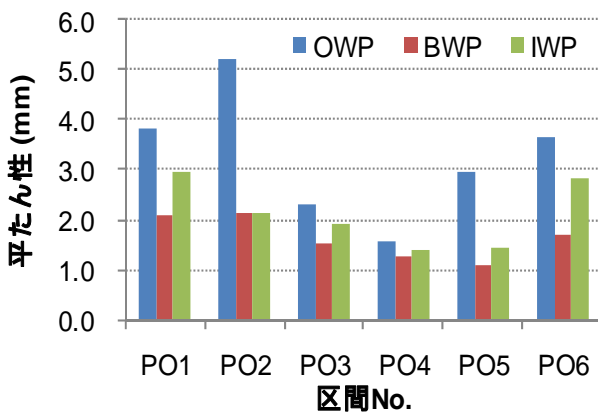


図-4 各区間の平坦性 ()

$$SCI = D_0 - D_{300}$$

$$\log E_{ac} = -1.1435 \times \log SCI - 2.5435 \times \log H_{ac} + 0.00196 \times H_{ac} + 7.78814 \dots (1)$$

ここで、

SCI: Surface Curvature Index (mm)

D_0 : FWD 載荷点直下のたわみ量(mm)

D_{300} : 載荷点から 300mm の位置のたわみ量(mm)

E_{ac} : アスファルト混合物層の弾性係数(MPa)

H_{ac} : アスファルト混合物層の厚さ(mm)

2.2.2 調査結果

排水性舗装区間における「アスファルト混合物層の弾性係数」と「ひび割れ率」、「亀甲状ひび割れ率」、「わだち掘れ」、「平坦性」の関係を図-5、図-6、図-7、図-8 に示す。また、昨年度より実施し、今年度調査区間を追加した密粒度舗装区間における関係を、比較のため、図-9、図-10、図-11、図-12 に示す。なお、ここで「亀甲状ひび割れ率」とは、50cm×50cm のますに2 本以上のひび割れがある場合に、亀甲状ひび割れが生じていると定義し、評価対象区間面積に対する亀甲状ひび割れが生じている面積の割合として、本研究における各種分析のため、便宜的に設定したものである。

この結果、密粒度舗装においては、「ひび割れ率」や「亀甲状ひび割れ率」が大きくなると健全度が低下する傾向が見られたが、排水性舗装においては、これらひび割れに関連した指標との明確な傾向は見られなかった。一方、密粒度舗装においては明確な関係のなかった「わだち掘れ量」について見ると、排水性舗装においては、「わだち掘れ量」が大きくなるに従って、健全度が低下する傾向が見られた。

以上のことから、舗装構造の健全度は、道路管理者が通常モニタリングしている路面状態と一定の関連性があり、これらの関係を用いて推測できる可能性があると考えられるが、密粒度舗装と排水性舗装では、着目すべき路面の破損状態の種類が異なることが示唆された。

2.2 排水性舗装における骨材飛散の定量化手法の検討

舗装管理においては、舗装の代表的な破損の特徴を踏まえて、「ひび割れ率」や「わだち掘れ量」など、その損傷度合いを定量的に示す管理指標が用いられている。しかし、近年急速に普及した排水性舗装においては、従来の密粒度舗装では発生しない破損形態が生じる場合がある。

本検討では、排水性舗装特有の破損形態の一つである骨材飛散に着目した。現時点においては、骨材飛散の状況は、目視により破損の広がり等の破損状況を確認するのが一般的であるが、補修区間等の優先順位の設定などにおいては、破損が発生している各区間の損傷度合いを定量的に比較できることが望ましい。

このような観点から、本年度は、路面のきめ深さを表す指標に着目し、この指標を用いた骨材飛散状態の定量的な評価の可能性を検討した。

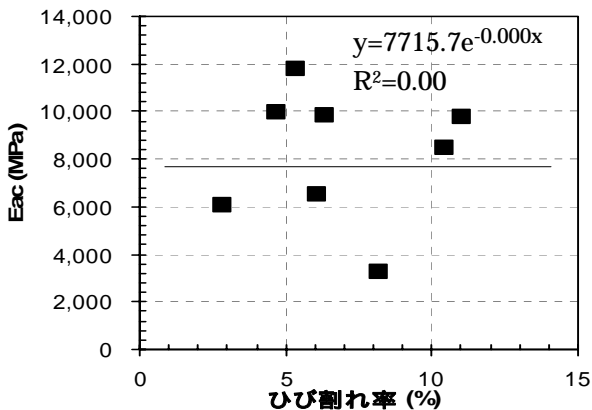


図-5 ひび割れ率と弾性係数の関係 (排水性)

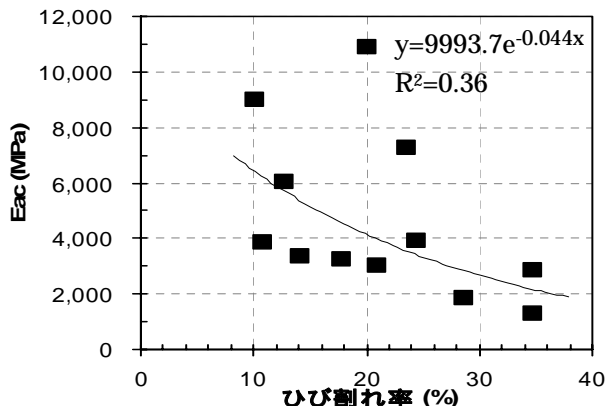


図-9 ひび割れ率と弾性係数の関係 (密粒度)

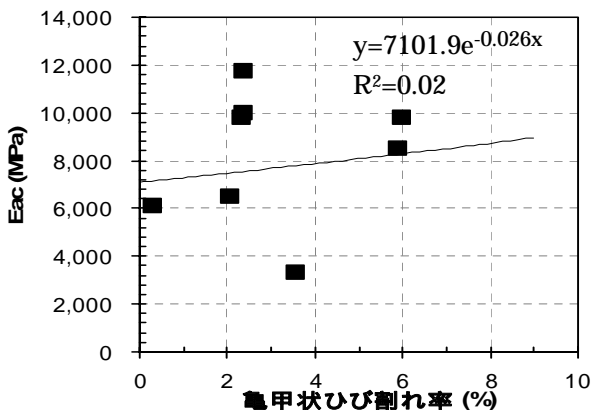


図-6 亀甲状ひび割れ率と弾性係数の関係 (排水性)

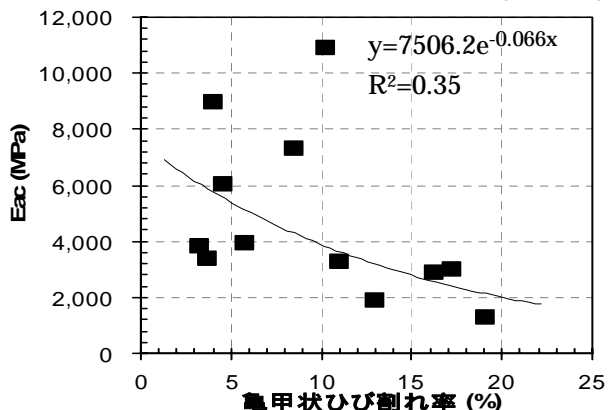


図-10 亀甲状ひび割れ率と弾性係数の関係 (密粒度)

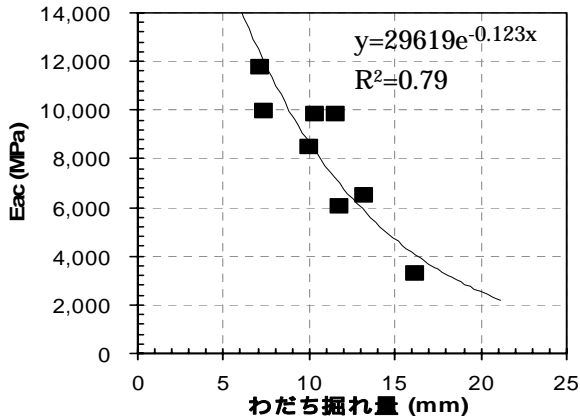


図-7 わだち掘れ量と弾性係数の関係 (排水性)

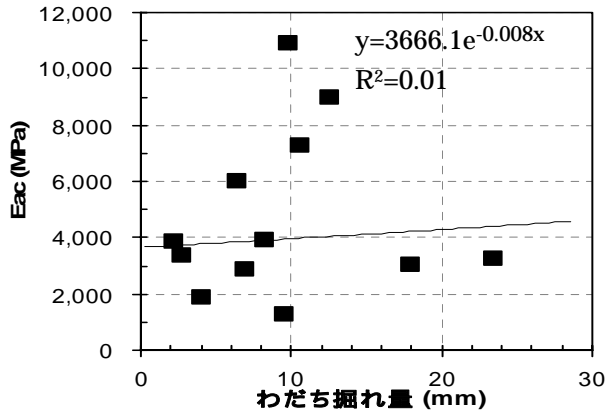


図-11 わだち掘れ量と弾性係数の関係 (密粒度)

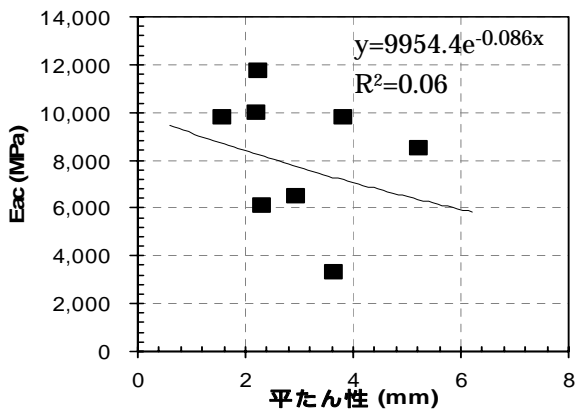


図-8 平坦性と弾性係数の関係 (排水性)

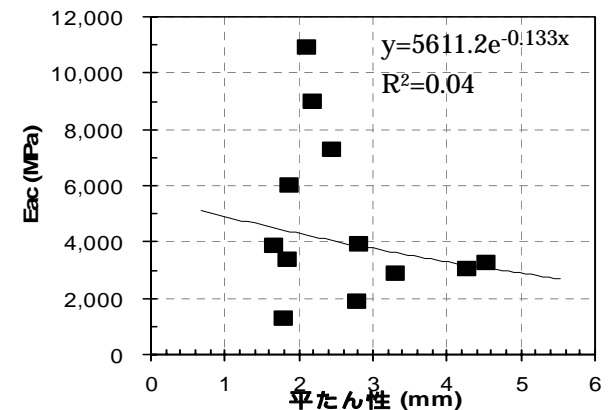


図-12 平坦性と弾性係数の関係 (密粒度)

2.2.1 骨材飛散と路面のきめ深さ

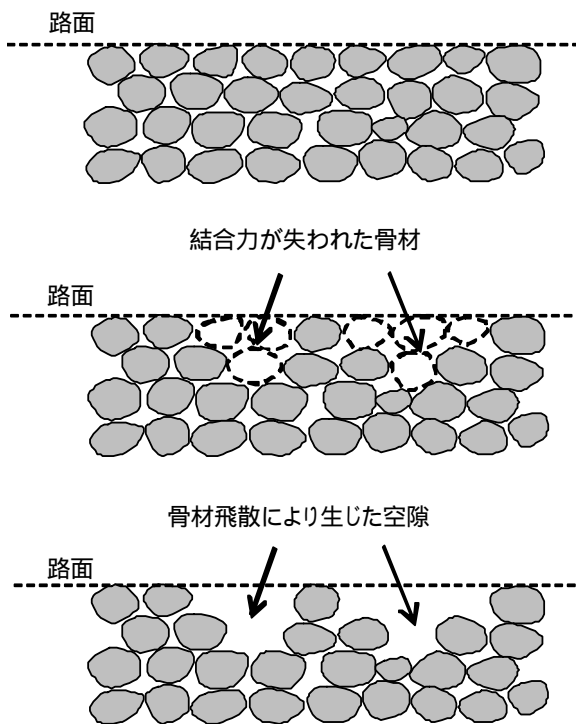


図-13 骨材飛散のイメージ

排水性舗装のように粗骨材のかみ合わせや結合剤の力のみで層の大部分を構成しているような舗装の場合、結合剤による結合力が何らかの原因により失われれば、交通荷重によって骨材が層から離れて(骨材が飛散し)路面に飛散した骨材に相当する空隙(すきま)が生じる。この飛散する骨材は、表面側の骨材1つ分のみならず、深さ方向に2つ3つと飛散する場合もある。(図-13)骨材飛散が生じた場合には、飛散した骨材部分に飛散した骨材に相当して路面に凹凸が生じる。このような路面の凹凸をとらえる指標としてきめ深さに着目した。

2.2.2 検討方法

本検討では、関東地方の直轄国道から骨材飛散の程度が異なる100m区間を6区間抽出(各区間の交通量は N_7 交通、供用期間は7~11年)し、各々の区間において骨材飛散の発生が確認されたわだち部と発生していない車線中央の測線において、きめ深さを測定し、その測定値の違いからきめ深さによる骨材飛散状況の定量化の可能性を検討した。



写真-1 プロファイラによる測定

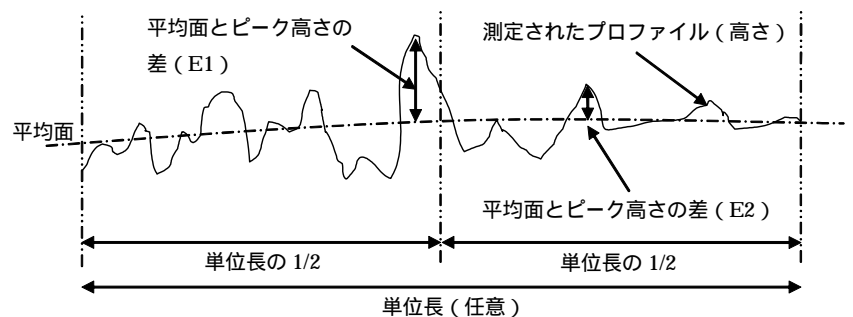
測定は、0.3mm毎に路面の高さを測定できるプロファイラ(写真-1)を使用し、測定した結果は、以下の指標(MPD)により評価した。

なお、評価に用いる単位長は1mとした。

MPD (Mean Profile Depth)

MPDは、測定された路面のプロファイル深さの平均面とピーク高さとの差から計算され、単位長のサンプルを2分割した長さについての平均高さである(図-14)。単位長によって計算されるMPDは異なる。

一般に、MPDの値が大きいほど、路面のきめは粗い。



この単位長のプロファイルから求められる $MPD = (E1 + E2) / 2$

図-14 MPDの定義

2.2.3 検討結果

代表的なMPDの測定結果を図-15~17に示す。図から、骨材の飛散が発生しているわだち部は、骨材飛散が発生していない非わだち部に比べMPDが大きくなっており、その差が明確になった。また、区間1,3では、わだち部のMPDに顕著なピークが見られた。これらのことから、MPDと骨材飛散の状態には一定の関連性があり、当該手法により骨材飛散の程度の定量化ができる可能性があると考えられる。

また、目視による骨材飛散の定性的評価と各調査区間のMPDの平均値を比較した。なお、目視観察による

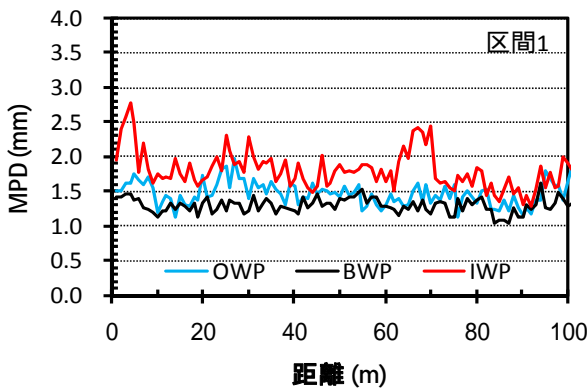


図-15 MPD測定結果(調査区間1)

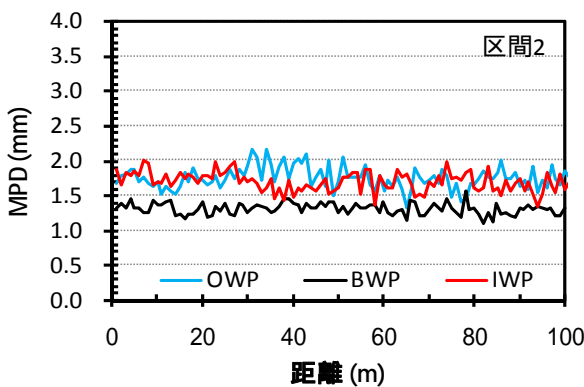


図-16 MPD測定結果(調査区間2)

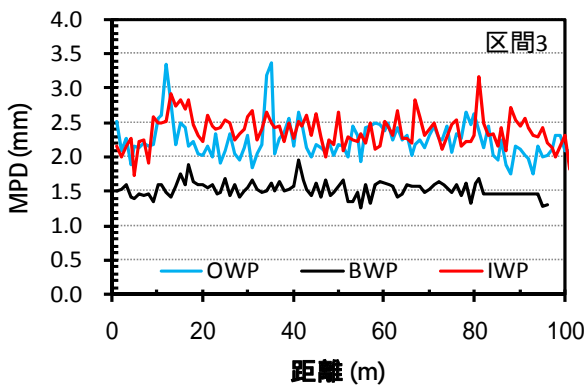


図-17 MPD測定結果(調査区間3)



目視による骨材飛散程度の定性的な評価
図-18 目視評価とMPD測定結果の比較

定性的評価は、骨材飛散の延長などから相対的にその程度を判断した。目視による骨材飛散の定性的評価とMPD値には一定の関連性があることから、骨材飛散の程度の差により、定量的にどの程度、MPD値の差に影響するのかといった課題はあるが、骨材飛散の程度を評価できる可能性があると考えられる。

3.まとめ

本年度得られた成果をまとめると以下の通りである。

- (1)有識者との意見交換等を通じ、管理目標の概念、管理目標設定の手順等、舗装の管理目標設定にあたっての考え方を整理した。
- (2)道路管理者が一般的にモニタリングしている路面状態から舗装構造の健全度を一定程度推測できると考えられるが、その際密粒度舗装と排水性舗装では、着目すべき路面の破損状態の種類が異なる可能性があることを見出した。
- (3)路面の凹凸を細かな間隔で測定したデータと骨材飛散の状態に一定の関連性があり、こうした測定データを用いることにより、骨材飛散の程度を定量的に評価できる可能性があることを見出した。

今後は、これまで得られたデータの詳細な分析、不足するデータの補完などを通じて、路面性状と舗装構造の健全度との関係、骨材飛散の程度と路面のキメ深さを示すMPD等の指標値との関係をより明確にしていきたいと考えている。

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Vol146, No.12, 2004年12月
- 2) 藪：舗装の管理目標、舗装、Vol140, 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Vol148, No.11, 2006年11月
- 4) 藪・石田・久保・田高：舗装の管理目標設定の考え方、土木技術資料Vol150, No.2, 2008年2月
- 5) (社)日本道路協会：舗装設計施工指針(平成18年版)、2006年2月
- 6) 谷口・伊藤：舗装の管理目標-欧州諸国の実態を中心として、土木技術資料Vol146, No.12, 2004年12月
- 7) (社)日本道路協会：舗装調査・試験法便覧 第1分冊, 2007年6月
- 8) Y. Richard Kim : Assessing Pavement Layer Condition Using Deflection Data , NCHRP 10-48 , 2001年6月

A STUDY ON INSTITUTION OF RATIONAL PAVEMENT MANAGEMENT INDEX

Abstract : The purpose of this research is to indicate a technical source of pavement management index, and to indicate the methods of setting pavement management targets according to the real state of regional characteristics. In fiscal year 2007, we arranged the concept of setting pavement management and investigated the relationship between road surface characteristics and pavement structural damages concerning drainage asphalt pavement. As a result, we found out that some road surface characteristics are related to pavement structural damages roughly and there found a possibility to estimate pavement structural durability from the status of road surface. We also began to research the evaluation methods of status of stripping-aggregate, and we found out that it is possible that we evaluate states of stripping aggregate by measuring the texture.

Key words : pavement, pavement management target, structural durability, drainage pavement, stripping aggregate