

10. 5 舗装の管理目標設定手法に関する研究

研究予算：一般勘定（道）

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、渡邊一弘、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し、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。20年度は、19年度に引き続き密粒度舗装と排水性舗装を対象として路面性状と舗装の構造的健全度の関係を調査し、データをさらに蓄積した。その結果、路面性状の中でも特にひび割れと舗装の構造的健全度には関連性があり、ひび割れ率を用いて舗装の構造的健全度を評価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、排水性舗装表面の凹凸を 1mm 以下の間隔で測定したデータから区間のプロファイル深さの算術平均である MPD (Mean Profile Depth) を算出することにより評価できる可能性があることを把握した。

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、プロファイル

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、予算的制約から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道路資産の保全の視点から、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与える影響についての関係を把握するとともに、道路資産の保全の視点から、密粒度舗装及び排水性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健全度の関連性に関する検討を行ってきた。

20年度は、これまでの成果を踏まえ、密粒度舗装及び排水性舗装を対象として、19年度に引き続き路面性状と舗装の構造的健全度の関係の調査を行いデータを蓄積し、舗装の構造的健全度を評価手法の検討を行った。さらに、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検討を行った。

2. 密粒度舗装の路面性状と舗装の構造的健全度の調査

舗装の構造的健全度を調査する方法には、抜き取りコアによる調査や FWD たわみ量による調査等があるが、これらの調査はいずれも交通規制を伴い、データを迅速に取得することが困難である。また、道路管理者の舗装状態のモニタリングは、一般的に路面性状を対象として行われている。このような状況を踏まえ、路面性状から舗装の構造的健全度を把握すべく、これらの関係についての調査を行っている。

19年度までの調査により、密粒度舗装については、路面性状の中でもひび割れと構造的健全度の相関が高く、また、路面のひび割れ幅が 1mm 以上であれば、そのひび割れは基層下面又はアスファルト安定処理層下面まで貫通しているものが多いことがわかっている。路面性状測定車によるひび割れ検出限度の目安が 1mm であり¹⁾、道路管理者は一般的にひび割れを含む路面性状を路面性状測定車によりモニタリングしていることを踏まえ、本年度はひび割れ幅・深さではなく、表面上のひび割れの状態（縦・横断ひび割れ、亀甲状ひび割れなど）を含めた路面性状に着目してデータを蓄積し、路面性状から舗装の構造的健全度の評価手法について検討を行った。

2. 1 調査区間

調査区間は、関東近辺の直轄国道で修繕工事を予定している箇所を中心に、ひび割れ率が偏らずにデータ

を取得できる区間を選定した。区間単位は1車線×100mであり、国道20号(長野県茅野市)の3区間及び国道19号(長野県安曇野市)の1区間の計4区間を選定した。

2.2 調査方法

調査項目及び各区間内の測定位置は、18、19年度の調査を踏まえ、表-1、図-1のとおりとした。

表-1 調査項目

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 ¹⁾	スケッチによる方法
	わだち掘れ量		横断プロフィールメータによる方
	平坦性		3mプロフィールメータによる方
構造的な健全度評価	FWDによるたわみ量		

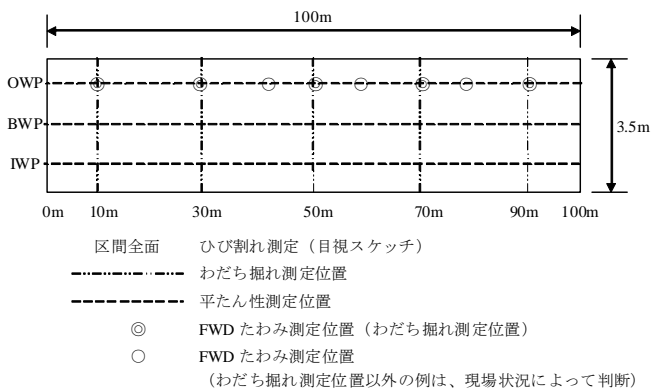


図-1 路面性状測定位置

2.3 舗装の構造的健全度の把握方法

アスファルト混合物層の健全度を表す指標の一つとして弾性係数がある^{2) 3)}。アスファルト混合物層の弾性係数は、FWD(Falling Weight Deflectometer)により得られるたわみ量から、式-1のとおり求められることが知られている²⁾。

$$E1 = 2,352 \times (D0 - D20)^{-1.25} / h1 \quad \text{(式-1)}$$

ここで、E1：アスファルト混合物層の弾性係数[MPa]

h1：アスファルト混合物層厚[cm]

D0：載荷点中心のたわみ量[mm]

D20：載荷点中心から20cmのたわみ量[mm]

なお、D0とD20については、測定時の路面温度計の実測値及び近傍のアメダス観測地の気温データをもとにして、舗装体温度が20℃のときの値に温度補正を行った²⁾。

2.4 調査結果

路面性状と舗装の構造的健全度の関係の調査結果を以下に示す。なお、本年度蓄積したデータを含め、18、19年度の調査結果を含めてまとめている。

2.4.1 ひび割れと舗装の構造的健全度の関係

ひび割れ率とアスファルト混合物層の弾性係数 E1 の関係を図-2 に示す。

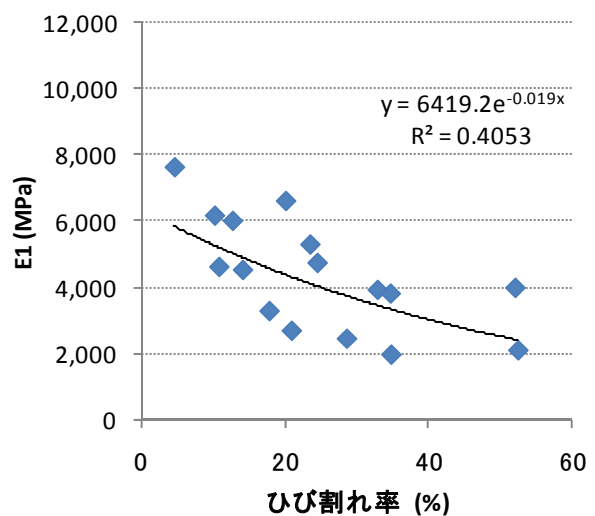


図-2 ひび割れ率と E1 の関係

ひび割れ率が大きくなると、E1 が小さくなる傾向があり、この傾向は一般的に考えられる傾向と一致する。また、その分布は指数関数的な減少傾向がみられ、図-2 に示すとおり近似できる。

さらに、ひび割れ率のみならずひび割れの形態に着目して分析を行った。ひび割れ率を算出する際、ひび割れが1本だけ入っている50cm×50cmのメッシュを除外して算出したものを亀甲状ひび割れ率として定義し、同様の関係を示したものが図-3である。なお、ここでいう亀甲状ひび割れ率は、現在道路管理者で一般的に活用されている路面性状測定車によるデータから算出可能である。

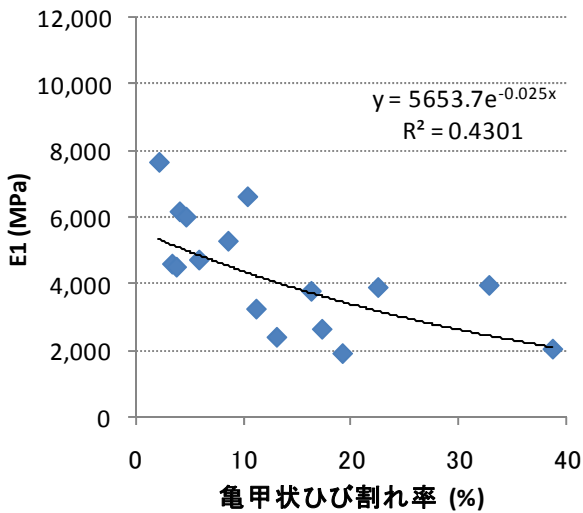


図-3 亀甲状ひび割れ率と E1 の関係

亀甲状ひび割れ率と E1 の相関は、ひび割れ率と同様高いが、明確な差が出るには至らなかった。現在、ひび割れを示す指標としてひび割れ率が用いられているが、メッシュ内のひび割れの本数のみをカウントしているため、ここで定義した亀甲状ひび割れ率のみならず、ひび割れの質に着目した指標について今後さらに検討する必要がある。

2.4.2 わだち掘れと舗装の構造的健全度の関係

わだち掘れ量とアスファルト混合物層の弾性係数 E1 の関係を図-4 に示す。

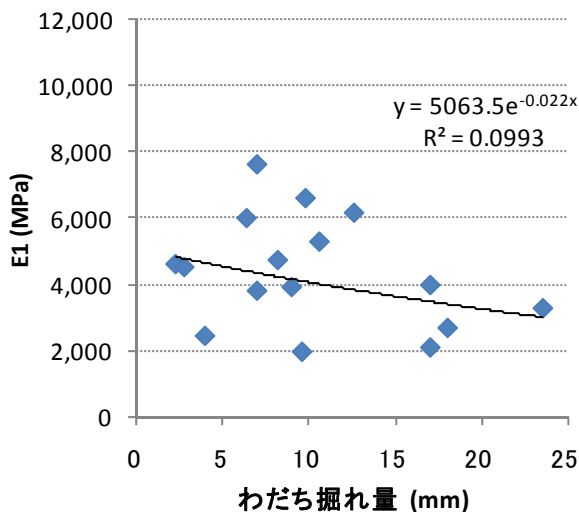


図-4 わだち掘れ量と E1 の関係

わだち掘れ量が大きくなると、E1 が小さくなる傾向が見られるが、相関は高くない。わだち掘れ量は、アスファルト混合物層の強度の他、温度履歴や塑性体としての挙動等の影響も大きく受けるため、ひび割れ率より舗装の構造的健全度を示す指標とは言えない。

2.4.3 平坦性と舗装の構造的健全度の関係

平坦性とアスファルト混合物層の弾性係数 E1 の関係を図-5 に示す。

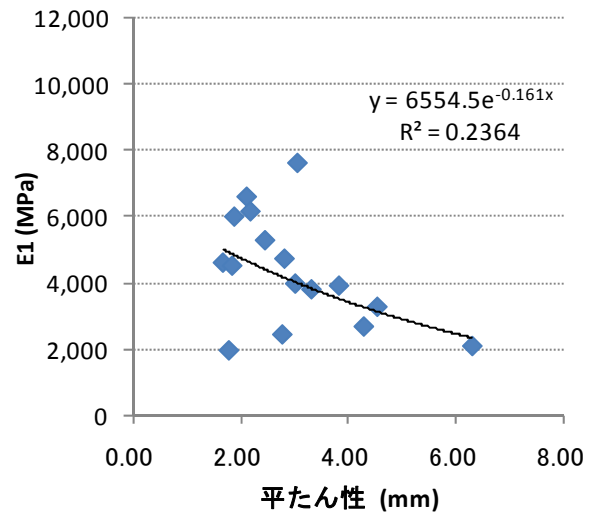


図-5 平坦性と E1 の関係

平坦性が大きくなると、E1 が小さくなる傾向が見られるが、相関は高くない。平坦性は、アスファルト混合物層の強度の他、路盤や路床の状態等の影響も受けるため、ひび割れ率より舗装の構造的健全度を示す指標とは言えない。

2.5 舗装の構造的健全度の評価手法の提案

以上のことより、路面性状の中でもひび割れに着目することにより、舗装の構造的健全度を評価できる可能性がある。

ここで、アスファルト混合物層の弾性係数 E1 の自然対数を取り、その平均値と標準偏差を算出すると、それぞれ 8.30、0.40 となり、ばらつきは少ない。図-6、7 に、ひび割れ率と亀甲状ひび割れ率を変数にとったそれぞれ近似式に対する土標準偏差を図示する。

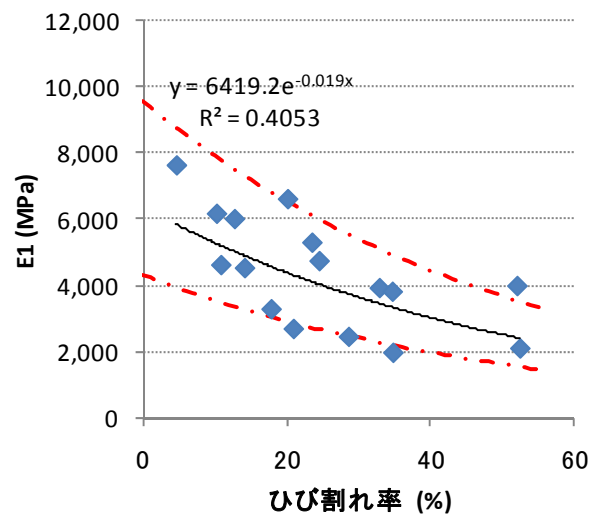


図-6 ひび割れ率と E1 の関係

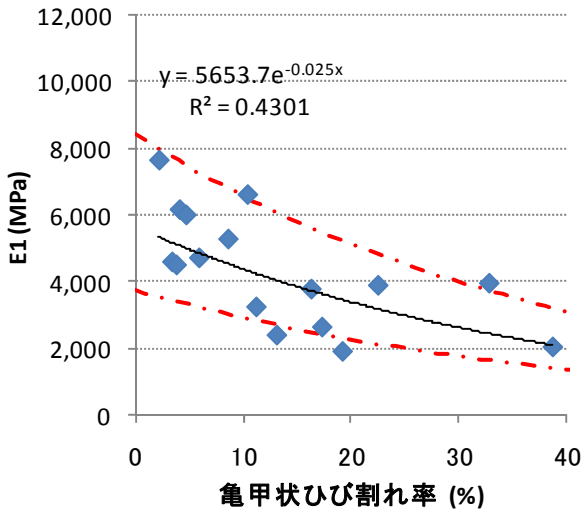


図-7 亀甲状ひび割れ率と E1 の関係

3. 排水性舗装の舗装の路面性状と構造的健全度の調査

排水性舗装の路面性状と舗装の構造的健全度の関係についても、主に 19 年度より密粒度舗装における調査と同様の調査を行ってきた。その結果、データ数 (N=8) は少ないものの、密粒度舗装の調査結果と異なり、ひび割れよりわだち掘れとの相関が高い傾向を示している。本年度は、追加調査を行ってデータを蓄積し、路面性状から舗装の構造的健全度の評価手法について検討を行った。

3.1 調査区間

調査区間は、都市部の直轄国道で骨材飛散が目立ち、道路管理者が数年先程度までに切削 OL の実施を検討している箇所を中心に、路面性状に偏らずにデータを取得できる区間を選定した。区間単位は 1 車線×100m であり、国道 6 号 (千葉県我孫子市) の 1 区間、国道 16 号 (千葉県柏市) の 1 区間、国道 51 号 (千葉県成田市) の 1 区間、国道 126 号 (千葉県千葉市) の 2 区間及び国道 246 号 (神奈川県横浜市) の 1 区間の計 6 区間を選定した。

3.2 調査方法及び舗装の構造的健全度の把握方法

調査項目及び各区間内の測定位置は 2.2 と、舗装の構造的健全度の把握方法は 2.3 と、それぞれ同様である。

3.3 調査結果

路面性状と舗装の構造的健全度の関係の調査結果を以下に示す。なお、本年度蓄積したデータを含め、18、19 年度の調査結果を含めてまとめている。

3.3.1 ひび割れと舗装の構造的健全度の関係

ひび割れ率とアスファルト混合物層の弾性係数 E1

の関係を図-8 に示す。

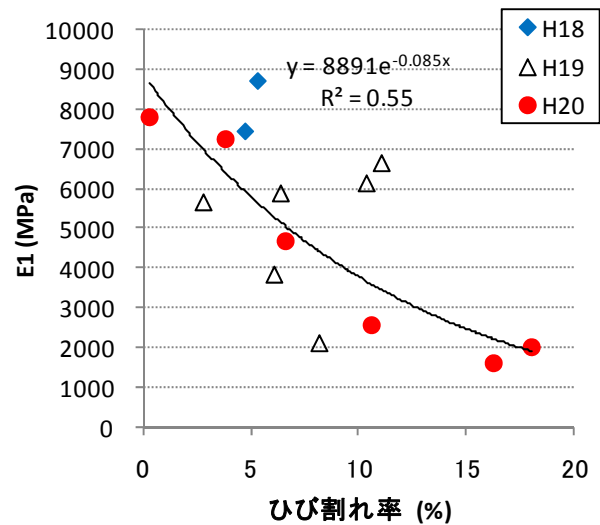


図-8 ひび割れ率と E1 の関係

ひび割れ率が大きくなると、E1 が小さくなる傾向があり、この傾向は一般的に考えられる傾向と一致する。また、その分布は指数関数的な減少傾向がみられ、図-8 に示すとおり近似できる。なお、ひび割れ率と E1 の相関は 19 年度までのデータでは低かったが、これはそれまでのデータがひび割れ率の小さいところ (最大でひび割れ率 11.1%) に偏っていた影響によるものと考えられる。

さらに、2.4.1 と同様に、亀甲状ひび割れ率との関係を示したものが図-9 である。

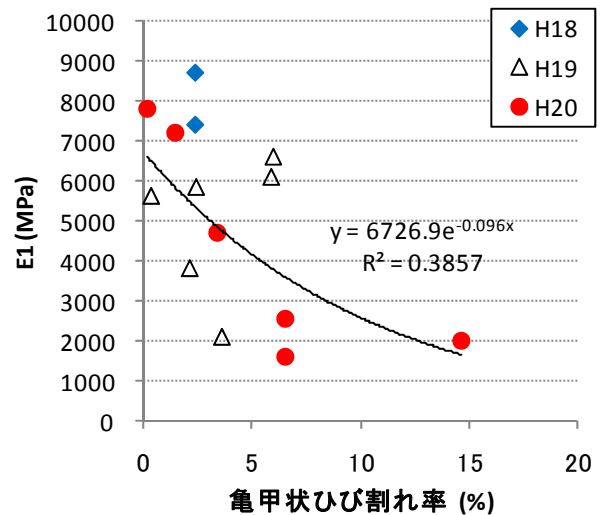


図-9 ひび割れ率と E1 の関係

亀甲状ひび割れ率と E1 の相関は、ひび割れ率のそれより劣る。図-9 に示すとおり、亀甲状ひび割れ率が小さいところにデータの偏りがあり、10%前後以上におけるデータの蓄積が今後必要と考えられる。また、排水性舗装は舗装体内に空隙を有し、ひび割れと空隙の見

分けが付きにくいことから、路面性状測定車でも検知しにくく、ひび割れの評価方法について改善の余地がある。

3.3.2 わだち掘れと舗装の構造的健全度の関係

わだち掘れ量とアスファルト混合物層の弾性係数 E1 の関係を図-10 に示す。

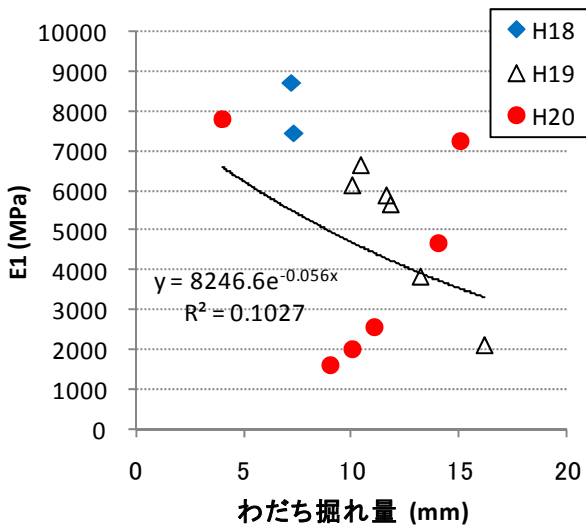


図-10 わだち掘れ量と E1 の関係

わだち掘れ量が大きくなると、E1 が小さくなる傾向が見られるが、相関は高くない。密粒度舗装の場合と同様、わだち掘れ量は、アスファルト混合物層の強度の他、温度履歴や塑性体としての挙動等の影響も大きく受けるため、ひび割れ率より舗装の構造的健全度を示す指標とは言えない。

なお、図-10 に示すとおり、19 年度までの調査データでは、ひび割れよりわだち掘れとの相関が高い傾向を示していた。本年度のデータ蓄積を通じて、密粒度舗装の場合と同様、E1 との相関は、わだち掘れ量よりひび割れ率の方が高いことがわかった。

3.3.3 平たん性と舗装の構造的健全度の関係

平たん性とアスファルト混合物層の弾性係数 E1 の関係を図-11 に示す。

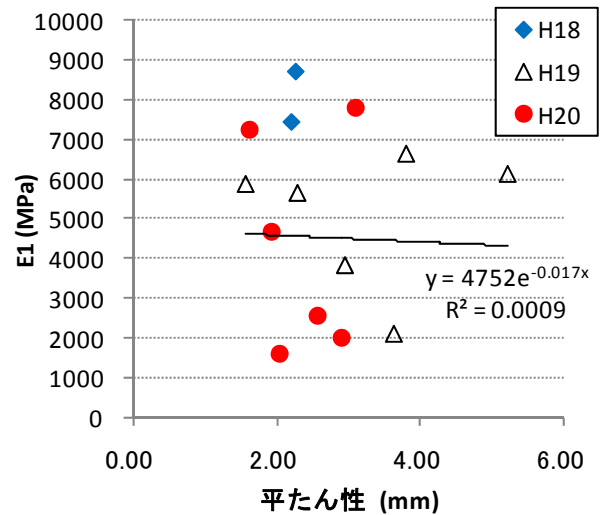


図-11 平たん性と E1 の関係

平たん性と E1 の間に相関は見られない。平たん性は、アスファルト混合物層の強度の他、路盤や路床の状態等の影響も受けるため、ひび割れ率より舗装の構造的健全度を示す指標とは言えない。

3.4 舗装の構造的健全度の評価手法の提案

以上のことより、密粒度舗装の場合と同様、路面性状の中でもひび割れに着目することにより、舗装の構造的健全度を評価できる可能性がある。

ここで、2.5 と同様、アスファルト混合物層の弾性係数 E1 の自然対数をとって、その平均値と標準偏差を算出すると、それぞれ 8.42、0.55 となり、ばらつきは少ない。図-12 にひび割れ率を変数にとった近似式に対する土標準偏差を図示する。

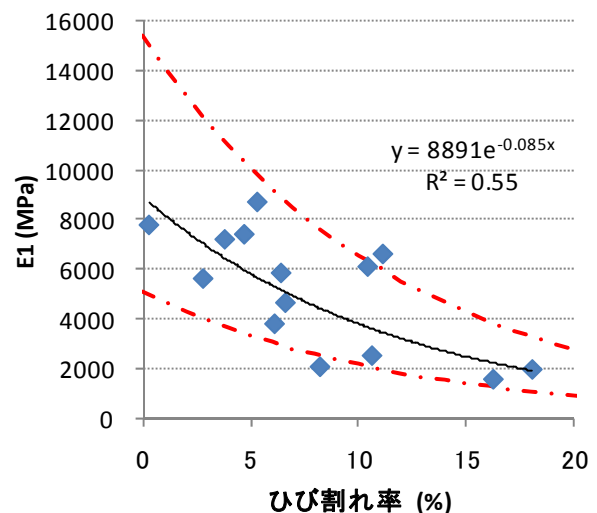


図-12 ひび割れ率と E1 の関係

4. 排水性舗装における骨材飛散の定量化手法の検討

排水性舗装特有の破損形態の一つである骨材飛散に

関しては、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指標がなく、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。しかし、骨材飛散についても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、19年度の調査を継続してデータを蓄積し、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。

4.1 骨材飛散と路面のきめ深さ

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劣化や車輪のねじり荷重の繰り返し等により失われれば、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)。

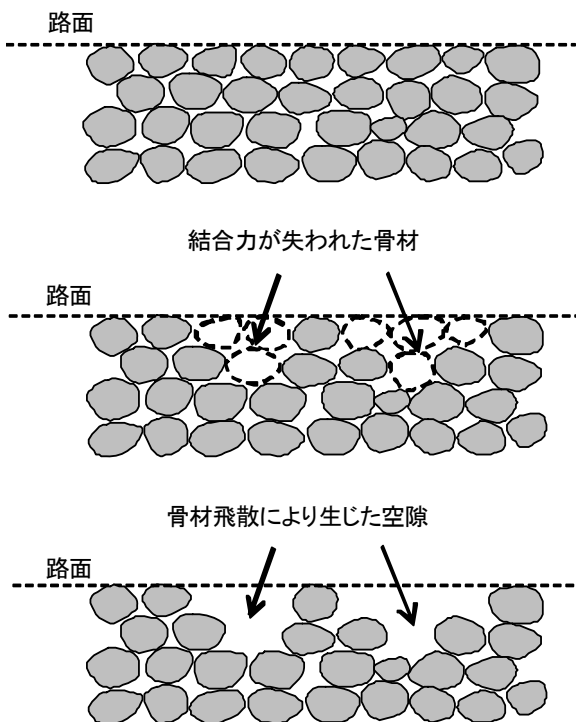


図-13 骨材飛散のイメージ

骨材飛散が生じた場合には、飛散した骨材に相当する凹凸が路面に生じる。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。

4.2 調査区間及び測定位置

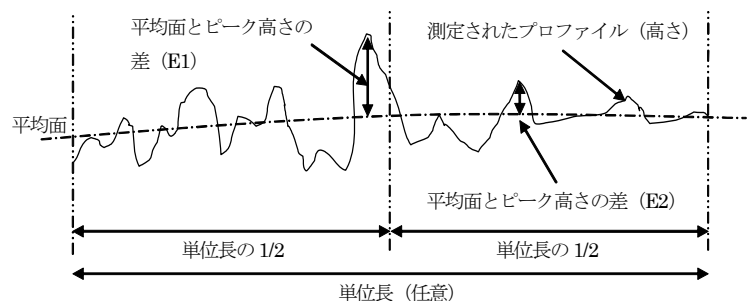
調査区間は、3.1 と、測定位置は 3.2 におけるわだち掘れ測定位置及び平坦性測定位置と同様とした。

4.3 調査方法

測定は、19年度と同様、約0.3mm毎に路面の高さを測定できるプロファイラを使用し、測定した結果は、以下の指標(MPD)により評価した。

【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は異なるため、骨材飛散の広がり状況や調査区間の延長を勘案し、ここでは単位長を1mとした。



※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

4.4 骨材飛散の損傷レベルの評価方法

骨材飛散は目視により損傷レベルが個々判断されていることから、現場における飛散程度の認識を統一するため、つくば舗装技術交流会が以下に示す評価方法を提案⁴⁾している。

- レベル1：骨材1層が部分的に飛散している。
- レベル2：骨材1層が連続的に飛散している。
- レベル3：骨材2層以上の飛散が生じている。

この評価方法が実道においてどの程度のMPDに該当するのか調査結果を以下に示す。なお、本年度蓄積したデータを含め、18、19年度の調査結果を含めてまとめている。

4.5 調査結果

4.4に示す骨材飛散度のレベル1、2、3とMPDのデータを表-2に示す。なお、表中のMPDについては、車輪通過位置に該当するOWPとIWPにおける縦断測線上のデータを整理したものである。

表-2 骨材飛散レベルごとのMPDの平均値等

レベル	1	2	3
平均値	1.63	1.96	2.69
標準偏差	0.22	0.15	0.63
データ数	818	193	149

骨材飛散レベルの上昇に従い、MPDの平均値も高くなり、特に、損傷が直接車輪の接する骨材一層目からさらに深い二層目以上に進展するレベル2と3の間は、MPDの平均値にも大きな隔りがある。19年度は、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が大きくなっていることが分かっており、本年度の目視による評価レベルと比較した検証結果もそれと整合している。よって、MPDを指標とすることにより骨材飛散の程度の定量化ができる可能性が高いと考えられる。

5. 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)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推測できると考えら

れ、密粒度舗装、排水性舗装とも、特にひび割れ率に着目することにより、舗装の構造的健全度を評価できる可能性がある。

(2)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関連性があり、さらにこうした測定データは目視による骨材飛散レベルの評価とも整合があり、骨材飛散の程度を定量的に評価できる可能性がある。

今後は、過年度の成果を整理しつつ、これまで得られたデータの詳細な分析や不足するデータの補完などを通じて、最終成果である交通・沿道状況を踏まえた管理目標設定手法（マニュアル）の提案を行っていく予定である。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：舗装調査・試験法便覧 第1分冊，2007年6月
- 2) (財)道路保全技術センター：活用しよう！FWD，2005年3月
- 3) 阿部ほか：たわみ評価指標に基づく舗装の構造評価，土木学会論文集，No. 460 V-18，1993年2月
- 4) つくば舗装技術交流会：TPT Report No. 6，2006年8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 2008, we investigated the relationship between states of road surface damage and states of structural damages concerning dense graded pavement and drainage pavement continuously in fiscal year 2007. As a result, we found out that the cracking ratio among states of road surface pavement are related to states of structural damages and it is possible that we estimate structural durability from that. We also researched the evaluation methods of states of stripping-aggregate, and we found out that it is possible that we evaluate states of stripping aggregate by measuring MPD(Mean Profile Depth) means the arithmetic average with the profile depth of the section.

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