

## 2. 二層式低騒音舗装の骨材飛散評価手法の検討

### Evaluation Technique of Aggregate Scattering of Two-layer Type Low-noise Pavement

技術支援課 峰岸順一、現第四建設事務所 橋本喜正

#### 1. まえがき

東京都では、平成 17 年度から表層厚さ 7cm の二層式低騒音舗装（上層：骨材最大粒径 5mm 厚さ 2cm、下層：骨材最大粒径 13mm 厚さ 5cm を同時施工する）の本格施工を実施してきた。これまでの破損実態調査から、二層式低騒音舗装の破損の特徴として骨材飛散によるものが大半であり<sup>1)</sup>、破損実態を把握するには、骨材飛散の程度を把握することが最も重要であるといえる。

今まで、この骨材飛散の程度の把握手法として目視による実態調査を実施してきたが、評価者によって評価が異なる、破損の度合いの判定が難しいといった課題があり、機械的に定量的な測定が求められていた。

今回は、路面性状自動測定車を用いて骨材飛散量を把握する指標として横断プロファイル測定による骨材飛散体積から求める「骨材飛散量」と、横断プロファイル測定による隣り合う測点の高さの差から求める「路面のきめ深さ」の指標について検討した結果を報告する。

#### 2. 調査概要

##### (1) 調査箇所

都内環状七号線において平成 17 年度から平成 26 年度の二層式低騒音舗装施工箇所 23 箇所（単路部 100m 区間）を選定し、調査を行った。

##### (2) 調査項目

調査項目は、路面性状自動測定車によるひび割れ、わだち掘れ、平たん性、IRI、骨材飛散量、路面のきめ深さと目視による骨材飛散の破損実態調査及び舗装路

面騒音計測車両（RAC 車）によるタイヤ／路面騒音測定を行った。

##### 1) ひび割れ

ひび割れの解析は、「舗装調査・試験法便覧」<sup>2)</sup>の路面性状測定車による方法に準拠し、メッシュ法を用いてひび割れ発生状況を区分し、ひび割れ率を求めた。

##### 2) わだち掘れ

わだち掘れの解析は、延長方向 1m 間隔に間引いたわだち掘れデータについて、レーザの輝度情報から判定したレーンマーク間の形状をもとに 1 断面に対し外側わだち部・内側わだち部のわだち掘れ量 (D1, D2) を mm 単位で読み取り、いずれか大きい値を測定断面のわだち掘れ量とした。なお、レーンマークが引かれていない断面は、前断面のレーンマーク間距離に準じて計測した。また、測定断面がマンホールにかかるなどで異常な形状を示した場合は、その断面を除外し、前後の断面で代用した。

##### 3) 平たん性

測定車左側面に取り付けた 3 台のレーザ変位計により 10cm 間隔で測定した変位データから、「舗装調査・試験法便覧」<sup>2)</sup>に従って平たん性を求めた。

##### 4) IRI

IRI は、道路利用者の快適性（車両の乗り心地）を表す指数として道路縦断方向の凹凸より求められ、レーザ変位計の値、及び GPS 受信機とジャイロから求めた縦断プロファイルをもとに算出した。測定精度は、クラス 2 に相当する。

IRI は、2 軸 4 輪の車両の 1 輪だけを取り出した仮想

表-1 目視による骨材飛散の評価の目安

ランク	評価の目安
1	骨材飛散がない
2	骨材飛散がごくわずかに認められる
3	骨材飛散が区間の1/4程度ある
4	骨材飛散が区間の1/2程度ある
5	骨材飛散が著しい、骨材飛散が区間の1/2以上ある

車両モデル（クォーターカーモデル）が80km/hの一定速度で路面上を走行した時に、車が受ける上下方向の運動変位の累積値(mm)と走行距離(m)の比(mm/m)である。

#### 5) MCI

供用性の評価は、ひび割れ率、わだち掘れ量（平均値）、平坦性を用いて、維持管理指数（MCI：Maintenance Control Index）により行った。

#### 6) MNI

MNI（Maintenance Necessity Index）は、ひび割れ率、わだち掘れ量（最大値）、平坦性から求める東京都独自の路面評価指標である。

#### 7) 骨材飛散量

レーザスキャナにより平均4mm間隔で測定された横断プロファイルを用いて、骨材飛散量の推定を行った。レーザスキャナは、高さ2mの位置から路面の横断方向へ向けて扇状にレーザを飛ばしてスキャンしている。レーザスキャナの測定角度は90度、スキャン幅は4m、測点は1000点であるため、測定間隔は平均4mmとなるが、測定間隔は等角度であるため、路面上のスキャナ直下と車線両端部の測定間隔に粗密が生じる。また横断プロファイルには骨材の空隙に落ちてレーザ光が反射されなかった等の理由でエラーが含まれるため、これを排除してプロファイルを横断方向10mm間隔の代表値を求めた。この代表値とした横断プロファイルを用いて、測定断面ごとに骨材凹凸を含む凹部面積を求め、延長方向の測定間隔である10cmを乗じて1断面あたりの骨材飛散体積を求め骨材飛散量（単位：m<sup>3</sup>）と定義した。しかし、求めた体積には、流動によるわだち掘れも含まれるが、このわだち掘れと骨材飛散を分離することは困難である。

#### 8) 路面のきめ深さ

路面のきめ深さは、10mm間隔の代表値とした横断プロファイルを用い、隣り合うすべての測点の高さの差を求め、その上位10%を除く平均値を路面のきめ深さ（単位：mm）と定義した。なお、上位10%を除く理由は、ひび割れ、施工境、段差、マンホール等の骨材以外の凹凸要因を排除するためである。

#### 9) 目視による骨材飛散

目視による骨材飛散のみに注目した破損実態調査は、表-1の評価の目安に従って、2名の調査員が10m毎のランクを求めてその平均値を100m区間の目視骨材飛散値とした。

#### 10) タイヤ/路面騒音

タイヤ/路面騒音は、舗装性能評価法（（公社）日本道路協会）<sup>3)</sup>の騒音値を求めるための舗装路面騒音測定車によるタイヤ/路面騒音測定方法により行った。

### 3. 調査結果

路面性状調査結果及び騒音測定結果は、表-2に示すとおりである。また、相関分析した決定係数R<sup>2</sup>は、表-3に示すとおりである。

強い相関(0.7<決定係数R<sup>2</sup><1.0)があったものは、IRIと平坦性、MCIとわだち掘れ量（最大値）、MNIとわだち掘れ量（最大値）、目視骨材飛散値とわだち掘れ量（最大値）、供用年数と路面のきめ深さ、供用年数と騒音値であった。

相関あり(0.4<決定係数R<sup>2</sup>≤0.7)であったものは、MCIとひび割れ率、MCIとIRI、MNIとひび割れ率、MNIとMCI、骨材飛散量とわだち掘れ量（最大値）、路面のきめ深さとわだち掘れ量（最大値）、目視骨材飛散値とMCI、目視骨材飛散値とMNI、目視骨材飛散値と骨材飛散量、目視骨材飛散値と路面のきめ深さ、騒音値と路面のきめ深さ、騒音値と目視骨材飛散値、供用年

表-2 測定結果一覧

路線	方向	車線	施工年度	供用年数	区間長 (m)	ひび割れ率 (%)			わだち掘れ量 (mm)		平坦性 (mm)	IRI (mm/m)	MCI		MNI		骨材飛散量 (m <sup>3</sup> )	路面のきめ深さ (mm)	目視骨材飛散値	騒音値 (dB)	
						クラック	パッチング	計	最大値	平均値			値	式	max	要因					
No_01	柿の木坂	外	2	17	9	100	0.8	0.0	0.8	24	8	4.15	4.31	6.7	1	4.6	d	1.32	1.65	2.0	95.6
No_02	小茂根	内	2	17	9	100	0.9	0.0	0.9	24	15	2.74	3.12	6.1	1	4.6	d	1.58	1.64	2.9	94.2
No_03	栗原	外	2	17	9	100	2.7	0.2	2.9	22	14	1.74	2.44	5.6	1	3.9	d	1.71	2.12	2.3	94.1
No_05	上池台4	外	2	19	7	100	5.0	0.0	5.0	27	12	2.54	3.55	5.4	1	5.6	d	2.43	1.33	2.7	91.5
No_06	北千束1	外	2	19	7	100	0.0	0.0	0.0	15	11	1.34	1.89	7.1	4	1.4	d	2.07	1.43	2.2	95.8
No_07	大森西2	外	2	20	6	100	2.5	0.0	2.5	25	11	2.13	3.26	6.0	1	5.0	d	1.63	1.27	2.0	92.2
No_08	野方	外	2	20	6	100	1.5	0.0	1.5	15	11	1.73	2.93	6.3	1	1.4	d	1.47	1.35	2.4	92.6
No_09	堀ノ内	外	2	21	5	100	0.1	0.0	0.1	12	8	1.37	1.98	7.5	1	0.6	d	1.03	1.31	1.0	92.3
No_10	南馬込1	外	1	22	4	100	0.0	0.0	0.0	14	11	1.56	2.09	7.1	4	1.1	d	1.95	1.11	2.2	91.5
No_11	南馬込2	外	2	23	3	100	3.0	0.0	3.0	15	11	3.07	4.13	5.8	1	1.4	d	1.12	0.95	1.4	90.9
No_12	一之江2	外	2	23	3	100	0.3	0.0	0.3	12	8	1.40	2.40	7.2	1	0.6	d	1.60	1.25	1.5	90.2
No_13	和泉	内	2	24	2	100	0.0	0.0	0.0	11	7	1.03	1.99	7.9	4	0.4	d	1.16	0.89	1.0	89.8
No_14	小竹町	外	2	24	2	100	0.0	0.0	0.0	10	7	2.22	3.31	7.9	4	0.2	d	0.72	1.13	1.0	89.7
No_15	江戸川	内	2	24	2	100	0.0	0.0	0.0	8	6	1.53	2.11	8.1	4	0.0	-	0.91	0.93	1.0	89.8
No_16	中十条	外	2	24	2	100	0.3	0.0	0.3	13	9	1.45	2.16	7.1	1	0.9	d	1.54	1.10	2.2	88.8
No_17	島根	外	2	24	2	100	2.0	0.0	2.0	16	6	2.74	4.24	6.6	1	1.7	d	0.73	1.03	1.0	88.9
No_18	高円寺南	外	2	25	1	100	0.0	0.0	0.0	14	7	1.18	1.73	7.9	4	1.1	d	1.00	0.94	1.2	88.2
No_19	東山町	内	2	25	1	100	0.3	0.0	0.3	14	8	2.22	3.17	7.2	1	1.1	d	1.07	0.86	1.3	88.8
No_20	一之江1	外	2	25	1	100	0.4	0.0	0.4	12	8	1.33	2.36	7.1	1	0.6	d	1.02	0.94	1.0	88.1
No_21	十条仲原	内	2	25	1	100	0.6	0.0	0.6	15	9	1.24	1.99	6.9	1	1.4	d	2.95	0.91	2.1	88.0
No_22	鹿浜	内	2	25	1	100	0.0	0.0	0.0	5	4	1.25	1.46	8.6	4	0.0	-	0.41	0.83	1.0	89.3
No_23	大杉5	外	2	26	0	100	0.0	0.0	0.0	8	4	1.16	1.78	8.6	4	0.0	-	0.52	0.85	1.0	-

数とわだち掘れ量（最大値）、供用年数と MCI、供用年数と MNI、供用年数と目視骨材飛散値であった。

(1) 路面のきめ深さと骨材飛散量の関係

路面のきめ深さと骨材飛散量の関係は、図-1 に示すようにほとんど相関はなかった。定義した両指標の関係は、低いことを把握した。

(2) 目視による骨材飛散と骨材飛散量及び路面のきめ深さとの関係

目視骨材飛散値と骨材飛散量及び路面のきめ深さとの関係は、図-2、-3 に示すようにともに相関ありであった。目視の調査結果と路面性状自動測定車の測定値がほぼ整合し、この両指標が骨材飛散の指標として

表-3 相関分析表

	ひび割れ率	わだち掘れ量(最大値)	平たん性	IRI	MCI	MNI	骨材飛散量	路面のきめ深さ	目視骨材飛散値	騒音値	供用年数
ひび割れ率					△	△					
わだち掘れ量(最大値)	0.29				○	○	△	△	○		△
平たん性	0.23	0.08		○							
IRI	0.35	0.35	0.85		△						
MCI	0.69	0.71	0.30	0.40		△			△		△
MNI	0.52	0.95	0.39	0.30	0.63				△		△
骨材飛散量	0.13	0.43	0.00	0.00	0.33	0.23			△		
路面のきめ深さ	0.15	0.50	0.14	0.07	0.38	0.07	0.13		△	△	○
目視骨材飛散値	0.21	0.72	0.08	0.04	0.51	0.52	0.59	0.42		△	△
騒音値	0.05	0.37	0.18	0.06	0.21	0.34	0.07	0.68	0.52		○
供用年数	0.22	0.59	0.25	0.14	0.47	0.63	0.18	0.84	0.54	0.88	

○印: 強い相関、 $0.7 < R^2 < 1.0$       △印: 相関あり、 $0.4 < R^2 \leq 0.7$

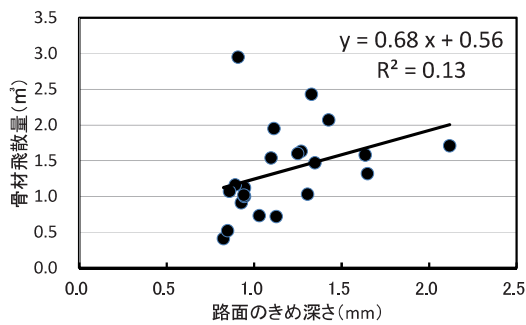


図-1 路面のきめ深さと骨材飛散量の関係

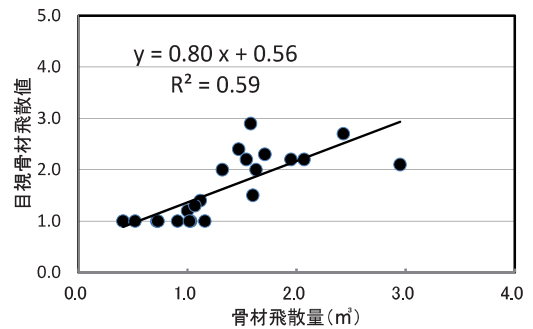


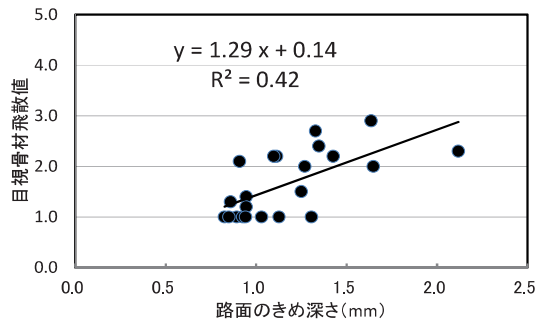
図-2 骨材飛散量と目視骨材飛散値の関係

利用できる可能性を把握した。

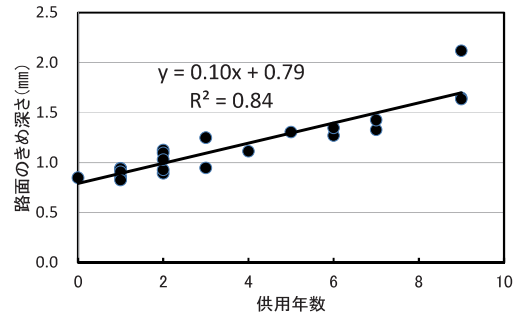
(3) タイヤ/路面騒音と骨材飛散量及び路面のきめ深さとの関係

騒音値と骨材飛散量及び路面のきめ深さとの関係は、図-4 に示すように路面のきめ深さと相関ありであっ

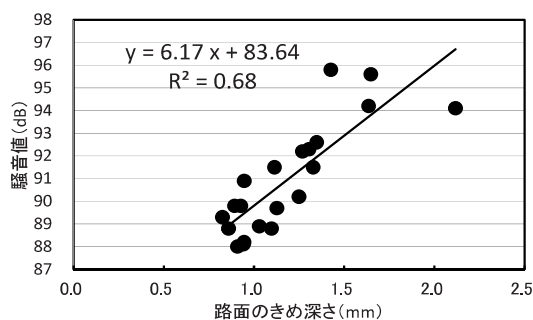
たが、図-5 に示すように骨材飛散量とはほとんど相関なしであった。骨材飛散し路面が荒れて路面のきめ深さが大きくなるとタイヤ/路面騒音が大きくなることを把握できた。



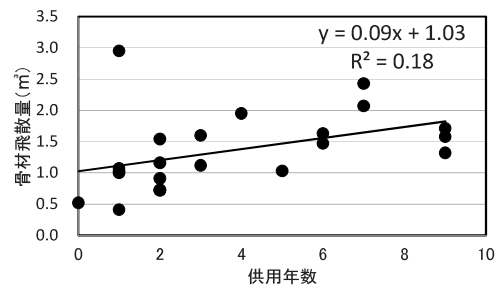
図一三 路面のきめ深さと目視骨材飛散値の関係



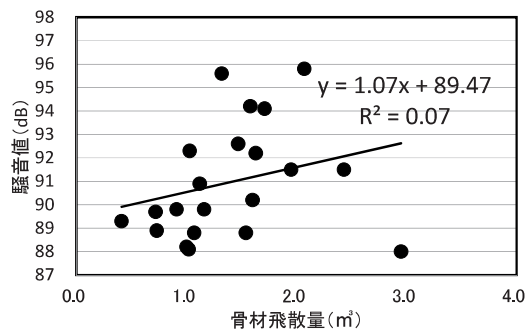
図一六 供用年数と路面のきめ深さの関係



図一四 路面のきめ深さと騒音値の関係



図一七 供用年数と骨材飛散量の関係



図一五 骨材飛散量と騒音値の関係

#### (4) 供用年数と骨材飛散量及び路面のきめ深さとの関係

供用年数と骨材飛散量及び路面のきめ深さとの関係は、図一六、一七に示すように路面のきめ深さと強い相関があったが、骨材飛散量とはほとんど相関なしであった。

#### 4. まとめ

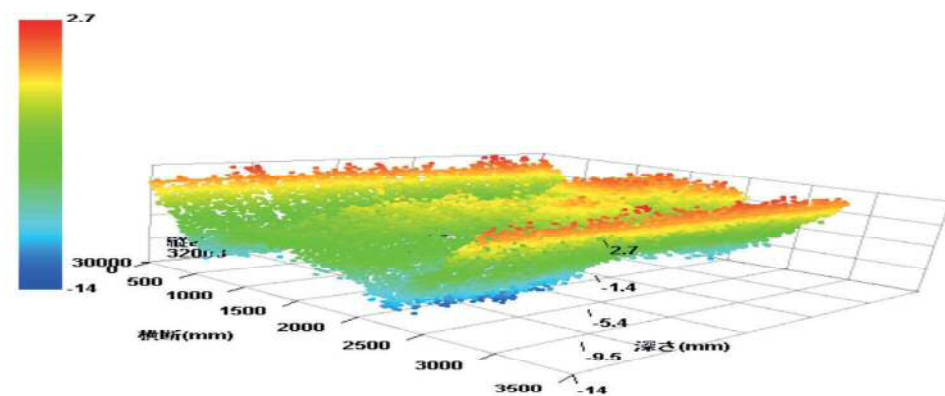
①路面性状自動計測車を用いて二層式低騒音舗装の骨材飛散を「路面のきめ深さ」という指標を用いて定量的に測定できることを把握した。

②路面のきめ深さは、供用年数（骨材飛散の進行）や騒音値と関連性があり骨材飛散の維持管理評価指標として利用できる可能性がある。

#### 5. 今後の課題

今回の骨材飛散量の算出に用いた横断プロファイルの横断測点間隔は 10mm である。今回の調査結果では、目視調査骨材飛散値と骨材飛散量の相関はあるものの、想定よりは、相関が低かった。その要因の一つに横断プロファイルの測点間隔の広さが考えられる。横断方向の測点間隔を、骨材粒径 (5mm) よりも細かい 4mm 間隔とすることで精度向上が期待できる。

また、縦断方向は測点間隔 0.1m で測定したが、3 次元形状図 (図一八) をみるとその形状は縦断方向に緩やかに変化しているため、測定間隔を 1m へ拡大しても結果への影響は少ないと予想される。測定間隔の拡大は



図一8 3次元形状図

そのまま解析コストの削減となり、測定間隔を10倍にすると解析コストは1/10に縮減できる。

今回の骨材飛散量算出方法は、路面の車線両端を仮想の水糸で結んで水糸と路面の空間面積を求める手法を用いたが、車線中央が車線両端部よりも低い箇所では、骨材飛散量が過大となる問題がある。このため、仮想水糸の固定点を両端と車線中央の3点とすることで、実際の骨材飛散に近い結果が得られるものと考えられる。

## 6. あとがき

今後同一箇所での追跡調査により破損状況の経年変化と騒音値との関連を把握し維持管理評価指標として確立させていく予定である。

最後に、調査に当たりご協力いただいた道路管理部保全課、各建設事務所の関係各位に紙面を借りて感謝の意を表します。

## 参 考 文 献

- 1) 峰岸順一、小林一雄(2009)：二層式低騒音舗装の破損実態とアスファルト性状の関係、平 21. 都土木技術支援・人材育成センター年報、43-64
- 2) (社)日本道路協会(2007)：舗装調査・試験法便覧、平成 19 年 6 月
- 3) (公社)日本道路協会(2013)：舗装性能評価法、平成 25 年 4 月