

2. 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

Relation Between the Damage and Asphalt Properties of Two Layer Type Low Noise Pavements

技術支援課 峰岸順一、小林一雄

1. まえがき

東京都における低騒音舗装は、1995年度の本格実施から14年経過し、累積延長は2007年度末現在で約560kmになり、それとともに騒音要請限度超過地点は最大53%あったものが、23%弱まで減少している。2005年には、さらなる騒音低減を図るべく、沿道環境対策法が適用される環状7号線や環状8号線等に、二層式低騒音舗装を導入し、要請限度超過地点、さらには環境基準超過地点の解消に取り組んでいる。

通常の一層式の低騒音舗装の破損実態と対策については、平成12、13、15年度土木技術研究所年報で報告した。二層式低騒音舗装の破損については、一層式と異なる状況として面荒れ、アスファルト分等の付着やアスファルト分過多状態が見受けられたことから、本格導入された初期段階から破損実態調査を行ってきた。本文では、3年間の追跡調査結果と二層式低騒音舗装の上層に使用する高耐久性ポリマー改質アスファルトH型混合物の性能評価試験について検討し破損実態と対応させて品質規格（案）を設定した結果を報告する。

2. 破損実態調査

(1) 破損実態調査

二層式低騒音舗装の破損実態調査は、歩道側からの目視観察で行い、破損実態記入シートにとりまとめた。供用年数、補修方法等と破損実態調査の各項目を突き合わせ、破損の進行、破損のメカニズムについて分析を行った。調査対象とする主な破損形態と着目点は以下のとおりとした。

1) 調査対象とする破損形態

調査対象とする主な破損形態は、①ポットホール（骨材飛散進行によるもの、燃料油や水に起因するものを区分）、②アスファルト分過多状態（写真－1）、③アスファルト等の路面への付着（写真－2、帯状、面上の区分）、④面荒れ（写真－3～5）、⑤骨材飛散、⑥わだち掘れ、⑦ひび割れ（横断、縦断、亀甲状、構造物に起因するもの、ドレーン設置箇所直上のひび割れ）、⑧わだち部のモルタル分飛散、⑨フレッキング（摩耗）、⑩はく離、⑪空隙つぶれ、⑫空隙詰まり、⑬部分補修、⑭パッチング、⑮段差修正、⑯表面処理補強、⑰クラック補修とした。

2) 調査における着目点

調査における着目点は、①局部か全体か、②施工箇所全体にランダムに発生か、③単路部、④交差点流入部の停車箇所、⑤車線（右折レーンなど交通滞留箇所）、⑥交差点部内、⑦大型車の出入り、⑧施工ジョイントの骨材飛散、⑨交通の質と量、⑩燃料油、潤滑油の飛散状況とした。

(2) 調査箇所

調査箇所は、平成17年度に施工された17箇所（22.955km）、平成18年度に施工された20箇所（29.808km）および平成19年度に施工された20箇所（37.636km）の合計57箇所（90.599km）である。

(3) 分析方法

各施工箇所の施工時の設計図書、材料使用承諾書、品質管理データ等からアスファルトの性状、骨材性状、混合物試験結果等と経年での破損進行及び二層式の上層の舗装（最大骨材粒径5mmの低騒音舗装）に用いる高耐久性ポリマー改質アスファルトH型の規格との関連を分析した。



写真-1 アスファルト分過多状態（アスファルト分が部分的に多くなり、混合物が不安定な状態。油が原因であることが多い）



写真-4 面荒れ（レベル中：一骨材の飛散箇所(レベル低)に加え、複数の飛散箇所が広がってきている段階）



写真-2 アスファルト分等の付着（アスファルト分等が舗装表面に付着している状態）



写真-5 面荒れ（レベル高：複数の飛散箇所が全体に広がっている段階、ポットホール的一步手前）



写真-3 面荒れ（レベル低：一骨材の飛散が全体に広がっている段階）



写真-6 6号碎石の露出状況

3. アスファルトの性能評価試験

二層式の上層に用いる高耐久性ポリマー改質アスファルト混合物の室内性能評価試験を行い、規格（案）の設定を行った。規格の設定に当たっては、破損との関連を把握した上で検討した。

(1) 検討手順

次の手順で、規格（案）の設定を行った。

- ①都内での使用実績の多い二層式低騒音舗装(上層)に使用されている高耐久性ポリマー改質アスファルトH型を8種類選定
- ②室内における物理性状試験(混合物試験)実施
- ③バインダ性状と混合物性状の関係を整理
- ④物理性状と実施工箇所の破損実態との関係を整理
- ⑤高耐久性ポリマー改質アスファルトH型の規格(案)の設定

(2) 混合物の配合

混合物の配合は、骨材最大粒径5mmの低騒音舗装混合物とし、代表的なアスファルトで配合設計したものを全てに適用した。配合設計時の目標空隙率は21.5%とし、混合・締固め温度は各アスファルトメーカー推奨値とした。

(3) 性能評価試験

8種類の高耐久性ポリマー改質アスファルトH型について室内性能評価試験を実施した。各アスファルト毎に水浸ホイールトラッキング試験、カンタプロ試験(0℃養生、0℃試験)、ねじり骨材飛散試験(タイヤ旋回タイプA)、曲げ試験を実施した。

(4) 分析方法

高耐久性ポリマー改質アスファルトH型の室内性能評価試験と破損実態調査の結果を併せて品質について考察し、規格の設定を行った。

4. 破損実態調査結果

(1) 平成17年度施工分（供用3年）

1) 破損実態

平成17年度に施工された二層式低騒音舗装17箇所の調査結果の各破損の構成比を図-1に示す。主な傾向は次のとおりであった。

- ①破損件数の合計は1,627件であった。
- ②破損形態の内訳は、面荒れが39.0%と最も多く、次いでアスファルト分等の付着(21.1%)、アスファ

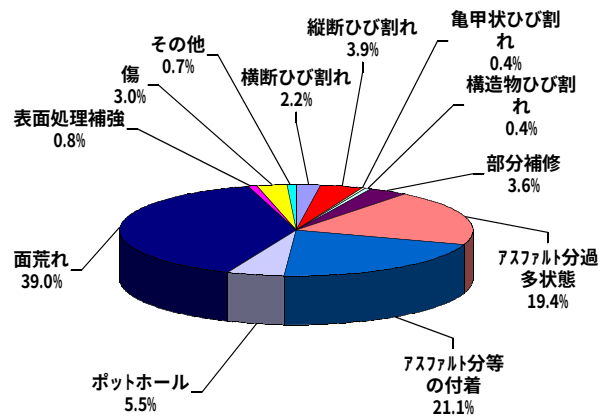


図-1 破損件数の割合（平成17年度施工分）

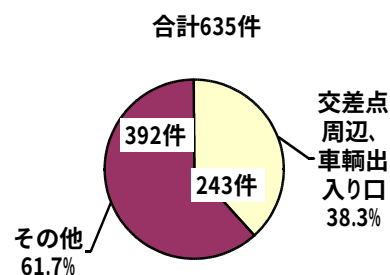


図-2 面荒れ内訳

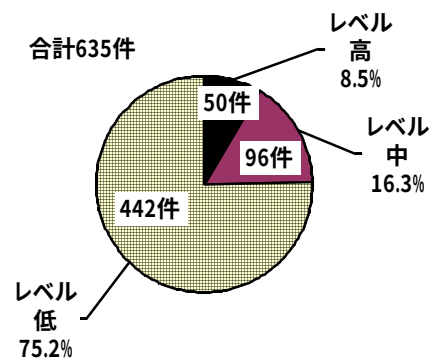


図-3 面荒れ内訳

ルト分過多状態(19.4%)、クラック全体(6.9%)、の順に多かった。

③二層式低騒音舗装に特有な現象として、破損には含めなかったが6号砕石の露出(写真-6)が全体で101件見られた。これは、二層同時施工用のアスファルトフィニシヤで施工する際、5cm分の下層アスファルト混合物(骨材最大粒径13mmの6号砕石が約8割)が2cm分の上層アスファルト混合物(骨材最大粒径5mm)に混入したことが原因と推測される。

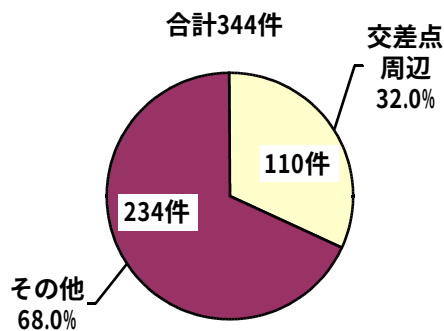


図-4 アスファルト分等の付着の内訳

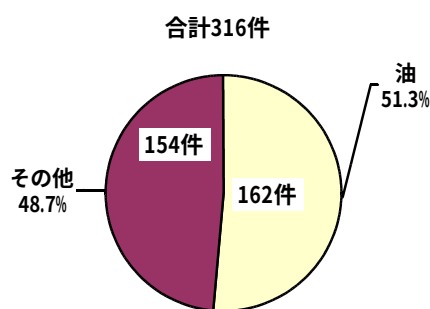


図-5 アスファルト分過多状態の内訳

6号砕石の露出は、表面の骨材粒径が大きくなり、騒音低減機能が低下することと骨材の噛み合わせが悪くなり、排水機能の低下が懸念される。

2) 主な破損の分析（面荒れ）

面荒れの内訳を図-2、3に示す。主な分析結果は、次のとおりである。

①面荒れの合計は635件であり、破損の39.0%と最も多かった。

②面荒れは、その38%が交差点周辺や車両出入り口で発生していた。

③調査対象箇所全てが経年数3年と短いことを考慮すると、上層のアスファルト混合物(骨材最大粒径5mm)は、面荒れが生じやすいといえる。

④面荒れの進行レベルは、写真-3～5に示す3レベルに分類した。レベル低が75%と大半を占めているものの、レベル高が9%、レベル中が16%発生していた。

3) 主な破損の分析（アスファルト分等の付着）

アスファルト分等の付着の内訳を図-4に示す。主な分析結果は、次のとおりである。

①アスファルト分等の付着の合計は344件であり、破損の21.1%を占めていた。

②この破損は、68%がその他(単路部)で発生していた。特に交通集中による慢性的な渋滞区間に多く見受けられた。

この破損原因を特定することは難しいが、車両のタイヤに付着したアスファルト等が、制動により路面に擦りつけられてできることが想定される。

4) 主な破損の分析（アスファルト分過多状態）

アスファルト分過多状態の内訳を図-5に示す。主な分析結果は、次のとおりである。

①アスファルト分過多状態の合計は316件であり、破損の19.4%であった。

②この破損の内訳から、油が原因と判断できるものが51%を占めていた（現地において金属棒により軽くほじくられたもの）。

この殆どは路肩車線に見受けられ、停車車両からこぼれたオイル等の油により、アスファルトがカットバックしたことが原因と考えられる。

(2) 平成18年度施工分（供用2年）

1) 破損実態

平成18年度に施工された二層式低騒音舗装20箇所の各破損の構成比を図-6に示す。主な傾向は次のとおりである。

①破損件数の合計は1,470件であった。

②破損形態の内訳は、面荒れが35.4%と最も多く、次いでアスファルト分過多状態(23.6%)、アスファルト分等の付着(23.1%)、クラック全体(4.7%)、の順に多かった。

③破損には含めなかったが6号砕石の露出が全体で35件見られた。

2) 主な破損の分析（面荒れ）

面荒れの内訳を図-7、8に示す。

①面荒れの合計は521件であり、破損の35.4%と最も多かった。

②面荒れは、その38%が交差点周辺や車両出入り口で発生していた。

③調査対象箇所全てが経年数2年と短いことを考慮すると、上層のアスファルト混合物(骨材最大粒径5mm)は、面荒れを生じやすいといえる。

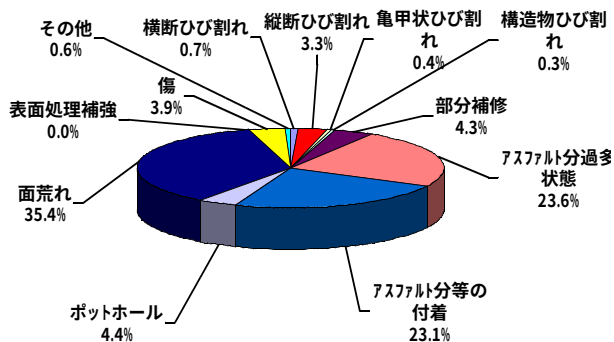


図-6 破損件数の割合（平成18年度施工分）

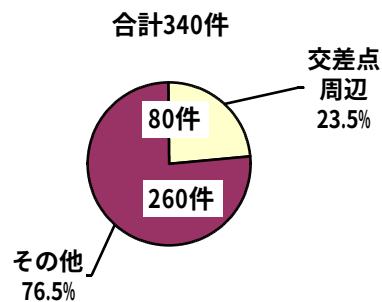


図-9 アスファルト分等の付着の内訳

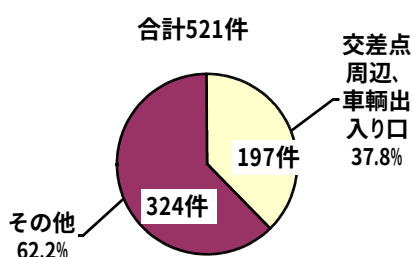


図-7 面荒れ内訳

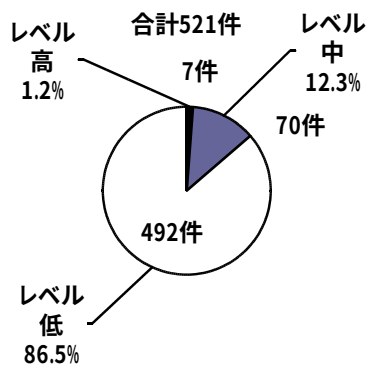


図-8 面荒れ内訳

④面荒れの進行レベルは、レベル低が87%と大半を占めているものの、レベル高が1%、レベル中が12%発生している。

3) 主な破損の分析（アスファルト分等の付着）

アスファルト分等の付着の内訳を図-9に示す。

①アスファルト分等の付着の合計は340件であり、破損の23.1%を占めていた。

②この破損は、76%がその他(単路部)で発生して

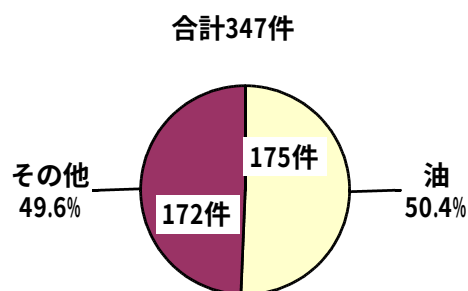


図-10 アスファルト分過多状態の内訳

いた。特に交通集中による慢性的な渋滞区間に多く見られた。

4) 主な破損の分析（アスファルト分過多状態）

アスファルト分過多状態の内訳を図-10に示す。

①アスファルト分過多状態の合計は347件であり、破損の23.6%であった。

②この破損の内訳から、油が原因と判断できるものが50%を占めていた。この殆どは路肩車線や交差点手前の車両が停車する箇所によく見られた。

(3) 平成19年度施工分（供用1年）

1) 破損実態

平成19年度に施工された二層式低騒音舗装20箇所の各破損の構成比を図-11に示す。

①破損件数の合計は489件であった。

②破損形態の内訳は、面荒れが47.4%と最も多くの割合を占め、次いでアスファルト分等の付着(18.2%)、傷(8.6%)、アスファルト過多状態(7.7%)、の順に多かった。

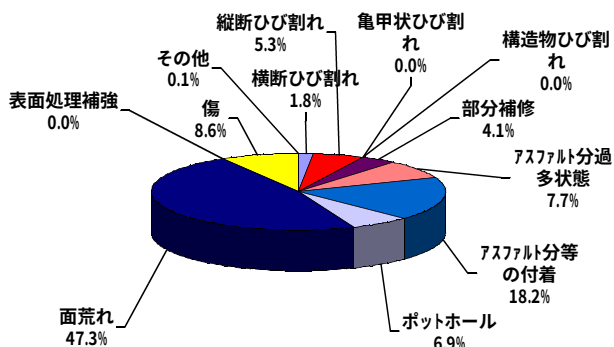


図-11 破損件数の割合（平成19年度施工分）

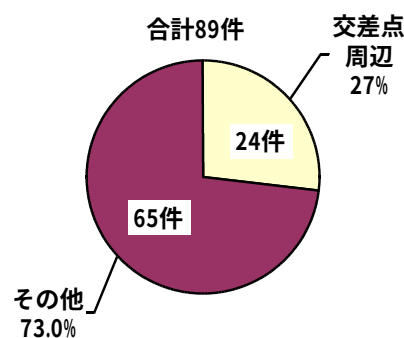


図-14 アスファルト分等の付着の内訳

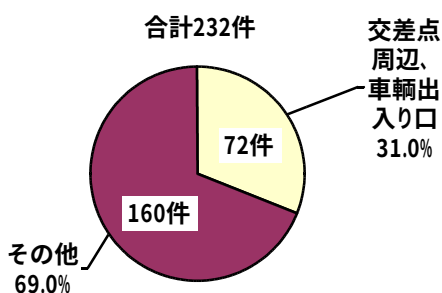


図-12 面荒れ内訳

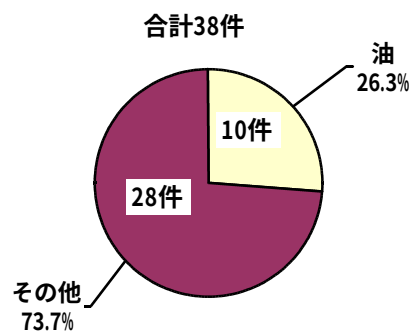


図-15 アスファルト分過多状態の内訳

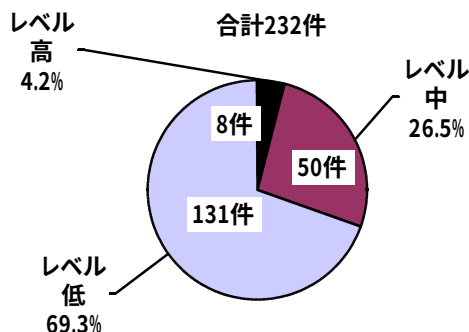


図-13 面荒れ内訳

③6号碎石の露出が全体で45件見られた。

2) 主な破損の分析（面荒れ）

面荒れの内訳を図-12、13に示す。

①面荒れの合計は232件であり、破損の47.3%と最も多くの割合を占めていた。

②面荒れは、その31%が交差点周辺や車両出入口で発生していた。

③経年数1年では、破損全体に占める面荒れの割合が特に多く、その内訳も単路部に占める割合が多

い。上層のアスファルト混合物(骨材最大粒径5mm)の面荒れは、供用後早い段階でねじり作用を受けない単路部でも進行している。

④面荒れの進行レベルは、レベル低が70%と大半を占めているものの、レベル高が4%、レベル中が27%発生している。

⑤供用1年でレベル中以上の件数が30.7%あること考えると、通常の低騒音舗装に比べ面荒れに課題があるといえる。

3) 主な破損の分析（アスファルト分等の付着）

アスファルト分等の付着の内訳を図-14に示す。

①アスファルト分等の付着の合計は89件であり、破損の18.2%を占めていた。

②この破損は、73%がその他(単路部)で発生していた。特に交通集中による慢性的な渋滞区間に多く見受けられた。

4) 主な破損の分析（アスファルト分過多状態）

アスファルト分過多状態の内訳を図-15に示す。

①アスファルト分過多状態の合計は38件であり、破損の7.7%であり、施工年度17、18年度の結果に

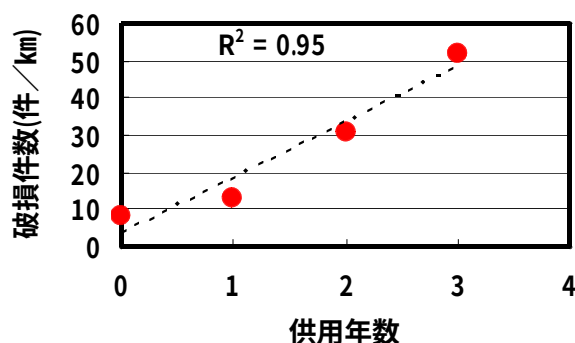


図-16 破損件数と供用年数の関係

比べると全体に占める割合は少なかった。

②経年数1年では、油が原因と判断できるものの割合もまだ26%と少ない。供用年数とともに停車車両の累積台数が増え、オイル等の油によるカットバックも増加するものと考えられる。

(4) 供用年数と破損実態

二層式低騒音舗装の破損実態調査データを、17、18、19年度の調査データも含めて破損形態別の件数で集計、分析した結果は次のとおりである。

1) 破損実態

①供用年数に関わらず、面荒れ、アスファルト分等の付着、アスファルト分過多状態の3つの破損形態が8割以上を占めている。

②面荒れは、供用年数に関わらず、常に最も多くの割合を占めており、供用年数が少ない程、その割合が多い傾向が見られる。

③アスファルト分等の付着は、供用直後から2割以上の大きな割合を占めており、その割合は、供用年数に関わらずほぼ一定となっている。

④アスファルト分過多状態は、供用直後では全体に占める割合は小さいものの、年数とともに増加する。

2) 破損と供用年数の関係

破損件数と供用年数の関係を図-16に示す。破損件数は、施工年度毎の調査箇所数が異なることから、1km当たりの破損件数とした。なお、供用0年は、供用してから1年未満の破損データのものである。これより、供用年数と破損件数の相関は非常に高く、破損は経年に伴い多くなる。

5. 破損原因の究明と対策の提案

今回の調査結果を踏まえ、主な破損についての原因究明と対策の提案は、以下に示すとおりである。

(1) 面荒れ

1) 原因

二層式低騒音舗装は、上層の骨材最大粒径が5mmと小さいことから、車両の走行によって骨材が飛散することと骨材による面荒れが目立ちやすい（骨材1個が剥奪しやすい）ことが原因に挙げられる。また、施工時に施工機械の不備等により面荒れが生じやすいことも原因として考えられる。

2) 対策案

発生した箇所では、表面処理補強を実施し、根本的な対策として高耐久なポリマー改質アスファルトのさらなる耐久性向上を検討する必要がある。

(2) アスファルト分等の付着

1) 原因

他工事で車両のタイヤに付着したアスファルト等（タックコート用の乳剤の付着が主原因と考えられる）が、制動により路面に擦りつけられて発生すると考えられる。

交差点手前の両輪跡部に付着しているものの中には、表面のアスファルトモルタル分が制動により帯状や筋状に広げられたものも多く見受けられた。

2) 対策案

タックコート用の乳剤の付着が主原因と考えられるが、明確に原因の究明が出来ていない現象のため、原因究明のための調査を実施する必要がある。どの季節に生じやすい現象か、付着物の成分分析により別の工区（補修工事によるタックコート）からの影響かどうかを調査する。

また、アスファルト分の付着により透水性の低下が懸念されることから、現場透水試験により透水性の評価を実施する。

タックコートが主たる原因であれば、タイヤに付着しにくいタックコートの適用を一般工法とする必要がある。

(3) 6号碎石の露出

1) 原因

二層同時施工タイプのアスファルトフィニッシュで施工する際、下層のアスファルト混合物(骨材最

大粒径13mm)が上層のアスファルト混合物(骨材最大粒径5mm)に混入したことや上層のアスファルト混合物の層厚が薄かったことが原因と考えられる。

2) 対策案

二層同時施工の混合物が混ざらないように、専用のフィニッシャの整備や改善を行う必要がある。

(4) ポットホール

1) 原因

破損件数に占める割合としては、多くはないが、コアの採取跡がポットホールへと進行している箇所が多く見受けられることから、コア採取箇所の復旧方法によっては早期破損の原因になると推測される。

2) 対策案

昨年度の調査により得られた常温混合物の性能評価結果などをもとに平成21年度土木材料仕様書に参考材料として記載した重交通対応・全天候型常温混合物を適用して、今までより耐久性の高い復旧を徹底する。

6. アスファルトの性能評価試験

二層式低騒音舗装の上層のアスファルト混合物に使用されている高耐久性ポリマー改質アスファルトH型について、混合物の室内性能評価試験を行うとともに、アスファルト性状試験結果および施工現場の破損実態との関係を整理し、アスファルトの規格(案)を設定した。

(1) アスファルトの選定

選定したアスファルトの性状試験結果を表-1に

示す。これらのアスファルトは東京都における二層式低騒音舗装の上層アスファルト混合物への使用実績があるもの、あるいは高耐久性ポリマー改質アスファルトH型として販売されているものである。

(2) 骨材配合

室内評価試験に使用した骨材配合は、表-2に示すとおりである。

(3) 試験項目および試験条件

室内評価試験項目、試験条件を表-3に示す。

表-2 骨材配合

項目		決定配合
配合割合 (%)	7号碎石	87.0
	粗砂	8.0
	石粉	5.0
アスファルト量 (%)		5.2
基準密度 (g/cm ³)		1.9
空隙率 (%)		21.7

表-3 室内評価試験項目と試験条件

①	水浸ホイール トラッキング試験	供試体温度：60℃ 輪荷重：686±10N 試験時間：6時間 水位：供試体下面 から3cm 養生：気中5時間、 水中1時間	剥離率(%)
②	カンタブロ試験	養生温度：0℃ 試験温度：0℃	損失率(%)
③	ねじり骨材飛散 試験	舗装性能評価法別 冊：旋回タイプA 試験温度：50℃ 試験時間：120分	ねじり骨材飛散 率(%)
④	曲げ試験	試験温度：-10℃ 立ち上がり部分の 補正あり	曲げ強度(kPa) 曲げひずみ

表-1 使用アスファルトの性状試験結果

項目	A	B	C	D	E	F	G	H
針入度 1/10mm	45	53	47	76	63	34	54	43
軟化点 °C	95.5	92.0	96.5	89.5	91.0	103.0	94.0	91.5
曲げひずみ×10 ⁻³ mm/mm	159.4	178.8	165.0	52.5	183.1	101.9	176.9	37.5
曲げ仕事量 Kpa	1354	1448	1475	371	1055	943	1158	333
曲げスティフネス Mpa	54	45	54	134	31	103	30	237
複素弾性率 G* Pa	13058.13	7023.17	12548.33	5109.24	6298.64	29772.93	10162.77	5404.57
G* ・sinδ Pa	8604.70	4178.34	8776.47	2813.06	3992.85	15871.57	5424.42	4463.16
G* /sinδ Pa	20014.56	11812.39	17942.60	9281.42	9947.19	55871.62	19048.82	6544.98
損失正接 tanδ	0.89	0.74	0.98	0.66	0.82	0.63	0.63	1.47
せん断応力 τ Pa	651.25	350.73	626.03	255.26	314.58	1478.06	507.06	270.08

表－4 室内評価試験結果

評価値	A	B	C	D	E	F	G	H
剥離率 %	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
損失率 %	10.4	8.2	11.4	11.3	9.8	10.7	10.1	18.7
飛散率 %	9.9	13.8	9.3	12.3	12.2	7.7	14.1	9.8
曲げ強度 kPa	8,517	8,008	6,931	6,952	7,748	6,448	7,105	5,565
曲げひずみ $\times 10^{-3}$ mm/mm	9.1	6.1	5.7	8.9	9.1	4.5	7.2	5.2

(4) 室内評価試験結果

室内評価試験結果を表－4に示す。

1) 水浸ホイールトラッキング試験

剥離率は全て0.0%となりアスファルトによる差異は見られず、何れも優れた耐水性を示した。

2) カンタブロ試験

損失率は、最も小さかったのがBの8.2%で、最も大きかったのはHの18.7%であり、アスファルトによる明確な差異が認められた。

3) ねじり骨材飛散試験

飛散率は、最も小さかったのがFの7.7%で、最も大きかったのはGの14.1%であり、アスファルトによる明確な差異が認められた。

本試験における通常の低騒音舗装の損失率は、過去の実績より10%程度であることから、アスファルトによっては、通常の低騒音舗装よりねじれ作用による骨材飛散抵抗性が劣っている。

4) 曲げ試験

曲げ強度は、Aが8,517kPaと最も大きく、最も小さかったH(5,565kPa)の1.5倍であった。

曲げひずみは、AとEの 9.1×10^{-3} が最も大きく、最も小さかったF(4.5×10^{-3})の2倍であった。

曲げ試験結果では、強度・ひずみともアスファルトによる差異が認められた。

(5) 室内評価試験とアスファルト性状との関係

室内評価試験とアスファルト性状との関係としてそれぞれの性状との決定係数を表－5に示す。

①損失率は、曲げ仕事量、曲げスティフネス、DSRの損失正接との相関性が比較的高く、曲げ仕事量とスティフネスについては、文献で報告されている傾向¹⁾と同じであった。

②飛散率は、針入度、軟化点、 $|G^*| \cdot \sin \delta$ 、せん断応力 τ との相関性が比較的高く、せん断応力

表－5 室内評価試験とアスファルト性状との関係
(決定係数一覧)

項目	損失率 %	飛散率 %	曲げ強度 kPa	曲げひずみ $\times 10^{-3}$ mm/mm
針入度 1/10mm	0.0636	0.4499	0.0618	0.5085
軟化点 ℃	0.0223	0.4809	0.0155	0.3074
曲げひずみ $\times 10^{-3}$ mm/mm	0.0557	0.1376	0.5427	0.0552
曲げ仕事量 Kpa	0.4769	0.1120	0.4607	0.0000
曲げスティフネス Mpa	0.8125	0.1487	0.6169	0.1328
複素弾性率 $ G^* $ Pa	0.0350	0.4467	0.0168	0.2401
$ G^* \cdot \sin \delta$ Pa	0.0112	0.5889	0.0178	0.2633
$ G^* / \sin \delta$ Pa	0.0509	0.3467	0.0190	0.2219
損失正接 $\tan \delta$	0.7504	0.1207	0.2262	0.0775
せん断応力 τ kPa	0.0351	0.4460	0.0166	0.2398

τ については、文献で報告されている傾向²⁾と同じであった。

③曲げ強度は、アスファルトの曲げひずみ、仕事量、スティフネスとの相関性が高い傾向であった。

④曲げひずみは、針入度との相関性が見られたものの、他のアスファルト性状との相関性は認めらず、アスファルトの曲げひずみとの決定係数も0.05と低くかった。

(6) 室内評価試験と破損実態との関係

室内評価試験と破損実態調査結果との関係について両データが対応するアスファルトA、B、C、D、Eについて分析した。分析に使用した項目は、室内評価試験の混合物性状として損失率、飛散率、曲げ強度、曲げひずみ、破損実態調査として破損頻度（1km当たりの破損件数）とした。水浸ホイールトラッ

表－6 室内評価試験と各供用年における破損との関係（決定係数）

	供用3年			供用2年			供用1年		
	全破損	ひび割れ	面荒れ	全破損	ひび割れ	面荒れ	全破損	ひび割れ	面荒れ
損失率 %	0.3559	0.0392	0.4036	0.1769	0.0912	0.4071	0.0042	0.0235	0.0001
飛散率 %	0.0107	0.0341	0.0137	0.0364	0.2847	0.0178	0.2249	0.2361	0.2508
曲げ強度 kPa	0.3183	0.8025	0.0359	0.2951	0.0486	0.0991	0.0652	0.0158	0.1148
曲げひずみ $\times 10^{-3}$ mm/mm	0.1094	0.3632	0.4999	0.0128	0.0177	0.191	0.000	0.0001	0.0002

キング試験による剥離率は全てのアスファルトで0.0%であったため解析から除外した。また、施工現場の破損状態は経年数の影響をうけるため、ここでは供用年数を考慮して分析を行った。

供用3年後の破損頻度は、全17調査箇所の結果を、使用アスファルト毎に集計したデータを用いた。また、破損データとして全破損データを用いた場合と個別破損データ（ひび割れ、面荒れ）を用いた場合で評価した。供用1年後の破損頻度は、18年度調査（17箇所）と19年度調査（20箇所）、20年度調査（20箇所）の結果を、また、供用2年後の破損頻度は、19年度調査（20箇所）と20年度調査（20箇所）結果をアスファルトA～E毎に集計したデータを用いた。各供用年毎の室内評価試験結果との決定係数を表－6に示す。

1) 供用3年の評価

①全破損データとの関係

各室内評価試験結果と破損頻度（全破損データ）との相関（図－17）は、最も高いもので損失率の0.3559であり、何れの試験結果とも相関は低かった。

②ひび割れとの関係

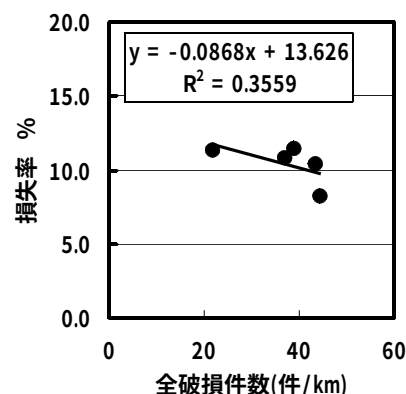
ひび割れと曲げ強度との決定係数（図－18）は、0.8025と高く、強度が大きいほどひび割れ頻度が高くなる傾向であった。

また、曲げひずみとの決定係数は、0.36とそれほど高くはないが、ひずみが大きいほどひび割れ頻度が高くなる傾向であり、想定していた傾向とは異なった。

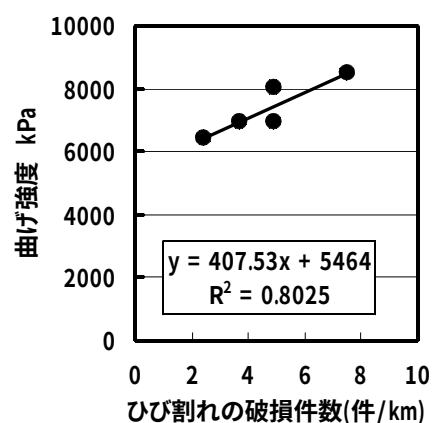
③面荒れとの関係

面荒れと損失率の関係は、図－19に示すとおりである。損失率が小さいほど面荒れの頻度が高くなる傾向で、想定していた傾向とは異なった。ただし、どの試験結果も損失率10%と近似しているので明確な関係がみられなかった。

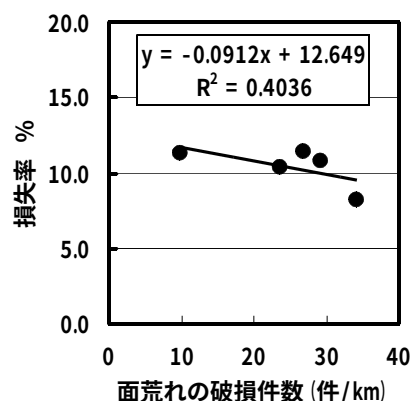
一方、曲げひずみについては、ひずみが大きくなるほど面荒れの頻度が低くなる傾向となった。



図－17 全破損件数と損失率の関係



図－18 ひび割れの破損件数と曲げ強度の関係



図－19 面荒れの破損件数と損失率の関係

表-7 アスファルト性状と供用3年の破損との関係

	全破損		ひび割れ		面荒れ	
針入度	-	0.4190	+	0.0023	-	0.3368
軟化点	+	0.1345	+	0.0012	+	0.2329
曲げひずみ	+	0.8600	+	0.3643	+	0.6271
曲げ仕事量	+	0.8734	+	0.3032	+	0.6609
曲げスティフネス	-	0.8404	-	0.3687	-	0.5574
$ G^* $	+	0.0524	-	0.1943	+	0.0923
$ G^* \cdot \sin \delta$	+	0.0924	-	0.1070	+	0.1038
$ G^* /\sin \delta$	+	0.0274	-	0.2696	+	0.0797
せん断応力	+	0.0470	-	0.1864	+	0.1452
$\tan \delta$	+	0.2245	+	0.4832	+	0.0351

*数値は決定係数、±は相関の正負を示す

2) 供用1年、供用2年の調査結果による分析

供用2年および供用1年との分析では、室内評価試験と破損との相関は低く、供用年数が長い方が相関係数が大きい傾向であった。

3) アスファルトの性状と破損実態との関係

アスファルトの性状と供用3年の破損実態との関係について分析した。供用3年の破損頻度は、全17箇所の調査結果を、使用アスファルト毎に集計したデータを用いた。また、破損データとして全破損データを用いた場合と個別破損データ（ひび割れ、面荒れ）を用いた場合で評価した。各相関の決定係数を表-7に示す。

供用3年の全破損とアスファルトの曲げ仕事量・曲げひずみ・曲げスティフネスとの相関が高いことがわかった。また、針入度と全破損についてもやや相関があり、針入度が低いほど、破損が増加する傾向であった。そして、アスファルト性状と個別破損との相関は低かった。

同様に行った供用2年および供用1年との分析では、アスファルト性状と破損との相関は低かった。

7. 高耐久性ポリマー改質アスファルトH型の規格（案）の設定

(1) 針入度・軟化点試験

施工箇所の破損実態との関係から、針入度が低いほど、軟化点が高いほど破損頻度が増加する傾向にあった。特に、針入度との相関が高かった。舗装設計施工指針によるポリマー改質アスファルトH型、H型-Fの標準的性状も考慮して、針入度40以上、軟化

点80.0℃以上とした。

(2) 曲げ試験

文献で報告されているポリマー改質アスファルトの曲げ試験結果と混合物性状との関係によると、ポリマー改質アスファルトはポリマー添加量の増加に従い曲げ仕事量は大きくなり、曲げスティフネスは小さくなる傾向にある。また、カンタプロ損失率との相関も高く、混合物性状の評価に利用できるとされている³⁾。

室内試験結果から考察すると曲げ仕事量が1,000 kPa以下、曲げスティフネスが100MPa以上のアスファルトは試験中に供試体が破断した。それ以外のアスファルトは曲げ仕事量が1,000kPa以上、曲げスティフネスが50MPa程度で試験中の破断はない状況であった。試験中の供試体破断は、低温時の脆性が懸念されることが考えられることから、アスファルトの曲げ仕事量が1,000kPa以上、曲げスティフネスが100MPa以下とした。

曲げひずみ、曲げ仕事量、曲げスティフネスともある程度の破損実態との相関性は認められるが、曲げひずみ・曲げ仕事量が大きく、曲げスティフネスが小さいほど破損頻度が高く、バインダ曲げ試験における曲げ仕事量の上限值および曲げスティフネスの下限値の設定が考えられる。しかし、現段階においては、破損実態との関係からバインダ規格値を設定するにはデータが少なく、更なる追跡調査が必要と考えられる。

(3) DSR試験

参考文献等により報告されているポリマー改質アスファルトのDSR試験結果と混合物性状との関係は、DSR試験結果の、 $|G^*|/\sin \delta$ 、 $|G^*| \cdot \sin \delta$ およびせん断応力と混合物性状との相関が報告されている。

室内試験結果のDSR試験結果において、 $|G^*| \cdot \sin \delta$ 、 $|G^*|/\sin \delta$ 、せん断応力には相互に正の相関関係が認められたことから(図-20は、 $|G^*| \cdot \sin \delta$ とせん断応力の関係を示した)、DSR試験の指標は単一指標で問題ないと考えた。

DSR試験結果と破損実態との相関はあまり認められなかったが、 $|G^*| \cdot \sin \delta$ が大きくなる（硬くなる）と破損頻度も高くなる傾向が伺える。 $|G^*| \cdot \sin \delta$ の室内試験結果は、5,000Pa以下のグループ（4種）、10,000～5,000Paのグループ（3種）、10,000Pa以上

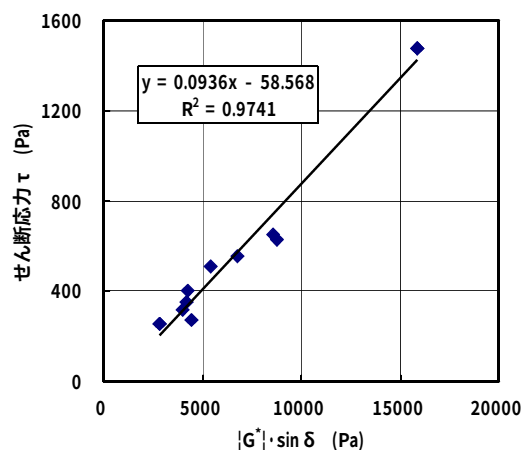


図-20 $G' \cdot \sin \delta$ とせん断応力の関係

表-8 高耐久性ポリマー改質アスファルトH型の規格（案）

試験名	試験値	規格（案）
針入度試験 (25℃)	針入度 1/10mm	40以上
軟化点試験	軟化点 °C	80.0以上
曲げ試験 (-20℃)	曲げ仕事量 kPa	1,000以上
	曲げスティフネス MPa	100以下
DSR試験	$ G' \cdot \sin \delta$ Pa	10,000以下

（1種）の3グループとなったことから、現段階では $|G'| \cdot \sin \delta$ の規格値を10,000Pa以下とした。

（4）規格（案）のまとめ

今回の調査結果の範囲で設定した高耐久性ポリマー改質アスファルトH型の規格（案）を、表-8に示す。これらの品質は、比較的供用年数が浅い情報をもとに作成したものであるため、今後、データ数を増やした上でその妥当性を検証することが必要である。また、現場の破損は、施工の良否にも大きく影

響されるため、施工条件等を含めた分析を実施する必要がある。

8. まとめ

今回得られた結果は、以下のとおりである。

- ①供用年数に関わらず、面荒れ、アスファルト分等の付着、アスファルト分過多状態の3つの破損形態が8割以上を占めていた。
- ②面荒れは、供用年数に関わらず、常に最も多くの割合を占めており、供用年数が少ない程、その割合が多い傾向が見られた。
- ③アスファルト分等の付着は、供用直後から2割以上の大きな割合を占めており、その割合は、供用年数に関わらずほぼ一定となっている。
- ④アスファルト分過多状態は、供用直後では全体に占める割合は小さいものの、年数とともに増加する。
- ⑤ひび割れデータとの分析では、アスファルト混合物の曲げ強度との相関が高く、強度が大きいほどひび割れ頻度が低くなる傾向であった。
- ⑥アスファルト混合物のカンタプロ損失率は、アスファルトの曲げ仕事量、曲げスティフネス、DSRの損失正接との相関性が比較的高かった。
- ⑦供用3年の破損実態とアスファルトの品質に関しては、針入度、曲げ仕事量・ひずみ・スティフネスとの相関性が高いことがわかった。
- ⑧今回の調査結果の範囲で設定した二層式低騒音舗装の上層に用いる高耐久性ポリマー改質アスファルトH型の規格（案）を提案した。ただし、比較的供用年数が短い情報をもとに作成したものであるため、今後、データ数を増やした上でその妥当性を検証する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 黄木、上坂、本松、高橋：改質アスファルトの新たな性能評価手法と混合物性状の相関性について、土木学会第57回年次学術講演会、2002.9
- 2) 小野寺、黄木、伊藤：排水性舗装のねじれ抵抗性に対するバインダ評価手法の一検討、土木学会第59回年次学術講演会、2004.9
- 3) 塚越、田中、佐々木、新田、坂本：舗装用アスファルトの粘弾性状と混合物の流動特性に関する実験、土木学会第50回年次学術講演会、1995.9