

低騒音舗装の骨材飛散の実態と 骨材飛散抵抗評価試験に関する一提案

峰岸順一¹・高橋光彦²・阿部忠行³

¹ 正会員 工修 東京都土木技術研究所 (〒136-0075 東京都江東区新砂 1-9-15)

² 正会員 大成ロテック株式会社技術研究所 (〒365-0027 埼玉県鴻巣市大字上谷 1456)

³ 正会員 工博 (財)道路保全技術センター (〒112-0004 東京都文京区後楽 2-3-21)

東京都では、平成7年度から低騒音舗装を本格的に実施しており、実績を伸ばしている。しかし、交差点の右左折レーンやUターン路など車のタイヤによるねじれや水平せん断力が作用する箇所では、ねじれや水平せん断力に対する抵抗力が不足し、舗設後短期間で骨材が飛散する例が見受けられる。低騒音舗装を施工した都道を対象に破損状況を調査した結果、骨材飛散による破損が約3割を占めていた。本研究では、骨材飛散の実態を示すとともに交差点部での早期破損対策の室内における検討として骨材飛散抵抗性を評価する試験機の開発を行い、その妥当性の検討を行った。その結果、骨材の飛散抵抗性を短時間で評価でき、現場の破損状況とよく近似させることができたので報告する。

Key Words : low noise pavement mixture, porous asphalt, aggregate fly out, air voids, testing devise, top coat, epoxy asphalt

1. はじめに

東京都において低騒音舗装は、昭和 62 年に環状七号線で試験施工を行い、平成 7 年から本格的に実施してきた。平成 13 年 4 月現在、約 230km、約 300 万 m² の施工実績となっている。しかし、低騒音舗装が施工されてからも、都道の沿道における騒音に関する環境は厳しい状況にある。平成 12 年度に環境局が実施した道路騒音調査¹⁾の結果では、自動車騒音の状況を常時監視した 132 地点のうち 66.7 %の 88 地点で昼夜間とも環境基準を達成できず、要請限度に係わる昼夜間の測定を実施した 484 地点のうち昼夜間とも要請限度を超えていたのは 5.8 %の 28 地点であった。また、夜間のみ要請限度を超えていたのは 34.1 %の 165 地点であった。このような状況で、沿道における騒音を低減する手段として低騒音舗装は有効な手法であり、低騒音舗装の施工前後における道路交通騒音調査の結果では、約 5dB(A)程度の騒音低減効果が認められている。

現在の低騒音舗装は、初期のものに比べ改善されているものの、次に示すような課題が残っている。

騒音低減量 5dB(A)は、環状七号線等重交通路線において、夜間の要請限度を下回ることができない場合がある。

騒音低減機能の減少の原因として、空隙詰まりと空隙つぶれがあり、機能回復技術の開発、機能の持続性の高い材料の使用および舗装構造の開発等を計る必要がある。

交差点部における車輪の水平せん断力により、表面骨材の飛散による破損が発生する場合がある。このため、交差点部の耐久性を確保できる低騒音舗装の開発が必要である。

通常の舗装に比較して平方メートルあたりの舗設単価が 1.2 倍程度と高価格である。都内全体の騒音レベルの低減を図っていくためには、これまで以上に騒音低減機能と耐久性を高める必要がある。

本報文は、上記の課題 についての検討である。交差点の右左折レーンや U ターン路など車のタイヤによるねじれや水平せん断力が作用する箇所では、ねじれや水平せん断力に対する抵抗力が不足し、舗設後短期間で骨材が飛散する例が見受けられる。低騒音舗装を施工した都道の 110 箇所を対象に破損状況を調査した結果、骨材飛散による破

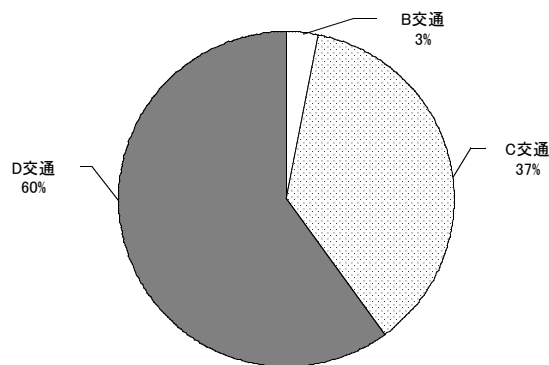


図-1 低騒音舗装施工箇所の交通量区分

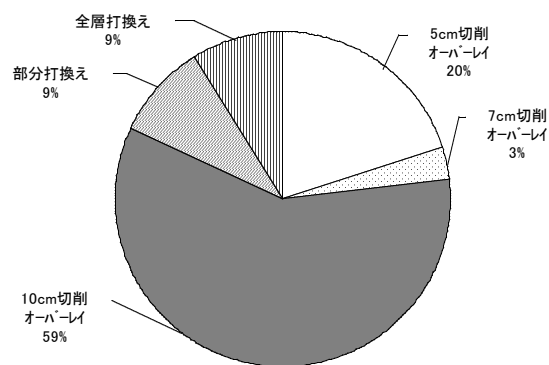


図-2 工種の割合

損が約 3 割を占めていた。破損現象としては、骨材の結合力が失われて飛散するものがほとんどであった。現在、エポキシアスファルトの使用、空隙率を下げることやトップコート（樹脂含浸補強）などの対策を試験的に実施しているが、原則として交差点部では低騒音舗装を施工しないこととなっている。しかし、交差点は交通が輻輳することから単路部よりも騒音対策が必要な箇所であると言える。このことから交差点において適用できる低騒音舗装の開発が求められている。本研究では、交差点部での早期破損対策の室内における検討として骨材飛散抵抗性を評価する試験機の開発を行い、その妥当性の検討を行った。その結果、骨材の飛散抵抗性を短時間で評価でき、現場の破損状況とよく近似させることができたので報告する。

2. 破損実態調査と原因の推定

(1) 破損実態調査

破損実態調査は、平成 10 ～ 12 年度に施工された低騒音舗装工事 110 箇所（総延長 58.6km、総面積 867,446 m²）を対象に行ったものである。調査対象箇所の施工年度別の比率は、平成 10 年度 40 %、11 年度 56 %、12 年度 4 %となっている。1 箇所当たりの調査面積は、1000 ～ 10000 m²のものが 66 %、交通量区分は図-1に示すとおり C、D 交通が 97 %であった。110 箇所中 76 箇所について、工種の割合は図-2に示すとおり、10cm の切削オーバーレイ工法が最も多く、全体の約 6 割を占めていた。ここでは、同一路線において複数の工種が存在する場合は、最も大きい工種を代表とした。なお、ドレーンがほとんどの路線で設置されており、径 18mm のものが約 70 %使用されていた。また、基層も新設された箇所は、約 80 %（切削オーバーレイ

の合計）であった。

調査内容は、目視による破損の実態調査（ポットホール、ブリージング、骨材飛散、わだち掘れ、ひびわれ、わだち部のモルタル飛散、フレッティング、はく離、空隙つぶれ、空隙詰まり、ドレーン設置箇所の直上のひびわれ等）と破損箇所の条件調査（局部か全体か、施工箇所全体にランダムに発生か、単路部、交差点部流入部の停車箇所、車線、交差点内、施工ジョイント、渋滞時間、交通の量と質、破損発生時期等）および、品質管理データ調査（骨材粒度、骨材形状、骨材産地、アスファルトの性状、アスファルトの針入度・軟化点、アスファルト量、締固め度、動的安定度、カンタブロ損失率、ねじれ抵抗性試験、ラベリング試験、水浸マーシャル試験、水浸ホイールトラッキング試験、施工温度・時間、ドレーンの品質、施工工区割り等）を行った。破損実態と品質管理データ等との因果関係から破損原因を推定した。

a) 配合設計書等資料調査結果

配合設計書等資料から得られた結果は、以下のとおりである。

アスファルト

110 箇所中 71 箇所について、使用されたアスファルトはすべて高粘度改質アスファルトであった。71 箇所のうち、46 箇所のアスファルトの針入度は図-3に示すように 50 以上～ 60 未満のものが約 70 %であり、軟化点は図-4に示すように 85 以上～ 95 未満のものが約 80 %であった。混合物の粒度

110 箇所中 95 %の箇所で最大粒径 13mm の特殊開粒度混合物が用いられていた。目標空隙率は、すべて 20 %であった。粗骨材の 6 号砕石は、栃木県産 48 %、東京都産 45 %であり、配合割合が、84 ～ 86 %のものが約 50 %を占めていた。細骨材の配合割合は、8 ～ 14 %のものが約 90 %

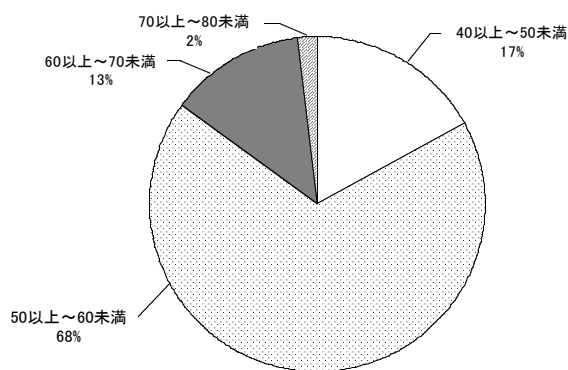


図-3 使用したアスファルトの針入度

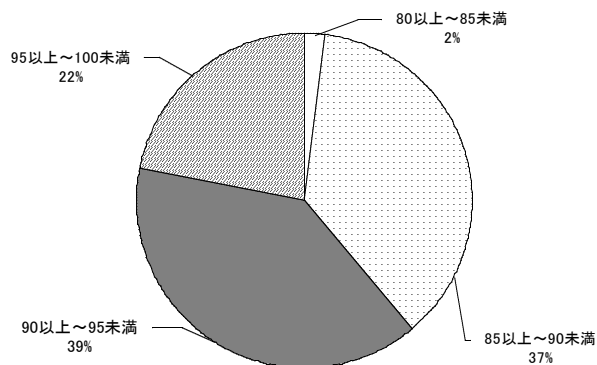


図-4 使用したアスファルトの軟化点

を占めていた。細骨材には、砕砂が 35 %，砕砂 + 細目砂が 23 % 使用されていた。産地は，千葉県 36 %，栃木県 24 %，東京都 22 % であった。石粉の配合割合は，5.0 以上～ 5.5 % 未満のものが約 90 % を占めていた。産地は，東京都 37 %，埼玉県 35 % であった。

マーシャル安定度

マーシャル安定度は，5 ～ 7kN のものが約 90 % 占めていた。

動的安定度

動的安定度は，4,000 ～ 8,000 回/mm のものが 90 % を占めていた。

カンタプロ損失率

高粘度バインダを使用した最大粒径 13mm の低騒音舗装用混合物のカンタプロ損失率を図-5に示す。カンタプロ損失率は 6 % 以上～ 9 % 未満のものが約 70 % を占めていた。

透水係数

最大粒径 13mm の混合物の透水係数は， $1 \sim 2 \times 10^{-1} \text{cm/sec}$ のものが約 80 % を占めていた。

施工月

表層の施工を開始した月を図-6に示す。施工を開始した月は，10，11 月が 45 % 占めていた。

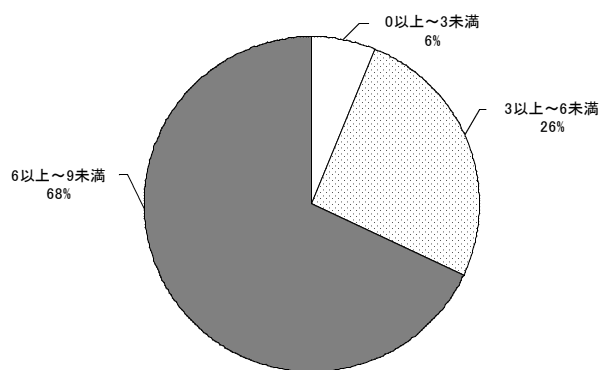


図-5 カンタプロ損失率

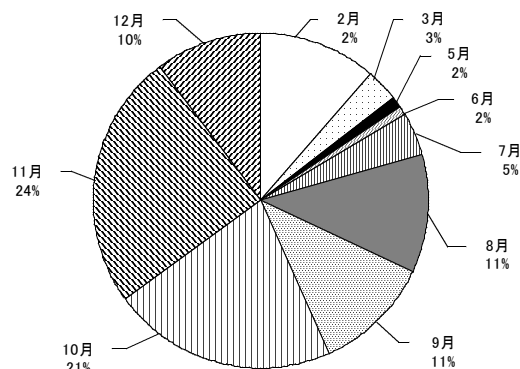


図-6 施工月

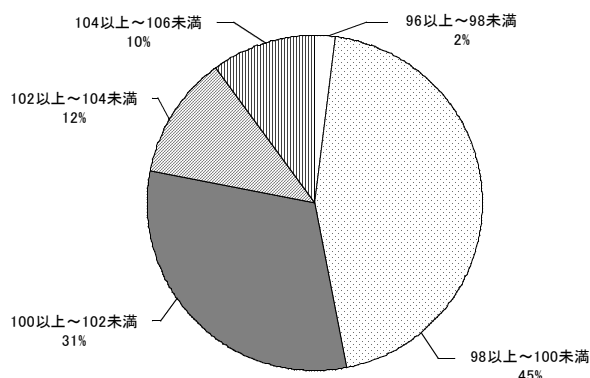


図-7 締固め度

転圧完了温度

転圧完了温度は，70 以上～ 90 未満のものが約 80 % を占めていた。

交通開放温度

交通開放温度は，40 以上～ 50 未満のものが約 60 % を占めていた。50 以上での交通開放が 1 件あった。

平坦性

平坦性は，すべて 2.4mm 以下であり，1.5mm 以上～ 2.0mm 未満が約 60 % を占めていた。

締固め度

低騒音舗装供試体の締固め度を図-7に示す。締固め度は， 100 ± 2 % 内にあるものが約 70 % を占

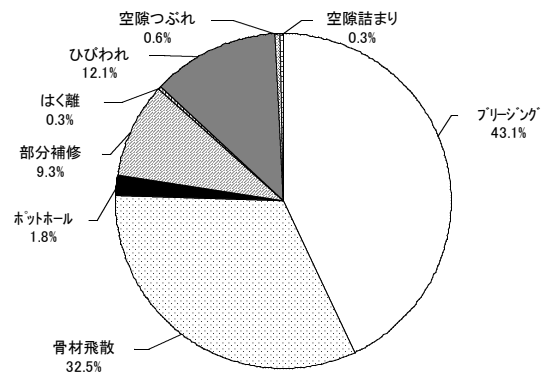


図-8 破損形態の分類（全体）

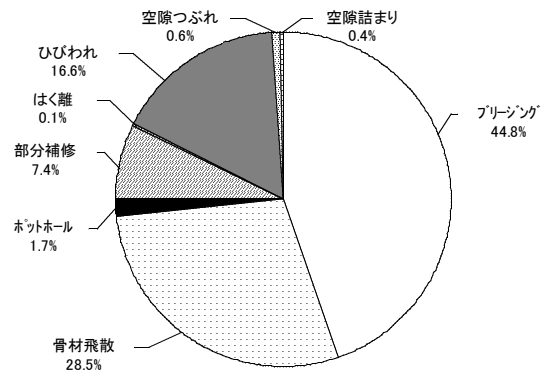


図-9 破損形態の分類（単路部）

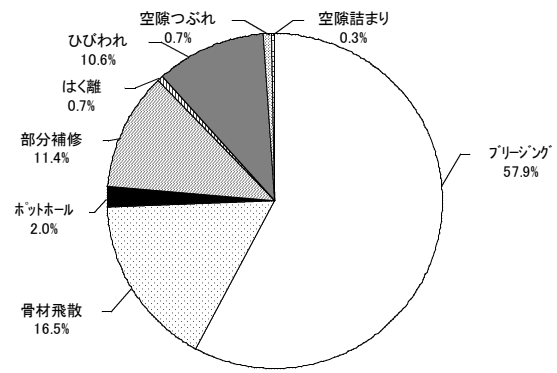


図-10 破損形態の分類（交差点停車部）

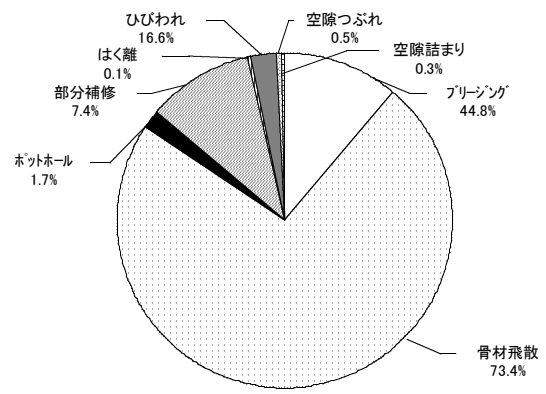


図-11 破損形態の分類（交差点部）

めていた。

現場透水試験

現場透水試験は、15 秒当たり 1005 ～ 2068cc の範囲であり、1000cc 以上～ 1200cc 未満が約 60 %を占めていた。

(2) 破損実態調査結果

破損形態を表-1に示す判定方法に基づき分類した。

破損箇所別に見ると、110 箇所のうち何ら破損が認められなかった箇所は、1 箇所であった。ブリージングの発生が全くない箇所は 14 箇所であり、約 90 %の箇所でブリージングが発生していた。

次に、破損件数別に破損形態を分類した。ここでは、破損件数を破損形態ごとに累積カウントし分類した（同一箇所でも、複数の破損が認められる場合については、すべてをカウントする）。調査箇所全体における破損形態の分類を図-8に示すが、ブリージングが最も多く 43.1 %、次いで骨材飛散 32.5 %であり、これら 2 つの破損で全体の約 80 %を占めていた。ポットホールに至っているものは、1.8 %（38 件）と少なかったが、部分補修された箇所の多くが聞き取り調査でポットホールの補修であったことから、約 10 %はすでにポットホールで破

表-1 破損形態の判定方法

破損形態	判定方法
ブリージング	アスファルトが表面に浮いて空隙をつぶしている
骨材飛散	骨材が1～2層で飛んでいる
部分補修	深さ2.5cm以上掘れている
はく離	水の影響で骨材からアスファルトがはがれている
ひびわれ	割れている
空隙つぶれ	輪跡部で空隙つぶれがおきている
空隙詰まり	空隙に異物が詰まっている

損していると言える。単路部、交差点停車部および交差点部における破損形態の分類を図-9～図-11に示す。なお、交差点停車部とは調査時に信号待ちで停車した車の最後尾までを、交差点部とは交差点内のことで、信号のない小さな交差点も含んでいる。単路部、交差点停車部における破損形態の分類を見ると、ブリージングおよび骨材飛散が多く、これら 2 つの破損で全体の約 70 %を占めている。また、交差点部における破損形態の分類を見ると、骨材飛散が全体の約 70 %を占めている。

以下、本文では骨材飛散に着目して原因の推定を行った。

a) 破損形態・規模

骨材飛散における破損形態・規模別の発生件数を表-2に示す。

表-2 破損形態・規模別の件数

破損形態	規模	件数	割合 1 %	割合 2 %
帯状	長さ1m未満	14	2.0	75.2
	長さ1m～3m未満	123	17.4	
	長さ3m以上	394	55.8	
面状	φ10cm未満	6	0.8	24.8
	φ10～50cm未満	42	5.9	
	φ50cm以上	127	18.0	
計		706	100	100

表-3 発生箇所

発生箇所	件数	割合 %
単路部	304	43.1
交差点停車部	118	16.7
交差点部	284	40.2
計	706	100

表-4 交通作用別の骨材飛散発生件数

発生箇所	ねじれ部		車輪走行部		その他		計
	件数	割合%	件数	割合%	件数	割合%	
単路部	35	11.5	216	71.1	53	17.4	304
交差点停車部	17	14.4	83	70.3	18	15.3	118
交差点部	203	71.5	50	17.6	31	10.9	284
全体	255	36.1	349	49.4	102	14.4	706

骨材飛散は帯状に発生している箇所が多く、全体の約8割を占めていた。

破損規模は、面状ではφ50cm以上が、帯状では長さ3m以上が最も多かった。このことから、骨材飛散はかなりの大きさで発生していると言える。

b) 発生箇所

骨材飛散の生じていた箇所を表-3に示す。

骨材飛散は単路部と交差点部で多く発生しており、交差点停車部ではこれらの半分以下であった。

単路部、交差点停車部、交差点部において、発生箇所を詳しく示したのが図-12～図-14である。

単路部における骨材飛散は、路上駐車が多い箇所、店舗への出入り口、施工ジョイント付近に多く発生していた。

交差点停車部における骨材飛散は、施工ジョイント付近、店舗への出入り口、大型車両の右左折が多い箇所によく発生していた。

交差点部における骨材飛散は、施工ジョイント付近が最も多く、全体の約5割を占めていた。

c) 発生要因

上記の結果より、骨材飛散の発生要因は、単路部と交差点部では異なり、交差点停車部は両者の発生要因を併せ持っている。

単路部では、路上駐車が多い箇所、店舗への出入り口が多く、自動車などから落下した油が発生に大きく寄与していると考えられた。

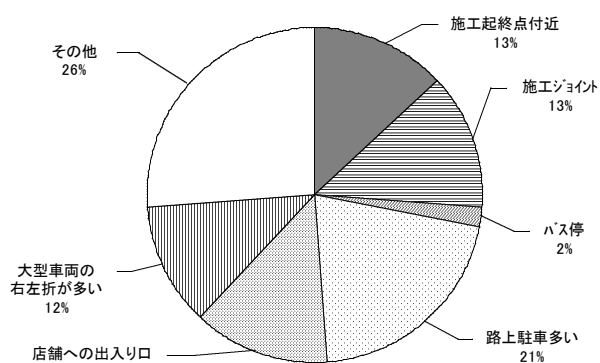


図-12 単路部における発生箇所の割合

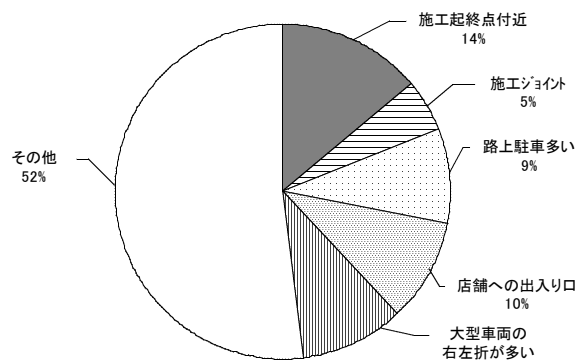


図-13 交差点停車部における発生箇所の割合

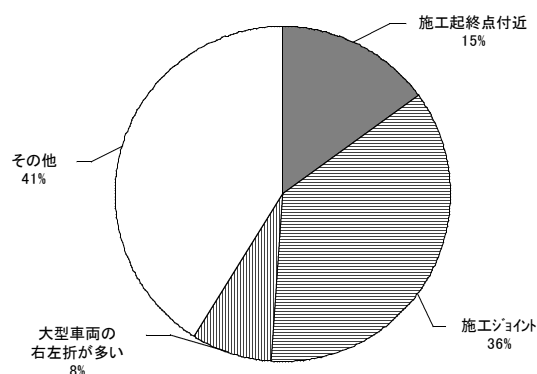


図-14 交差点部における発生箇所の割合

一方、交差点部は、明らかに施工ジョイントの箇所が多いことから、交通作用が大きく寄与していることが考えられた。

そこで、交通作用としてねじれ作用を受ける箇所（ねじれ部）と、それをあまり受けない箇所（車輪直進部）において骨材飛散の発生件数を示したのが表-4である。

これより、単路部と交差点停車部は、ねじれ作用のあまり受けない車輪直進部で多くの骨材飛散が生じているのに対し、交差点部ではねじれ作用を受ける箇所での飛散が多いことがわかる。

これらのことから、骨材飛散の発生要因として以下のことが考えられた。

表-5 骨材飛散の発生状況と各要因の関連性

要因	データ数	X ² 値	自由度	P値
交通量区分	107	3.486	2	0.1750
6号砕石の産地	56	3.133	2	0.2088
細骨材の品種	58	7.539	6	0.2739
石粉の産地	56	7.234	4	0.1240
バインダ種	54	4.206	4	0.3789
施工月	70	8.430	4	0.0770

単路部の路上駐車が多いところなどで発生している骨材飛散は、施工後、自動車などから落下した油により、バインダーが軟化し、そこに交通作用が加わったためと考えられた。

交差点内部で発生している飛散は、ねじれによる交通作用が主要因と考えられ、ジョイント部は密度不足などの理由により進行が早まったと考えられた。

交差点手前で発生している飛散は、単路部と同様な理由と、部分的な密度不足の箇所へ制動荷重のような特殊な交通作用がかかる等によるものと推察された。

骨材飛散に関連が認められそうな外的・内的要因を交通量、粗骨材の産地、細骨材の種類、石粉の産地、バインダ種、バインダの軟化点、締固め度、施工月として統計的手法を用い、破損状況とこれら要因との関連性について解析した。

解析は、以下の手順に沿って行った。

破損の発生状況（目的変数）や各要因の要素（説明変数）が、それぞれ質的データであるので、解析手法には、数量化 Ⅱ類を用いた。

目的変数と各説明変数との関連性を確認するために、有意差判定を実施した。これにより、破損の発生状況と関連が認められる説明変数を判断した。

目的変数と関連性のあった説明変数を用いて、数量化 Ⅱ類による多変量解析を行った。これにより、目的変数に対する各説明変数の相関性や影響力を判断した。

路線全体における、骨材飛散の発生状況と各要因の関連性結果を表-5に示す。結果より、定量的に骨材飛散の発生状況と関係が認められる要因を見いだすことはできなかった。

実態調査の結果を総括すると、下記のとおりである。

骨材飛散の規模は、面状でφ 50cm 以上、帯状で長さ 3m 以上のものが最も多かった。

発生箇所は、交差点部と単路部に多かった。

交差点部は、施工ジョイント、ねじれ作用を受ける箇所に多かった。



写真-1 骨材飛散抵抗試験機

単路部は、路上駐車の多い箇所、店舗への出入り口、施工ジョイント付近に多かった。

骨材飛散の発生頻度と外的・内的要因とに関係は認められなかった。

3．骨材飛散のメカニズム

先に示したように、骨材飛散の原因には様々な要因が考えられるが、大型車の走行に着目し骨材飛散のメカニズムを想定した。

大型車の走行状態は、通常走行、制動・駆動、コーナリングおよびすえ切りの4種に大別される。すえ切りは、主に駐車場等、停車状態でハンドルを切る場所と想定されることからここでは取り扱わないこととし、交差点部を対象に検討した。交差点部においては、ブレーキをかけながら、低速でコーナリングを行う状態にある。²⁾

（社）日本建設業協会舗装技術基準問題検討ワケン断力を1とした場合、制動・駆動時の水平せん断力は1.4、また、コーナリングによる水平せん断力は1.1とされている。このことから、実走行においてはこれらの複合により大きなせん断力が働き、骨材の付着力が小さい箇所の骨材がはがされ飛散するものと考えられる。なお、コーナリング等、ハンドルを切る箇所では、タイヤに作用する遠心力が作用し、水平せん断力が大きくなる。遠心力は、ワーキンググループの試算で通常走行時の水平は式-1で求められるが、荷重が大きいほど、速度が速いほど大きな値を示す。また、回転半径が大きくなると、遠心力は小さくなる。

$$\text{遠心力 } F = \frac{W}{g} \times \frac{v^2}{R} \quad (\text{式-1})$$

W：荷重 g：重力加速度
v：速度 R：回転半径

表-6 試験装置の概要

項 目	試験条件	仕 様
試験輪	5.00-10	小型トラック用タイヤ・リフト・ラバー・ターン
接地圧 (MPa)	0.15	載荷荷重200～2000N
テーブル回転数 (rpm)	5	可変
タイヤ回転数 (rpm)	10	可変
走行半径 (cm)	10±5	
試験時間 (分)	任意	
試験温度 ()	45または60	常温～70
供試体寸法 (cm)	40×40×5	

4. 飛散抵抗性評価試験の提案

破損実態調査および骨材飛散のメカニズムからコーナリング時に作用する水平せん断力を考慮し、実際の供用道路に近い骨材飛散の状況を再現する試験として、写真-1に示す骨材飛散抵抗試験機を作製した。

現在、ホイールトラッキング試験機を改良したタイプ等の試験装置が広く用いられ、様々な報告がなされている。³⁾

当該試験装置は、テーブルおよび車輪を別々に作動させることができる。このことで、交差点部で発生するコーナリング、制動・駆動に伴う水平せん断力を発生させるとともに、実際のタイヤを用いることでタイヤによるけり出しをも考慮している。また、回転半径が小さいことで、より大きなせん断力を発生させ、交差点部での飛散を促進発生させようとするものである。⁴⁾

(1) 試験装置の開発にあたっての留意点

試験装置の開発にあたっては、以下のことに留意した。

試験輪としては、実際の車のエアータイヤを用いる。

車輪、供試体両方が回転し、交差点部のタイヤの挙動を再現する様々な条件を設定できる。

試験温度を変化させることができる。

飛散した骨材が試験に影響を及ぼさない。

(2) 試験装置の概要

試験装置の概要を表-6に示す。

(3) 評価の妥当性の検証

a) 実道における骨材飛散との比較

空隙率を変化させた低騒音舗装供試体(22%、20%、16%)、空隙率22%のものにトップコート処理を施した低騒音舗装供試体のほか、エポキシアスファルトを用いた低騒音舗装供試体により飛散

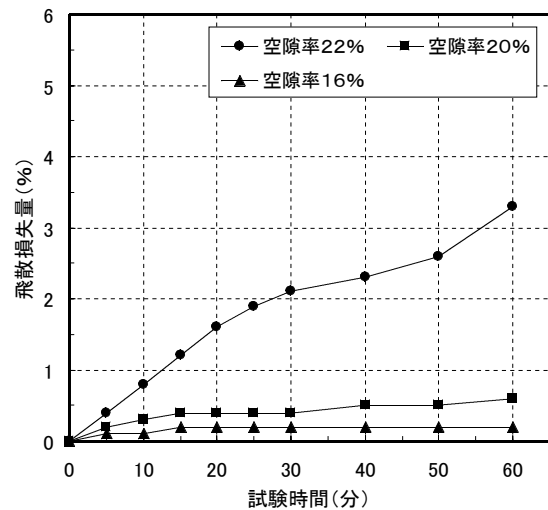


図-15 骨材の飛散抵抗性評価結果 (45)

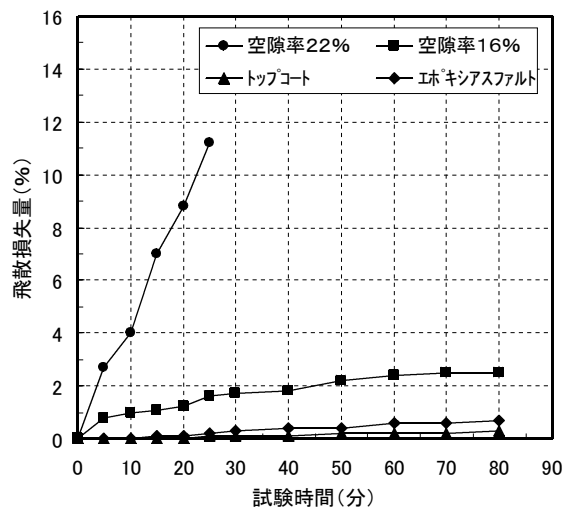


図-16 骨材の飛散抵抗性評価結果 (60)

抵抗性の評価を試みた。トップコートは2層で散布した。1層目の散布量は樹脂 0.6kg/m²、硬質骨材 0.25kg/m²、2層目は樹脂 0.4kg/m²、硬質骨材 0.25kg/m²とした。また、エポキシアスファルトを用いた供試体は、60 での乾燥炉中に1週間養生し最終強度に達したものを使用した。評価は、骨材の飛散損失量(試験前後の供試体の質量変化)により行った。なお、試験温度は 45 および 60 の2温度で実施した。試験結果を図-15および図-16に示す。

その結果、ともに実際の供用状況に似た結果が得られた。なお、本試験では 45 および 60 の2温度で試験を実施したが、空隙率が異なる等、混合物性状に大きな差が認められないと想定される場合は試験温度 45 で、また、トップコートと通常の低騒音舗装用混合物など、大きな差が想定さ

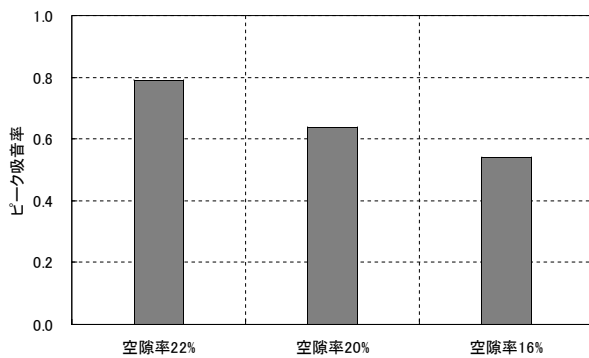


図-17 ピーク吸音率測定結果

れる場合は 60 で試験することで，有意差が認められる試験が可能と考えられる．

試験時の骨材飛散状況写真を写真-2および写真-3に示すが，最初に数個の飛散が起こり，これが発展する形で飛散が拡大する．骨材の飛散状況が実道のものと類似していることが確認できた．実道における骨材の飛散状況を写真-4に示す．

また，空隙率を 16 %と小さくする，トップコートの適用等は，骨材飛散を抑制することが可能であることが確認できた．このことは，実道で試験的に施工した結果，飛散抵抗性が向上したこととも良く対応していた．

空隙率を小さくすることで，骨材飛散を抑制することが可能であるものの，低騒音舗装の本来の目的である騒音低減効果の低下が想定された．そこで，空隙率を変化させた（22 %，20 %，16 %）低騒音舗装供試体を用いて垂直入射吸音率を測定した．吸音率のピーク値を図-17に示す．3種類の供試体ともに吸音率のピーク値は，200 ～ 300Hz の周波数帯にあった．空隙率 16 %の供試体は，空隙率 22 %の供試体に比べ，吸音率のピーク値が 0.3 程度小さくなり，空隙率 20 %の供試体では，その中間にあることが確認できた．これを踏まえ，低騒音舗装の適用にあたっては，骨材飛散に対する抵抗性および騒音低減効果の両方のバランスがとれた混合物を選択することが必要と言える．

b)他の試験機との比較⁵⁾

平成 12 年度に東京都土木技術研究所で実施した低騒音舗装の骨材飛散抵抗性の評価に関する検討で用いた 3 種類の試験機（A，B，C）を取り上げ，開発した試験機との比較を行った．

試験機 A は回転ラベリング試験機を用いて，一方もなう載荷輪によって荷重を加えるタイプ，試験機 B はスライド載荷台に供試体をセットしスライド方向に回転する供試体に横方向にシフトする回転をと

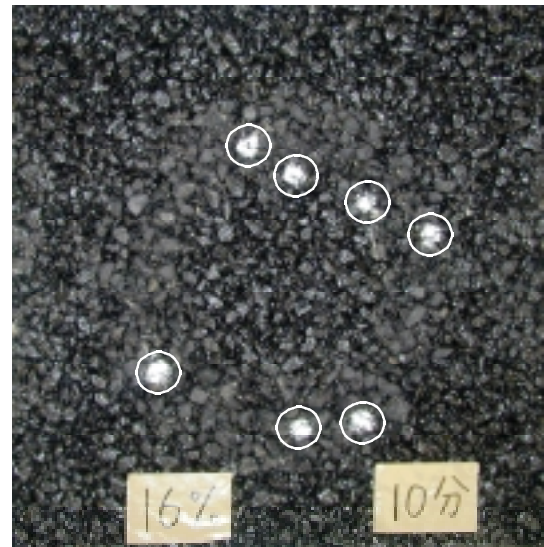


写真-2 骨材の飛散状況

（空隙率 16 %，試験温度 45 ，試験時間 10 分）

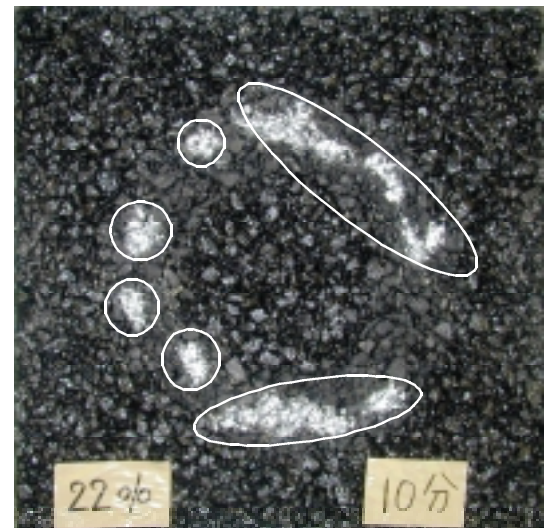


写真-3 骨材の飛散状況

（空隙率 22 %，試験温度 45 ，試験時間 10 分）

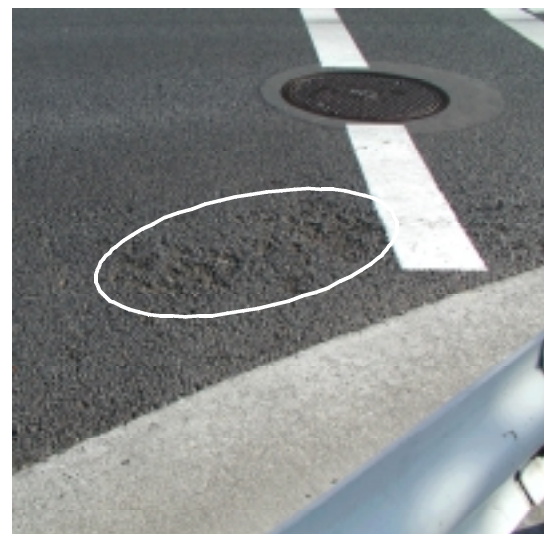


写真-4 実道における骨材の飛散状況

表-7 試験条件

試験条件		試験機A	試験機B	試験機C
①試験輪	型式	小型トラック用	ブリヂストン 4.0-8	ソリッドタイヤ
	寸法	直径500mm 幅100mm	直径500mm 幅100mm	直径500mm 幅100mm
②载荷荷重	垂直方向	1.96kN (200kgf)	0.37kN (38kgf)	0.69kN (70kgf)
	横方向	—	3.02kN (308kgf)	—
③接地圧		0.29MPa (3.0kgf/cm ²)	0.07MPa (0.7kgf/cm ²)	0.63MPa (6.4kgf/cm ²)
④走行速度		20km/h	0.5km/h	10.5回/分
⑤走行回数		100,000回	650回	1,260回
⑥試験温度		45℃	45℃	60℃
⑦試験時間		約10時間	60分	120分
⑧評価項目		すり減り量	飛散損失量	沈下量

せ、荷重輪で载荷したまま水平方向のシリンダで車輪を前後に滑らせ、供試体と荷重輪によるせん断作用を与えるもの、試験機Cは一方方向に回転する供試体に回転をともなう载荷輪によって荷重を加えるものである。それぞれの試験条件は、表-7に示すとおりである。また、空隙率 22 %とした低騒音舗装供試体の試験後の表面状況を写真-5～写真-7に示す。なお、写真中の白線は、輪跡を示したものである。

今回開発した試験機を含め、各試験機での試験条件および試験後の表面状況を比較すると、開発した試験機は短時間での評価が可能で、かつ、より実道での骨材飛散状況と類似していると言える。

(4)開発した骨材飛散抵抗試験機と簡易な骨材飛散抵抗性の確認手法の比較

骨材飛散の要因に水平せん断力による骨材のはがれが想定されるが、この水平せん断力による骨材飛散についても骨材の付着力が影響すると考え、水平せん断力は評価できないものの、簡易に骨材の付着力を把握する試験として、骨材の引張り試験、供試体表面の付着試験および従来から用いられているカンタブロ試験を実施し、今回開発した試験機との比較を行った。

a)骨材の引張り試験

骨材の飛散は最初ひとつもしくは数個の粗骨材で飛散し、この後、加速度的に進行すると考え、個々の粗骨材の付着力を確認する評価を検討した。

試験は、骨材のひとつに図-18に示すように治具を差し込み、これを引張試験機で引き上げ、骨材が剥脱したときの強度を求める方法（試験温度 20℃、引張速度 5mm/min）で実施した。試験結果の一例を図-19に示す。なお、トップコートの散布量は、前項(3)で示したものと同様である。個々の試験結果のバラツキは大きいものの、おおよその傾向が確認できる結果が得られた。

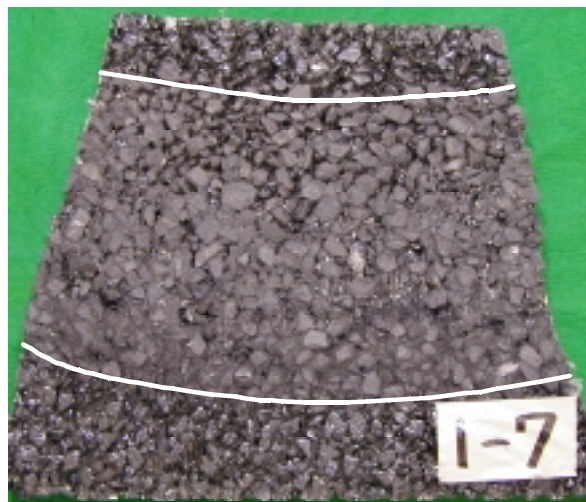


写真-5 試験後の表面状況（試験機A）

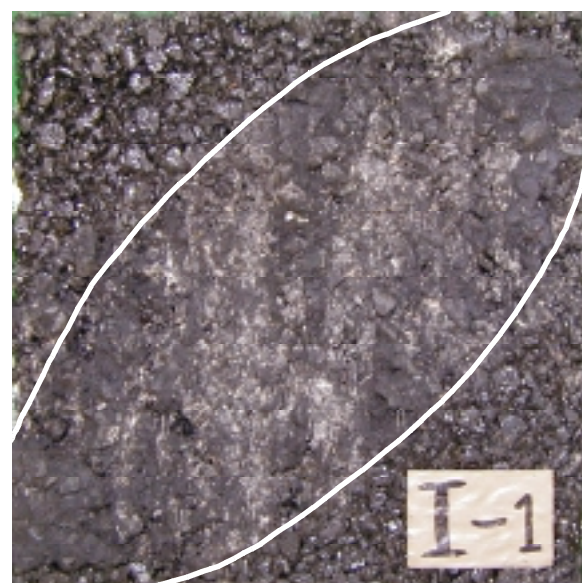


写真-6 試験後の表面状況（試験機B）



写真-7 試験後の表面状況（試験機C）

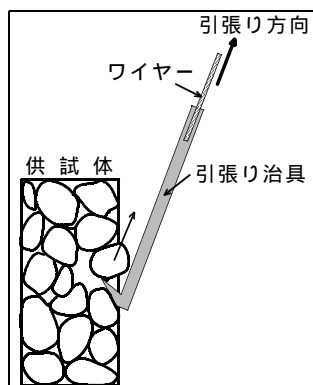


図-18 骨材の付着力確認試験

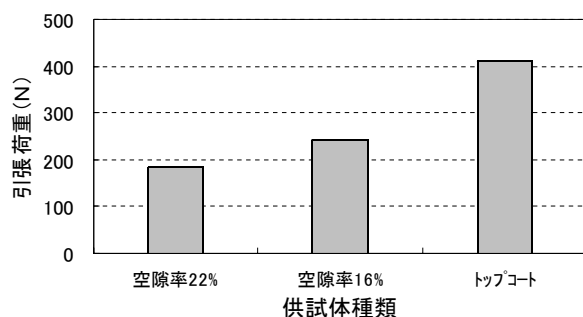


図-19 骨材の付着力確認試験結果

b) 供試体表面の付着試験

骨材の引張り試験によりおよそその骨材の付着力が確認できると判断されたが、バラツキが大きいことからより精度を向上させたものとして、個々の骨材の付着を確認するのではなく、面でとらえる方法を検討した。

写真-8に示すよう、ホイールトラッキング供試体表面に、コアボーリングにより切込みを入れ、この部分に付着試験用治具（φ 10cm）を樹脂で貼り付け、引張り試験機（写真-9）により引張り試験を実施し評価した。

コアボーリングによる切込み深さは、切込み深さを変化させて実施した付着試験により決定した。この結果、試験に供する試料の最大粒径程度の切込みを入れることが適切との結果を得た。

また、試験に先立ち、表面の2～3mm深さまで樹脂モルタルで充填することとした、これは、治具の付着力を高めることを目的としている。

試験結果の一例を図-20に示すが、実道の調査結果と類似した結果が得られている。

なお、図中のトップコートおよびエポアス(σ7)は、前項(3)で示したものと同様の供試体である。また、エポアス(σ1)は、現場における施工直後（交通開放時）を想定したものである。



写真-8 骨材の付着試験治具設置状況



写真-9 引張り試験機

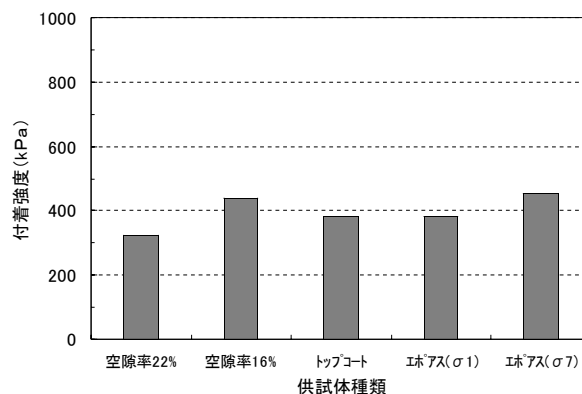


図-20 付着力試験結果

c) カンタブロ試験

現在、開粒度混合物の骨材飛散抵抗性の評価に多く用いられるカンタブロ試験を実施した。試験時の温度は20℃である。試験結果の一例を図-21に示す。

試験結果は、上記a)、b)とほぼ同様の傾向を示すことが確認できた。

以上、a)、b)、c)の試験結果は、今回開発した骨材飛散抵抗試験機と同様な傾向を示し、骨材の飛散抵抗性を評価するものとして妥当と考えられた。

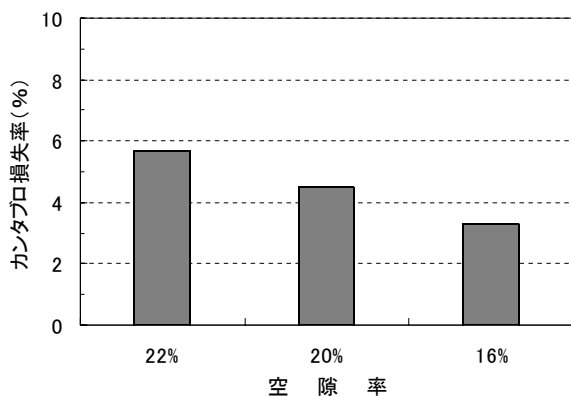


図-21 カンタブロ試験結果

5. まとめ

今回の報告をまとめると以下のようになる。

骨材飛散の実態

骨材飛散は、単路部、交差点部で多く発生するが、単路部における発生箇所は、路上駐車が多い箇所、店舗の出入り口、施工ジョイント付近に多いとされ、施工ジョイント付近を除き、交差点部と同様、車輪の操行をきる場所で多く発生している。このことから、骨材飛散に関してはタイヤから受ける水平せん断力の影響が想定される。

骨材飛散抵抗試験機

今回、開発した試験装置は、飛散メカニズムが実路に類似しており、骨材飛散を促進確認することが可能である。

簡易な骨材飛散抵抗性の確認手法

骨材の付着力を確認することで、飛散抵抗性を評価することが可能である。

6. おわりに

今後、低騒音舗装の実態調査結果をもとに、骨材の飛散が想定される箇所について、最適な空隙率の把握、トップコート等の適用等を検討し、適切な対策を実施していきたいと考えている。また、骨材の飛散抵抗性を向上させるため、バインダーの開発も行うことを予定している。

今回開発した試験装置を適用することで、例えば、施工時の温度が低下した混合物では、早期に骨材が飛散する、所定の密度が得られない場合に骨材が早期に飛散する等、飛散防止のための施工条件等の提示も行えると考えている。

(参考文献)

- 1) 東京都環境局：平成 12 年度道路交通騒音振動調査結果，2001.10
- 2) (社)日本道路建設業協会舗装技術基準問題検討ワーキンググループ：舗装要綱の改訂に関する提案，道路建設，pp.44-55，2000.1
- 3) 上野貞治，羽入昭吉，小野寺陵太郎：排水性舗装の耐久性に関する一検討，第 23 回日本道路会議論文集，pp.42-43，1999.11
- 4) 峰岸順一，高橋光彦，阿部忠行：低騒音舗装の骨材飛散抵抗性の評価方法に関する一検討，第 57 回土木学会年次学術講演会講演概要集
- 5) 峰岸順一：低騒音舗装のねじれ抵抗性評価，平成 12 年東京都土木技術研究所年報，pp.99-110，2000.9

Aggregate Fly-out of Low Noise Pavement Mixture and Its Evaluation Method

Junichi MINEGISHI Mitsuhiko TAKAHASHI Tadayuki ABE

Aggregate fly-out of low noise pavement mixture caused by vehicles at road intersection is such a serious problem that the porous asphalt mixture is principally not recommended for the road intersection. Usually noise at intersection is more severe and needs to be lowered. It is necessary to develop porous asphalt mixture suitable for the intersection. In the study, the real state of the fly-out problem was explained and a test apparatus to evaluate the fly-out resistance of porous asphalt mixture was developed. It was proved that the fly-out resistance of porous asphalt mixture could be possibly evaluated rapidly and the failure on the test sample surface was similar to that observed at the field.