

水浸ホイールトラッキング試験によるアスファルト混合物のはく離抵抗性の評価方法に関する研究

EVALUATION OF STRIPPING-RESISTANCE OF ASPHALT MIXTURES
BY IMMERSION WHEEL TRACKING TEST

鎌田 修*・山田 優**

by Osamu KAMADA and Masaru YAMADA

1. はじめに

近年、各種改質アスファルトの開発によりアスファルト混合物の耐流動性は向上し、わだち掘れによる舗装の破損件数が減り、ひび割れ、ポットホール、摩耗等のアスファルトと骨材の付着にかかわる破損の割合が大きくなっている¹⁾。また、普及中の排水性舗装などではアスファルト混合物中に水が浸入しやすく、骨材とアスファルトのはく離が生じないか心配される。今後はアスファルト混合物の耐流動性改善のみならず、骨材とアスファルトの付着、すなわちのはく離抵抗性の評価も的確に行う必要がある。

アスファルト混合物のはく離とはアスファルト混合物中の骨材の表面からアスファルトがはがれる現象で、水の存在下で輪荷重の繰り返し作用を受けると促進されやすい。はく離したアスファルトは乳化して移動する。その結果、骨材が裸になると、混合物の支持力は著しく低下する。この現象はストリップングと呼ばれ、昔から知られている²⁾。

現在、アスファルト混合物のはく離抵抗性の評価方法としては水浸ホイールトラッキング試験があり、通常採用されている試験方法として、図-1に示す日本道路協会発行「舗装試験法便覧別冊」に記載の方法がある。しかし、この方法は、はく離抵抗性のある程度有するかどうかを確認するためには有効であるが、高いはく離抵抗性の混合物を比較評価する目的には適さない。また、この方法では、はく離の程度を目視より測定するため、評価に個人差が生じやすいなどの問題点がある。

そこで、本研究では、それらの問題点を改善して高粘度アスファルトを使用した排水性舗装混合物など、高はく離抵抗性混合物の比較にも適用で

きる水浸ホイールトラッキング試験による評価方法について検討した。

2. 従来の方法による評価実験

2.1 実験に用いた混合物

使用した混合物は、はく離を発生しにくい粗骨材（以下、粗骨材A、静的はく離試験のはく離率6%）を使用し、バインダーにストレートアスファルト60/80（以下、60/80AS）を使用した密粒度アスファルト混合物（以下、A-60/80）、はく離を発生しやすい粗骨材（以下、粗骨材B、静的はく離試験のはく離率36%）を使用し、バインダーに60/80ASを使用した密粒度アスファルト混合物（以下、B-60/80）、粗骨材Aを使用し、バインダーに改質Ⅱ型アスファルト（以下、改質AS）を使用した密粒度アスファルト混合物（以下A-改質）、以上の3種類とした。なお、配合は質量比ですべて同じ、バインダー量は5.5%とした。

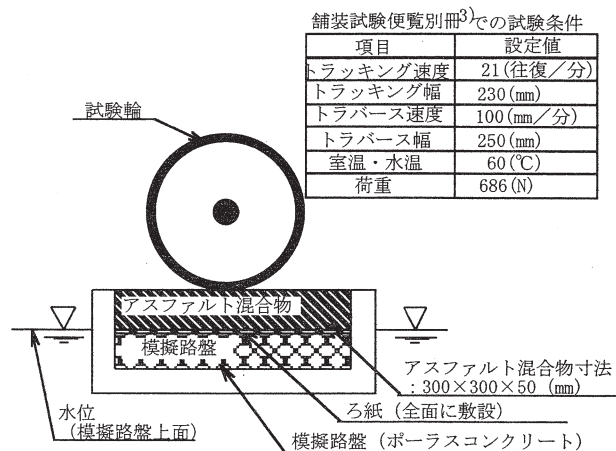


図-1 水浸ホイールトラッキング試験の概要
(舗装試験法便覧別冊記載の従来の方法)

*大阪市立大学大学院生、工学研究科土木工学専攻後期博士課程

(〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138)

**大阪市立大学大学院教授、工学研究科都市系専攻

表-1 はく離率測定結果

測定者		A	B	C	D	E	単位：%	
研究歴(年)		6	1	3	3	6	断面平均	供試体平均
A-60/80	断面①	35	40	51	41	51	44	37
	断面②	31	10	40	30	38	30	
B-60/80	断面①	57	30	64	42	37	46	44
	断面②	51	12	64	41	42	42	
A-改質	断面①	11	5	10	15	7	10	11
	断面②	17	8	13	15	9	12	

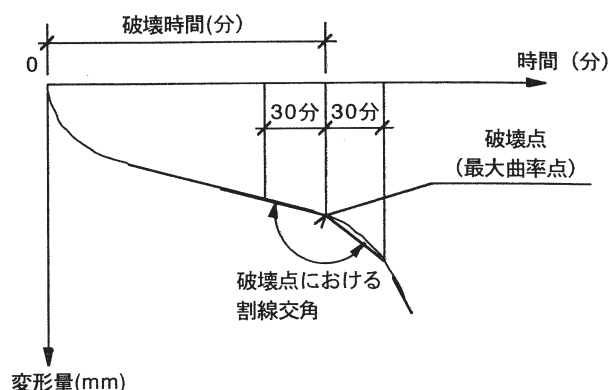


図-2 破壊時間の定義

2.2 はく離抵抗性の評価方法と評価実験結果

載荷走行試験は舗装試験法便覧別冊³⁾に準じた方法で行った。ただし、試験後のはく離率測定に際して試験輪走行方向に対して直角方向のみに2分割し、両側2断面のはく離率を目視で測定した。

はく離率の測定者は舗装工学の研究を行っている、アスファルト混合物に関してある程度の知識がある者5人(著者含む)とした。著者以外の4人はどの材料を使っているかは一切知らされず、1つの供試体に対して2つの断面を測定したが、順不同で陳列したためにどの2つの断面が同じ混合物の供試体からのものであるかも知らされなかった。

実験の結果を表-1に示す。研究歴の短い測定者Bについては同じ供試体の断面であってもはく離率に30%程度の差が出た。これは測定者の経験、知識の不足が作用していると考えられるが、他の測定者においても10%程度の差が生じた。

また、供試体ごとのはく離率を比較すると、改質アスファルトを使用したA-改質に対しては、はく離率が低いというのが全員の一致した結果であった。しかし、使用した粗骨材が異なるA-60/80とB-60/80では測定者A、DがB-60/80のほうがはく離率は大きくなるとしたが、観測者B、C、Eは逆であった。観測者Bを除いた場合、B-60/80では同一断面においてもはく離率が観測者によって37%から64%までの27%の差が生じた。A-60/80でも、35%から51%までの16%の差が生じた。

さらに、A-改質では、はく離率の測定結果の平均値が11%で、はく離している部分が供試体の厚さの50mmに対して平均がわずかに5~6mmということであり、はく離している部分を特定することが困難であった。高粘度アスファルトを用いた排水性混合物ではさらに小さくなり、それらはく離抵抗性の高い混合物間での比較評価は、この従来の方法では不可能となる。

以上のとおり、従来の方法による水浸ホイールトラッキング試験では、目視によるはく離率の測定に

よる評価であるため、評価結果に個人差が生じやすい。また、はく離抵抗性の高い混合物を開発するための比較評価ができない。そこで、これらの問題点を解決できるような新たな評価方法を検討した。

3. 破壊時間によりはく離抵抗性を評価する水浸ホイールトラッキング試験のための試験条件

3.1 破壊時間の定義

供試体上に試験輪を走行させ、供試体上面の垂直変位量(沈下量)の最大値を自動記録すると図-2のような沈下-時間曲線が描かれる。図のとおり、最初は時間とともに沈下速度は減少するが、ある時点から急激に沈下量が増加するようになる。このときの沈下量-時間曲線の曲率が最大となる点を破壊点とし、それまでの走行時間を破壊時間とした。

予想破壊時間の約75%の時間で実験を中止して、供試体を切断して断面を観察したところ、下側が85%程度はく離していた。予想破壊時間の直前に試験輪走行を止めて、供試体を切断して断面を観察したところ、ほぼ全面にはく離が進行していた。つまり、破壊時間ははく離が供試体のほぼ上面に達した時間を表していると考えられる。

なお、最大曲率点は、図-2に示すとおり、前後30分の曲線の割線が交する角度が最小となる点とした。

3.2 従来の方法との試験条件の変更点

(1) 走行試験前の供試体浸漬時間

従来の方法では、60℃の気乾状態で12時間浸漬し、次いで60℃に調整された温水の注水を行って水位を模擬路盤上面に調整し、この水位の中で1時間浸漬浸漬するとしている。しかし、この浸漬時間を長くするほど混合物のはく離は進行しやすいと考えられる。そこで、試験輪走行前の浸漬時間を変えて試験を行った。その結果を図-3に示す。

浸漬時間を長くした場合、10時間までは浸漬時間を長くすることにより、破壊時間が長くなった。

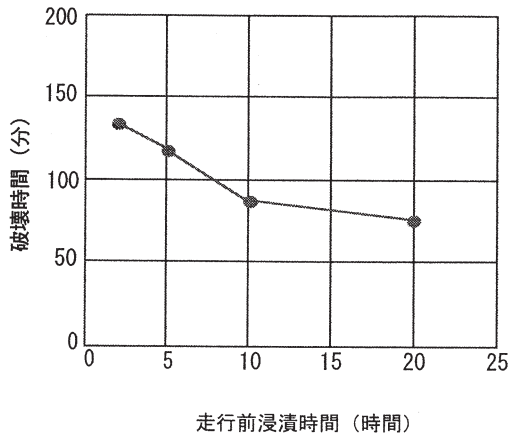


図-3 破壊時間と走行前浸漬時間の関係

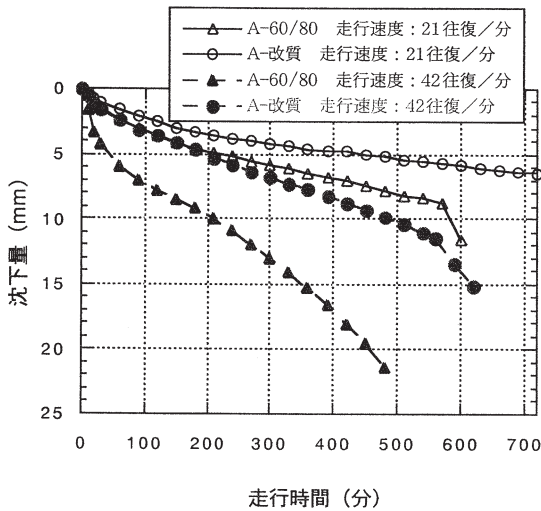


図-4 沈下量-走行時間関係 (走行速度変化)

しかし、10 時間を越えると、破壊時間はほとんど変化しなかった。そこで、本研究では、24 時間サイクルの試験の実施をしやすくするため、浸漬時間は15時間とした。

(2) 走行試験時の水位

従来の方法では供試体下面の位置であったが、供試体、下層材料の違いによっては数 mm の誤差が生じることを考慮に入れて基本的には供試体下面から 5mm の位置とした。ただし、以下では水位を変化させてその影響も調べた。

(3) 供試体形状

供試体は従来どおり 300×300×50(mm)とした。ただし、厚さ 40mm のものについても実験を行い、

表-2 破壊時間によりはく離抵抗性を評価する水浸ホイールトラッキング試験における走行試験条件 (従来の方法からの変更)

項目	単位	設定値
走行試験前の浸漬時間	時間	15
試験輪荷重	N	686
試験温度	℃	60
走行速度	往復/分	42
走行距離	mm	230
トラバース速度	mm/分	100
トラバース幅	mm	250
供試体面寸法	mm	300×300

厚さの違いによる影響も調べた。

(4) 载荷走行時間

従来の方法では走行時間 6 時間で走行試験を終了させてはく離率を測定していたが、破壊時間を求めるため、破壊点を確認できるまで、または試験可能な時間まで载荷走行を行った。

(5) 走行速度

従来の方法では走行速度は 21 (往復/分) であったが、この条件で走行させた場合、同図に示すとおり、A-60/80 では明確な破壊時間を示したが、A-改質では 12 時間車輪を走行させても明確な破壊時間を示さなかった。すなわち高はく離抵抗性の混合物に対しては、この走行速度では比較評価ができない。次に、走行速度を 2 倍の 42 (往復/分) として試験を行った。その結果、図-4 に示すとおり、A-改質も 6 時間程度で破壊時間を示した。これらの結果より、走行速度が高いほど、短時間で評価が可能になるといえるが、試験機的能力から、この速度が限界である。そこで走行速度は 42 (往復/分) とした。

以上の変更点を含めた水浸ホイールトラッキング試験の走行試験条件を表-2 に示す。

4.破壊時間およびその精度に及ぼす試験条件の影響

4.1 同一試験条件での破壊時間のばらつき

前出の A-60/80, B-60/80, A-改質の破壊時間を図-5 に示す。1 つの混合物に対して 3 つの供試体を作製し、3 回の試験を行った。この結果から混合物によって破壊時間が変わり、同一供試体においては大きな差は生じていないことが分かる。また、これらの結果は粗骨材の静的はく離試験の結果とアスファルトの違いから予想されることと言える。

4.2 供試体厚さの変化による影響

供試体厚さを従来の方法の 50mm から 40mm に

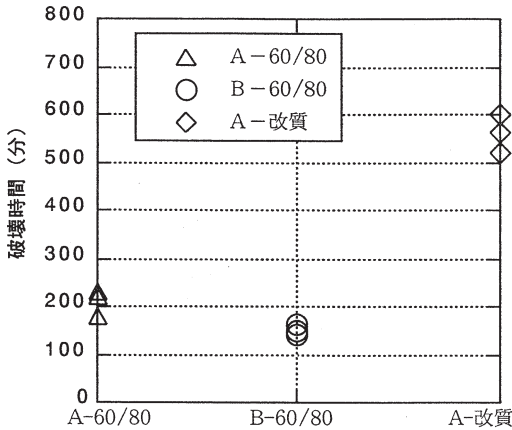


図-5 各混合物供試体の破壊時間測定結果

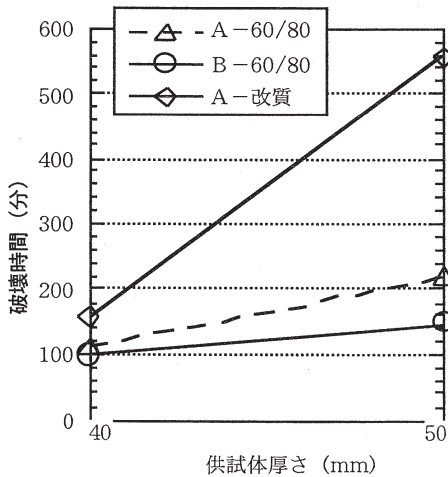


図-6 供試体厚さと破壊時間の関係 (密粒度混合物)

変化させた場合の影響を調べた。図-6 に密粒度混合物の結果を示す。供試体厚さを 40mm に変えることにより全体的に破壊時間は短くなったが、供試体の種類による差が小さくなった。

表-3 に排水性混合物の場合の結果を示す。排水性混合物には最大粒径 13mm の骨材と高粘度アスファルトを使用した。水位が下面から 5mm の場合は、厚さが 50mm になると破壊時間が 50 時間を越えても破壊に至らなかった。

すなわち、供試体の厚さを 40mm とした場合、密粒度混合物では混合物の種類により破壊時間に明確な差がなくなって耐はく離抵抗性の比較評価が難しくなるが、排水性混合物は明確な破壊時間を得るために 40mm で行ったほうがよいといえる。以下、密粒度混合物の供試体厚さは 50mm、排水性混合物は 40mm とした。

表-3 供試体厚さと破壊時間の関係 (排水性混合物)

供試体厚さ (mm)	40	50
破壊時間 (分)	1210	3000以上

排水性混合物・・・粗骨材A使用
高粘度アスファルト使用
バインダー量：5.0%
(以下、A-排水性混合物)

表-4 各供試体の破壊点における相対割線交角 (同スケール上の沈下量-時間曲線において、A-60/80 厚さ 4cm の供試体の割線交角を 1 とした場合の比率)

供試体種類	供試体厚さ(mm)	
	40	50
A-60/80	1.00	0.99
A-改質	0.89	0.87
A-排水性混合物	0.64	-

4.3 混合物の種類が割線交角に及ぼす影響

破壊点の前後 30 分における沈下量-時間曲線の直線の割線交角を求めた。その結果を表-4 に示す。密粒度混合物は供試体厚さが変化しても角度が大きく変化することはない。耐流動性がある改質アスファルト混合物では、ストレートアスファルト混合物よりも角度が小さく、急激に沈下量の増加がおきることが分かる。

排水性混合物ではこれら密粒度混合物よりもさらに角度が小さく、より明確な破壊を示す。

4.4 水位の変化が破壊時間に及ぼす影響

水位の変化による破壊時間の変化を図-7 に示す。密粒度混合物は水位を変化させても破壊時間に大きな変化がなかったが、排水性混合物は水位が変化することによって破壊時間に大きな差が生じた。

これは密粒度混合物の場合は側面からの水の進入がないためにはく離は下面の境界 (ろ紙を敷いた部分) から、上面方向に進行していく。このために水位が変化しても密粒度混合物の場合は破壊時間に変化がみられないと考えられる。

一方、排水性混合物では混合物内部に水が浸入するために、水位が高いほどはく離が促進されて破壊時間が短くなると考えられる。

4.5 下層材料の違いによる影響

従来の方では下層材料にポーラスコンクリートを設置するよう定められていた。しかし、舗装は複数の層から成り立っており、下層材料の違いが表層

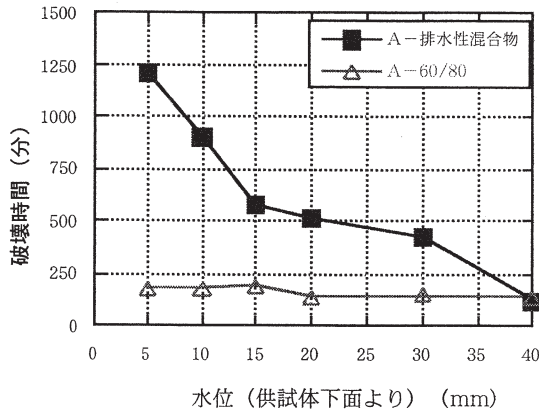


図-7 水位の変化と破壊時間の関係

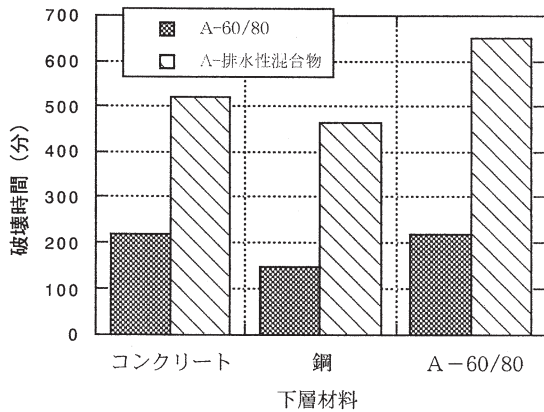


図-8 下層材料の違いによる破壊時間の変化

のアスファルト混合物層の耐久性に影響すると思われる。そこで、下層材料をセメントコンクリート板、鋼板、およびアスファルト混合物（A-60/80）の3種類に変えて実験した。その結果を図-8に示す。なお、密粒度混合物の試験では下層材料の中心に直径6.5mmの孔をあけた。また、排水性混合物の試験では、水位は排水性混合物下面より20mmとした。

図-8に示したとおり密粒度、排水性混合物ともに下層に鋼を用いると破壊時間が短くなる。また、密粒度混合物は下層がコンクリートとアスファルト混合物で破壊時間に大きな差が見られなかったが、排水性混合物の場合には下層にコンクリートを使用するよりもアスファルト混合物を使用するほうが破壊時間が大きくなった。

これより、表層のアスファルト混合物の耐はく離抵抗性を評価する際、実際に使用される下層材料との組み合わせによって試験することが望ましいといえる。

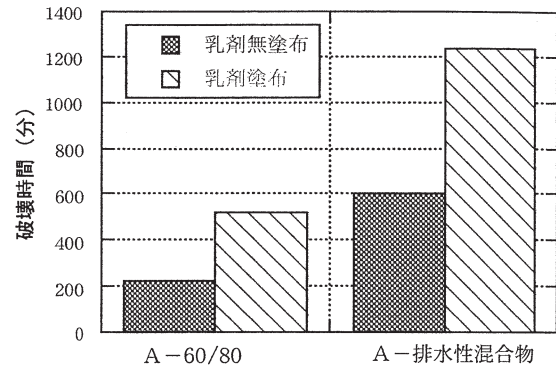


図-9 乳剤塗布による破壊時間の変化
(下層材料はコンクリート)

4.6 境界条件の違いによる影響

従来の方法では境界に乳剤等を塗布した場合は、載荷走行終了後の供試体の分割が難しく、供試体冷却後にダイヤモンドカッター等で下層材料とともに切断する必要があったが、その際にカッターの接触、カッター冷却水についた汚れなどが切断面に付着し、はく離率を測定するのが困難であった。しかし、破壊時間で評価することにより、そのような条件でも評価することができる。

図-9に密粒度混合物、および排水性混合物とコンクリート版との境界に乳剤を塗布した場合、および塗布しない場合の破壊時間を示す。なお、水位は排水性混合物は下面より20mmとした。乳剤塗布量は 0.45 l/m^2 であった。

乳剤を塗布しないより塗布した場合のほうが、密粒度混合物、排水性混合物ともに破壊時間が大きくなるのが分かる。

このように境界の条件による変化も破壊時間による評価方法で試験できる。舗装の機能が多様化する中で、今後、様々な乳剤、境界のシート等が開発されることが予想される。そのような状況で、それらを設置することによる舗装の耐久性に対する影響を調べる一つの手法として有意であるといえる。

5. 結論

以上、水浸ホイールトラッキング試験によるアスファルト混合物のはく離抵抗性の評価方法について検討した結果をまとめると次のとおりである。

- ① 従来の試験方法のように、はく離率ではなく離抵抗性を評価する場合には、高いはく離抵抗性の混合物の比較評価ができない。
- ② また、はく離率の測定には個人差が生じやすい。
- ③ 本文中で定義したような破壊時間ではなく離抵抗性を評価することにより、高はく離抵抗性の

混合物についても比較評価が可能となる。

- ④ただし、破壊時間を明確に測定するために、試験輪の走行速度を従来の方法に比べて高くするなど、試験条件を修正する必要がある。
- ⑤破壊時間すなわちアスファルト混合物のはく離抵抗性は、試験時の水位、下層材料、下層との境界条件などにより変化する。本研究で提案した方法では、それらを設定して試験することが可能である。

参考文献

- 1) 阪神高速道路管理技術センター：道路橋のメンテナンス,1993.
- 2) Road Reserch Laboratory:Bitunious Materials in Road Construction, Her Majesty's Stationery Office, London,1962.
- 3) 日本道路協会：舗装試験法便覧別冊,pp.135-138,1996.

(2002年12月18日受付 2003年1月21日受理)