

水浸ホイールトラッキング実験による橋面舗装でのポットホールの発生とその要因

鎌田 修¹・山田 優²

¹学生会員 大阪市立大学大学院工学研究科 (〒58-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138)

²正会員 工博 大阪市立大学大学院工学研究科教授 (〒58-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138)

橋面舗装において、舗装体内での滞水がポットホール発生の原因になると考えられる。そこで、実験室内で舗装模型を作製し、舗装の下方から水を供給しながら舗装上に試験輪をポットホールが発生する状態になるまで走行させ、発生メカニズムとそれへの影響要因を調べた。実験要因は、上層のアスファルト混合物の配合、下層材料、境界層の違い、粗骨材の種類、剥離防止剤の有無などである。

Key Words: immersion wheel tracking test, pot-hole, stripping, tack coat, anti-stripping agent

1. はじめに

橋面舗装では、アスファルト混合物層は通常、一般部の舗装の場合に比べて剛な支持層上にあり、過大な変形によるひびわれ破損は少ない。しかし、支持層となる床版の透水性は低く、舗装体内に水が浸入すると滞留しやすい。水の存在は層間ならびに混合物自体の剥離現象を促進し、舗装の局部的破損、すなわちポットホールの原因になると考えられる。ポットホールが発生すると、事故、特に2輪の事故が起きやすくなり危険である。

鋼床版の増加、コンクリート床版での水密性化と防水層の施工は舗装体内での滞水の可能性を高めており、それがポットホールの原因になりやすいのであれば、適切な排水構造、剥離現象を起こしにくい舗装材料・構造の開発な

どの防止対策が必要となる。しかし、それらの対策を評価する方法は必ずしも十分に確立しているとはいえない。

骨材とアスファルトとの間の剥離抵抗性自体は静的剥離試験などである程度評価が可能である。しかし、骨材とアスファルトとの間の剥離がポットホールなどアスファルト混合物層の破壊につながっていくかどうかは、交通荷重とそれによる混合物の変形性、さらに混合物層の下方の材料および層間の接着条件などによって異なると考えられる。

そこで、骨材とアスファルトとの間の剥離による混合物の破壊(ストリップ現象)を実験室内で発生させようとしたものが水浸ホイールトラッキング試験である。しかし、その試験においても剥離による混合物の破壊が起きるとは限らない。それ以前に混合物の流動による破壊が生じることが多い。したがって、剥離による混合物の破壊を生じや

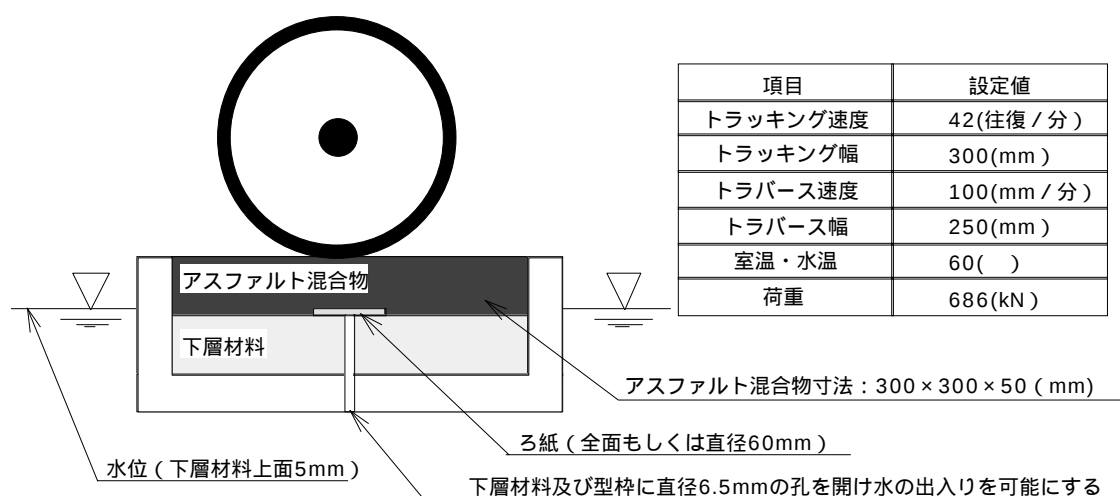


図-1 水浸ホイールトラッキング実験の方法の概要

すくするためには試験輪の走行速度をできるだけ高くすることが望ましい³⁾。舗装試験法便覧の試験方法¹⁾では走行距離 35cm に対して走行速度は35 往復 /min としているが、同別冊の簡易試験ホイールトラッキング試験方法では走行距離23cm に対して21 往復であり、走行速度は約 40%になっている。後者の試験方法では、剥離による破壊に至る前に流動による破壊が生じる可能性が高いと予想される。

2. 目的

本研究では上記のことを考慮して設定した条件により図 - 1 に示すような2 層構造の舗装模型に対して水浸ホイールトラッキング実験を行い、次のことを検討する。

舗装体内への水の侵入と混合物の剥離現象、そしてそれがポットホールの発生につながるメカニズムを水浸ホイールトラッキング試験機を用いた模型実験により検討する。

その実験結果に及ぼすアスファルト混合物のアスファルト量、消石灰の添加量、境界層、下層材料の違い、粗骨材の違い、剥離防止剤の影響を検討する。

3. 水浸ホイールトラッキング実験の方法および実験の種類

水浸ホイールトラッキング実験装置および舗装模型の概要を図 - 1 に示す。300×300×50 (mm) のアスファルト混合物を、型枠内の下層材料の上に設置する。混合物に

表 - 1 アスファルト混合物の材料と配合

混合物種類：密粒度アスファルト混合物（13）	
ふるい目開き（mm）	通過質量百分率（％）
	使用粒度
19	100
13.2	97.5
4.75	62.5
2.36	42.5
0.6	24
0.3	15.5
0.15	11
0.075	6
使用量	
ストレートアスファルト60/80	4.7,5.0,5.3 5.5,5.6（％）
消石灰	0,2,4（％）
タックコート	（リットル / m ² ）
アスファルト乳剤	0,0.45
ゴム入りアスファルト乳剤	0,0.45

表 - 2 水浸ホイールトラッキング実験の種類

列1	実験No.	水位	水浸時間	上層（アスファルト混合物）			下層材料	境界層
				アスファルト量等	粗骨材	空隙率		
1	1-1	表面から 45mm	20時間	アスファルト量5.3%	砕石A（高機産）	3.8%	コンクリート	全面ろ紙
	10時間		3.7%					
	1-3		5時間			3.8%		
	1-4		2時間			3.9%		
2	2-1		15時間	アスファルト量5.6%		3.4%	コンクリート	全面ろ紙
	2-2		アスファルト量4.7%	5.1%				
	2-3		アスファルト量5.0%	4.2%				
	2-4		アスファルト量5.3%消石灰2%をフィラーと置換	3.9%				
	2-5		アスファルト量5.3%消石灰4%をフィラーと置換	3.1%				
	2-6		アスファルト量5.3%	3.8%				
3	3-1		15時間	アスファルト量5.3%		3.8%	コンクリート	中央部径60mmのろ紙のみ
	3-2					3.9%	コンクリート	中央部径60mmのろ紙と乳剤
	3-3					3.8%	コンクリート	中央部径60mmのろ紙とゴム入り乳剤
	3-4					3.8%	鋼	中央部径60mmのろ紙のみ
	3-5					3.7%	鋼	中央部径60mmのろ紙と乳剤
	3-6					3.8%	鋼	中央部径60mmのろ紙とゴム入り乳剤
	3-7					3.7%	アスファルト混合物（5.3%）	中央部径60mmのろ紙のみ
	3-8					4.0%	アスファルト混合物（5.3%）	中央部径60mmのろ紙と乳剤
	3-9					3.7%	アスファルト混合物（5.3%）	中央部径60mmのろ紙とゴム入り乳剤
	3-10					3.7%	アスファルト混合物（5.3%）	中央部径60mmのろ紙とゴム入り乳剤
4	4-1		15時間	アスファルト量5.5%	砕石A（高機産）	4.1%	コンクリート	全面ろ紙
	4-2				砕石B（姫路産）	4.2%		
	4-3				砕石C（宝塚産）	4.2%		
5	5-1		15時間	アスファルト量5.5%、剥離防止剤AS量0.5%	砕石A（高機産）	3.9%	コンクリート	全面ろ紙

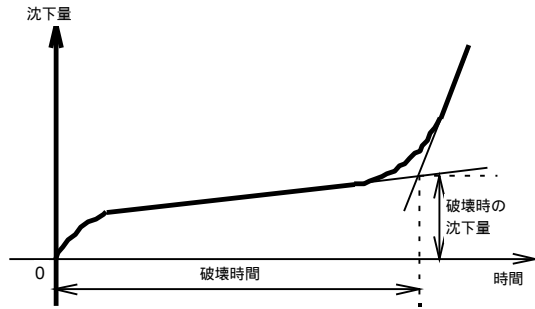


図 - 2 破壊時間・破壊沈下量の決定方法

水分が供給され、剥離が生じやすくするために、下層材料の中央に直径6.5mmの孔を開け、アスファルト混合物と下層材料の境界にろ紙を置いた。境界にタックコートを実施時には、直径60mmのろ紙を置いた。ろ紙を中央部にのみ設置し、そのまわりの残り全面にタックコート（乳剤もしくはゴム入り乳剤）を塗布した。

タックコートがある場合でも、走行荷重の繰返しにより局部的に混合物と下層との境界に水が侵入し、混合物に水分が供給されて混合物の剥離が進むようになって考えられるが、混合物が流動により破壊する以前にそのような状態になることは難しいと考え、上記のように部分的にろ

紙を置いて、その状態から走行試験を開始することとした。

舗装模型の種類および走行試験前の水浸時間を表 - 2 に示す。各種類について実験回数は1回である。なお、室温と水温は60℃とした。室温は熱風送風機で、水温は水槽内の電気ヒーターでコントロールした。走行試験では、周囲にゴムを接着した車輪が縦方向に往復運動をする。走行速度は通常行われる簡易式水浸ホイールトラッキング試験²⁾では21往復/分であるが、前記の理由から42往復/分で行った。横方向のトラバースは100mm/分で行った。また、走行試験中の供試体上面の垂直変位量（沈下量）の最大値を自動記録した。

以上の方法で走行試験を行って測定した沈下量 - 時間曲線から破壊時間、破壊時の沈下量、および沈下速度を読みとり、これらを指標にして考察した。なお、破壊時間、破壊時の沈下量の定義を図 - 2 に示す。前報⁴⁾の排水性混合物の実験では、沈下量が急激に大きくなって破壊時間が明確であったが、今回の密粒度混合物では必ずしも明確ではなかったため、図に示す方法で破壊時間を決定した。

4.実験結果と考察

(1) 水浸ホイールトラッキング実験におけるアスファルト混合物の破壊状況

No.3-3の実験以外の全実験において、試験輪の沈下量と走行時間の関係は、図-2に示した曲線を描き、破壊時

間を求めることができた。実験 No.3-3 においては、走行時間が18時間になっても破壊を示さず、沈下量が20mmに達した走行時間を破壊時間とした。

各実験において破壊したアスファルト混合物の断面を観察すると、境界の全面にろ紙がある場合はほぼ全断面、中央にのみろ紙がある場合には中央部の上から下まで、アスファルトが骨材から剥離して、骨材が裸になるストリッピング現象が生じ粘着力のないもろい状態になっていた。試験機の保護のために沈下量が

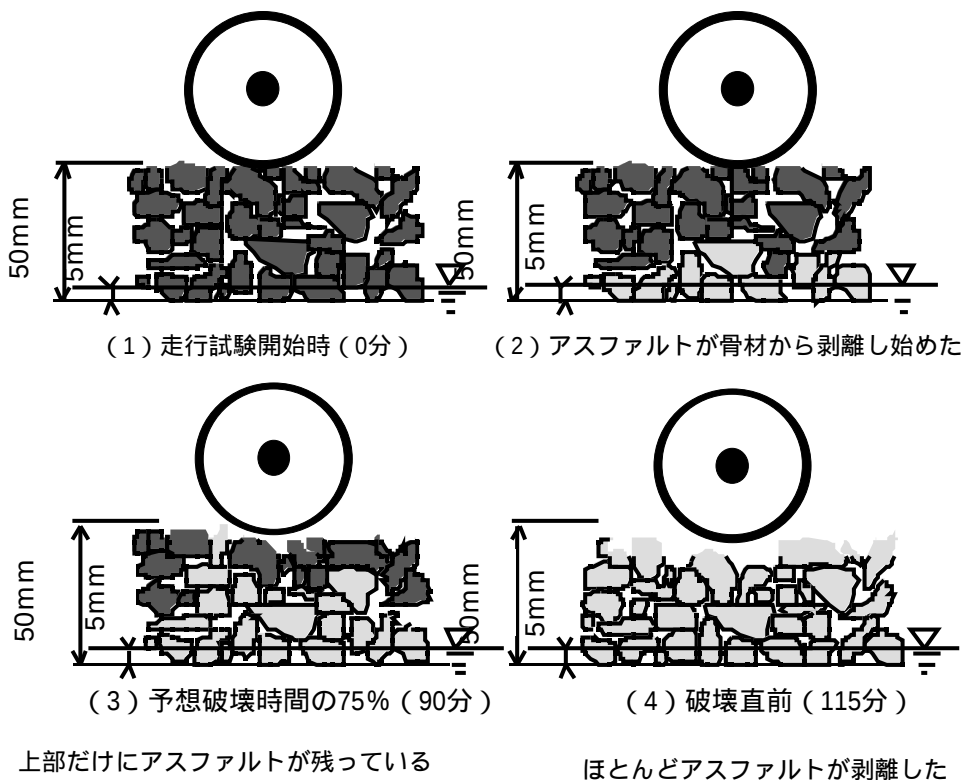


図 - 3 水浸ホイールトラッキング試験における破壊進行過程

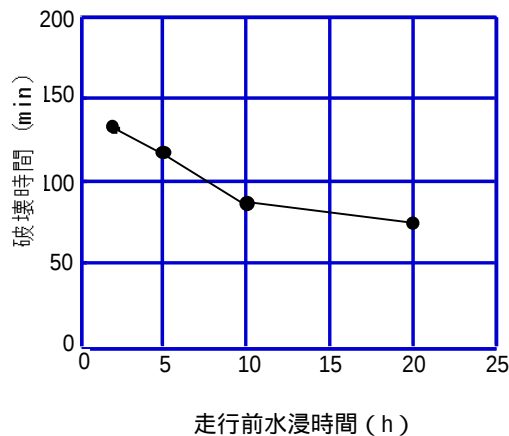


図-4 走行試験前水浸時間による破壊時間の変化

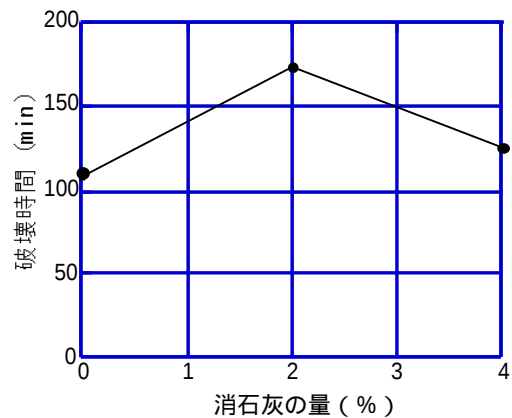


図-6 消石灰の量による破壊時間の変化

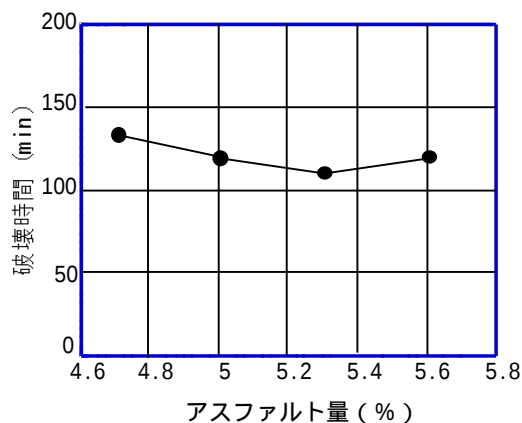


図-5 アスファルト量による破壊時間の変化

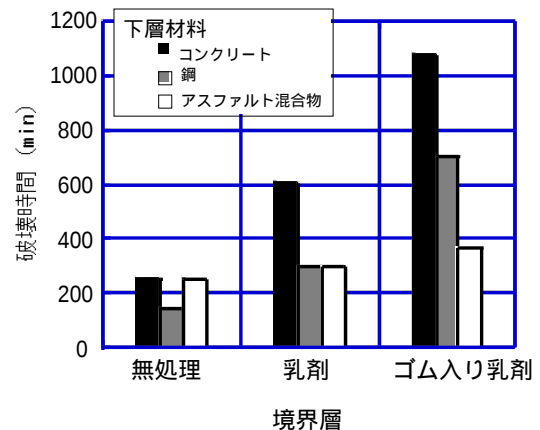


図-7 境界層による破壊時間の変化

20 mmに達すると実験を終了したが、実際の道路では、このような状態になった混合物は走行車輪によって容易に舗装から取り除かれ、ポットホールが発生すると推測される。

なお、No.2-6の実験と同じ条件で、破壊を示す直前で実験を中止してアスファルト混合物の断面を観察したところ、すでに上から下まで全厚さにおいてストリッピング現象が生じていた。また、予想破壊時間の約75%の時間で実験を中止して観察したときには、下側85%程度にしかストリッピング現象は見られず、上部には十分なアスファルトが残っていた。これらの舗装模型の断面を図-3に示す。したがって、水浸ホイールトラッキング実験によって下方からストリッピング現象が進み、上面までその現象が進んだあと破壊に至る。このとき、実際の道路ではポットホールの発生に至ると推測されるが、交通の激しい道路では、ストリッピング現象が上面まで達する前にポットホールが発生する可能性がある。

(2) 各実験での破壊時間

(a) 走行試験前水浸時間による影響

水浸時間を2, 5, 10, 20時間と変化したときの、破壊時間の実験結果を図-4に示す。走行試験前水浸時間が長くなるほど、破壊時間は短くなった。水浸時間が長いほど、混合物内への水分の浸入の機会が多くなり、混合物が剥離しやすく、また変形しやすくなり、破壊時間は短くなったと考えられる。なお、水浸時間の影響は、10時間を超えると変化が小さくなる。そこで、以後の実験(No.2-1～No.5-1)では水浸時間を15時間とした。

(b) アスファルト量による影響

アスファルト量を4.7, 5.0, 5.3, 5.6%と変化したときの、アスファルト量と破壊時間との関係を図-5に示す。アスファルト量が少ないほど、剥離が早く破壊しやすいように考えられるが、そのぶん混合物の変形抵抗性が大きくなるので、破壊時間が長くなったと考えられる。4.7%～

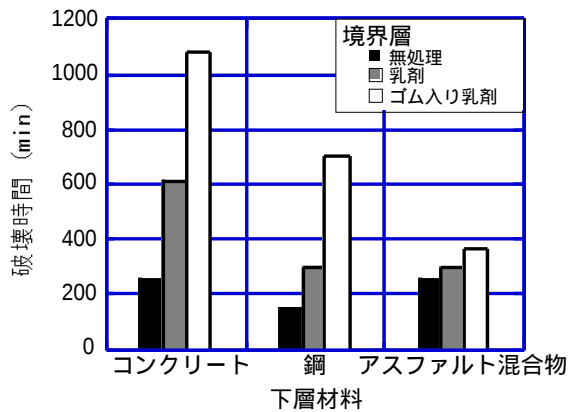


図-8 下層材料による破壊時間の変化

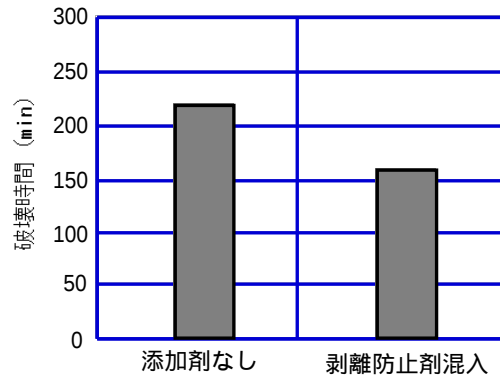


図-10 剥離防止剤混入による影響

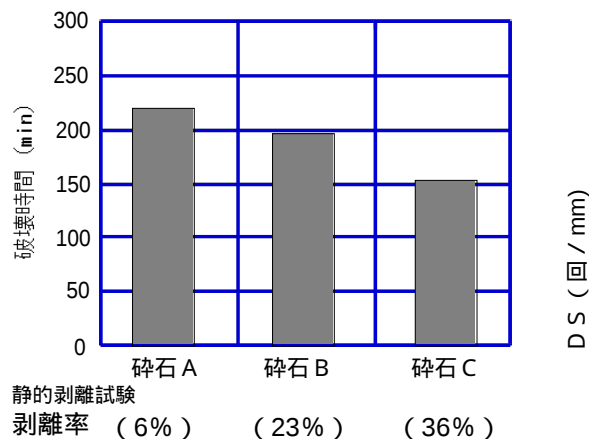


図-9 粗骨材の種類による影響

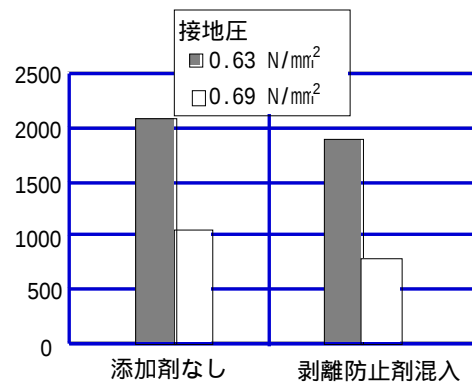


図-11 ホイールトラッキング試験結果

5.3%までは、アスファルト量が増すほど混合物の変形抵抗性が小さくなり、破壊時間が短くなったが、5.6%では飽和度が増し、水が混合物中に浸入しにくくなり、破壊時間は長くなったと考えられる。ただし、これらの破壊時間の変化はわずかなものである。

(c) 消石灰の添加量による影響

消石灰の添加量を0, 2, 4%と変化させたときの、破壊時間の実験結果を図-6に示す。消石灰2%添加の場合が、最も破壊時間が長くなって、剥離防止効果を示した。

(d) 境界層の違いによる影響

下層材料がコンクリート、鋼、アスファルト混合物の場合に、境界層を無処理、アスファルト乳剤、ゴム入りアスファルト乳剤と変化させたときの、境界層の種類と破壊時間との関係を図-7に示す。下層材料がいずれの場合もタックコートを施工、特にゴム入りアスファルト乳剤を使用することによって、破壊時間は長くなった。タックコートの施工によって、上層アスファルト混合物と下層材料の接着性が増したと考えられる。

また、下層材料がアスファルト混合物の場合には、コ

ンクリート、鋼の場合よりもタックコートの施工による効果が小さいと考えられる。

(e) 下層材料による影響

境界層が無処理、アスファルト乳剤、ゴム入りアスファルト乳剤の場合に、下層材料をコンクリート、鋼、アスファルト混合物と変化させたときの、下層材料の種類と破壊時間との関係を図-8に示す。境界層が無処理の場合に、下層材料が鋼のときの破壊時間が比較的短い。これは、ほかの下層材料に比べて、もっとも付着性が低く、境界層がすべりやすくて水が浸入しやすい状態であったと考えられる。下層材料によってゴム入りアスファルト乳剤の接着性が大きく異なり、破壊時間に影響を及ぼしていると考えられる。

(f) 粗骨材の種類による影響

混合物に異なる産地の粗骨材(砕石A～C)を使用した場合の破壊時間の比較を図-9に示す。前述してきた実験結果はすべて砕石Aを用いており、それを標準とすると、砕石Bでは約10%、砕石Cでは約30%程度破壊時間が短くなった。これらの粗骨材を使用したアスファルト混合物

についてホイールトラッキング試験によってDSを調べたが、ほぼ同じ程度のDSであり、水浸ホイールトラッキング実験の結果から粗骨材の種類によってアスファルトとの耐剥離特性の違いがあることが分かる。

(g) 剥離防止剤による影響

市販されている剥離防止剤の添加剤の有無による破壊時間の比較結果を図-10に示す。今回使用した剥離防止剤は界面活性剤タイプで、アスファルト量に対して0.5%混入した。図-10をみると剥離防止剤を混入した場合、破壊時間は混入しない場合と比較して短くなった。これらの混合物のホイールトラッキング試験によるDSの測定結果が図-11である。これより剥離防止剤を混入することによりDSが下がっていることが確認でき、それによって水浸ホイールトラッキング試験においても破壊時間が短くなったと考えられる。

5.まとめ

本研究で設定した条件による水浸ホイールトラッキング実験で、下方からのストリップ現象の進行によって、ポットホールが発生することを確認でき、さらに一連の実験結果から以下のことが分かった。

走行試験前水浸時間が長くなると、破壊時間は短くなるが、ある一定時間以上水浸させると、破壊時間への影響は小さくなり、本研究の場合、標準走行試験前水浸時間を15時間と設定できた。

アスファルト量による破壊時間の変化は小さかった。

消石灰2%混合において剥離防止効果を示した。

下層材料がコンクリートで、境界層がゴム入りアスファルト乳剤によるタックコートの場合に破壊時間は最も長くなった。

下層材料がコンクリート、または鋼の場合は、境界層をアスファルト乳剤、またはゴム入りアスファルト乳剤

によるタックコートを施工することによって、破壊時間は長くなった。

下層材料がアスファルト混合物の場合は、境界層をアスファルト乳剤、またはゴム入りアスファルト乳剤によるタックコートを施工しても、あまり破壊時間が長くならなかった。

粗骨材の種類により破壊時間に変化が生じた。

剥離防止剤を添加する場合は変形抵抗性が下がらないように添加する必要がある。

謝辞

本研究の実施に当たっては、阪神高速道路公団のご協力を得、研究成果については同公団の舗装の耐久性に関する調査研究委員会でもご検討頂きました。また、実験の一部は、大阪市立大学 回生(当時) 原田貴秀氏の卒業研究として実施したものである。ここに記して深謝します。

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：舗装試験法便覧 pp556-561, 1988
- 2) (社) 日本道路協会：舗装試験法便覧別冊 pp135-138, 1996
- 3) 小島逸平・古関堅治：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剥離土木技術資料19-4, pp.21-26, 1977
- 4) 山端 一浩・山田 優・袴田 文雄・前川 順道：水浸ホイールトラッキング試験による橋梁床版上排水性舗装の耐久性の検討, 土木学会論文集, No.606/ - 41, pp.21-29, 1998,

MECHANISM AND FACTORS OF POT-HOLE IN ASPHALT PAVEMENT ON BRIDGE-DECKS BY THE IMMERSION WHEEL TRACKING TEST

Osamu KAMADA, Masaru YAMADA

The presence of water in an asphalt pavement on bridge-deck can lead the pavement to failure. For this research, specimens were made in laboratory. The test wheel was tracking and traversed on a specimen under supplying water from its bottom until the pot-hole was occurred, and the mechanism of occurrence and factors of influence on the pot-hole were discussed. The factors selected for the experiment are design of asphalt mixture, binder course material, difference of the boundary, supply of water, variety of aggregate, anti-stripping agent.