HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	アスファルト舗装の長寿命化への提言
Author(s)	森吉，昭博
Description	技術リポート
Citation	土木学会誌，89(6)，43-45
Issue Date	2004-06-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/42540
Type	journal article
File Information	moriyoshi-48.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

[投 稿]

アスファルト舗装の長寿命化への提言

森吉昭博
MORIYOSHI Akihiro
北海道大学大学院教授　工学研究科

舗装の寿命と損傷

日本のアスファルト舗装の設計寿命（通常10年に設定される）は，大型車の走行台数による疲労設計に基づいている。しかし，実際のアスファルト舗装の寿命は疲労や本当の意味でのアスファルト舗装のわだち掘れ量で決まるのではない。アスファルト層や粒状層の塑性変形や圧密変形によるわだち掘れが主原因である[1]。このような予想しなかった原因が主となっていたため，わだち掘れにより舗装の寿命は，非常に不明確で（通常は1年から15年まで変動し，10年未満が多い）ある。しかし，米国や日本では舗装の評価を舗装表面のたわみ量や平坦性のみを指標としている。したがって，現在のアスファルト舗装の維持・補修費を根本的に大幅に低減するためには，大規模な舗装の各種の仕様の根本的な見直しが不可欠と思われる。今，アスファルト舗装およびセメントコンクリート舗装の一部において性能発注方式が採用され，舗装の損傷が設計耐用期間中に，ある規定値以下になるように指定されている。

ここでは，試験舗装から6年が経過した京都での排水性舗装を例にとり，アスファルト舗装の長寿命化への方策について現在の舗装の問題点を対比しながら述べることとする。

写真-1　ストレートアスファルト（針入度級80/100）の森吉ぜい化点試験後のアスファルトの亀裂形状（MBP＝−24℃）

写真-2　ストレートアスファルト（針入度級80/100）の森吉ぜい化点試験後のアスファルトの亀裂形状（MBP＝−23℃）

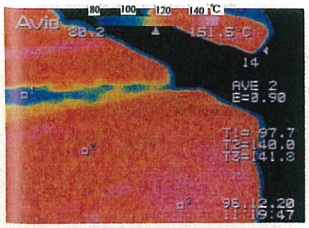

写真-3　通常の排水性舗装の施工直後の舗装表面の温度分布（夏期）

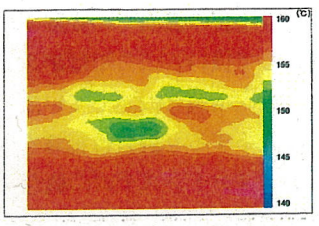

写真-4　京都の排水性舗装の施工直後の舗装表面の温度分布（夏期）

現在のアスファルト舗装の問題点

現在のアスファルト舗装での主な問題点は以下のとおりである。

アスファルトの規格

米国では現場の路面最高温度と最低温度の2つの温度にあうようにグレード分けしたアスファルトを現場の気象条件に合わせて使用することを推奨している。しかし，米国が提案しているアスファルト舗装のわだち掘れ防止のためのアスファルトの規格は実際の舗装に適用しても現場ではわだち掘れが防止できないため，舗装の維持・補修費が毎年増加している。

筆者はこれに対応したアスファルトの改造フラース試験，森吉ぜい化点試験注[1]（MBP），多層系混合物の車両走行試験等のさまざまな試験方法を提案し，これらの結果がアスファルト舗装の全ての損傷と密接な関係にあることを明らかにしてきた。特にアスファルトは骨材と骨材の接着材であるため，この破壊性状やばらつき等の仕様を後で述べる京都のような基準を設定することで舗装の長寿命化と維持・補修費の削減を図ることが可能となった。一例として写真-1，2はほぼ同じ針入度級のアスファルトを用いたMBP試験後のアスファルトの亀裂形状や破壊温度を示す。同じ規格のアスファルトでもこのように亀裂温度や亀裂形状が異なる。

施工基準

筆者らは世界で初めて赤外線放射温度計を用いて，施工直後の各地のアスファルト舗装の表面温度を測定し，これよりこの温度むらを15℃未満に抑えるとアスファルト舗装の混合物の品質がほぼ均質となり，局部的なわだち掘れが生じなくなることを見出した。

写真-3は通常の夏季施工が行われた施工直後の冷えやすいといわれる排水性舗装の表面の温度分布を示す。写真でアスファルト混合物の敷き拡げ機（フィニッシャー）が右方向へと移動しており，写真の右端の黒い部分が機械の後部の一部である。写真のように40℃の温度むらがある場合，相対的に低い箇所の混合物は重いローラーでも十分に転圧できないため，供用後短期間で局部的なわだち掘れが生じやすい。

写真-4はこの温度むらを夏季で15℃未満と規定した京都の排水性舗装のある区間の施工後の表面温度分布を示す。写真-4は見た目では写真-3の結果と同じような画面に見えるが，舗

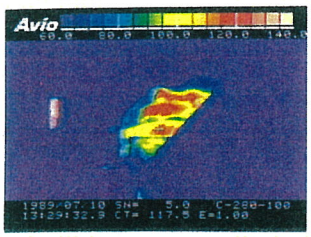

写真-5　アスファルト混合物運搬用トラックがフィニッシャーに最後の混合物を投入しているときの混合物の温度分布

写真-6　写真-5撮影時のフィニッシャーおよび混合物運搬用トラックの施工状況

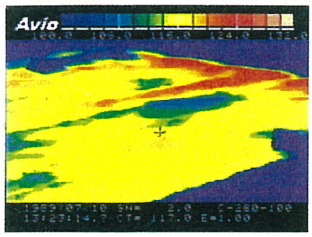

写真-7　夏期に舗装の表面をA社のフィニッシャーで施工した舗装の表面温度分布

写真-8　写真-7撮影時のA社のフィニッシャーの施工状況

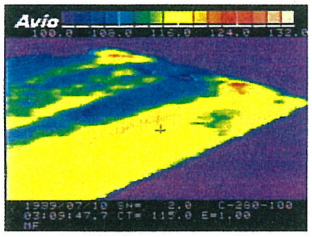

写真-9　夏期に舗装の表面をB社のフィニッシャーで施工した舗装の表面温度分布

写真-10　写真-9撮影時のB社のフィニッシャーの施工状況

装表面の温度むらは6～8℃と少なく，舗装が均質に施工されたため，6年経過でも舗装の平坦性は供用開始時と変わらない。

アスファルト混合物の作製および施工方法

混合物中の水分を混合直後に測定し，加熱混合物中の水分量を0.1%以下に抑えると舗装表面の骨材の飛散だけでなく，均質性，平坦性，温度むら等にも良い影響を与えることが確認されているので，これは舗装の耐久性向上には不可欠の仕様である。このため，アスファルトプラントの装置等を大幅に改造し，このような対策を講じる必要がある。

リサイクルのアスファルト混合物は日本では100%の利用を目指し，アスファルトの物性が互いに異なっていてもこれとは無関係に混合し，表層からアスファルト安定処理層までこれらを利用している。欧州ではリサイクル材料が混入された混合物に均質な品質となるような厳しい規格を設定し，利用箇所を限定するだけでなく，そのリサイクルの混合物を利用した舗装で50年以上の将来にわたり禍根を残さないように人体に対する安全性に対する規格も策定している。

施工機械

欧州のトラックの荷台は専用の断熱材2枚で保温しているため，通常150℃程度のアスファルト混合物（50 t）の温度は輸送中に局部的に低下しづらい。これに対して，日本では少量（10 t）の混合物を雪，砂利等を運ぶのと同じトラックを使用し，荷台の断熱を行っておらず，かつ長時間かかって混合物をプラントから現場まで輸送するため，混合物の局部的な温度低下が著しく（写真-5, 6），またフィニッシャーごとに混合物の冷却状況が異なる。写真-7, 8, 9, 10は夏季に同一の表層用混合物を同時に同一区間で施工しているときの2種のフィニッシャーの施工直後の舗装の表面温度を示す。これでも両者とも，今までの舗装の管理基準は全て合格している。

舗装の質の評価方法

アスファルト混合物はある温度（通常のアスファルトではこの温度は7℃程度）より高温側で混合物は流動破壊領域となるため，この流動領域でアスファルト舗装には疲労や亀裂が発生しない。ところが舗装の品質評価を気象条件に関係なくたわみ量で行うことが多い。しかし，たわみ量と舗装の引張ひずみとは必ずしも同一次元にはないこと，また舗装は引張応力状態で破壊すること，またこの混合物の破壊性状がアスファルトの性状に依存するため，混合物の純粋引張試験で亀裂や疲労を評価するのが妥当である。

一方，室内で車両走行試験を行う場合，現実の道路の混合物とは空隙率，温度分布や車両走行状況および舗装構造等が異なる。したがって，この試験は混合物の配合を検討する一方法としては適切であるが，現在用いられている手法で現場のわだち掘れ量を推定することは不可能であるので多層走行試験のような現実の舗装に近い状態を室内で再現することがわだち掘れ防止の近道である。

Porterは CBR（California Bearing Ratio）試験を開発した約40年前に CBR 法は粒状層の支持力を測定しているのではなく，単に粒状層のせん断抵抗を測定しているにすぎないと報告している[2]。筆者らは各種の粒状層での測定例から，同一荷重で垂直の定位置での変形量と移動荷重での変形量を比較すると，後者が約100倍大きいこと，また道路築造時に同一K-値でも移動荷重による変形量は含水量や配合に依存するが，たわみ量測定ではこれらの因子が変化してもほとんど変わらないことを室内および室外で実証している[3]。

図-1，2は含水量が6.7%（最適含水量）と4.7%の路盤材の同一荷重，同一速度のもとで定位置での繰り返し荷重と往復の繰り返し荷重の場合の表面の変形量と繰り返し回数との関係を示す。長期耐久のある舗装築造にはこのような実験を，室内，室外で行い路盤材の配合や転圧を確認しながら進めることが必要である。

舗装の損傷箇所の補修方法

米国生まれの現状のアスファルト舗装の評価方法はアスファルト舗装の表面での変形や亀裂状態を一種の関数化した数値として扱い，ここではアスファルト舗装の施工直後の値がいつも一定値と仮定している。そこで米国はこの値がある値まで低下すると舗装は補修をすべきであるという一種の舗装マネジメントシステムの概念を提案している。日本でもこれに同調して同様な考えで既設のアスファルト舗装の評価および補修を行っている。

最近米国でこのブラックボックス方式（個々の損傷の原因

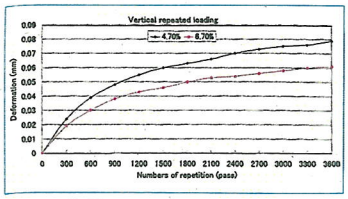

図-1　定位置で垂直方向の繰返し載荷の場合の変形と載荷回数との関係

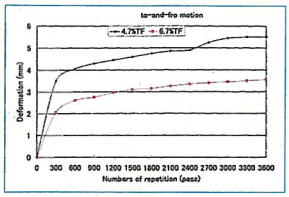

図-2　往復の移動荷重の繰返し載荷の場合の変形と載荷回数との関係

表-1　綾部宮津縦貫自動車道（南工区：排水性舗装）のアスファルトの規格

試験項目	基準値（京都）	日本改質アスファルト協会の規格
針入度(25℃) 1/10mm	40以上	40以上
軟化点（℃）	80以上	80以上
伸度（15℃）cm	50以上	50以上
引火点（℃）	260以上	260以上
薄膜加熱後質量変化率(%)	0.6以下	0.6以下
薄膜加熱後針入度残留率(%)	65以上	65以上
薄膜加熱後森吉せい化点(℃) MBP	施工地域の最低気温以下	
薄膜加熱後フラースせい化点(℃) FBP	施工地域の1月の日平均気温以下	
耐久性(163℃, 72h薄膜加熱後)(℃) MBP	-10以下	
タフネス　N·m(kgf·cm)	20（200）以上	20（200）以上
テナシティ　N·m(kgf·cm)	15（150）以上	15（150）以上
60℃粘度　Pa·s(poise)	20 000(200 000)以上	20 000(200 000)以上
FBP温度にて	MPa　5以上	
曲げ試験　FBP-10℃ 温度にて	MPa　5以上	
破壊ひずみ	$3{,}000\times10^{-6}$以上	
マイクロクリスタリンワックス・パラフィンワックスの含有	含まない	

表-2　綾部宮津縦貫自動車道（南工区：排水性舗装）のアスファルト混合物の性状と規格

試験項目	混合物性状	基準値
空隙率　全層（%）	9	20以下
空隙率　上下層（%）	19.6	20以下
連続空隙率（抜き取り供試体）(%)	14.7	15±3
マーシャル安定度（kg）	567	500以上
マーシャルフロー値（1/100cm）	34	20～40
残留安定度（%）	96.1	75以上
カンタブロ損失率（%）	10.6	20未満
圧裂強度　全層（MPa）	2.72	2以上
圧裂強度　上下層（MPa）	2.67	2以上
動的安定度　トラバース有（回/mm）	7838	1500以上
トラバース無し（回/mm）	8114	1500以上
透水係数（cm/sec）	1.8×10^{-1}	1×10^{-2}以上

を調べずにこれをブラックボックスとする考え方）ではアスファルト舗装の維持・補修費の根本的な低減に繋がらないことがわかってきたため，アスファルト舗装の個々の損傷の原因を調べた後に補修するという，欧州方式にかわりつつある。舗装の種々の損傷の原因がほぼ解明された今，逆にこのような損傷が生じないような仕様を設定することで，現在の短寿命の舗装を長寿命化することが可能である。

舗装構造と損傷

室内のわだち掘れ実験の結果，多層系のアスファルト舗装で表層だけでなく，アスファルト層の2層目以下のアスファルト層の圧密変形が表層同様に大きいことが筆者らにより明らかにされている。また，アスファルト舗装の厚さや交通量，下層路盤のK-値，その厚さおよび気象条件もほぼ同一区間で，下層路盤層の配合が若干細かくなっただけで路盤層の圧密や塑性流動が大きくなり，粗い配合の区間のそれより30年間の舗装の維持・維持費（100 mごとのアスファルト舗装表面の補修費の合計）が約30%増えている。

一方，橋梁部のアスファルト舗装の寿命は一般道路部のそれの約1/10程度と極端に短く，かつ橋梁のタイプにより舗装の寿命が明確に異なること，また橋梁部の維持費は補修のためのペンキの費用より舗装の維持・補修費が極端に大きい。したがって，アスファルト舗装は一種の破壊のセンサーと考え，橋梁部上のアスファルト舗装が損傷しやすいかどうかを見極めてから橋梁の形式を選定する必要がある。

京都で実施された長寿命化を目指した排水性舗装

綾部宮津縦貫自動車道（南工区：綾部ー大江間の12.1 km，厚さ4 cm）の表層の排水性舗装では長寿命化に不可欠なアスファルトの新しい品質規格を表-1のように設定した。

一方アスファルト混合物の規格も舗装の均質化のため一新し，表-2のような規格を設定した。京都の排水性舗装では施工直後の含水量，温度むらおよび空隙率等について従来の規格から脱却し，舗装の均質化のために新しい規格を大幅に採用した。このような規格で排水性舗装の上部，下部および水平方向の均質性を確保し，施工後の舗装の透水性機能と耐久性の相矛盾する項目の両立を図った。

開通前から5年以上のメンテナンスフリーを目指した結果，6年経過後の現在でも局部的な補修もなく，メンテナンスフリーであり，平坦性，透水性，騒音はともに開通時とほとんど変化していないことから，舗装の均質性は長寿命の最重点目標といえる。

真の「長寿命舗装」

日本で25年間維持・補修の必要性がなかったアスファルト舗装の施工で開発した技術と綾部宮津縦貫自動車道で培った技術を用いると，今でもすぐに「長寿命」のアスファルト舗装の建設は可能であり，このような舗装技術のノウハウは日本にしかないと思われる。上で述べたような均質となる舗装を建設すると，長寿命となり，現在日本では毎年8 000万tといわれる舗装用の混合物の使用量が著しく減る（このうち補修用混合物が混合物全体のほぼ7割）。また，舗装の維持費や補修用の混合物加熱等のためのエネルギーも極端に少なくなり，炭酸ガス発生量も著しく少なくなる。

このような技術を国家レベルで検討し，採用することになるとアスファルト舗装の表層だけ補修し，その他の舗装構造の寿命が40～50年になる可能性がある。そうすると橋やトンネルの寿命と肩をならべるような「構造」となるだけでなく，すべての「道路構造物」で同等の寿命が期待できる。今こそ，このような国家プロジェクトを至急開始し，40～50年先の道路の将来を見て日本が世界の標準となる舗装技術を確立し，日本だけでなく世界の道路のルネッサンスに着手すべきである。

注
1）直径14 cm，深さ1 cmの特製のステンレス製の2枚の皿にアスファルトを50 gづつ入れ，これを低温のメタノール水槽に1分間浸して，アスファルトの亀裂温度を測定する試験。

参考文献
1ー近藤　崇・森吉昭博・吉田隆輝：ホイールトラッキング試験におけるアスファルト混合物の内部の骨材の移動特性，石油学会誌，第46巻，第3号，pp.172-180，2003
2ー Porter, O.J.：Trans., ASCE，115，pp.461-467，1950
3ー Moriyoshi, A. Takemoto, H. and Takano, S.：Evaluation method for untreated material due to repeated loading of wheel, SIIV, pp.312-321, 2002

（2003年9月3日・受付）