



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	京都縦貫自動車道・綾部宮津道路における寒冷地仕様の排水性舗装について
Author(s)	森吉, 昭博; 中居, 隆章; 神, 敏郎 他
Citation	改質アスファルト, 11, 4-10
Issue Date	1998-08-13
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/48681
Type	journal article
File Information	JMAA11_moriyoshi.pdf



京都縦貫自動車道・綾部宮津道路 における寒冷地仕様の排水性舗装 について

森吉昭博*・中居隆章**・神 敏郎***・山田 薫****

京都縦貫自動車道綾部宮津道路の綾部ジャンクションから舞鶴大江インターチェンジまでの12.1kmにおいて、表層部に排水性舗装を適用した。排水性舗装は、その求められる機能から空隙率が高いため、舗装体の内部まで雨水や空気の影響を受ける。また排水性混合物に使用される骨材のほとんどが粗骨材であり、形状・硬さなどの品質は舗装の耐久性・機能性に大きな影響を与える。これより従来のアスファルト舗装と比較して、より高品質の材料選定、慎重かつ入念な施工体制により、いくつかの新たな手法を取り入れて施工を行った。

キーワード

排水性舗装、寒冷地舗装、X線解析、MBP試験、空隙率、植物繊維、品質管理、赤外線放射温度

1. はじめに

京都縦貫自動車道は、宮津市と久世郡久御山町を結ぶ延長約100kmの高規格幹線道路であり、縦に長い京都府の南北の交通軸を強化し、府域の均衡ある発展を図る上で、極めて重要な路線として位置付けられている。

綾部宮津道路は、この道路の一部を構成するもので、京都府北部地域の綾部市と宮津市を結ぶ約25kmの道路であり、その建設は京都府と京都府道路公社が担当している（図-1）。

平成10年3月8日に、約半分の13kmを供用したが、寒冷地にあたるこの区間の舗装の表層層については排水性舗装を採用している。排水性舗装は、寒冷地にあたっても通常の排水機能を有し、かつ耐久性についても出来るだけ長寿命化を図りたいとの考えか



図-1 京都府道路公社の管内図

*もりよし あきひろ 北海道大学大学院工学研究科教授・工博
**なか い たかあき 京都府道路公社
***じん としろう 京都府道路公社
****やまだ かおる 京都府道路公社

ら、現行の諸基準に加え、寒冷地への適用を考慮した独自の基準を設けて対応したもので、言わば寒冷地仕様あるいは高規格タイプの排水性舗装と言えるものである。

ここでは、その概要について紹介するものである。

2. 排水性舗装についての最近の動向

アスファルト舗装だけでなくコンクリート舗装でも世界中で道路環境が問題となってきたため、排水性舗装が騒音対策や滑り対策、降雨時の先導車の水しぶきの飛散防止などの理由で盛んに施工されるようになってきた。特にヨーロッパでは各国とも1980年代から大規模な施工実績がある。この混合物は英国生まれといわれ、近年は結合材の付着力が大きいとされる改質アスファルトが使用されるようになってきた。

日本においても、日本道路公団をはじめ建設省を中心にこの排水性舗装用混合物がかなりの面積で使用され、実績が多くなってきたため、結合材としての規格（案）が平成8年10月に制定された。この規格には通常のアスファルトの針入度、軟化点、60℃粘度の他にタフネス、テナシティが規定されている。

現在までかなり広範囲にこの排水性舗装が施工されているが、日本だけでなく外国でも骨材の飛散や異物の浸透による目詰まりが生じやすく、寒冷地では耐久性が通常の舗装用混合物と比較して短いといわれている。このため排水機能の良さはそのままにして耐久性をさらに増すことが各機関で検討されている。

3. 工事概要

- 1) 工事区間 綾部市七百石町（綾部JCT）～舞鶴市地頭（舞鶴大江IC）
- 2) 工期 平成9年1月7日～平成9年10月31日
- 3) 施工内容
 - 工事延長 $L=12.6\text{km}$
 - 幅員 $W=12.0\sim 22.0\text{m}$
 - 舗装面積（表層工面積） $A=122,600\text{m}^2$

排水性舗装	$A=98,700\text{m}^2$
密粒舗装	$A=23,900\text{m}^2$
● 合材総トン数	54,000t
排水性混合物	8,000t
その他の混合物	46,000t

4) 舗装構成および標準横断

図-2、3にその舗装構成を示す。

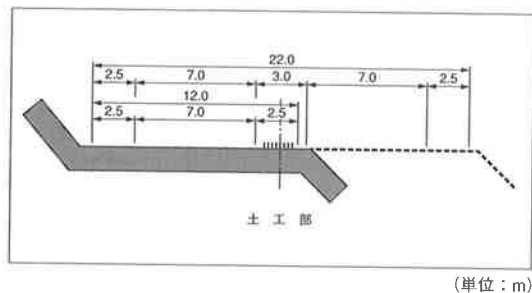


図-2 標準横断

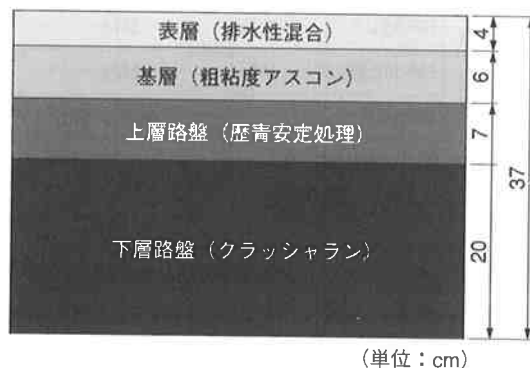


図-3 舗装構成

4. 排水性混合物用材料の品質規定と考え方

本道路は、積雪寒冷地を通過することと、道路公社としては初めて排水性舗装に取り組むため、道路公団設計施工マニュアル、また日本道路協会の排水性舗装技術指針（案）の規定に加え独自の規格値を定め、よりよい材料選定を求めたものとなっている。

表-1 排水性混合物用アスファルト品質規定

試験項目		規定値
針入度 (25℃)	1/10mm	40以上
軟化点	℃	80以上
伸度 (15℃)	cm	50以上
引火点	℃	260以上
薄膜加熱質量変化率	%	0.6以下
薄膜加針入度残留率	%	65以上
* 薄膜加熱後森吉ぜい化点 (MBP)	℃	施工地域の最低気温以下
* 薄膜加熱フラースぜい化点 (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	kgf・cm (N・m)	200 (20) 以上
テナシティ	kgf・cm (N・m)	150 (15) 以上
60℃粘度	poise (Pa・s)	200,000 (20,000) 以上
* 曲げ試験	FBP温度にて	M・Pa 5以上
	FBP・10℃温度にて	M・Pa 5以上
	破壊ひずみ	3,000×10 ⁻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-1、表-2は、材料の試験項目と規格値を示すとともに、排水性舗装技術指針（案）との比較もあわせて表記したものである。なお表-1および表-2の各表中に*を付したものが新たに検討した項目である。

4. 1 材料規定の考え方

4. 1. 1 骨材

骨材の選定にあたって検討および留意した特徴的なものは、

- ・粗骨材の化学的安定性の検討（X線回折）
- ・粗骨材の単粒化

である。

骨材は排水性混合物用の重要な材料の一部であることを考慮して、特にこの品質規定については厳格に検討した。

表-2 排水性混合物粗骨材の品質規定

試験項目	規定値
見かけ比重	2.50以上
吸水率	% 3.0以上
すりへり減量	% 30以下 (注1)
安定性試験減量	% 12以下 (注2)
軟らかい石片の含有量	% 5.0以下
細長いあるいは扁平な石片の含有量	% 20.0以下 (注3)
* 耐久性試験	X線回折で検査し合格したもの (注4)
粘土・粘土塊含有量	% 0.25以下

注1) 試験は、JIS A 1121のC粒度に規定する方法による。ただし試料の粒径は5～13mmの範囲、質量は5,000±10 (g) とする。

注2) 試験は、硫酸ナトリウム溶液 (Na₂SO₄) を用いて5サイクル行う。

注3) 試験は、5mmフルイに残留する骨材を対象として行う。細長い石片とは、石片の幅に対する長さの比が3以上の石片をいい、うすぺらな石片とは、厚さに対する幅の比が3以上の石片をいう。

注4) NaCl、CaCl₂、CMA、尿素およびポリオキシエチレンノニルフェニルエーテル硫酸ナトリウムの各0.5%溶液に1週間浸し、骨材の化学反応の有無をX線回折で検査する。

すなわち骨材は

- 単粒に近い粒度のもので、かつ排水機能を長期間保持する必要があることから立方体に近い骨材
- ローラで転圧中に骨材が破壊しないために骨材の結晶の方向性がないこと
- 偏平率が小さいこと
- 砂質岩で岩質が一定であること
- 融雪剤と化学的に反応しないこと
- 物理的には凍結融解試験でも安定であること
- ある特殊な薬剤（洗剤）でも安定であること
- アスファルトとの付着性が良いこと
- 骨材が高温で加熱され乾燥されているとき、この温度でも酸化などがなく安定（加熱安定性）していること

などが求められたものである。

4. 1. 2 アスファルト

アスファルトの選定にあたっては、特にアスファルトの低温ぜい性を重視した。特徴的なことはMBP試験を導入（注参照）したことと、曲げ試験の規格を設けたことである。また、熱応力破壊が最近低ひずみ領域で生じることが分かってきたためこの対策として、破壊ひずみの規定を設けた（表一参照）。

注）MBP試験とは直径14cmの特殊ステンレス製容器2個にアスファルトを50gずつとり、このアスファルトが熱応力により破壊する温度を測定する方法。

5. 配合設計

排水性混合物性状の基準値を表一3に示す。ここでも比較として排水性舗装技術指針（案）を併記する。

表一3 排水性混合物の性状

試験項目		綾部宮津道路		排水性舗装技術指針（案）
		混合物性状	基準値	目標値
密度	g/cm ³	2.039		
理論密度	g/cm ³	2.518		
空隙率 全層	%	19.0	20	20程度
*空隙率 上下層	%	19.6	20	
*連続空隙率（抜き取り供試体）	%	14.7	15±3	
マーシャル安定度	kgf	567	500以上	350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	
ダレ試験損失率	%	0.86		
*圧裂強度 全層	kgf/cm ²	27.2	20以上	
*圧裂強度 上下層	kgf/cm ²	26.7	20以上	
動的安定度 トラバース有	回/mm	7,800	1,500以上	
*動的安定度 トラバース無	回/mm	8,100	1,500以上	1,500以上
透水係数	cm/sec	1.8×10^{-1}	1×10^{-2} 以上	1×10^{-2} 以上

表中の*を付したものが新たに検討した項目である。

5. 1 検討項目

配合設計においては主として以下の項目に検討を加えた（表一3参照）。

- 空隙率（供試体全層・上部・下部・連続）
- 混合物の低温性状（-25℃の圧裂強度試験）
- 静的はくり試験（NaCl他4種の薬品）
- 凍結融解試験（300サイクル）
- 植物繊維の添加有無（ダレ防止）

5. 1. 1 空隙率

従来の排水性舗装の空隙率と耐久性との関係について見ると、連続空隙率の目標値を15%以上に設定すると、機能面では優れていても耐久性が低下し、部分的な破壊やひびわれなどが発生し、長寿命を保てない傾向がみられる。そこで機能を若干犠牲にしても高寿命化を目視するという観点から、連続空隙率を15%とし、施工や測定のバラツキを考慮し土

3%を許容することとした。今回実施した排水性舗装は、4cmの表層であるが、通常の混合物同様この層の内部でも空隙率が深さ方向に異なり、層の中心部が一番小さく、上部および下部ではこれより大きいこと、また、この空隙率分布も施工法や施工機械によっても異なることが想定される。

したがって、排水機能やすべり防止などの機能を考慮し、層全体の空隙率に加え、層の上部および下部についても規定を設けることにした。

5. 1. 2 低温性状

低温性状の検討に際し、今回は圧裂強度試験を実施した。

アスファルト混合物の圧裂強度は、温度や荷重速度により著しく値が異なる。したがって、マーシャル供試体（両面50回）を用いて、ぜい性領域で混合物の性状を検討するために -25°C 、 $50\text{mm}/\text{min}$ で低温圧裂試験を行った。その基準値としては、 $20\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上とした。その根拠は、非常に良く施工された概ね20%空隙率を有する排水性舗装の低温圧裂強度は概ね $20\text{kgf}/\text{cm}^2$ 近辺にあったため、この値を用いることとした。（注：今回実施した舗装の連続空隙率は15%と設定しているが、これに対応する全体空隙率は概ね20%を想定しているため、比較の参考とした。）

5. 1. 3 静的はくり試験、凍結融解試験

はくり試験は、「日本石油学会規定」に準拠して行った。今回は、凍結防止剤散布の影響も考慮して、NaCl他の薬剤について0.5%を混入させた 80°C の溶液を用いて実施した。

また凍結融解試験についても、この地域で実施する舗装としては、初めて導入し、検証することとした。

5. 1. 4 植物繊維の添加

排水性舗装用混合物は耐久性を増すために通常アスファルト量を若干多くしている。しかし、アスファルト量を若干多くするとこの混合物は運搬中“だれ”が生じ、アスファルトの分離が生ずることが知られている。このため細かいガラス繊維と植物繊維

の2種を用い、アスファルトにこれらの繊維を混入したときの効果についても試験を行った結果、植物繊維を混入したものが“だれ”防止効果が高かったため、これを用いることとした。なお、混入割合は混合物1tに対して植物繊維1kgとした。

結果として、繊維が混入されるとその結合材の破壊時のひずみが低温領域では3～4割低下し、著しく小さくなる傾向にあった。

6. 混合物の製造・運搬

6. 1 混合物の製造・運搬の対策

混合物の製造・運搬については、特に下記の点について、重点的な対策を行った。

- 高粘度改質アスファルト分離対策
- 排水性混合物の水分除去
- 排水性混合物の水分量測定方法検討
- アスファルト入荷時の品質確認
- 排水性混合物運搬時の保温対策

6. 1. 1 高粘度改質アスファルト分離対策

室内試験ではアスファルト中の樹脂が高温で分離することから、これを予防するためにアスファルトタンク内に循環装置を設置することより、対応することとした。

6. 1. 2 排水性混合物の水分除去および水分量測定方法

今回の仕様では、製造直後の含水量を0.1%以下と規定している。これは混合物中に水分が含まれていると、はくりを引き起こす原因となるため、極めて厳しい値を設定したものである。水分除去対策としては、粗骨材のストックヤードを屋根付きとして雨水が直接かかることを避けた（ストックヤード写真-1）のに加え、骨材加熱乾燥装置（ドライヤ写真-2）に逆パネを設置するなど改良を加えて対応した。結果としては、この水分量測定には電磁波（電子レンジ）を利用して行った。

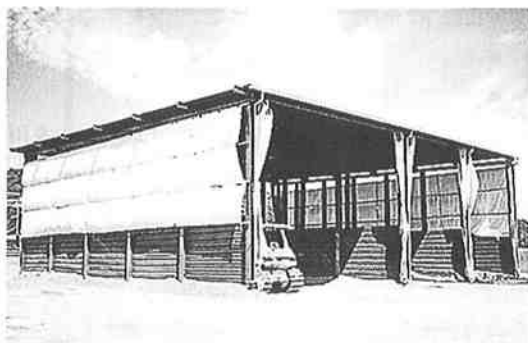
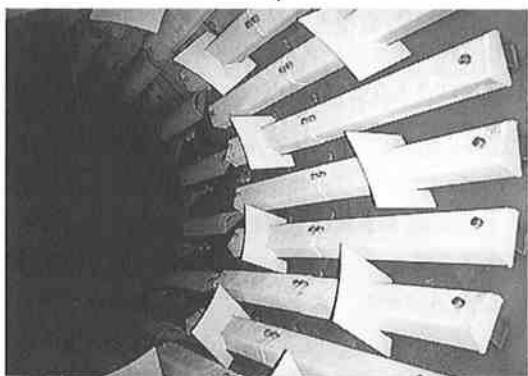


写真-1 粗骨材ストックヤード（水分除去対策）



改造前



改造後

写真-2 骨材加熱乾燥装置（ドライヤー）の改良（水分除去対策）

6. 1. 3 アスファルト入荷時の品質確認

排水性舗装用のアスファルトには樹脂が混入され

ているため高温で貯蔵するとアスファルト成分の分離やアスファルトの製造から混合物製造までの貯蔵時間や貯蔵温度などによるアスファルトの品質のバラツキが懸念されるため、現場でこれらをチェックすることとし、メーカ工場出荷時、プラントへの入荷時にMBP試験を実施して、管理を行った。

6. 1. 4 排水性混合物運搬時の保温対策

排水性混合物の保温対策としては、下記の点に留意した。

- ダンプトラックの荷台に木製合板を設置し、断熱効果を高めた（写真-3）
- 荷台後部を絞り、ダンプ時にフィニッシャの中央部に混合物を集める（フィニッシャのホップでの滞留防止）
- 保温シートは二重掛けとした



写真-3 運搬車の保温対策

7. 施工

施工にあたっては、以下の点において検討を加えた。

- 排水性混合物敷きならし時の温度ムラ
- 温度ムラの抑制対策

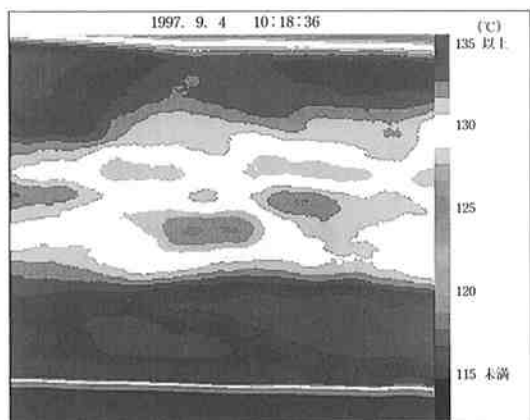
7. 1 排水性混合物の敷きならし時の温度ムラ

フィニッシャ排出直後の舗装表面に温度ムラがあると空隙率や強度に影響を与え、その結果として舗装に局所的な破壊を招く恐れがあるため、この温度差を重視することとした。今回の仕様では15℃以下

としたが、これは良好に施工された密粒度混合物から得られたデータを見ると5～15℃の範囲にあったため、15℃を採用することとしたものである。

また、施工時期により舗装体の空隙率や強度が変化すると考えたこと、冬季における排水性混合物の温度ムラが大きかったという事例もあったため、施工時期については、外気温が高く安定しており、温度管理が比較的容易である夏期とした（施工時外気温は20℃以上とした）。

温度測定にあたっては、従来のポイント測定に加え、赤外線放射温度計による面的な測定を行って管理した（写真-4）。結果は15℃をクリアした。



a. 敷きならし直後の温度分布状況
(赤外線画像より温度ムラを管理。15℃以下)



b. 赤外線画像撮影状況

写真-4 赤外線温度計

7. 2 温度ムラの抑制対策

温度ムラの抑制対策とし、アスファルトフィニッ

シャに以下の改良を加えた。

- ホッパーに断熱材を装着
- スクリーン上部に防風シートを設置

なお今回の施工は、高締固め型フィニッシャを用いて、ホットジョイント施工を行った。

8. あとがき

綾部宮津道路における排水性舗装の概要を述べたが、その長期供用性の可否や寒冷地への適用を考慮して設けた独自の基準の妥当性については、現在追跡調査中である。

しかしながら、使用したアスファルトや骨材のいずれもがその品質基準に合格したものであったことはもちろん、完成検査時における抜き取り供試体の性状については、連続空隙率が平均で15.0%、-25℃における圧裂強度が平均で21.3kgf/cm²であったこと、施工後の舗装の平坦性も通常の排水性舗装より良かったことおよび温度ムラや含水比の基準を満たして施工し得たことなどを考慮すれば、寒冷地であっても通常の排水機能を有し、かつ良好な長期供用性を有する排水性舗装として大いに期待されるところである。

なお、この舗装の施工に当たり、大林道路（株）、日本舗道（株）、金下建設（株）、西田工業（株）および（株）オリエンタルコンサルタンツの関係者の皆様には多大なるご協力を頂いた。ここに御礼を申し上げる次第である。