

高安定性アスファルト混合物の耐油性評価方法と施工事例について

杉山 亮¹・中森 康裕²

¹東亜道路工業（株）関西支社 技術部技術センター （〒664-0837 兵庫県伊丹市北河原6-2-5）

²西日本高速道路（株）関西支社 福岡高速道路事務所 （〒679-2204 兵庫県神崎郡福崎町西田原2023）

西日本高速道路（株）では、休憩施設（SA/PA）内の大型車駐車帯の表層に、駐車車両タイヤ部の静荷重沈下や油モレによるカットバック対策として、新設時および供用中の維持修繕において半たわみ性舗装を多く採用してきたが、供用中の維持修繕を半たわみ性舗装で施工する場合、2日間以上の駐車禁止を要するため、お客様にご不便をお掛けしてきた。

今回、休憩施設の維持修繕に当たり、半たわみ性舗装と同程度の耐油性を有し耐流動性に優れた高安定性アスファルト混合物¹を試行的に採用したので、高安定性アスファルト混合物の耐油性評価方法とその施工事例について、本報で報告する。

キーワード 休憩施設補修、大型車駐車帯、高安定性アスファルト混合物、耐油性

1. はじめに

西日本高速道路（株）（以後、NEXCO西日本と称す）では、休憩施設（SA/PA）内の大型車駐車帯の表層に耐流動・耐油性を考慮し、半たわみ性舗装を採用しているが、近年半たわみ性舗装においてもカットバックやひび割れによる損傷が表れている。また、この補修を半たわみ性舗装で行う場合、母体アスコンの補修とセメントミルク浸透作業の2工程を必要とするため、2日間以上の駐車禁止を要し、お客様にご不便をお掛けしてきた。

NEXCO西日本では、中国縦貫自動車道の「社PA上下線」・「加西SA上下線」・「安富PA上下線」の大型車駐車帯の補修を行うに当たり、通常の密粒度系アスファルト混合物と同様の施工で施工当日に路面開放ができ、かつ、半たわみ性舗装と同程度の耐油性を有し耐流動性に優れた高安定性（High Stability）アスファルト混合物（以後、HSアスコンと称す）に着目し、試行的に採用したので、施工事例として報告する。

また、HSアスコンの採用に当って、マーシャル供試体を用いた耐油性評価試験により耐油性を確認するとともに、その結果から暫定目標値を得たので、耐油性評価方法として、併せて報告する。

2. 既設舗装の破損原因

補修対象箇所の破損原因について、抜取りコアによる調査を行った。路面損傷状況を写真-1に、採取コアを写真-2に、調査結果を表-1に示す。その結果、ポット

ホール補修箇所とわだち掘れ箇所の破損原因の52%が、油が舗装内に浸透したことによるものと確認された。



写真-1 路面損傷状況



写真-2 採取コア

表-1 抜取コアによる破損原因調査結果

破損状況		駐車場部			
		健全箇所	補修箇所	クラック箇所	わだち箇所
クラック	5cm≧t			4	
	5cm<t≦10cm			3	
	舗装全層			3	
半たわみ表層部	破損なし		1		
	破損			1	3
	劣化進行	1	2		2
	油浸透		4	1	4
基層部	劣化進行	3	3	3	4
	油浸透		3	1	4
油浸透に起因する破損率(%)		(15/29) × 100 = 52			

※油浸透に起因する破損率の母体数は、補修箇所とわだち箇所の合計とした。

3. 補修工法の選定

既設半たわみ性舗装のポットホールとわだち掘れによる破損の主たる原因が油によるカットバックと確認されたことから、耐油性に優れた表層材料として、HSアスコンによる補修を検討した。検討結果を表-2に示す。

その結果、HSアスコンによる補修工法の施工費用が

半たわみ性舗装による施工費用をわずかに上回ったが、お客様へのご不便等を考慮し、HSアスコンによる補修工法を試行的に採用することとした。

表－2 補修工法の比較

項 目	表層工	
	半たわみ性舗装	高安定性舗装
耐油性 (油浸残留安定度) 暫定目標値：75%以上	85.3%	81.0%
耐流動性 (5,000回/mm以上)	63,000回/mm (15分沈下量0.01mm)	21,000回/mm (15分沈下量0.03mm)
施工日数 (500㎡あたり)	路面切削～半たわみ母体アスコン：1日、セメントミルク浸透：1日 計2日	路面切削～表層：1日
直接工事費 (円/㎡)	3,920	4,150
総合評価	○	◎

4. HSアスコン

HSアスコンの表層用混合物としては、粗面SMAと密粒度ギャップがあるが、今回の補修では密粒度ギャップ【NEXCO西日本仕様：表層用混合物タイプG】を採用した。以下にその仕様について述べる。

(1)使用材料

HSアスコンに使用するアスファルトは、ポリマー改質アスファルトⅡ型に適合する主材アスファルトに写真－3に示す添加材を80：20でプラントにてウェット混合するもので、その性状を表－3に示す。

(2)混合物の配合と性状

採用したHSアスコン【表層混合物タイプG】の配合と性状を、表－4に示す。なお、HSアスコンの添加材がプラントミックスであることから、試験練り時に練り落とされたO.A.C混合物の左右と真ん中の3箇所を試料を採取し、動的安定度試験を行い分散性に問題がないことを確認した。

(3)出荷温度

施工時期は7月～9月の夏期であるが、合材工場（伊丹アスコン）から「安富PA上り線」までおよそ100分の運搬時間が想定されることから、4t ダンプトラックで試験運搬を行った。その結果、最大で5℃程度の温度低下となることから、出荷温度を175±5℃とした。



写真－3 HS添加材

表－3 HSアスファルトの性状

試験項目	試験値	社内規値
軟化点	℃ 75.0	70以上
伸 度 (15℃)	cm 55	30以上
針入度 (25℃)	1/10mm 35	25以上45未満
タフネス (25℃)	N・m 25.5	20以上
薄層摩耗質量変化率	% 0.08	0.6以下
薄層摩耗侵入度残留率	% 83.3	75以上
引火点	℃ 325	260以上
密 度 (15℃)	g/cm³ 1.020	報 告
推奨混合温度	℃ 175±10	—
推奨締結温度	℃ 150以上	—

表－4 表層混合物タイプGの配合と性状

項 目	配合種別		タイプG (HSアスコン)	摘要
	骨材配合	混合物配合		
配合率	6号砕石 (%)	61.0	57.8	
	砕 砂	7.0	6.6	
	細 砂	25.0	23.7	
	石 粉	7.0	6.6	
	アスファルト		5.3	
骨材 合成 粒度	区 分	試験値	基準値	
	19.0 (mm)	100.0	100	
	13.2	98.0	95～100	
	9.5	78.4	—	
	4.75	41.7	35～55	
	2.36	37.6	30～45	
	0.6	24.4	20～40	
	0.3	16.8	15～30	
	0.15	9.5	5～15	
	0.075	6.8	4～10	
混合物 の性状	密 度 (g/cm³)	2.388	—	
	理論 密 度 (g/cm³)	2.485	—	
	空 隙 率 (%)	3.9	3～7	
	飽 和 度 (%)	76.1	65～85	表層タイプG
	安 定 度 (KN)	15.40	10以上	HSアスコンタイプG
	フ ロ ー 値 (1/100mm)	31	20～40	
	残 留 安 定 度 (%)	91.2	75以上	表層タイプG
	動 的 安 定 度 (回/mm)	21,000	5,000以上	特記仕様書
	油 浸 残 留 安 定 度 (%)	81.0	75以上	耐油性目標値
	油 浸 質 量 変 化 率 (%)	1.2	2.0以下 (暫定)	耐油性目標値
カ	ン タ フ ー ロ 損 失 率 (%)	10.5	—	
	油 浸 カ ン タ フ ー ロ 損 失 率 (%)	25.4	30以下 (暫定)	耐油性目標値

5. 耐油性評価試験

平戸らの論文⁹⁾によれば、HSアスコンの耐油性はマーシャル供試体を用いた「油浸マーシャル残留強度率」で評価している。今回HSアスコンを採用するに当たり、HSアスコンの化学的評価と動的評価を行うために、化学的評価方法としてマーシャル供試体を用いた「油浸後質量損失率試験」、動的評価方法として油浸後質量損失率試験後のマーシャル供試体を使用した「油浸後カンタプロ損失率試験」を新たに追加した。

また、図－1に示す揮発性の違いを考慮し、大型車駐車帯で駐車車両からのモレが想定される油種である、軽油およびディーゼルエンジンオイルについても、評価試験を行った。試験結果を、図－2から図－4に示す。

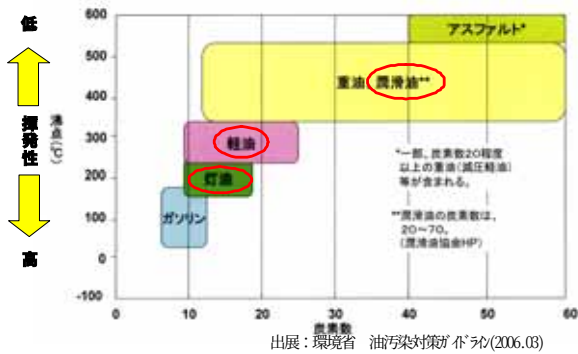


図-1 石油系材料の揮発性

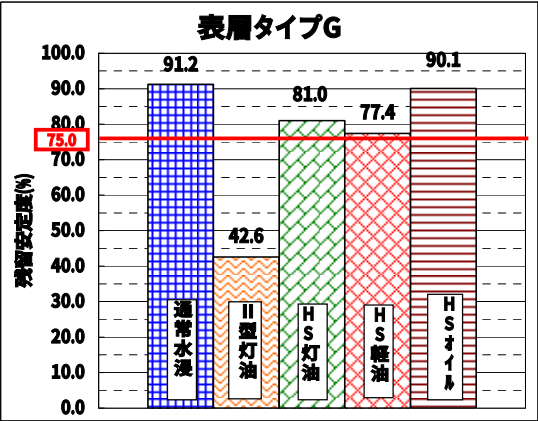


図-2 油浸マーシャル残留強度率

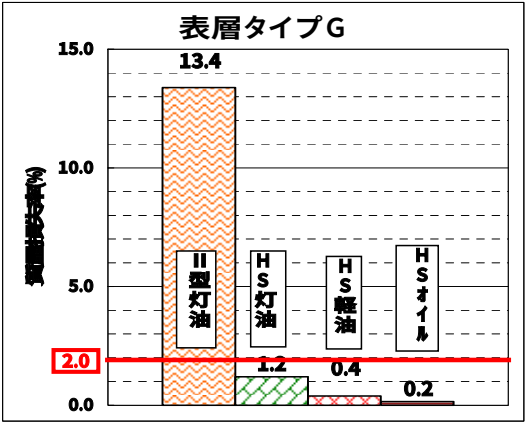


図-3 油浸後質量損失率

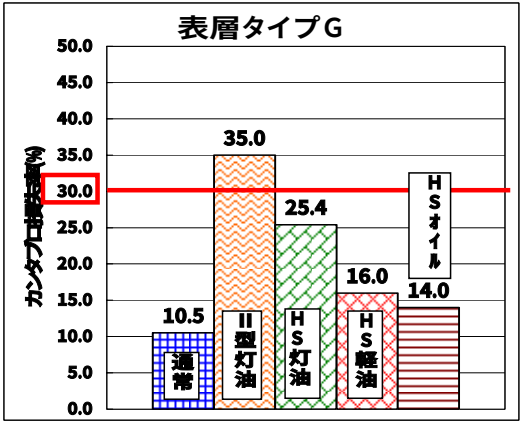


図-4 油浸後カンタブロ損失率

(1) 油浸マーシャル残留強度率

石油系油種を比較すると、3種の油種のうち揮発性の低い軽油がマーシャル残留強度率に影響を及ぼすことが確認できた。試験の結果、すべての油種で残留強度率75%以上の値が得られている。

(2) 油浸後質量損失率

石油系油種を比較すると、3種の油種のうち揮発性の高い灯油が油浸後質量損失率に影響を及ぼすことが確認できた。試験の結果、すべての油種で質量損失率2%以下の値が得られている。

(3) 油浸後カンタブロ損失率

石油系油種を比較すると、3種の油種のうち揮発性の高い灯油が油浸後カンタブロ損失率に影響を及ぼすことが確認できた。試験の結果、すべての油種でカンタブロ損失率30%以下の値が得られている。

6. 補修概要

HSアスコンの休憩施設補修概要を、以下に述べる。

(1) 工事名

平成23年度 播磨地区舗装補修工事（休憩施設舗装工）

(2) 工期

2011年7月19日～2011年11月30日（うちHSアスコンの施工は16日）

(3) 舗装構成

表層：表層用混合物タイプG（HSアスコン） $t=50$
基層：基層用混合物（ポリマー改質II型） $t=70$

(4) 補修方法と施工面積

表層のみ補修： $A=4,374.8\text{m}^2$
表・基層補修： $A=4,993.8\text{m}^2$

(5) 日別施工箇所

日別施工箇所を、表-5に示す。

表-5 日別施工箇所

施 工 箇 所				施 工 数 量	
SA・PA	上下線	位 置	施工日	表層	基層
				t=5.0cm 高安定性AS	t=7.0cm 改質Ⅱ型
				m ²	m ²
加西SA	上り線	1列目東側	8月31日	572.4	525.5
		1列目西側	8月30日	758.4	
		2列目東側	9月5日	530.4	384.7
		2列目西側	9月6日	749.4	564.8
	下り線	1列目東側	8月24日	643.9	276.7
		1列目西側	8月23日	640.8	230.1
		2列目東側	7月27日	679.0	509.3
		2列目西側	8月22日	604.6	433.5
社PA	上り線	東側	9月7日	522.8	522.8
		西側	9月8日	604.6	604.6
	下り線	東側	9月15日	614.4	500.4
		西側	9月14日	522.0	441.4
安富PA	上り線	2分割	8月1・2日	1,001.3	
	下り線	2分割	8月3・4日	924.6	
合 計				9,968.6	4,993.8

7. 現場管理

HSアスコンは、施工に当たり特別な施工方法や施工機械を必要とせず、通常のポリマー改質アスファルト混合物と同様に施工できることから、舗設温度と転圧回数の現場管理を行うことで、品質の確保を図った。

(1) 舗設温度管理

到着温度は、写真-4に示す3点管理を1～5台目のダンブトラックで行い、6台目以降は1点管理を行った。また、初期転圧温度および2次転圧温度管理は、写真-5と写真-6に示す管理を行い、転圧エリアを明示した。

(2) 転圧回数管理

転圧回数は、写真-7と写真-8に示すように、ロードローラとタイヤローラに転圧回数管理担当者が一目見て分かるように明示し、転圧回数管理を行った。



写真-4 到着温度測定



写真-5
初期転圧温度測定



写真-6
2次転圧温度測定



写真-7
ロードローラ回数明示



写真-8
タイヤローラ回数明示

8. 施工管理結果

HSアスコンの施工管理として、アスファルト混合物出荷工場における日常管理（粒度・アスファルト量・混合温度・マーシャル安定度）と耐油性（油浸マーシャル残留強度率）、現場舗設温度および密度・締固め度を行った。

(1) 日常管理

表-6および表-7に、日常管理結果を示す。平均値は現場配合とほぼ同値であり、かつ、最大値と最小値が上下3σ（標準偏差）内に入っていることから、十分な管理が行われたことが確認された。

(2) 耐油性

表-8に、アスファルト混合物出荷工場における耐油性（灯油による油浸マーシャル残留強度率）管理結果を示す。管理結果から、平均値-3σ（標準偏差）の管理下限値で76.6%と75%以上となることから、HSアスコンの耐油性が確認された。

(3) 現場舗設温度

表-9に、現場舗設温度管理結果を示す。管理結果は、目標管理範囲を十分満足しており、適切な現場温度管理が行われたことが確認された。

(4) 密度・締固め度

表-10に密度および締固め度の管理結果を示す。最小値が規定値（平均値で96%以上）以上となっており、適切な現場管理が行われたことが確認された。

表-6 日常管理（粒度・As量・混合温度）

	骨材通過率(%)						アスファルト量(%)	混合温度(℃)
	ふるい目開							
	4.75mm	2.36mm	600μ	300μ	150μ	75μ		
最大値	41.7	37.7	25.1	18.2	10.0	7.3	5.31	177.8
最小値	40.6	36.8	24.4	17.2	9.6	6.8	5.29	173.6
平均値	41.1	37.1	24.6	17.9	9.8	7.1	5.30	175.6
標準偏差	0.32	0.34	0.18	0.35	0.13	0.16	0.005	1.21
母数	16							
現場配合	41.0	37.5	25.0	17.5	9.5	7.0	5.3	175
許容範囲	±5%以内	±5%以内	±5%以内		±1.5%以内		±0.3%以内	±0.1%以内

※アスファルト量は、ソックスレーによる測定値であり、印刷値による。

表-7 日常管理（マーシャル安定度）

	安定度(KN)	空隙率(%)	飽和度(%)	フロー値(1/10mm)
最大値	15.70	4.0	76.5	32
最小値	15.03	3.8	75.6	29
平均値	15.43	3.9	76.1	30.3
標準偏差	0.197	0.07	0.29	0.92
母体数	16			
現場配合	15.37	3.9	76.1	30
基準値	6.0以上	3~7	65~85	20~40

表-8 油浸マーシャル残留強度率

	安定度(KN)		残留安定率(%)
	標準マーシャル	油浸マーシャル	
最大値	15.64	12.65	81.5
最小値	14.98	11.98	77.4
平均値	15.40	12.30	79.9
標準偏差	0.233	0.224	1.09
母体数	15		
基準値	6.0以上	—	75%以上

表-9 現場舗設温度

	出荷温度(°C)	到着温度(°C)	敷きならし温度(°C)	初期転圧温度(°C)	二次転圧温度(°C)
最大値	178	175	165	159	115
最小値	172	167	158	148	110
平均値	175.6	171.5	160.6	150.7	111.6
標準偏差	1.37	1.32	1.12	1.53	1.02
母体数	159				
目標温度範囲	175±10	170±10	160±10	150±10	110以上

表-10 密度および締固め度

	見掛け密度(g/cm³)	基準密度(g/cm³)	締固め度(%)
最大値	2.388	2.391	100.0
最小値	2.299	2.385	96.3
平均値	2.360	2.388	98.9
標準偏差	0.018	0.002	0.73
母体数	55		
規定値	—	—	96以上

9. 路面性状値(すべり抵抗値)

今回の補修では、大型車駐車帯は表層をHSアスコン【表層混合物タイプG】で、通路部を【表層タイプA】で施工した。大型車駐車帯にはすべり抵抗値の暫定運用基準値は適用されないが、参考までに振り子式スキッドレジスタンステストによるすべり抵抗値を計測した。計測結果を、表-11に示す。HSアスコン【表層混合物タイプG】は、暫定基準値を満足し、その平均値は【表層タイプA】とほぼ同等の値であった。

表-11 すべり抵抗値

	すべり抵抗値(BPN)	
	表層用混合物	
	タイプG(HS)	タイプA
最大値	85	75
最小値	61	68
平均値	72.6	71.4
標準偏差	4.75	2.41
母体数	90	24
暫定基準値	60以上	

※休憩施設内ではあるが、暫定運用基準値を適用した。

10. 供用後の路面状況

HSアスコンの供用後の観察による路面状況(2012年5月23日)は、以下のとおりである。

(1) タイヤ部沈下わだち

今回の施工では、夏期工事抑制期間前に5日間の補修(2011年7月27日～8月4日)を実施しており、補修後は9月18日までほぼ真夏日となり、かつ、猛暑日も8日間記録されたが、タイヤ部沈下わだちは確認されていない。

(2) 油モレ

2011年12月22日の路面状況観察の際に軽油がモレた直後の箇所を発見した。2012年5月23日に路面状況の観察を行ったが、油モレによる路面のカットバックは見られず、HSアスコンの耐油性が確認された。(写真-9および写真-10)



写真-9 2011/12/22 油モレ路面



写真-10 2012/05/23 路面

11. まとめ

耐油性評価試験結果と補修箇所の供用後路面状況をまとめると、以下のとおりである。

- ① 油浸マーシャル残留強度率試験の油種は軽油とし、その暫定目標値は75%以上とする。
- ② 油浸後質量損失率および油浸後カンタプロ損失率試験の油種は、灯油とする。
- ③ 油浸後質量損失率の暫定目標値は2%以下とする。
- ④ 油浸後カンタプロ損失率の暫定目標値は30%以下とする。
- ⑤ 路面のタイヤ部沈下わだちと油モレの観察結果から、HSアスコンは耐流動性と耐油性に優れることが確認された。

今後HSアスコンの経時に伴う耐流動性と耐油性を更に検証するために、1年後(2012年9月15日頃)をスタートに、6ヶ月毎に路面の状況観察を行う予定である。

参考文献

1) 平戸利明,幸坂優一,村山雅人:ハイブリッドバインダによる高安定性アスファルト混合物の開発,道路建設,2011/7,No.727,pp.76～82(2011)