

繰返しねじりせん断試験に基づく 9 種類のアスファルト混合物の耐久性の評価

東京消防庁(前神戸大学大学院)

神戸大学工学部

神戸大学都市安全研究センター

阪神高速道路(株)技術部

(財)阪神高速道路管理技術センター

鹿島道路(株)技術研究所

泓 敦大

学生員 上原 孝義

正会員 ○吉田 信之

正会員 飛ヶ谷明人

正会員 久利 良夫

正会員 佐藤 雄輔

1. はじめに

筆者らは、繰返しねじりせん断試験結果から得られる指標を用いてアスファルト混合物の耐久性に係わる諸特性を評価する方法について研究開発を行っている¹⁾。今回 9 種類のアスファルト混合物の耐久性を評価する機会を得た。本報では、それら 9 種類のアスファルト混合物の耐流動性、剥離から破壊までの粘り強さ等について比較検討した。

2. 試験概要および供試体

繰返しねじりせん断試験に用いた試験装置は既報¹⁾の通りであり、直径 100mm～200mm・高さ 50mm～200mm のアスファルト混合物の円柱供試体の下部にトルク 14Nm を載荷時間 0.1 秒、休止時間 0.7 秒のハーバーサイン波で繰返し負荷することによって供試体が破壊するまで続けるものである。試験中、供試体は 60℃の温水に水浸状態にあり、供試体の軸変位をゼロに拘束している。

供試体は、密粒度アスファルト混合物（以降、密粒度）、ストーンマスティックアスファルト混合物（以降、SMA）およびポーラスアスファルト混合物（以降、ポーラス）を、それぞれ 3 種類の異なるバインダーを用いてマーシャル安定度試験用の供試体と同じ方法で作製した計 9 種類のアスファルト混合物である。供試体は直径 100mm・高さ 50mm である。用いたバインダーは、密粒度および SMA についてはストレートアスファルト（以降、StAs）、ポリマー改質 II 型（以降、改質 II 型）およびポリマー改質 III 型（以降、改質 III 型）の 3 種類を、またポーラスについてはポリマー改質 H 型（以降、改質 H 型）、高耐久型ポリマー改質 H 型（以降、高耐久型）および鋼床版用ポリマー改質 H 型（以降、鋼床版）である。試験はバインダー毎に原則 4 個の供試体を用いて行った。各アスファルト混合物供試体の配合および諸特性を表-1 にまとめて示す。表中の動的安定度の大小関係から、アスファルト

表-1 アスファルト混合物の配合諸元および諸特性

混合物の耐流動性については密粒度では改質 III 型が最も大きく StAs が最も小さくなっており妥当な結果であるが、SMA では改質 II 型が最も大きく次いで改質 III 型となっており、再検討が必要である。また、ポーラスでは改質 H 型が最も大きく次いで鋼床版となっているが、バインダーメーカーの情報では DS は高耐久型の方が改質 H 型より大きいはずとのことである。

混合物の種類		密粒度			SMA			ポーラス		
通過質量百分率(%)	19mm	100			100			100		
	13.2	98.6			96.8			96.8		
	4.75	62.1			41.2			17.9		
	2.36	42.4			30.1			15.5		
	0.6	24.8			19.3			10.8		
	0.3	17.5			16.0			8.7		
	0.15	8.5			13.1			5.5		
	0.075	5.6			10.6			4.5		
アスファルトの種類		StAs	改質Ⅱ	改質Ⅲ	StAs	改質Ⅱ	改質Ⅲ	改質H	高耐久	鋼床版
アスファルト量(%)		5.4	5.4	5.4	6.4	6.4	6.4	5.0	5.0	5.0
繊維(%)		—	—	—	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.1
密度(g/cm ³)		2.383	2.384	2.388	2.400	2.409	2.402	2.004	2.002	2.005
理論密度(g/cm ³)		2.502	2.500	2.499	2.457	2.456	2.455	2.525	2.525	2.525
空隙率(%)		4.8	4.6	4.4	2.3	1.9	2.2	20.6	20.7	20.6
マーシャル安定度(kN)		6.4	10.5	10.7	5.0	7.8	7.8	5.11	5.49	5.77
フロー(1/100cm)		25	34	31	40	45	44	29	35	34
動的安定度DS(回/mm)		338	7,534	14,700	1,400	5,300	3,200	9,500	5,300	6,500
透水係数(cm/sec)		4.4×10 ⁻⁶	5.2×10 ⁻⁶	0	0	0	0	1.2×10 ⁻¹	1.2×10 ⁻¹	1.3×10 ⁻¹
曲げ破断ひずみ(×10 ⁻³)		7.6	7.4	8.1	7.7	8.9	8.8	8.8	10.4	12.7
修正ロットマン試験		はく離なし	はく離なし	はく離なし	はく離なし	はく離なし	はく離なし	—	—	—

キーワード アスファルト混合物, バインダー, 耐流動性, 剥離抵抗, ねじりせん断

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学都市安全研究センター TEL 078-803-6031

3. 試験結果および考察

図-1 は、繰返しねじりせん断試験で実際に得られる平均せん断ひずみ ($\gamma_{ave} = 2R\theta/3H \times 100$: R は供試体半径(m), θ は供試体のねじれ角(rad), H は供試体高さ(m)) と载荷回数との関係であり評価指標も示している¹⁾。本報では、流動直線および剥離直線の各勾配、剥離変曲点での载荷回数および平均せん断ひずみを用いる。流動直線の勾配は耐流動性を表す指標であり勾配が小さいほど耐流動性が大きいこと意味し、剥離直線の勾配は剥離から破壊までの粘り強さを表し勾配が小さいほど粘り強さが大きい。

図-2 にポーラス供試体で得られた平均せん断ひずみと载荷回数の関係を、また SMA 供試体の場合を図-3 に示す。平均せん断ひずみと载荷回数の関係は、一部いびつな曲線を呈するものも見られるが、ここには示していない密粒度の場合も含めてほぼ図-1 に示すような逆 S 字曲線を示している。また、SMA 混合物の改質 II 型のバラツキが大きい。

全ての As 混合物について得られた評価指標 (平均値) をまとめて表-2 に示す。表から、耐流動性について、ポーラスでは鋼床版が最も大きく高耐久型が最も小さいということになり、表-1 の DS の大小関係とは異なる評価となっている。一方、SMA および密粒度では改質 III 型が最も大きく StAs が最も小さいという妥当な結果である。次に、剥離から破壊までの粘り強さについて見てみると、ポーラスでは鋼床版が最も大きく高耐久型が最も小さい。これは、表-2 のテナシティ (タフネス) の大小関係と整合していると考えられる。また、SMA では改質 II 型が最も大きく StAs が最も小さくなっているが、密粒度では改質 III 型が最も大きく StAs が最も小さい。最後に、剥離変曲点での载荷回数については、密粒度では改質 III 型が最も多いが、SMA では改質 II 型が最も多くなっている。これは、図-3 で分か

るように改質 II 型の 1 個の結果が大きく影響しているためである。ポーラスでは、鋼床版が最も多く、改質 H 型が最も少ない。

4. おわりに

本報では、9 種類のアスファルト混合物の耐久性に係わる諸特性の評価を試みたが、その結果の妥当性を検証するためにはさらなるデータの蓄積が必要である。

参考文献: 1) 足立他: 繰返しねじりせん断試験に基づく 3 種類のアスファルト混合物の耐久性について, 土木学会第 66 回年次学術講演会講演概要集 CD, V-417, 2011.

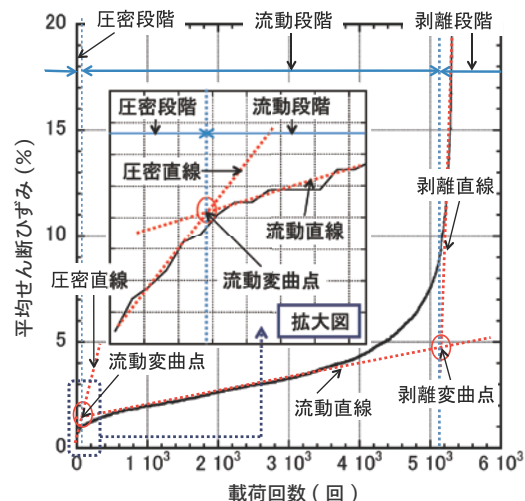


図-1 平均せん断ひずみ—载荷回数関係と評価指標

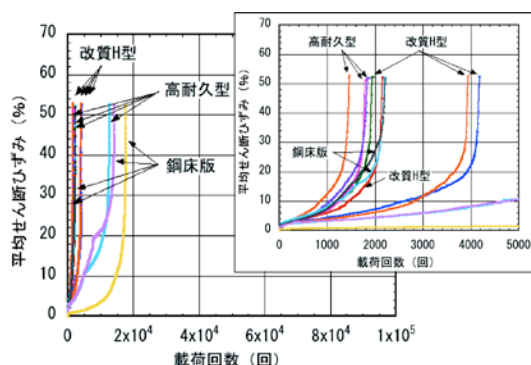


図-2 平均せん断ひずみ—载荷回数関係 (ポーラス As 混合物)

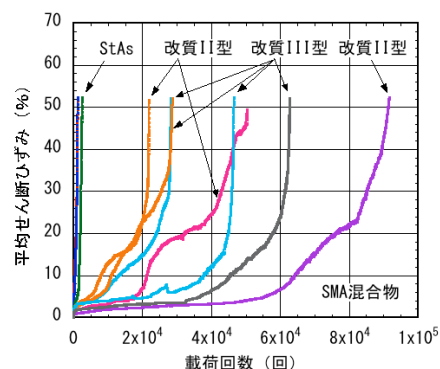


図-3 平均せん断ひずみ—载荷回数関係 (SMA 混合物)

表-2 評価指標一覧

		流動直線	剥離直線	剥離変曲点		試験 個数	アスファルト試験成績表より(参考)			
		勾配 (%/回) x100,000		載荷回数 (回)	せん断 ひずみ (%)		軟化点	伸度	タフネス	テナシティ
							(℃)	(15℃) cm	(25℃) Nm	(25℃) Nm
密粒度As	StAs	3,118	48,684	254	9.19	4	49.6	100+	—	—
	改質II型	59	9,649	6,791	5.26	4	61.0	100+	24.0	22.5
	改質III型	31	2,400	14,156	5.73	1	90.0	93	27.8	—
SMA	StAs	1,168	6,877	1,029	14.69	3	49.6	100+	—	—
	改質II型	24	577	43,163	8.33	3	61.0	100+	24.0	22.5
	改質III型	21	1,358	38,003	9.42	4	90.0	93	27.8	—
ポーラスAs	改質H型	317	17,000	2,807	9.86	4	90.5	91	28.1	—
	高耐久型	445	22,932	4,132	11.78	4	90.0	89	24.7	20.2
	鋼床版	285	8,438	8,490	12.4	4	89.5	92	29.2	22.1