

神戸大学工学部	学生員	○鈴木	慧
神戸大学都市安全研究センター	正会員	吉田	信之
阪神高速道路(株)技術部	正会員	飛ヶ谷	明人
(財)阪神高速道路管理技術センター	正会員	久利	良夫
鹿島道路(株)技術研究所	正会員	佐藤	雄輔

1. はじめに

橋面舗装から採取される表層や基層のアスファルト混合物の円柱供試体は短い場合もあり、一般的な力学試験でその強度や耐久性を評価するのは容易ではない。例えば、円柱供試体を半径方向に圧縮するいわゆる間接引張試験では、供試体の高さが基準以上でないと結果の解釈が難しく、また試験可能な供試体温度の制約も厳しくなる。著者らは、これまで直径 100mm で高さ 50mm～100mm の円柱供試体の繰返しねじりせん断試験によって、種類の異なる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を比較評価してきた。現在、室内で作製した高さ 25mm の円柱供試体で同様の試験を行い耐久性の評価を試みているところである。本報では、実験上の難点およびこれまでに得られた結果について報告する。

2. 試料および試験概要

繰返しねじりせん断試験に用いた試験装置は、図-1 に示すように既報¹⁾と同じである。また、試験方法も既報¹⁾の通りであるが、供試体が短い。試験は、直径 100mm・高さ 25mm のアスファルト混合物の円柱供試体の下部に所定のトルクを載荷時間 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。載荷トルクは 3 レベル(レベル 1：14Nm，レベル 2：28Nm，レベル 3：42Nm)のうち、供試体が短いことからレベル 3 を作用させた。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。

試験対象のアスファルト混合物は、密粒度アスファルト混合物(以降、密粒度)、SMA およびポーラスアスファルト混合物(以降、ポーラス)で、それぞれ 3 種類の異なるバインダーを使用したものである。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。各アスファルト混合物供試体の配合諸元および諸特性は表-1 の通りである。供試体の作製方法であるが、まず 300mm×300mm×50mm のホイールトラッキング型枠の底部を 25mm 厚の鉄板でかさ上げし、その上に 25mm 厚となるように計量した混合物を敷均して厚さ 25mm

表-1 各アスファルト混合物供試体の配合諸元と諸特性²⁾

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 ⁻⁸	5.2×10 ⁻⁸	0	0	0	0	1.2×10 ⁻¹	1.2×10 ⁻¹	1.3×10 ⁻¹
曲げ破壊ひずみ(×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	—	—	—

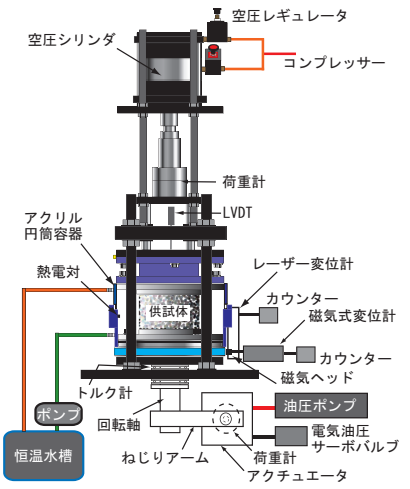


図-1 繰返しねじりせん断試験装置

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	載荷回数	せん断 ひずみ	軟化点		伸度	タフネス	テナシティ	
		(%/回)×100,000	(回)	(%)	(°C)		(15°C)cm	(25°C)Nm	(25°C)Nm	
密粒度As	StAs					0	49.6	100+	—	—
	改質Ⅱ型					0	61.0	100+	24.0	22.5
	改質Ⅲ型	178	33,333	5,059	6.97	3	90.0	93	27.8	—
SMA	StAs					0	49.6	100+	—	—
	改質Ⅱ型					0	61.0	100+	24.0	22.5
	改質Ⅲ型	65	7,650	12,640	8.92	2	90.0	93	27.8	—
ポーラスAs	改質H型	486	48,333	1,725	16.69(?)	3	90.5	91	28.1	—
	高耐久型					0	90.0	89	24.7	20.2
	鋼床版	441	20,000	2,955	15.98(?)	1	89.5	92	29.2	22.1

(注：空白セルは未実験を意味する)

の板状供試体を作製する。作製した板状供試体から内径 100mm のコアビットを用いて採取したコアを供試体とした。試験個数はバインダー毎に原則 4 個である。

3. 試験結果および考察

アスファルト混合物供試体で繰返しねじりせん断試験を行うと図-2 に示すような平均せん断ひずみ ($\gamma_{ave} = 2R\theta/3H \times 100$: 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)) と載荷回数の関係が得られる。評価指標として、ここでは流動直線および剥離直線の各勾配、剥離変曲点での載荷回数および平均せん断ひずみを用いる。ちなみに、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高いこと、また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ことを意味する¹⁾。

今回、実験の実施に際して幾つかの技術的困難に直面した。供試体の高さが 50mm 以上の場合ではほとんど起こらなかった供試体と載荷キップの接着面での滑りである。試行錯誤の末、供試体の両端面の溝切りを工夫をすることで供試体のせん断が可能になった。また、載荷トルクの大きさも問題であった。長い供試体で採用していたレベル 1 や 2 (試験概要を参照) では 10 万回以上載荷してもせん断ひずみがほとんど発生せず剥離変曲点に到達しないことから、順次レベルを上げていき最終的にレベル 3 を採用した。

さて、密粒度と SMA の改質 III 型で得られた平均せん断ひずみと載荷回数の関係を図-3 に示す。ここには示していないが、ポーラスの改質 H 型や鋼床版の場合も同じような載荷回数の増加に伴う平均せん断ひずみの増加傾向が認められた。これまでに得られたアスファルト混合物の評価指標(平均値)をまとめたものが表-2 である。前述したような実験上の難点のため、表中の空白セルおよび試験個数からも分かるように現時点では当初予定の全混合物についての試験結果は得られておらず、追加実験中である。表から、耐流動性および剥離から破壊までの粘り強さは、改質 III 型では SMA の方が密粒度よりも大きく、ポーラスでは鋼床版の方が改質 H 型よりも大きいことがわかる。これは、長い供試体での試験結果²⁾と同じである。また、剥離変曲点での載荷回数についても、改質 III 型では SMA の方が密粒度よりも多く、ポーラスでは鋼床版の方が改質 H 型よりも多くなっており、長い供試体での試験結果と整合している。

4. おわりに

本報では、供試体が短い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、さらに試験個数を増やして妥当性を検証していく所存である。なお、発表会当日にはより多くの試験結果を報告する予定である。

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. 2) 泓他：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、土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集 CD, V-364, 2012.

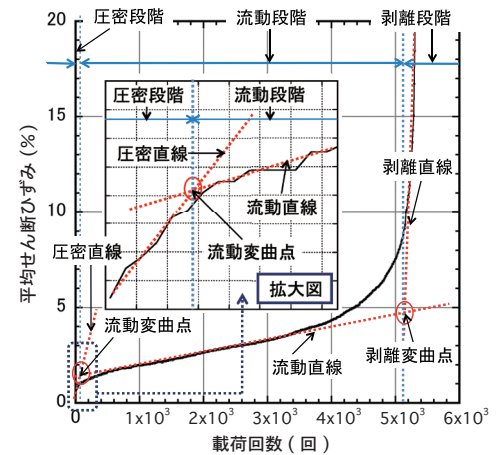


図-2 平均せん断ひずみと載荷回数の関係
例

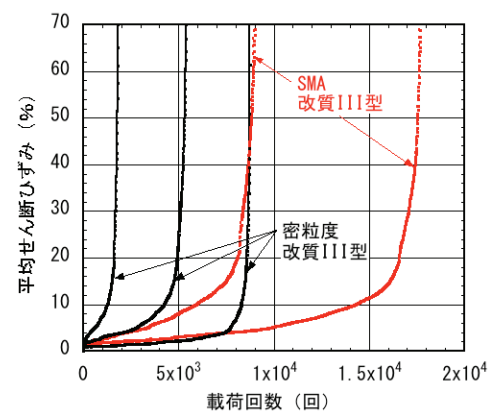


図-3 平均せん断ひずみと載荷回数の関係
(密粒度と SMA の改質 III 型)