

繰返しねじりせん断試験を用いたアスファルト混合物の評価指標に関する一検討

鹿島道路 (株)
 阪神高速技術 (株)
 神戸大学

正会員 ○横田 慎也, 鎌田 修
 久利 良夫
 坂上 知弥, ロハニ タラニディ, 澁谷 啓

1. はじめに

筆者らは、これまで繰返しねじりせん断試験に基づいてアスファルト（以下、As）混合物の耐久性の評価を行ってきた^{例え1)}。本繰返しねじりせん断試験は、橋面舗装から採取されるような薄層の供試体でも試験が可能であり、得られる試験結果から各種 As 混合物の耐流動性、疲労破壊抵抗性、はく離抵抗性、せん断変形性などを評価できる。ただし、これらの評価指標は、载荷トルクや温度などの試験条件によって得られる結果が異なるため、当該試験の結果を効率的に評価するためには、同一の指標で比較できることが望ましい。

このため、本研究では、载荷トルクを変化させた際の繰返しねじりせん断試験結果におよぼす影響を調べ、载荷トルクが異なった場合でも同一の指標で比較できる新たな評価指標について検討を行った。

2. 試験条件

試験対象のAs混合物は、密粒度As混合物とし、バインダにはストレートアスファルト60/80（以下、StAs）およびポリマー改質AsⅡ型（以下、改質Ⅱ型）を用いた。使用した密粒度As混合物の配合諸元を表-1 に示す。繰返しねじりせん断試験に用いた供試体は、ホイールトラッキング試験用供試体から採取したφ100mm、厚さ50mmの切取りコアを用いた。

繰返しねじりせん断試験は、As 混合物の円柱供試体の下部に所定のトルクを载荷時間 0.1 秒、休止時間 0.7 秒のハーバースサイン波で繰返し载荷させ、供試体が破壊するまで継続させるものである。本研究では、载荷トルクを 14, 28, 42Nm（せん断応力に換算するとそれぞれ 0.05, 0.10, 0.15MPa）とした。また、試験時の供試体は 60℃の水浸状態にあり、供試体の軸方向変位はゼロの拘束状態としている。そして、繰返しねじりせん断試験は以下の式により各载荷回数ごとの平均せん断ひずみ、および平均せん断応力を算出する。

$$\text{平均せん断ひずみ} = \frac{2R\theta}{3H} \quad \dots \text{式 (1)}$$

$$\text{平均せん断応力} = \frac{4T}{3\pi R^3} \quad \dots \text{式 (2)}$$

ここに、T：载荷トルク(Nm)、R：供試体の半径(m)、θ：回転角(rad)、H：供試体高さ(m)である。

ここで、本試験では図-1 に示すような载荷回数と平均せん断ひずみとの関係が得られる¹⁾。試験は、载荷開始直後に平均せん断ひずみが急激に上昇し、その後平均せん断ひずみは供試体のはく離や疲労、塑性変形などが十分に進行するまで漸増する。そして、それらがある程度進行するとひずみは急激に増加し供試体の破壊に至る。本試験では、図-1 に示す曲線の接線をそれぞれ圧密直線、流動直線、はく離直線と定義する²⁾。さらに流動直線とはく離直線との交点を供試体の破壊点と定義し、破壊点での载荷回数および平均せん断ひずみ、さらに流動直線およびはく離直線の各勾配を用いて As 混合物の性状を評価している。ここで、流動直線の勾配はホイールトラッキング試験で得られる動的安定度と相関があることが確認できており³⁾、勾配が小さいほど耐流動性が大きいことを示している。また、はく離直線の勾配は破壊が十分に進行するまで

表-1 密粒度 As 混合物配合諸元

通過 質 量 百 分 率 (%)	19mm	100	
	13.2	98.6	
	4.75	62.1	
	2.36	42.4	
	0.6	24.8	
	0.3	17.5	
	0.15	8.5	
	0.075	5.6	
As の種類		StAs	改質Ⅱ型
As 量(%)		5.4	5.4
試 験 結 果	密度(g/cm ³)	2.383	2.384
	空隙率(%)	4.8	4.6
	安定度(kN)	6.4	10.5
	DS(回/mm)	340	7500

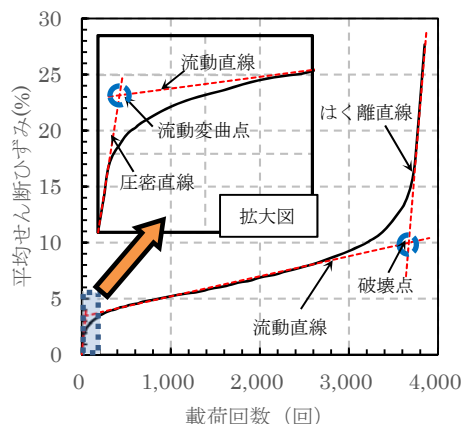


図-1 载荷回数-平均せん断ひずみ

Key words：繰返しねじりせん断試験、橋面舗装、平均せん断ひずみ、平均せん断応力、割線せん断弾性係数
 連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1, TEL：042-483-0541, FAX：042-487-8796

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している。

3. 試験結果

繰返しねじりせん断試験結果による载荷回数と平均せん断ひずみとの関係を図-2に示す。なお、改質Ⅱ型の载荷トルク 14Nm においては、载荷回数を 30 万回程度まで実施したものの供試体の破壊が認められず、試験を中断している。試験の結果、トルク、すなわちせん断応力が大きくなると破壊点までの载荷回数が少なくなるという既報¹⁾と同様の結果が得られた。また、StAs に比べ改質Ⅱ型の方が破壊点までの载荷回数が多く、優れた疲労破壊抵抗性を有していると言える。表-2 は、試験結果から得られた各評価指標を導出した結果の平均値を示している。同一の供試体の場合、破壊点での载荷回数や流動直線の勾配、さらにははく離直線の勾配は载荷トルクが異なることにより変動していることがわかる。一方、破壊点での平均せん断ひずみはトルクの違いによらず同程度の値となっている。

ところで、繰返しねじりせん断試験では、図-3に示すように平均せん断ひずみ (γ) と平均せん断応力 (τ) との関係を得ることができる。この時、この曲線の载荷ループの初期点と平均せん断応力が最も大きい点とを結び、この時の傾きを割線せん断弾性係数 (G) と定義する。図-3 は一例として改質Ⅱ型の载荷トルク 42Nm における载荷回数 30 回付近および 1000 回付近の結果を示しているが、平均せん断ひずみが増加する、すなわち载荷回数が増えるに従い、割線せん断弾性係数が小さくなっていくことがわかる。この平均せん断応力がピークとなる平均せん断ひずみと割線せん断弾性係数との関係を示したものが図-4 となる。試験結果に多少のばらつきはあるものの、同一の混合物の場合、载荷トルクが異なっても得られる関係はほぼ同様の傾向にあると言える。図中には、今回の試験結果で得られた破壊点での平均せん断ひずみの範囲を示しているが、割線せん断弾性係数はこれを境に急激に低下している傾向が認められる。そして、その際の割線せん断弾性係数は、耐久性が高い改質Ⅱ型の方が大きな傾向を示している。以上の結果から、破壊点での割線せん断弾性係数の値を As 混合物の耐久性や劣化評価指標につなげることができれば、载荷トルクの違いによることなく同一の評価が可能となり、試験時間の短縮につながる可能性がある。

4. まとめ

本研究により、繰返しねじりせん断試験結果から得られる割線せん断弾性係数を用いることにより、载荷トルクによることなく同一の指標で評価できる可能性を見出すことができた。今後は本指標と耐流動性や疲労破壊抵抗性など、他の評価指標との関連性を調べるとともに、具体的なアスファルト混合物の劣化評価基準を検討していく必要がある。【参考文献】1) 吉田ほか：繰返しねじりせん断試験のみに基づくアスファルト混合物の耐久性に関する諸特性の評価，第 30 回日本道路会議，3027，2013.10. 2) 泓ほか：繰返しねじりせん断に伴う累積変形に基づくアスファルト混合物の耐久性評価の試み，土木学会第 65 回年次学術講演会，v-044，2010.9.

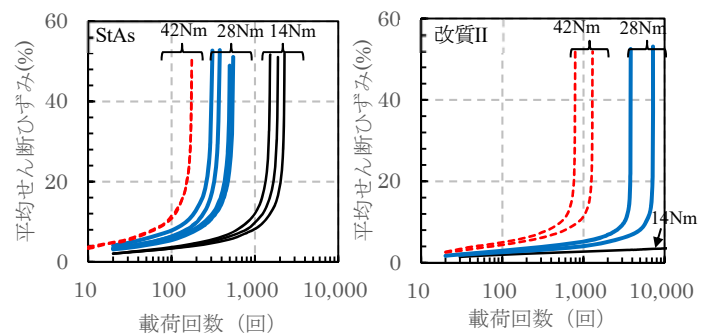


図-2 载荷回数-平均せん断ひずみ

表-2 各評価指標の値

供試体の種類	トルク	破壊点		流動直線	はく離直線
		载荷回数(回)	せん断ひずみ(%)	勾配(%/回) $\times 10^5$	
StAs	14Nm	1,830	15	685	58,275
	28Nm	410	16	3,275	150,538
	42Nm	166	16	7,573	367,434
改質Ⅱ	14Nm	破壊に至らず試験中断			
	28Nm	5,467	10	142	72,039
	42Nm	1,022	13	927	188,384

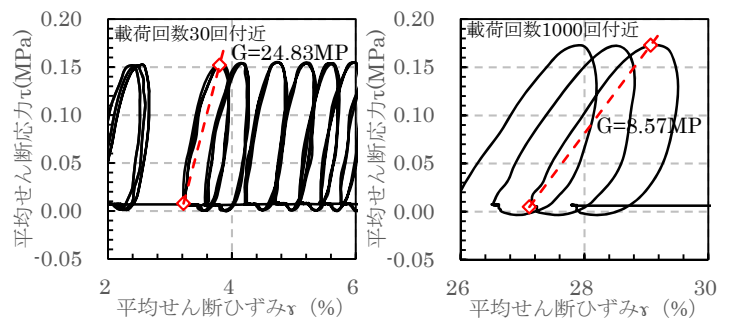


図-3 平均せん断ひずみと平均せん断応力との関係

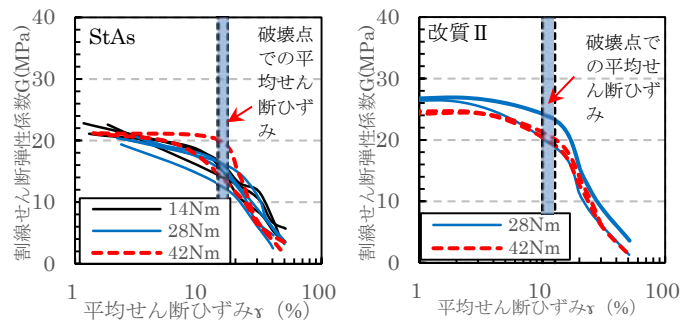


図-4 平均せん断ひずみと割線せん断弾性係数との関係