

第V部門

軸方向変位を拘束した繰返しねじりせん断試験の载荷条件の違いが試験結果に及ぼす影響

神戸大学 正会員 ○横田 慎也, ロハニ タラニディ, 澁谷 啓
 鹿島道路 (株) 加藤 剣, 鎌田 修
 阪神高速技術 (株) 久利 良夫

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いる¹⁾。本試験は、写真-1に示すように円柱供試体の上下に载荷キャップを取付け、軸方向の変位を拘束した状態にて下部载荷キャップから所定のトルクをハーバーサイン波で繰返し载荷させるものである。これまで、载荷、休止時間の違いが試験結果に与える影響について検討し、特に载荷時間の違いによりAs混合物の载荷速度依存性を明確に捉えることなどを確認してきた¹⁾。ただし、休止時間については、その時間が短い場合には破壊回数が減少することは把握できたものの、休止時間をさらに長くした際の影響までは明確には確認できていなかった。このため、本研究では、軸方向変位を拘束した試験条件において幅広く休止時間を変化させた繰返しねじりせん断試験を行い、As混合物の力学特性に与える影響を考察した。

2. 試験条件

試験対象のAs混合物は、密粒度As混合物とし、バインダにはポリマー改質As 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。なお、本研究では試験実施時期により試験結果をシリーズ1、シリーズ2と分けて整理した。両シリーズで同一材料、同一配合を用いているが、材料の採取日や供試体作製日が異なっている。ただし、繰返しねじりせん断試験と同時に確認した締固め度や圧裂強度はほぼ同程度の結果が得られている。繰返しねじりせん断試験や圧裂試験に用いた供試体は、何れも300mm×300mm×50mmの板状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。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。本研究では、図-1に示す曲線の接線をそれぞれ圧密直線、流動直線、崩壊直線と定義する。さらに、流動直線と崩壊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（以下、破壊回数）および流動直線勾配を用いてAs混合物の性状を評価した¹⁾。表-2に、本研究における試験条件を示す。

3. 試験結果

繰返しねじりせん断試験で得られた休止時間と破壊回数との関係を図



写真-1 繰返しねじりせん断試験

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 量(%)		5.4	
シリーズ		1	2
試験 結果	密度(g/cm ³)	2.360	2.407
	締固め度(%)	99.0	100.1
	圧裂強度(MPa)	1.06	1.13
	圧裂係数(MPa/mm)	0.22	0.23

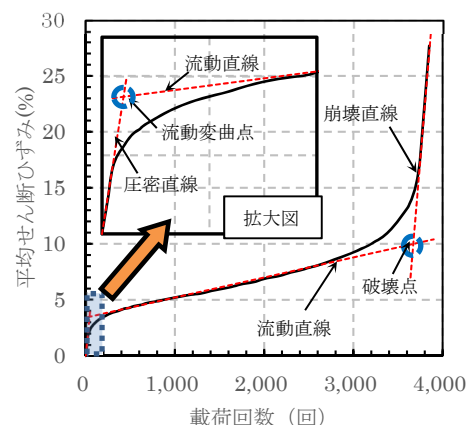
※基準密度：2.384g/cm³

図-1 载荷回数-平均せん断ひずみ

表-2 試験条件

項目	内容	備考
トルク	42Nm	せん断応力 0.15MPa
载荷波形	ハーバーサイン波	载荷時間0.3秒
		休止時間変化
軸方向変位	拘束状態	初期軸荷重 20N
温度	60℃	水浸養生

Shinya YOKOTA, Tara Nidhi LOHANI, Satoru SHIBUYA, Tsurugi KATO, Osamu KAMADA and Yoshio HISARI

yokota@kajimaro.co.jp

-2 に、休止時間と流動直線勾配との関係を図-3 に示す。図は、各休止時間における破壊回数の平均値で表している。

まず、休止時間が 0.1~0.5 秒と比較的短い範囲では、休止時間を短くすると破壊回数が低下し、流動直線勾配は大きくなった。これは、残留ひずみが一定となる前に次の荷重が加わるため、ひずみの蓄積が顕著になり破壊回数が減少したものと考えられ、既往の知見と同様の傾向が得られた。

一方、休止時間を延ばすと、破壊回数はシリーズ 1 では 0.7~1.0 秒、シリーズ 2 では 0.7~1.5 秒まではそれほど大きな変化は認められない。これは、荷重によって発生した残留ひずみがある程度一定に収束した後に次の荷重が加わっているためであると考えられる。しかし、休止時間をさらに延ばしていったところ、破壊回数は減少する傾向が認められた。流動直線勾配についても、シリーズ 1 では荷重 1 秒から 2 秒に延ばすと急激に大きくなった。シリーズ 2 では 0.7~1.5 秒では大きな変化はなく、さらに休止時間を延ばすと徐々に大きくなった。

また、シリーズの違いに着目すると、シリーズ 1 に比べ 2 の方が破壊回数は多く、また流動直線勾配も小さい、すなわち耐流動性が高くなり、シリーズ間で結果に差が生じた。これは、使用する As 混合物の骨材の影響や、供試体と荷重キャップとの接着面の影響、さらに後述する軸方向の圧縮応力（以下、軸応力）など種々の影響が考えられる。ただし、その中でも休止時間 0.7~1.0 秒付近では、シリーズ間の差は最も小さい傾向であった。

4. 考察

休止時間が長くなると破壊回数が減少し流動直線勾配が上昇した要因には、軸応力の影響が考えられる。図-4 に 1 荷重サイクルにおけるせん断応力と軸応力の変化を示す。図は、試験が流動直線段階にある平均せん断ひずみ 6% 付近の一例である。本試験は、試験前に軸方向に圧縮荷重 20N（軸応力 0.003MPa）を荷重して変位を拘束する。そして、ねじり荷重が加わると、As 混合物の持つダイラタンシーによる供試体の膨張を軸方向に拘束するため軸応力が上昇する。この際の最大軸応力と最小軸応力を荷重回数との関係で示したのが図-5 である。図は、休止時間 2 秒の試験結果の一例である。荷重回数の増加に伴い、最大、最小軸応力の何れも上昇する傾向が見られる。最小軸応力は休止時間中に発生することから、休止時間が長くなると軸方向の圧縮作用を長時間受けることになる。この休止時間中の軸方向の圧縮作用が As 混合物の破壊回数や流動直線勾配に影響を与えたものと思われる。また、シリーズ間で軸応力に違いが認められた。特に休止時間 2 秒ではその違いが顕著に見られた。シリーズ間で荷重回数や流動直線勾配に差が発生した要因の一つに、この軸応力の影響もあるものと思われる。

5. まとめ

本研究により、繰返しねじりせん断試験による荷重条件、特に休止時間が試験結果に与える影響を明らかにすることができた。今後は、本論文で考察した軸応力の影響について、軸方向変位を拘束しない条件での実験を実施し検証していく必要がある。【参考文献】1)横田他：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手法に関する基礎研究、土木学会論文集E1（舗装工学）、

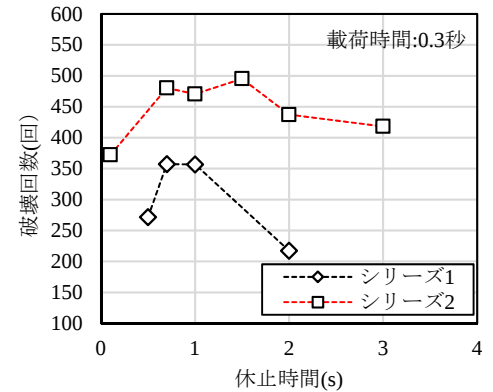


図-2 休止時間と破壊回数との関係

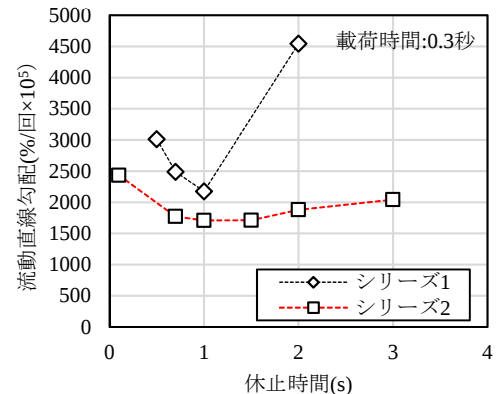


図-3 休止時間と流動直線勾配との関係

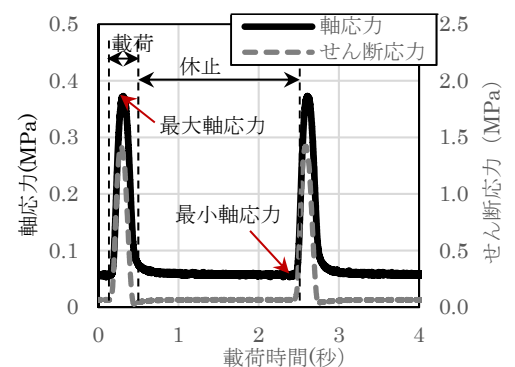


図-4 1 荷重サイクルにおける応力変化の一例

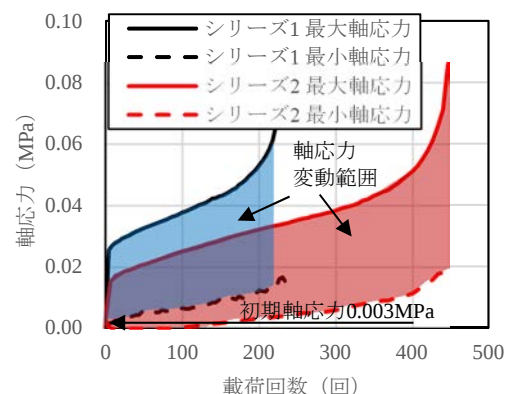


図-5 荷重回数と軸応力との関係の一例
(休止時間 2 秒)