

バインダの応力緩和特性によるアスコンの変形抵抗性に関する研究

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 石井 翔太

1. はじめに

アスファルトコンクリート (アスコン)は、粘弾性体であるアスファルトバインダ (バインダ)が用いられているため、粘弾性的挙動を示し、応力緩和する特徴を持つ。そのため、バインダ性状はアスコンの物性に対して支配的であり、アスコンを管理するためにバインダ性状を把握することは非常に重要である。

既往の研究¹⁾²⁾では荷重測定型伸度試験機で Force Ductility Test (FDT)を行い、バインダの評価指標である DR 値と FD 値から、アスコンのひび割れ抵抗性と疲労破壊抵抗性を評価でき、さらに劣化アスコン、再生アスコンでも同様に評価できた。しかし、これらの研究ではアスコンのひび割れに着目しており、アスコンの塑性流動抵抗性に関する有益な知見は得られていない。

そこで本研究では、ポリマー含有量、劣化程度の異なるバインダのバインダ性状とアスコンの塑性流動抵抗性との関係を明らかにし、荷重測定型伸度試験機を用いた試験法を提案する。また、その試験法を使用して、劣化バインダの性状評価を用いた再生手法を検討することを目的とした。

2. 配合・使用材料

供試体作製に用いた骨材配合は最大骨材粒径 13 mm と 5 mm のものを用いた。荷重測定型伸度試験機を用いた試験法の提案に使用バインダは、ストレートアスファルト 60/80 (ストアス)、ポリマー改質アスファルト II 型 (改質 II 型)、およびこれら 2 つを混合した混合バインダとした。改質 II 型のポリマー含有率は約 4 % であるため、混合アスのポリマー含有量をそれぞれ 1 %、2 %、3 % となるように混合した。劣化バインダは 180 °C のマントルヒーターで 48、96 時間加熱促進劣化させることで作製した。

劣化バインダの再生手法の検討に使用するのは 96 時間劣化させた改質 II 型と、性状回復を行うためのストアス、高針入度バインダであるストアス 80/100、ストアス 150/200、再生用添加剤である。再生用添加剤の添加量は DR 値を用いて決定し、その DR 値を用いて劣化バインダにストアス、高針入度バインダを混合した。

3. 試験説明

(1) 疑似引張試験

疑似引張試験はバインダの応力緩和性状である応力緩和時間を評価できる。試験で用いる型枠は FDT と異なり中央部が長方形のものを用いる。試験は 50 mm/min で 2 分間伸長させた後、5 分間静止する。その間の荷重低下から応力緩和時間を求める。試験条件を表-1 に示す。

表-1 疑似引張試験の試験条件

項目	試験条件
試験速度 (mm/min)	50
試験温度 (°C)	10(ポリマー含有量変化) 15(劣化時間変化)

(2) 応力緩和試験

応力緩和試験はアスコンの応力緩和性状である応力緩和時間を評価できる。試験方法は既往の研究³⁾に準拠し、まず、一軸圧縮試験で破壊時応力と破壊時ひずみを求める。そして、破壊時ひずみの 10 %を応力緩和試験での設定圧縮ひずみとし、応力緩和試験を行い、応力緩和時間を求める。応力緩和試験の試験条件を表-2 に示す。

表-2 応力緩和試験の試験条件

項目	試験条件
供試体寸法 (mm)	50×50×100
試験温度 (°C)	10
载荷速度 (mm/min)	1
設定圧縮ひずみ	$\epsilon_f \times 10\%$
载荷休止期間 (min)	30

(3) WT 試験

WT 試験はアスコンの塑性流動抵抗性を表す DS を評価できる。試験方法は舗装調査・試験法便覧；「B003 ①ホイールトラッキング試験」⁴⁾を遵守し、輪荷重をかけた車輪を载荷し、規定の回数走行させることで試験を行う。そして、45~60 分における変形量から動的安定度 (DS) を求める。WT 試験の試験条件を表-3 に示す。

表-3 WT 試験の試験条件

項目	試験条件
供試体寸法(mm)	300×300×50
試験温度(°C)	60
輪荷重(N)	686±10
試験輪の走行速度(回/min)	42±1
試験輪の走行距離(mm)	230±10
走行時間(min)	60
試験輪のゴム硬度	78±2

(4) FDT

FDT はバインダの粘結力と変形抵抗性を表す FD 値と DR 値を評価できる。試験で用いる型枠は中央部に向かって細くなるものを用いる。試験方法は既往の研究¹⁾に準拠し、50 mm/min で破断するか、伸度が 100 mm に達するまで伸長させる。その後、試験結果の変位-荷重曲線から FD 値と DR 値を求める。FDT の試験条件を表-4 に示す。

表-4 FDT の試験条件

項目	試験条件
試験速度(mm/min)	50
試験温度(°C)	15

4. 試験結果

(1) バインダ性状とアスコンの物性の相関

アスコンとバインダの応力緩和時間、バインダの応力緩和時間と DS の相関関係を確認したグラフについて、ポリマー含有量を変化させた場合を図-1、図-2 に、ポリマー含有量に加え劣化程度も変化させた場合を図-3、図-4 に示す。これより、すべてのグラフにおいて決定係数が 0.8 以上という高い相関を確認できた。そのため、ポリマー含有量、劣化程度が変化したバインダの応力緩和性状から、そのバインダを使用したアスコンの塑性流動抵抗性を間接的に評価可能であると考えられる。

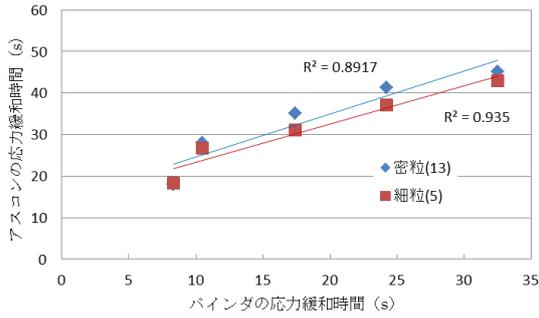


図-1 バインダとアスコンの応力緩和時間関係(ポリマー)

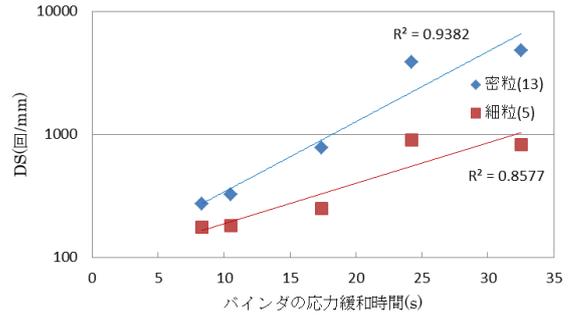


図-2 バインダの応力緩和時間-DS 関係(ポリマー)

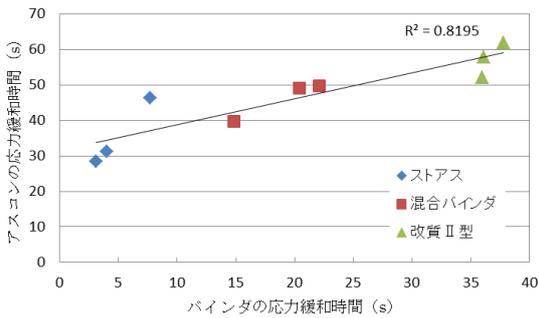


図-3 バインダとアスコンの応力緩和時間関係(劣化)

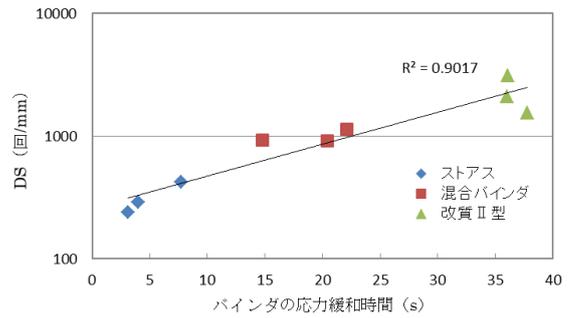


図-4 バインダの応力緩和時間-DS 関係(劣化)

(2) 劣化バインダの再生手法の検討

劣化バインダと各再生方法について、FD 値と応力緩和時間で比較したものを図-5、図-6 に示す。これより、再生用添加剤よりもバインダで性状回復させた方が、FD 値、応力緩和時間もともに低くなっていることがわかる。添加剤は劣化バインダの 4.3 % しか添加していないが、ストアス、高針入度バインダは同量以上混合した。そのため、再生バインダ内のポリマーの割合が低下し、再生バインダの性状が低下したのだと考える。よって、FD 値や応力緩和時間に優れている旧アスに対しては、再生用添加剤を用いることで、性能低下を最低限に抑えることができると考える。新規バインダを用いた性状回復がうまくいかなかったため、ストアスを 96 時間劣化させたバインダと、先ほどの新規バインダで性状回復させた劣化バインダを比較した。FD 値の比較を図-7、応力緩和時間の比較を図-8 に示す。これらより、ストアスを 96 時間劣化させたバインダは FD 値が小さく、応力緩和時間が短いことがわかる。そのため、劣化改質バインダの性状を低くしてしまう新規ストアス、高針入度バインダを用いても性状回復できる可能性があると考えられる。

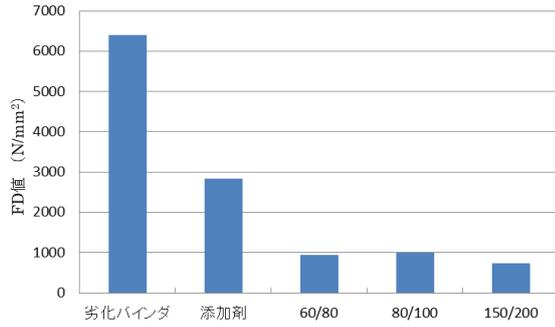


図-5 再生方法-FD 値関係

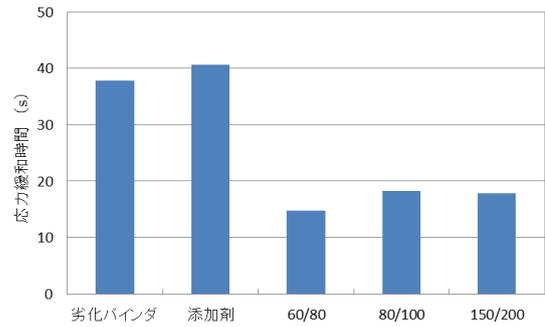


図-6 再生方法-応力緩和時間関係

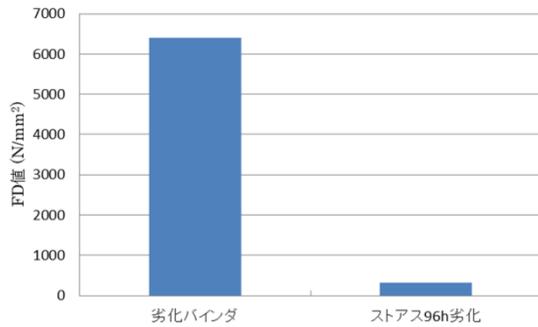


図-7 FD 値比較

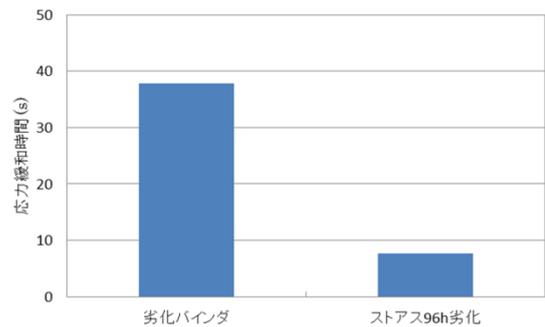


図-8 応力緩和時間比較

5. まとめ

本研究で行った疑似引張試験と既往の研究で行われた FDT より、荷重測定型伸度試験機を用いることで、ポリマー含有量、劣化程度を問わず、バインダ性状からアスコンの物性を間接的に評価できる試験法を提案できると考える。また、劣化した改質バインダの性状回復には再生用添加剤の使用が妥当であり、劣化したストアスの性状回復には新規ストアス、高針入度バインダを使用できると考える。

参考文献

- 1) 鈴木辰徳：バインダの粘弾性を考慮した再生骨材の品質評価方法に関する研究，長岡技術科学大学大学院修士論文，2008.
- 2) 吉田裕：バインダの引張仕事量によるアスファルト混合物の総散逸エネルギー量推定に関する検討，長岡技術科学大学修士論文，2015.
- 3) 工藤智裕：圧縮荷重の応力緩和性状によるアスコンの塑性流動抵抗性評価に関する研究，長岡技術科学大学修士論文，2017.
- 4) 社団法人 舗装調査・試験法便覧，pp.[3]39-55，2007.