

# バインダのレオロジー特性が混合物の変形特性に及ぼす影響

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  
長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 高橋 修  
長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 中村 健

## 1. はじめに

アスファルト混合物には骨材粒度や、混合物の密度、アスファルトバインダの種類などといった複数の要因がある。そのため、混合物の物性を評価する試験の結果にばらつきが生じてしまう。一方アスファルトバインダは単一の材料であり、要因が少ない。そのため、バインダの物性を評価する試験は、結果のばらつきが少なく、再現性に優れている。既往の研究<sup>1)</sup>では混合物の物性を評価する試験で得られる評価指標とバインダの物性を評価する試験で得られる評価指標との間に高い相関性が見られた。また、中原と平林による、より簡便なバインダ試験による、ポリマー含有量、劣化程度を変化させたバインダを用いた研究<sup>2,3)</sup>が行われた。その結果、バインダの評価指標である応力緩和時間と弾性回復率との間に概ね高い相関性が見られた。そのため、簡便なバインダ試験で得られる評価指標と混合物試験で得られる評価指標との相関を確認したいと考えた。

そこで、本研究では、アスファルトバインダのポリマー含有量や劣化程度の違いによるレオロジー特性の変化がアスファルト混合物の物性に与える影響について検証することを目的とした。混合物の物性を評価する試験であるホイールトラッキング試験(WT 試験)で得られる動的安定度(DS)、バインダの物性を評価する試験である Elastic Recovery Test(ERT)で得られる応力緩和時間と弾性回復率を、それぞれの評価指標として両者の関係を確認した。

## 2. WT 試験

### (1) 概要

WT 試験では、アスファルト混合物の塑性流動抵抗性を表す DS を評価することが出来る。

試験方法は舗装調査・試験法便覧；「B003④ホイールトラッキング試験」<sup>4)</sup>に準拠した。試験条件を表-1 に示す。供試体作製に用いた骨材配合は、骨材の噛み合わせの影響を受けにくい最大骨材粒径 5mm(細粒 5mm)の配合と、一般的に用いられている最大骨材粒径 13mm(密粒 13mm)の配合を用いた。最適アスファルト量は最大骨材粒径 5mm では 6.8%、最大骨材粒径 13mm では 5.5%とした。骨材配合を表-2 に示す。使用したバインダは、ストレートアスファルト 60/80(StAs)、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 つを混合した混合アスファルト A、B、C(混合アス A、B、C)とした。改質 II 型のポリマー含有量は約 4%であり、混合アス A、B、C のポリマー含有量をそれぞれ 1%、2%、3%とするために、StAs と改質 II 型を 1 : 3、1 : 1、3 : 1 の割合で混合した。

表-1 WT 試験の試験条件

項目	試験条件
供試体寸法(mm)	300×300×50
接地圧(MPa)	0.63
往復走行回数(回)	1260
試験温度(°C)	60
養生時間	5 時間以上
試験数	5

表-2 骨材配合比

骨材の種類	配合(%)	
	細粒 5mm	密粒 13mm
6号	0	36
7号	47.5	22
粗砂	42.5	31
細砂	0	3.5
石粉	10	7.5
アスファルト量	6.8	5.5

## (2) 結果

WT 試験で得られた DS とポリマー含有量の関係を図-1, 2 にまとめる。これより、最大骨材粒径が大きく、ポリマー含有量が多いほど、DS が大きくなることが分かった。しかし、ポリマー含有量が 0% から 2% まで増加した場合と、2% から 4% まで増加した場合とでは、DS の増加量に約 8 倍もの差があることが分かった。これより、ポリマー含有量が十分でない場合、ポリマーによる改質効果が反映されないため、DS の増加量は非常に低くなると考えられる。

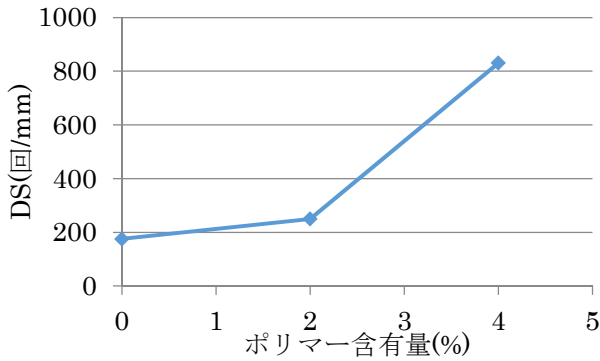


図-1 細粒 5mm の DS-ポリマー含有量関係

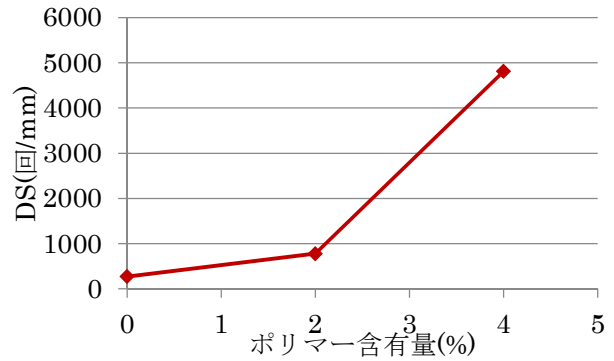


図-2 密粒 13mm の DS-ポリマー含有量関係

## 3. ERT

### (1) 概要

ERT は米国 ASTM で規定されたバインダ性状評価試験であり、バインダの弾性的挙動を示す弾性を評価することが出来る。この試験を行う場合、一般的に伸度試験機が用いられるが、今回の試験では、荷重を測定するためのロードセルを取り付けた荷重測定型伸度試験機を用いている。そのため、通常の ERT で得られる弾性回復率に加え、バインダの粘性的挙動を示す応力緩和時間も評価することが出来る。

試験方法は、昨年までの本研究室での研究<sup>2)3)</sup>と同様の方法で行い、試験条件を表-3 に示す。供試体作製に用いたバインダは、WT 試験と同様に StAs, 改質 II 型, 混合アス A, B, C とした。

ここで、試験結果の一例を図-3 に示し、応力緩和時間の求め方を次に示す。まず、試験開始と同時に供試体を 5cm/min で 10cm 伸長させた。伸長後の時間を  $T_{10}$  とした。その後 5 分間静止させ、応力緩和を促した。応力緩和によって  $T_{10}$  のときの荷重に  $1/e$  をかけた荷重まで減少したときの時間を  $T_{1/e}$  とした。応力緩和時間は  $T_{10}$  と  $T_{1/e}$  を用いて(1)から求められる。

表-3 ERT の試験条件

項目	試験条件
試験温度(°C)	10
試験速度(mm/分)	50
養生時間(分)	90
試験数	3

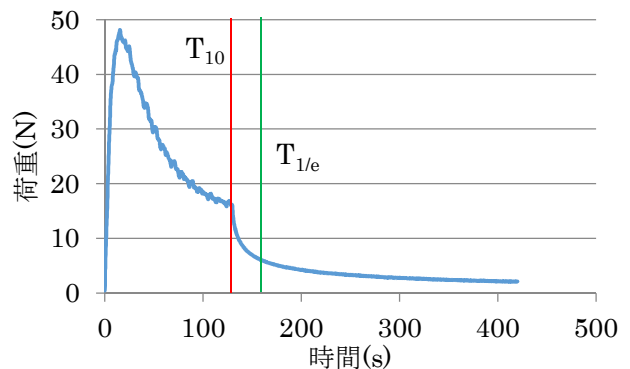


図-3 ERT 試験結果の例

$$T(s) = T_{1/e} - T_{10} \quad (1)$$

## (2) 結果

ERT で得られた弾性回復率、応力緩和時間とポリマー含有量の関係を図-4, 5 にまとめる。これより、ポリマー含有量が多いほど、弾性回復率は大きく、応力緩和時間は長くなることが分かった。また、WT 試験で得られる DS と異なり、ポリマー含有量が少ない場合でも、ポリマー含有量の増加に比例して弾性回復率と応力緩和時間もほぼ一定の傾きで増加し続けることが分かった。これより、バインダの状態であれば、ポリマー含有量が少ない場合でもポリマー含有量分の改質効果は十分に発揮されると考えられる。

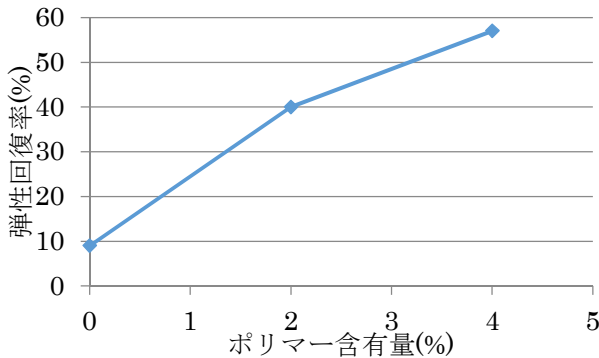


図-4 弾性回復率-ポリマー含有量関係

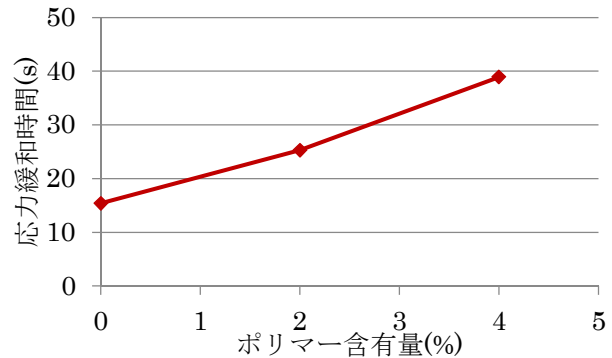


図-5 応力緩和時間-ポリマー含有量関係

## 4. DS と弾性回復率及び応力緩和時間の関係

DS と弾性回復率の関係を図-6 に、DS と応力緩和時間の関係を図-7 に示す。グラフ上の3点は左から StAs, 混合アス B, 改質II型である。図-1, 図-2 より DS が急激に増加していることから、指数関数的に増加しているのではないかと考え、図-6, 図-7 の縦軸である DS を対数で表記した。図-6, 図-7 より、グラフ上の点が右上方向に移動しているため、ポリマー含有量が多いほど DS, 弾性回復率が増加し、応力緩和時間が長くなっていることがわかる。これは既往の研究<sup>1)2)</sup>で判明しており、今回も同様の結果を得られたといえる。また、図-6 と図-7 を比較すると、図-7 のほうがグラフ上の点が直線的であるため、DS を対数とした場合、応力緩和時間のほうがより高い相関性を得られることが分かった。

既往の研究<sup>2)</sup>より、弾性回復率が高いと、応力緩和しにくくなり、応力緩和時間が長くなることから、弾性回復率から応力緩和性状を評価できることが分かった。また、DS を求める WT 試験は载荷を行うために応力緩和が発生する。そのため、弾性回復率から応力緩和が、応力緩和から

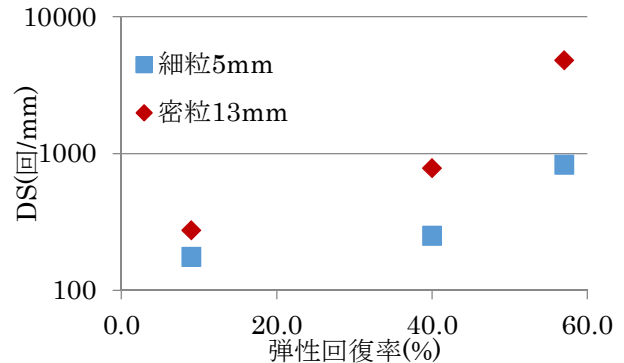


図-6 DS-弾性回復率関係

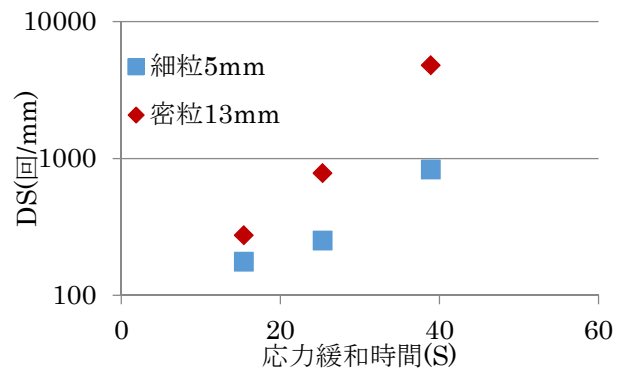


図-7 DS-応力緩和時間関係

DS と応力緩和時間が得られる関係にあると考えられる。混合物の場合は骨材粒径も影響しているが、一部でも応力緩和を直接元としている DS と応力緩和時間との間に高い相関性が確認できたのだと考えられる。

また、図-6、図-7 より、密粒 13mm は細粒 5mm よりもグラフの傾きが大きいことがわかる。粒径が大きい骨材を用いるほど、骨材の噛み合わせ効果は強く働くため、DS は大きくなる。また、ポリマー含有量が増加すると、弾性回復率は大きくなり、応力緩和時間は増加する。これらの要因が重なったため、粒径が大きい密粒 13mm のほうがグラフの傾きが大きくなったのだと考えられる。

## 5. まとめ

2 種類の骨材配合、3 種類のポリマー含有量を変化させたバイндаを用いて WT 試験、ERT を行い、混合物の評価指標である DS とバイндаの評価指標である弾性回復率、応力緩和時間を得た。これらについて相関関係が得られるか確認した結果、以下の知見が得られた。

- (1)ポリマーの含有量が十分でない場合、DS の増加量は非常に低い。
- (2)ポリマーの含有量に関係なく、弾性回復率と応力緩和時間の増加量はほぼ一定である。
- (3) DS を対数とした場合、弾性回復率より応力緩和時間のほうがより相関性が高いことが確認できる。

現状、図上の点が 3 点しかないため、グラフより得られる結果が正確であるとは言い難い。そのため、混合アス A、C についても WT 試験と ERT を行い、データを拡充することで、より正確な相関関係を確認する予定である。

## 参考文献

- 1)豊田ほか：DSR 繰返しクリープ試験による SBS 改質アスファルトの永久変形評価，土木学会第 63 回 年次学術講演会，2008.
- 2)中原和哉：弾性回復率を用いたアスファルトバイндаの応力緩和税上の評価に関する研究，長岡技術科学大学卒業論文，pp.12-28，pp.35-36，2016.
- 3)平林将：劣化に伴うアスファルトバイндаの応力緩和性状の変化，長岡技術科学大学卒業論文，pp16-25，2017.
- 4)社団法人 舗装調査・試験法便覧，pp.[3]39-55，2007.