

繰返し再生した旧アスファルトの効果的な再生方法に関する基礎的研究

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 学生会員 ○山田智也
長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 正会員 高橋 修

1. はじめに

近年、我が国では循環型社会の実現に向けてアスファルトの再利用が行われている。その一方で、繰返し再生したことによって再生骨材に付着している旧アスファルトの品質が低下し、再利用できない状況も発生している。

現在の再生過程において、劣化した旧アスファルトは再生用添加剤を使用して新規と同程度まで針入度を回復させることが標準となっている。再生用添加剤の添加量は、主に針入度試験を行って設計針入度に調整する方法で決定している。しかし、この針入度はアスファルトバインダの硬さを示す指標であり、硬さ以外の力学的性状、例えば粘結力や付着力などを読み取ることはできない。過去に再生用添加剤を用いて再生をした再生骨材を、再び使用して再生を行うと、その再生アスファルトは性状が著しく変化してしまう可能性が指摘されている。このことから、再生アスファルトの硬さ以外の力学的性状も考慮して、繰返し再生する必要がある。

そこで本研究では、アスファルトバインダの力学的性状をより多面的に評価できる Force Ductility Test (以下、FDT) によって、繰返し再生を想定した劣化アスファルトの再生方法について検討した。既往の研究^{1,2)}では、FDT を用いて主に改質アスファルトの再生方法について検討しており、ストレートアスファルトの再生方法に関する知見がほとんど得られていない。このことから、再生したストレートアスファルトの FDT から得られる力学的性状と針入度との関係性を確認し、アスファルトバインダの硬さ以外の力学的性状も考慮した再生方法について検討を行った。

2. FDT によるアスファルトバインダの評価方法

FDT は AASHTO T300 で規格化されている試験法である。従来の伸度試験機にロードセルを搭載し、供試体延伸時の荷重と変形量を測定する。本試験状



写真-1 Force Ductility Test の実施状況

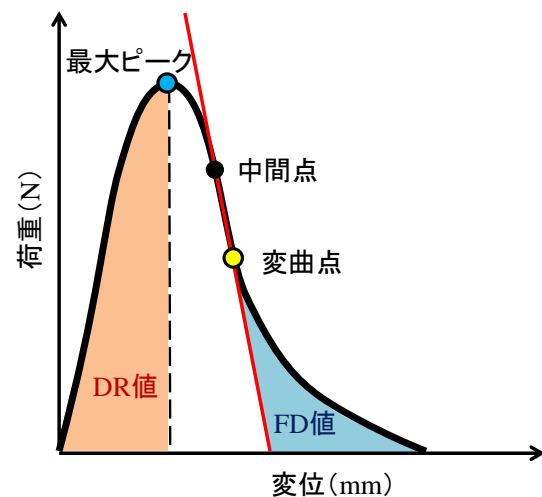


図-1 FDT から得られる曲線とその指標

況を写真-1 に示す。これにより、図-1 のような荷重—変位の関係が得られる。ここで、既往の研究では、タフネス・テナシティ試験³⁾より得られるテナシティに当たる部分の面積を FD 値 (N・mm) と定義した。FD 値は、アスファルトバインダの把握力や粘結力を示し、アスファルト混合物の疲労破壊抵抗性と相関性があることが確認されている⁴⁾。そのほかにも、初期値から最大ピークまでの面積に当たる部分を DR 値 (N・mm) としている。DR 値は、アスファルトバインダの引張抵抗性を示す。

本研究では、促進劣化させたストレートアスファルト 60/80 に再生用添加剤を使用して再生アスファルトを作製し、その力学的性状を FDT によって評価した。FDT から得られる FD 値と針入度 (1/10mm) との関係と比較し、再生用添加剤を使用した再生アスファルトの性能を把握した。

3. 使用した再生アスファルト

本研究で使用した劣化アスファルトは、ストレートアスファルト 60/80 をマントルヒーターにて加熱促進劣化させたものである⁵⁾。これによって、針入度が 50, 45, 38, 31, 24 の 5 種類の劣化アスファルトを作製した。劣化アスファルトの名称は、それぞれ針入度の値を付けてサンプル 50, サンプル 45, サンプル 38, サンプル 31, サンプル 24 とした。作製した 5 種類のサンプルのうち、特に劣化程度が大きい 3 種類のサンプル、即ちサンプル 38, サンプル 31, サンプル 24 を用いて再生を行い、再生アスファルトを作製した。

本研究で行った再生は、舗装再生便覧に記載されている設計針入度に調整する方法⁶⁾とした。サンプル 38, サンプル 31, サンプル 24 の 3 種類の劣化アスファルトに 2 つの異なる量の再生用添加剤を加えて針入度試験用の供試体を作製し、針入度試験⁷⁾を行った。これによって得られた針入度と再生用添加剤の添加量の関係から近似式を求め、その式から目標とする設計針入度となるような再生用添加剤の添加量を算出した。このとき、設計針入度は 70 以外にも複数設定し、それぞれ添加量を計算した。設計針入度を複数設定したのは、針入度を変化させた場合に FD 値がどのように推移するかを把握するためである。

サンプル 38, サンプル 31, サンプル 24 の 3 種類の劣化アスファルトに再生用添加剤を添加して、再生アスファルトを作製した。これらの再生アスファルトから FDT 用の供試体を作製した。表-1 に作製したすべての FDT 用の供試体を示す。また、本実験で使用した再生用添加剤は、我が国で広く一般的に使用されているものである。

表-1 作製した FDT 用の供試体

名称	針入度 (1/10mm)	作製した再生アスファルトの針入度
新規	68	/
サンプル 50	50	
サンプル 45	45	
サンプル 38	38	50,60,70,78,90
サンプル 31	31	40,50,60,70,80,90
サンプル 24	24	30,40,50,60,70,80,90

4. 再生アスファルトの力学的性状の比較

4.1 劣化アスファルトの性能比較

ストレートアスファルト 60/80 をマントルヒーターで段階的に劣化させ作製した 5 種類の劣化アスファルトと新規アスファルトから得られた針入度と FD 値の関係を図-2 に示す。また、針入度と DR 値の関係を図-3 に示す。

図-2 より劣化がわずかに進行した針入度 50 の劣化アスファルトは FD 値が劣化前より増加しているが、劣化の進行に伴い大きく減少している。また、図-3 より DR 値は劣化が進行するほど大きくなっている。これらのことから、針入度が 50 程度までは、劣化によって DR 値が増加し、アスファルトバインダの引張抵抗性が大きくなったことにより、FD 値が大きくなったと考えられる。針入度が 50 を下回る劣化アスファルトは、劣化によるアスファルトバインダの性状の変化が大きく、FD 値が小さくなっている。バインダの力学的性状としては、特に FD 値が重要で、過度に劣化したアスファルトバインダは性状の変化として粘結力が大きく低下してしまうことが分かる。

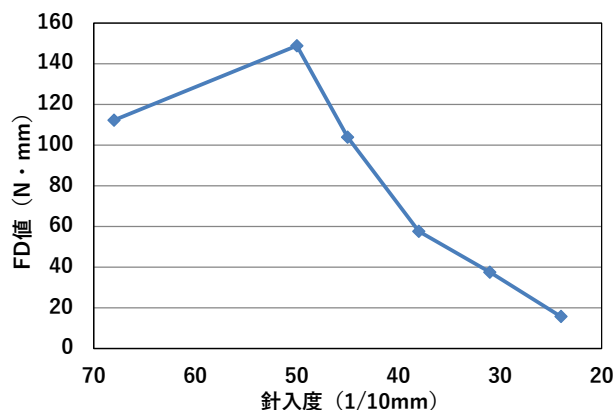


図-2 劣化アスファルトの針入度と FD 値の関係

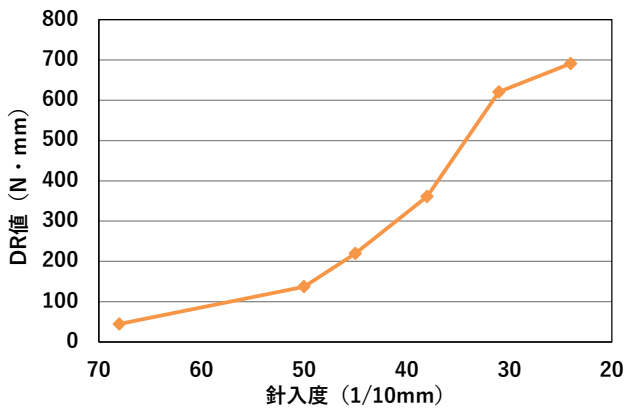


図-3 劣化アスファルトの針入度と DR 値の関係

4.2 針入度 70 の再生アスファルトの性能比較

サンプル 38, サンプル 31, サンプル 24 の劣化アスファルトを母材として設計針入度 70 に調整した再生アスファルトと再生前の劣化アスファルトの DR 値を図-4 のグラフに示し, FD 値を図-5 に示す。

図-4 より, 3 種類すべての再生アスファルトの DR 値が再生前と比べて小さくなっている。これは, 劣化して硬くなったアスファルトに再生用添加剤を添加することでアスファルトが柔らかくなったことで, 引張抵抗性を示す DR 値が小さくなった。また, 再生アスファルトの値を新規アスファルトのものと比較すると, DR 値が同程度となっている。これは, 設計針入度を新規と同程度の 70 としたことによる。

図-5 において, FD 値は 3 種類すべての再生アスファルトで再生後のほうが再生前より大きくなった。これは, 再生用添加剤の効果によってアスファルトバインダの粘結力が回復したものと考えられる。しかし, それぞれの再生アスファルトの値を新規アスファルトのもの比べると FD 値はかなり下回っている。このことから, 再生用添加剤がアスファルトバインダの粘結力に及ぼす回復効果は限定的であると考えられる。また, それぞれの再生アスファルトを比較すると劣化が激しいものほど再生後の FD 値が小さくなっている。つまり, 劣化の度合いが大きいものほど再生後の再生アスファルトの性能は低くなってしまふものと考えられる。

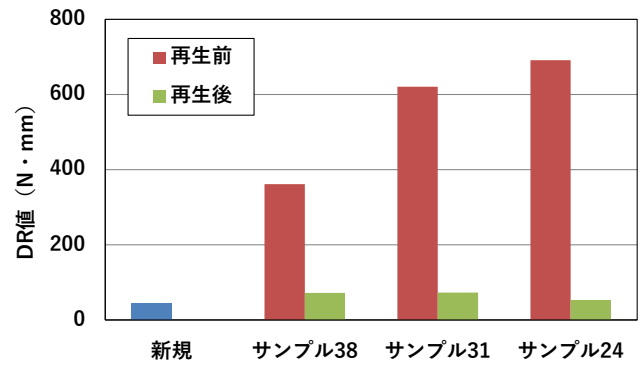


図-4 再生前と再生後の DR 値の比較

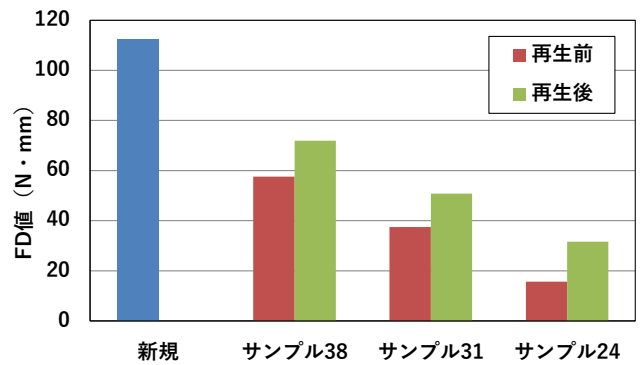


図-5 再生前と再生後の FD 値の比較

4.3 針入度の異なる再生アスファルトの性能比較

FDT による FD 値に着目し, アスファルトの FD 値が設計針入度の違いによってどのように異なるのか比較を行った。サンプル 38, サンプル 31, サンプル 24 の 3 種類の劣化アスファルトを複数の設計針入度に調整した再生アスファルトの針入度と FD 値の関係を図-6 に示す。なお, 比較のために図-2 で示した劣化アスファルトのグラフも図-6 に示す。

劣化が進行した再生アスファルトのグラフほど再生後の FD 値が小さく推移している。このことから, 劣化によるアスファルトバインダの性状変化として, FD 値の低下が顕著であると認識できる。また, サンプル 38 の再生アスファルトは, 針入度を 50 に調整した場合で FD 値が最も大きくなっている。この FD 値の上昇は 4.1 で述べたようにアスファルトバインダの引張抵抗性の影響によるものだと考えられる。サンプル 31 とサンプル 24 もサンプル 38 と同様に, FD 値が大きくなっている再生アスファルトがあるが, その変化は劣化が進行しているサンプルほど小さくなっている。

次に各サンプルの再生アスファルトと劣化アスファルトの結果について比較した。再生用添加剤の効果によりほぼすべての再生アスファルトでFD値が再生前と比べて大きくなっているが、劣化アスファルトのグラフよりも低く推移している。これらの結果から、ここで使用した再生用添加剤はアスファルトバインダの粘結力に与える回復効果が不十分であり、針入度のみで調整で新規材料と同程度の粘結力に戻すことはできなかった。

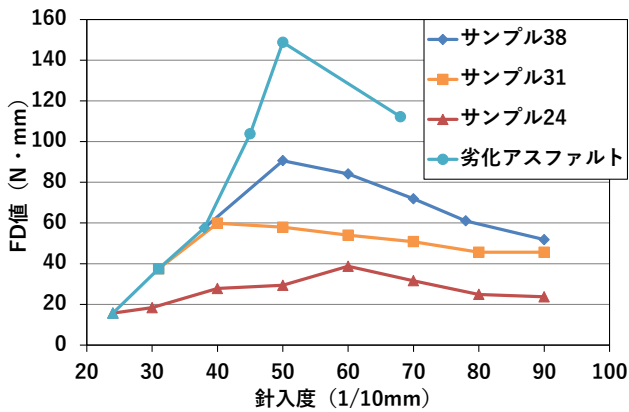


図-6 各サンプルの針入度とFD値の関係

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 劣化したストレートアスファルト 60/80 に一般的な再生用添加剤を使用して再生を行っても、再生前に比べてFD値はわずかに増加するが、新規と同程度まで回復することはできない。
- 2) 再生アスファルトの設計針入度を変化させることでFD値も変化した。繰返し再生も考慮した場合、針入度のみに着目した現行の調整法は有効な方法とは言えない。

以上の結果から、ここで使用した再生用添加剤では新規材料と同程度の性状まで旧アスファルトを回復することはできないと考えられる。また、設計針入度を変化させる方法は、新規と同程度の性状まで回復させる手段の一つにはならないと考えられる。これらのことから、この再生用添加剤を使用して現行の方法で再生を繰返しても、再生骨材に含まれる旧アスファルトの粘結力は大きく低下してしまうと予想できる。繰返し再生を考慮した場合、再生用添加剤のみで再生アスファルトの性状を回復させるには

FDT から得られるFD値を新規と同等まで回復することのできる再生用添加剤が必要となる。また、ここでの再生用添加剤を利用する場合や、旧アスファルトの粘結力が大きく低下した再生骨材を再生する場合は、新規アスファルトの性能も考慮して再生アスファルトの性状を確認する必要がある。

参考文献

- 1) 中村健, 藤井政人: 新たな評価指標に基づく改質アスファルトの再生手法に関する検討, 舗装, Vol.46, No.4, pp.15-19, 2011.
- 2) 本山正樹: アスファルトバインダのレオロジー特性に着目した再生用添加剤の添加量に関する研究, 長岡技術科学大学大学院工学研究科修士論文, 2017.
- 3) (公社) 日本道路教会: 舗装試験便覧, タフネス・テナシティ試験方法, pp.289-295, 2015.
- 4) 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, 長岡技術科学大学大学院工学研究科修士論文, pp.69, 2015.
- 5) 石井翔太: バインダの応力緩和性状によるアスコンの流動抵抗性評価に関する研究, 長岡技術科学大学大学院工学研究科修士論文, pp.4 pp.14-15, 2019.
- 6) (公社) 日本道路教会: 舗装再生便覧, pp.27-30, 2015.
- 7) (公社) 日本道路教会: 舗装試験便覧, 針入度試験方法, pp.145-155, 2019.