

再生アスファルトのリサイクラビリティ指数 に関する研究

RECYCLABILITY INDEX OF RECYCLED ASPHALT

山田 優*・山端 一浩**

by Masaru YAMADA and Kazuhiro YAMABATA

1. まえがき

資源の有効利用、廃棄物問題対策から、材料のリサイクル、繰り返し使用が望まれている。リサイクルしやすいかどうか（リサイクラビリティ：recyclability）は、材料を選択する、あるいは開発するに当たっての重要な評価指標と考えられる。もちろん、リサイクラビリティは、その材料がどのように使用されて劣化していくか、また再使用のため、どのような方法で再生されるかによって異なる。すなわち、用途、再生方法の関数であり、それらの開発の程度によって変化するものである。

道路舗装に用いられるアスファルト混合物のリサイクルは、始まって以来、すでに20年以上が経過し、再生技術の開発も一応の段階に達し、技術指針¹⁾ができ、全国でその指針に沿ったリサイクリングが進められつつある^{2)~6)}。現在の関心は、何回再生できるか、どうすれば何回も繰り返して再生できるかである。アスファルト混合物の原材料のうち、多数回の再生によって品質が最も問題となってくるのは、バインダーとして使われているアスファルトである。以下、このアスファルトのリサイクラビリティ指数を定義し、アスファルト混合物の最適リサイクリングの実施に向けての課題について考察する。

2. 再生アスファルトのリサイクラビリティ指数の定義

再生して繰り返し使用できる回数には、限界があると考えられる。ある再生アスファルトについて、使用中（製造、舗設、供用中）の劣化の程度と再生方法を仮定したとき、その限界に達するまで、まだどの程度再生使用が可能かを次式で計算される割合で表し、再生アスファルトのリサイクラビリティ指数と呼ぶことにする。

$$\text{リサイクラビリティ指数} = (\text{残余再生可能回数} / \text{総再生可能回数}) \times 100 \quad (\%) \quad \dots \dots \dots (1)$$

分母の総再生可能回数は再生回数が0回の時の残余再生可能回数であり、初期の新しい時点でのリサイクラビリティを表すことになる。使用后1回でも再生可能な新しいアスファルトのリサイクラビリティ指数は100%、リサイクラビリティ指数が0%の再生アスファルトは、使用することによって仮定している劣化の程度を与えると、仮定している再生方法では再生できないことを意味する（もちろん、再生方法を変えれば、再生可能になるかもしれない）。

3. アスファルトの劣化・再生繰り返し試験によるリサイクラビリティ指数検討実験

(1) アスファルト試料

最近わが国の道路舗装用アスファルト混合物に最も一般的に用いられている針入度60~80のストレートアスファルトをアスファルト試料として用いた。その物理的・化学的性質の試験結果は表1のとおりであった。

表1 アスファルト試料の物理的・化学的性質の試験結果

項目	試験値	
針入度 (25℃) [1/10mm]	61	
軟化点 [℃]	49.5	
伸度 (15℃) [cm]	100以上	
組成分析 [%]	飽和分	9.9
	芳香族分	52.2
	レジン	23.6
	アスファルテン	13.3

(2) 劣化の方法

使用中に与えられる劣化を写真1に示す回転式薄膜加熱試験器で加熱することにより模擬的に与えることとした⁷⁾。1回の使用に当たる加熱条件は、舗設試験法便覧⁸⁾記載の回転式薄膜加熱試験方法と同様とした。すなわちアスファルト試料35gを内径約60mm、深さ約135mmの円筒ガラスびんに入れ、鉛直に立てた回転盤に直角、水平に取り付け、温度163℃で75分間、15rpmの速度で回転させながら、びん内に4000ml/minの速度で空気を吹き込み、

* 大阪市立大学教授 工学部土木工学科 (〒558 大阪市住吉区杉本3-3-138)

** 大阪市立大学大学院生 工学研究科前期博士課程土木工学専攻

アスファルト試料を攪拌しつつ、びんの側面に薄く広げるようにして加熱した。

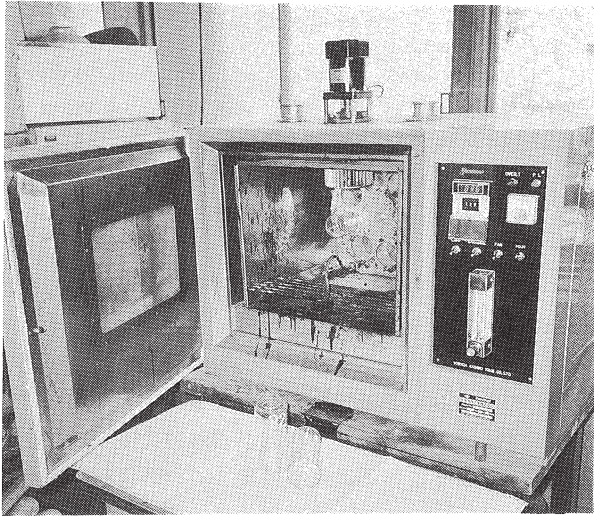


写真1 回転式薄膜加熱試験器

(3) 再生の方法

再生アスファルトの種類を技術指針¹⁾に示されている中で現在最もよく採用されている40~60、設計針入度を50(×1/10mm)とし、回転式薄膜加熱試験機内で加熱劣化させたアスファルト試料に再生用添加剤を適量添加して針入度をその設計値50に調整して再生アスファルトを作製した。目標とした再生アスファルトの品質基準および用いた再生用添加剤の品質を表2および表3にそれぞれ示す。

表2 目標とした再生アスファルトの品質基準

項目	試験値
再生アスファルトの種類	40~60
針入度(25℃) [1/10mm]	40を超え60以下
軟化点 [℃]	47.0~55.0
伸度(15℃) [cm]	10以下
回転薄膜加熱後針入度残留率[%]	58以上

表-1 実験に用いた再生用添加剤の品質

項目	試験値	
動粘度(60℃) (cSt)	385	
引火点 (℃)	282	
薄膜加熱後の粘度比(60℃)	1.1	
薄膜加熱質量変化率 (%)	-0.02	
密度(15℃) (g/cm ³)	0.999	
組成分析 (%)	飽和分	33.9
	芳香族分	40.0
	レジン分	25.9

ただし、メーカーによる試験値

(4) 再生アスファルトの品質試験項目

技術指針¹⁾の再生アスファルトの品質規定の項目のうち、問題となるのは、針入度、軟化点、伸度および薄膜加熱針入度残留率であると考え、再生用添加剤添加後、この4項目について試験した。ただし薄膜加熱針入度は回転薄膜加熱後の針入度で代用した。

(5) 実験結果

上記の条件で、図1のごとく加熱による劣化、再生用添加剤による再生を繰り返したときの再生用添加剤添加量および再生アスファルトの4項目の試験結果と再生回数との関係を図2に示す。ここで再生用添加剤添加量は、添加前のアスファルトに対する重量百分率で、添加前のアスファルトには、それまでに添加された再生用添加剤が含まれている。

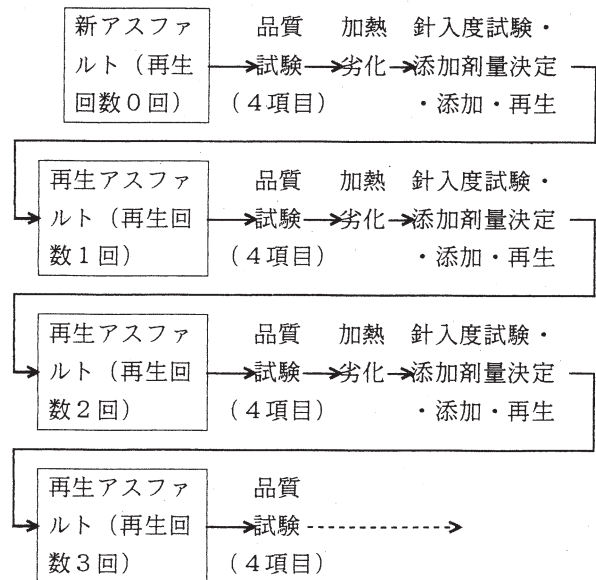


図1 アスファルトの劣化・再生繰り返しによるリサイクラビリティー検討実験

再生用添加剤添加量は、2回目の再生では4%であったが、その後はほぼ2%で一定になった。1回目の再生で2%と低いのは、最初の新しいアスファルトの種類が60~80であったのに対し、目標とした再生アスファルトの種類を40~60としたためであったと考えられる。新アスファルトに40~60ストレートアスファルトを用いていれば、1回目の再生での添加量は4%以上であったと予想される。

再生アスファルトの軟化点は、1回目の再生で高くなり、その後、一定あるいは次第に上昇する傾向が見られ、7回目の再生アスファルトの試験値は基準の上限値である55.0を超えた。

伸度も、1回目、2回目の再生で大きく低下し、その後、次第に減少し、7回目では基準(10以上)からはず

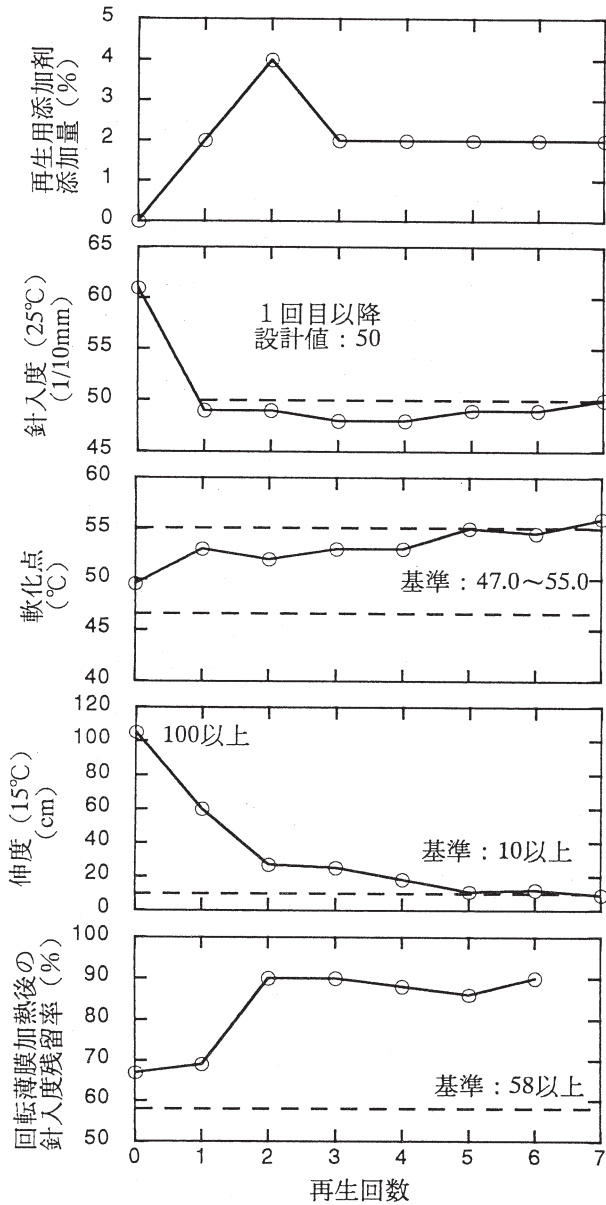
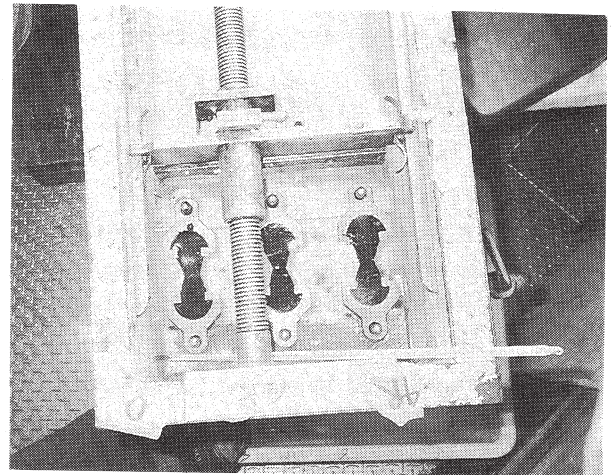


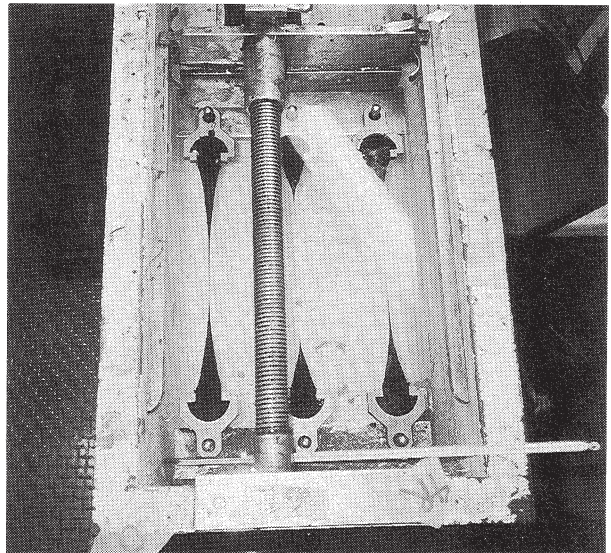
図2 再生回数に伴う添加剤添加量および再生アスファルトの品質の変化

れた。写真2の上方(a)は伸度試験で供試体を引き伸ばす前の状態、また下方(b)は引き伸ばし試験中(引き伸ばし量16cm時)の状態を示す。左側から順に、新アスファルト、再生回数6回目の再生アスファルト、再生回数4回目の再生アスファルトの供試体である。下方(b)の中央の再生回数6回目の再生アスファルトの供試体では、すでに伸びることができず切れている。

回転薄膜加熱後の針入度残留率は、最初の新しいアスファルトおよび1回目の再生アスファルトでは67~69%であったが、2回目以降の再生アスファルトでは86~90と高い値であって、再生を繰り返しても基準からはずれ



(a) 引き伸ばし試験前



(b) 引き伸ばし試験中
(引き伸ばし量16cm時)

写真2 アスファルトの伸度試験

(6) 総再生可能回数とリサイクリビリティ指数
用いた60~80ストレートアスファルトの上記(2)に示した使用中の劣化の程度と(3)に示した再生方法における再生使用の限界は、軟化点の上昇と伸度の低下によってもたらされ、総再生可能回数は6回程度となった。

1回目の再生アスファルトのリサイクリビリティ指数は(5/6)×100で約83%、また1サイクルの劣化・再生でリサイクリビリティ指数は(1/6)×100、すなわち約17%減少したことになる。

また再生アスファルトの軟化点と伸度を試験すれば、その試験値からリサイクリビリティ指数を推定することができる。ただし図2のそれらの試験結果から分かるように、再生回数が大きくなるに従い、試験値の変化量は小さくなるので正確な推定は難しい。

4. 実験結果からみた今後の課題

- 1) 今後、アスファルト混合物発生材（アスファルトがら）のリサイクル率は引き上げられ、また再々生も多くなり、再生骨材（アスファルトがらを解砕して骨材状にしたもので、再生アスファルト混合物の原料となる。原骨材とアスファルトの混合物である。）の品質評価が再生混合物の品質を確保する上で重要となる。再生骨材や再生混合物の品質による級分けも必要であろう。その際、上記のリサイクラビリティ指数が品質評価指標の1つとなるのではないかと考える。
- 2) 劣化の程度、再生方法を上記のとおり仮定すると、6回程度、再生可能となるが、もちろん再生方法を変えれば、この総再生可能回数はもっと伸びる可能性がある。また目標とする再生アスファルトの品質基準については、現行の技術指針¹⁾の規定に従ったが、それが変われば当然、総再生可能回数に変化する。再生方法、特に再生用添加剤、再生アスファルトの品質基準は、再生を多数回繰り返したい場合でも現行のままでよいのかを検討しなければならない。
- 3) 再生用添加剤の選択、添加率の決定を、現行のように針入度の調整のみで行うのではなく、軟化点、伸度なども調整されるように考えて行えば総再生可能回数は大きくなるはずであるが、それが可能か、またそこまでして再生回数を増やす必要があるのかを検討しなければならない。
- 4) 実際に必要なのはアスファルト混合物の品質である。それゆえ現行の再生アスファルトの品質を調整することによる配合設計でよいのか、再生混合物の品質調整による配合設計法が必要ではないかを検討しなければならない。
- 5) 上記の実験では、再生アスファルトのリサイクラビリティ指数の減少は軟化点の上昇と伸度の減少によって生じた。しかし、それらの変化が再生アスファルト混合物の品質にどのように支障を来すのかは明らかになっていない。再生アスファルトのリサイクラビリティ指数と再生混合物の品質との関係について検討しなければならない。

5. あとがき

以上、現行の技術指針¹⁾に従って実施されるアスファルト混合物のリサイクリングにおける再生アスファルトを非常に簡略化した条件で作製し、その品質の変化を試験して若干の考察を行った。今後さらに、作製条件、アスファルト、添加剤を変えて実験を行いたい。また、混合物の性質との関係も検討しなければならないと考えている。

参考文献

- 1) 日本道路協会：プラント再生舗装技術指針，1992.12.
- 2) 本多淳裕，山田優：建設副産物・廃棄物のリサイクル，省エネルギーセンター，1994.8.
- 3) 山田優：舗装と再生資源，アスファルト，Vol.35，No.172，pp.10～16，1992.7.
- 4) 山田優：再生アスファルト混合物の性質と供用性に関する一研究，土木学会論文集，No.348/V-1，pp.51～60，1984.8.
- 5) 中村俊行ほか：特集・舗装再生の取り組みについて，アスファルト，Vol.38，No.184，pp.2～44，1995.7.
- 6) 日本道路建設業協会：第7回道路技術シンポジウム「道路建設における再生資源の有効利用」テキスト，1992.12.
- 7) 遠西智次，新田弘之，坂本浩行，片脇清：アスファルトバインダーの劣化試験方法に関する研究，舗装，Vol.30，No.6，pp.3～7，1995.6.
- 8) 日本道路協会：舗装試験法便覧，1988.11.

(1995年7月30日受付)