

フェノール樹脂を添加した改質アスファルト混合物についての追加実験*

Additional experiments on the phenolic resins modified asphalt mixtures

| | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 萩野正嗣 ¹⁾ Shoji OGINO | 大前達彦 ¹⁾ Tatsuhiko OHMAE | 河合哲 ²⁾ Satoshi KAWAI |
| 藤井義之 ²⁾ Yoshiyuki FUJII | 津野泰宏 ³⁾ Yasuhiro TSUNO | 中市晴夫 ³⁾ Haruo NAKAICHI |

Synopsis

The rutting phenomenon of asphalt pavement caused by plastic flow is becoming a world-wide problem with the increase of the vehicle traffic density, size and load. Semi-blown, rubberized-thermoreversible elastomer, thermoplastic polymer (for example, epoxy resin) modified asphalt binders mainly are used as one of countermeasures to prevent plastic flow. It is well known that the epoxy resin modified asphalt mixes exhibit very high resistance to plastic flow. However, they have been noticed to have some drawbacks on uniformity in mixing, execution of work and cost.

This paper describes the results of some additional experiments on the phenolic resins modified asphalt mixtures. All of them on the rheological properties of phenolic resins modified asphalt binders and the structural behavior of the asphalt mixes were reported in Second International Conference on Road & Airfield Pavement Technology in Singapore.

This type of research has not apparently been done up to date, and if done, has not been published.

1. 概要

近年、アスファルト舗装道路では交通量の増加と車両の大型化に伴って、塑性流動に起因するわだち掘れ現象が問題になっている。この塑性流動を防止する対策の一つとして、樹脂改質アスファルトを使用した多くの研究および舗装が実施されている。これらの研究のほとんどは、改質材として熱可塑性の性質を示すスチレン・ブタジエンゴム（SBR）、スチレン・ブタジエンブロックポリマー（SBS）、エチレン・酢酸ビニル共重合体（EVA）等を用いている^{たとえは1)}。

一方、熱硬化性のエポキシ樹脂改質アスファルトは非常に高強度を発揮するが、混合物の均一化、施工性および経済性に難点がある。

本研究で使用する樹脂系結合材としてのフェノール樹脂は古くから木工産業、断熱材、成形材料の分野で使用されており、エポキシ樹脂に比べて取り扱いが容易で安価である。

* 平成8年4月 原稿受理

1) 大阪産業大学 工学部 2) 大阪産業大学 工学部 院生 3) (株)昭建

筆者等は、アスファルトにフェノール樹脂（レゾール）を添加した改質アスファルト混合物が舗装道路の耐流動用、耐磨耗用等に広く使用できるかを検討したものである。既に筆者等の研究報告において以下の点が明らかになっている²⁾、³⁾、⁴⁾。

- (1) フェノール樹脂にはレゾール、ノボラックおよびレゾールノボラックの3種類があり、このうちレゾールを添加したレゾール改質アスファルトの物理性状の感温性が鈍く、またストレートアスファルトに比べて小さい。
- (2) ホイールトラッキング試験におけるレゾール改質アスファルト混合物の動的安定度は通常の密粒アスコンの約13倍となる。マーシャル安定度は約1.6倍である。
- (3) 静的曲げ試験においては、低温では同程度の強度であるが、常温領域ではレゾール改質アスファルト混合物の方が大きい。
- (4) ラベリング試験における摩耗量は、同程度かやや密粒アスコンの方が少ないように思われる。
- (5) レゾール改質アスファルト混合物を製造するとき、臭気が発生する難点がある。

本報告は、その後新たに追加した実験、すなわち、せん断試験、レゾール樹脂の可使時間を考慮したマーシャル安定度試験、分子量測定、リサイクルを考慮したホイールトラッキング試験と静的・動的曲げ試験、臭気の問題および試験施工について以下に述べる。

2. せん断試験

2・1 試験方法と材料

ここで述べるせん断試験とは、まだ締め固められていないアスファルト混合物の時間経過に伴う流動性を調べたもので、いわゆるせん断強度そのものを知るためのものではない。このせん断試験として図-1に示す試作の簡易な試験器を用いてせん断箱に一定重量(4200g)のアスファルト混合物を詰め、所定の温度(150℃)で10mm/minのスピードでせん断試験を行った。せん断箱寸法は、長さ30.0cm、幅15.0cm、高さ6.1cmである。

本実験に使用したアスファルト混合物の種類は表-1に示す4種である。すなわち、フェノール樹脂入りアスコン(以後、Reアスコンと呼ぶ)、通常の密粒アスコン(ストレートアスファルト60/80を使用)、再生材50%使用のリサイクルアスコン(RC-50)および改質Ⅱ型(商標、キャリメックスを使用)のアスファルト混合物である。

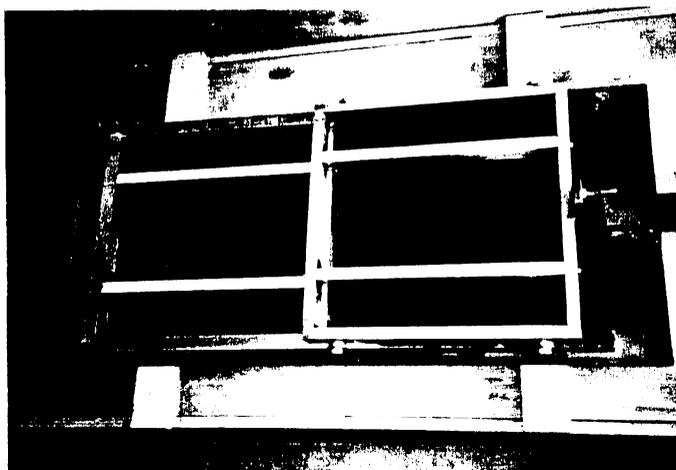


図-1 せん断試験に使用した簡易試験器

表-1 各種混合物の骨材合成粒度

| 種別 | 19 | 13.2 | 4.75 | 2.36 | 0.6 | 0.3 | 0.15 | 0.075 | スタース (%) | レゾール (%) | キャリメックス (%) |
|--------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------------|-------------|----------------|
| Reアスコン | 100 | 98.1 | 64.9 | 40.6 | 25.4 | 17.7 | 8.1 | 4.1 | 5.4 | 0.6 | — |
| 密粒アスコン | 100 | 98.1 | 64.9 | 40.6 | 25.4 | 17.7 | 8.1 | 4.1 | 6.0 | — | — |
| RC-50 | 100 | 98.9 | 65.1 | 41.8 | 25.4 | 16.8 | 7.8 | 4.0 | 3.7 | — | — |
| 改質Ⅱ型 | 100 | 98.1 | 64.9 | 40.6 | 25.4 | 17.7 | 8.1 | 4.1 | — | — | 6.0 |

2・2 試験結果

本実験は上述したように、Reアスコンと、現在、一般に使用されているアスコンとの比較をしたもので、混合から90分間におけるアスファルト混合物の流動性を調べるものである。90分間の試験はプラント混合から現場施工に至る経過時間を考慮して実施したもので、図-2はいずれの混合物においてもせん断応力（流動性）はバラツキている。この主たる原因は試作器のまずさによるものと考えられるが、各種合材ともに90分間程度の保温（経過時間）では、せん断試験結果に大差がないと思われる。すなわち、Reアスコンは可使時間を考慮する必要がなく、施工性において問題はないものと思われる。

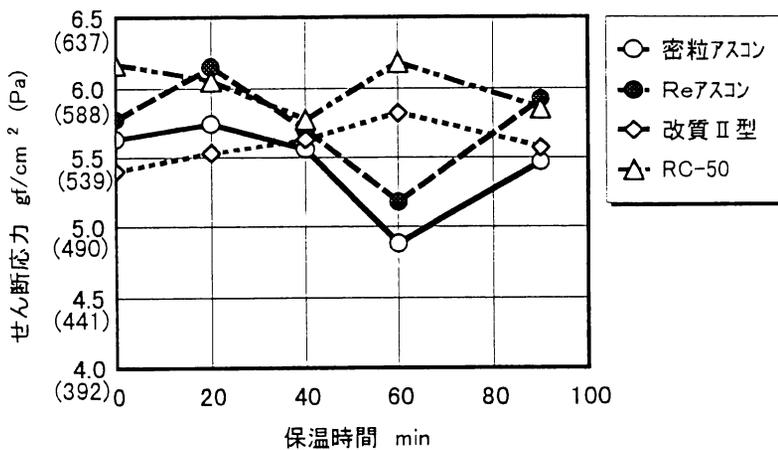


図-2 せん断応力と保温時間の関係

3. マーシャル安定度試験

3・1 マーシャル安定度

2章と同様、本実験も通常の強度よりも経過時間に伴うReアスコンの硬化性を念頭において実施したものである。図-3によると、混合直後のReアスコンのマーシャル安定度は、密粒アスコンと比べて約1.3倍になっている。しかし、90分経過後のそれは密粒アスコンの約1.8倍となっており、このことは必ずしもReアスコンにとってよい結果ではない。すなわち、密粒アスコンや改質Ⅱ型のように時間経過に伴う強度変化がないことが理想的であり、Reアスコンが経過時間とともに安定度が大きくなるのは熱硬化の影響をうけているものと思われる。

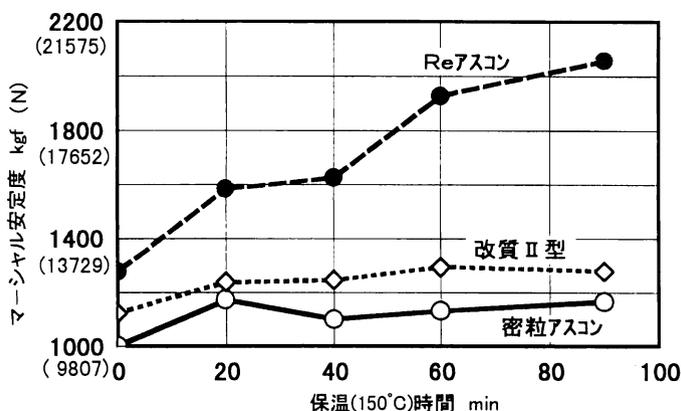


図-3 保温時間とマーシャル安定度の関係

3・2 マーシャル供試体密度

マーシャル供試体密度を示した図-4によると、密粒アスコンおよび改質Ⅱ型は、ほぼ一定の密度、いや、むしろ大きくなる傾向にあるが、Reアスコンは時間の経過とともに逆に小さくなっていく。90分経過後の締め固度は約1%減少している。言い換えると、長時間の運搬を要する場合は現場施工では十分締め固める必要があることを示している。

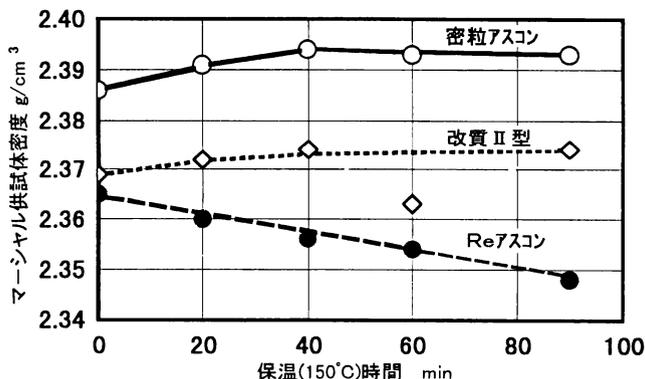


図-4 保温時間と密度変化の関係

4. GPCによる分子量測定

この実験は、レゾール樹脂をアスコンに混入することによって、熱硬化による経熱（経時）挙動を知る目的で実施したものである。

4・1 測定方法

GPC (Gel Permeation Chromatography) による分子量測定方法は、まずサンプル少量をアセトンに溶解し、溶解された成分だけを取り出す。その後、アセトンを取り除き、THF (テトラヒドロフラン、 C_4H_8O 、分子量 72.11) に溶解してGPCで分子量を測定する方法である。

すなわち、(a)移動相の流量はTHFにて 1 ml/min で、(b)固定相（ゲル）の種類は球状多孔相ポリスチレンゲルで、(c)カラムの径と有効長さは $\phi 8\text{ mm} \times 300\text{ mm}$ を使用し、(d)検出方法はRI（屈折率）である。

4・2 測定方法

測定資料はストレートアスファルト（60/80）の単体（図-5）、レゾールの単体（図-6）、レゾール20%添加したReアスコン（図-7）およびこのReアスコンを1年後にリサイクル用に再転圧された再生Reアスコン（図-8）である。これらの図は、いずれも縦軸に濃度（ピーク高さ）、横軸に抽出時間をとったものである。図中のAve. Mwは重量平均分子量を、Ave. Mnは数平均分子量を、Mw/Mnはその比である。

図-5に示すストレートアスファルト（単体）のチャートは大変シンプルであるが、図-6に示すレゾール（単体）は高分子ポリマーのベンゼン環が複雑に入り混じっていることを示している。単体の両者は分子量は、ほぼ同程度と考えられる。

一方、Reアスコンのチャートは図-7と図-8で、再加熱・再転圧した混合物の分子量にはそれほど変化がないと思われる。しかし、これらの図と図-6とを比較すると、明らかに前者の方が分子量は少なくなっている。レゾール樹脂の熱硬化による影響が出ているものと考えられる。

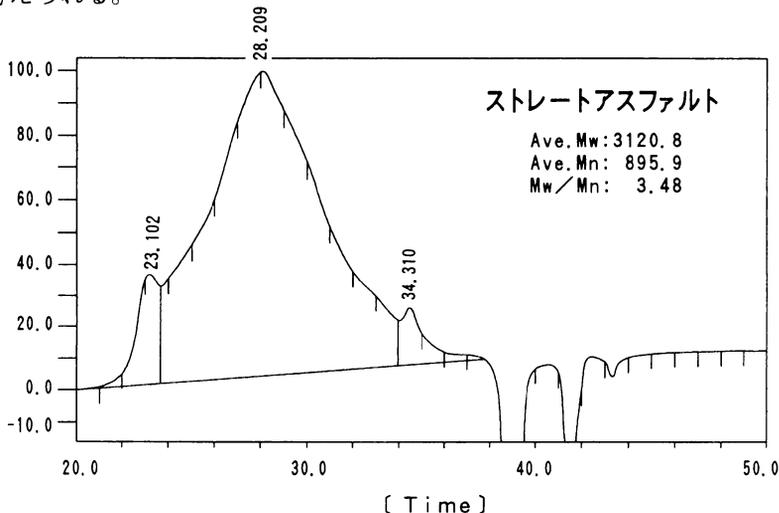


図-5 GPCによる分子量分布（ストレートアスファルト）

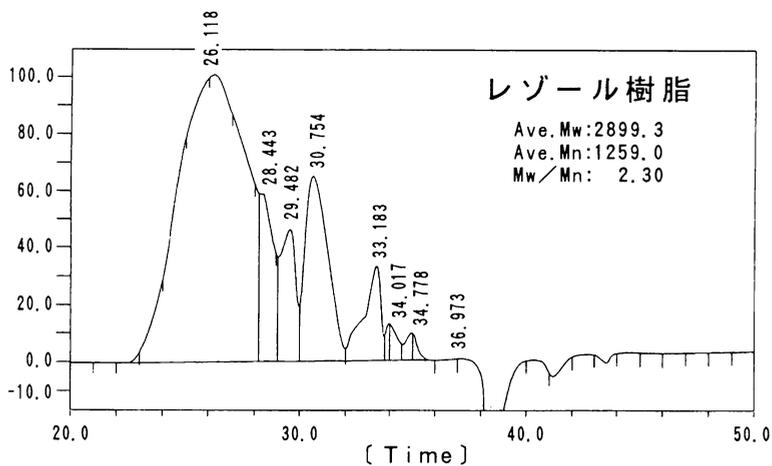


図-6 GPCによる分子量分布 (レゾール単体)

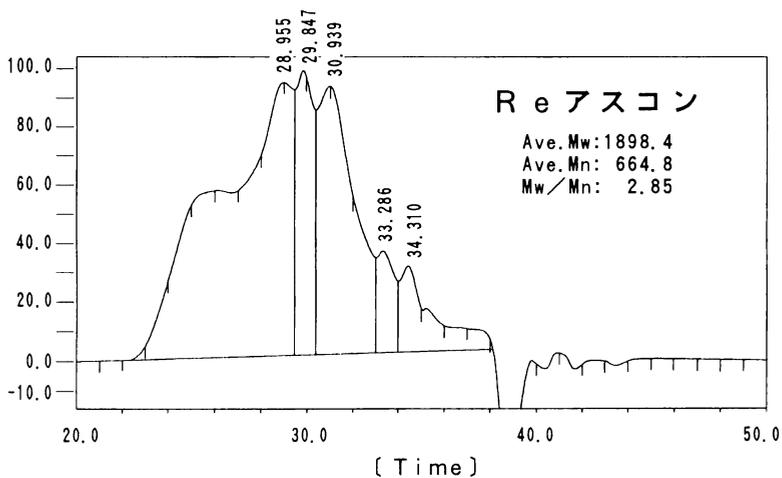


図-7 GPCによる分子量分布 (Reアスコン)

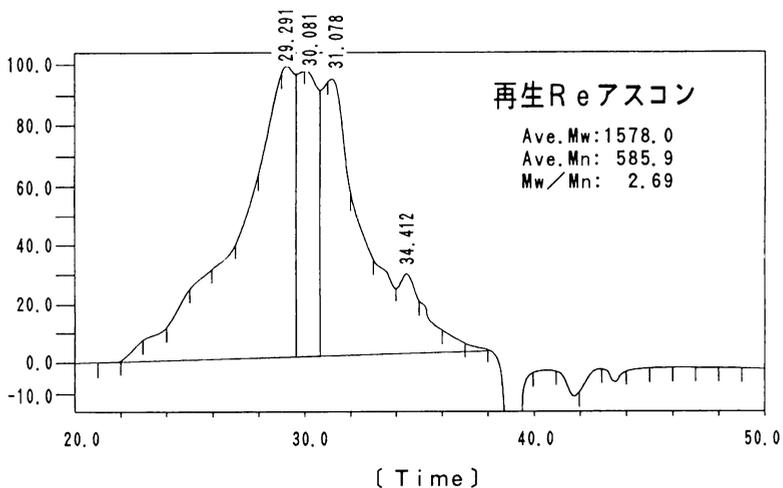


図-8 GPCによる分子量分布 (再生Reアスコン)

5. 再生 Re アスコン

以前の実験から、Re アスコンの動的安定度 (DS) は密粒アスコンに比べて約10~13倍程度であり、低温 (-10℃) における曲げ強度はやや大きい、同程度である。しかし、曲げひずみは密粒アスコンの方が約 1.6倍大きくなることが明らかとなっている。

本実験は、再生された Re アスコンの DS と曲げ強度を調べたものである。すなわち、今日、舗装廃材の再生利用は、資源の有効利用と経済性、廃棄物の適性処理等から実施されている。一般には、アスコンの再生材の混合比率は20~50%であるが、本実験ではバージン材および再生添加剤を加えることなしに、1年後に再度加熱混合、締固めを行い、供試体を作製した。

5・1 ホイールトラッキング試験

まず、ホイールトラッキング試験 (WT 試験) の実施に先立ち、ローラコンパクトで締め固められた Re アスコンと再生 Re アスコンの密度および空隙率は、それぞれ、2.352 g/cm³、3.61% および 2.354g/cm³、4.17% であった。このデータからは再生 Re アスコンの締め固め具合は、やや劣ると思われる。

WT 試験結果の変形量を示した図-9 および図-10 は同一のもので、前者は横軸にトラッキング時間を普通目盛で、後者は対数目盛プロットしたものである。この図より初期わだち掘れ量はほぼ同程度であるが、長時間载荷によるわだち掘れ量は再生 Re アスコンの方がやや大きくなる傾向にある。試験開始後、45~60分における再生 Re アスコンの動的安定度 (DS) は6000回/mm、変形率 (RD) は0.007mm/min であり、再生前の Re アスコンのそれは、それぞれ DS 9000回/mm、RD 0.005mm/min である。

一般的に、WT 試験の動的安定度 (DS) は、空隙率が大きいほど大きくなると言われており、本実験結果とは逆になっている。本実験の供試体数を増やして、もう少し検討する余地があるかもしれない。

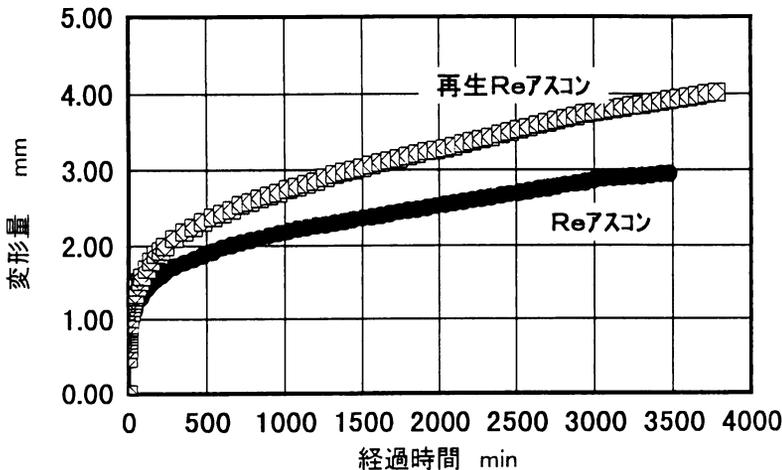


図-9 変形量-時間曲線 (普通目盛)

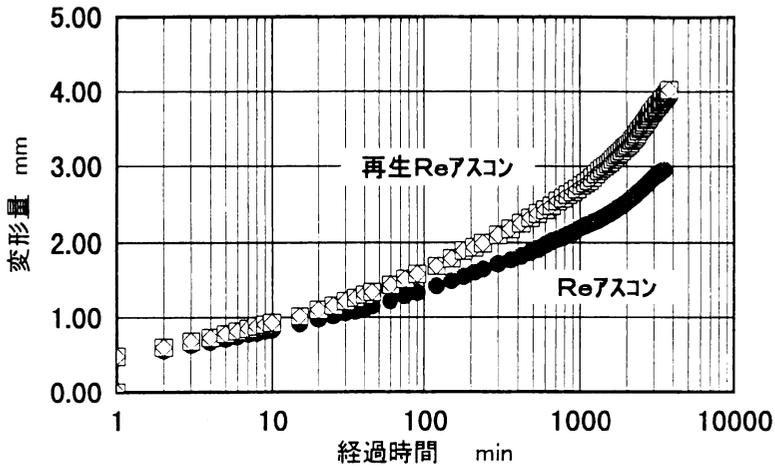


図-10 変形量-時間曲線 (対数目盛)

5・2 曲げ試験

5・2・1 静的曲げ試験

以前の曲げ試験は低温（ -10°C ）における曲げ強度を調べたものであるが、本試験は常温、すなわち 5°C ～ 25°C における強度を調べたものである。供試体寸法は $30 \times 3 \times 3 \text{ cm}$ で、スパン 16 cm の一点载荷である。荷重はロードセルから、たわみ量はダイヤルゲージを使用し、データログで自記記録させた。また、载荷速度は 0.03 mm/sec で実施した。図-11は一例として試験温度 10°C の応力-ひずみ曲線を図示したものである。 5°C ～ 25°C の温度においては、いずれの場合も再生Reアスコンの応力-ひずみ挙動は図-11のような脆性破壊の挙動を示す。Reアスコンのそれは、再生Reアスコンと密粒アスコンの中間の挙動を示す。このことから明らかなように、リサイクルとして再生Reアスコンのみで舗装することは危険なようである。参考のため、表-2に曲げ強度、ひずみおよびスチフネスの数値を示した。

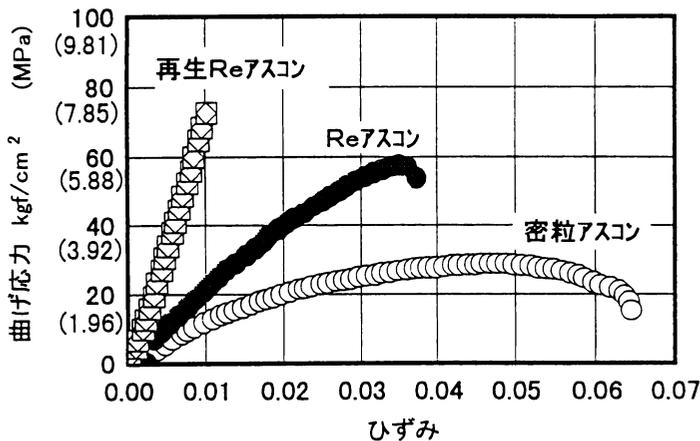


図-11 応力-ひずみ曲線 (静的曲げ試験 10°C)

表-2 静的曲げ試験結果

| 混合物 | 試験温度 ℃ | 最大曲げ強度 kgf/cm ² (MPa) | ひずみ × 10 ⁻³ | スチフネス kgf/cm ² (MPa) |
|----------|-----------|-------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| 密粒アスコン | 5 | 39.7 (3.9) | 20.2 | 2000 (190) |
| | 10 | 28.8 (2.8) | 46.8 | 620 (60) |
| | 15 | 11.8 (1.2) | 29.2 | 410 (39) |
| | 20 | 6.5 (0.6) | 34.6 | 190 (18) |
| | 25 | 5.8 (0.5) | 46.5 | 130 (12) |
| Reアスコン | 5 | 73.6 (7.2) | 17.7 | 4300 (420) |
| | 10 | 58.3 (5.7) | 35.5 | 1600 (160) |
| | 15 | 31.3 (3.1) | 28.7 | 1100 (110) |
| | 20 | 16.0 (1.6) | 23.6 | 680 (66) |
| | 25 | 9.7 (1.0) | 42.4 | 230 (22) |
| 再生Reアスコン | 5 | 92.4 (9.1) | 8.8 | 10000 (1000) |
| | 10 | 72.6 (7.1) | 9.5 | 7200 (700) |
| | 15 | 91.3 (9.0) | 23.2 | 4900 (480) |
| | 20 | 82.9 (8.1) | 27.8 | 3000 (290) |
| | 25 | 65.4 (6.4) | 10.8 | 6100 (590) |

5・2・2 繰返し曲げ試験

本実験に使用した繰返し曲げ試験装置は図-12に示す変位制御型の試験機である。この装置は完全なひずみ制御でないが、はりの弾性理論によってたわみ量から供試体上下縁のひずみ量を求め、定ひずみ繰返し両振試験とみなしている。載荷は偏心カムにより単純ばりの供試体の中央に正弦的強制両振変位を与えるものである。繰返し曲げ試験の条件は、スパン24cm、正弦波形、周波数1Hz、変位0.2mmで実施した。

このひずみ制御試験法は実際のアスファルト混合物の疲労挙動と類似しているが、応力制御型のように破断時が明らかでない欠点である。表-3には初期曲げ強度（繰返し回数3回時）を、表-4には初期曲げ強度の1/2になる繰返し回数を一括して示したものである。表-3に示す初期曲げ強度において、再生Reアスコンは低温で密粒アスコンやReアスコンより劣るようであるが、高温においては強度を発揮するようである。しかし、表-4に示す疲労寿命（繰返し回数）を考えると、密粒アスコンが最も大きく、Reアスコン、再生Reアスコンの順となる。

既報の研究および今回の実験においても、Reアスコンや再生Reアスコンの曲げ強度および曲げ疲労結果は、密粒アスコンに比べて優れているとはいえないように思われる。

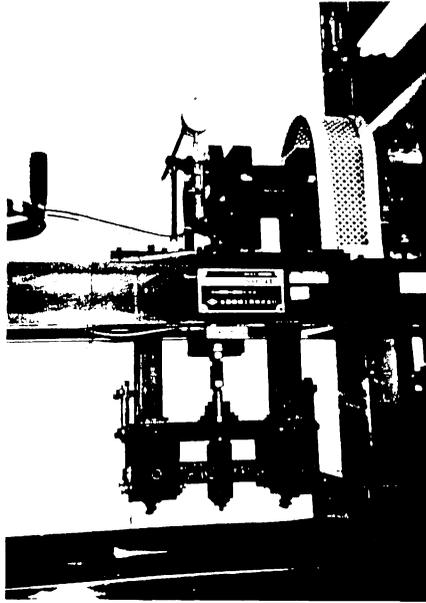


図-12 繰返し曲げ試験装置

表-3 初期曲げ強度（繰返し回数 3 回時） 単位：kgf/cm² (MPa)

| 供試体名 試験 温度 °C | 密粒アスコン | R e アスコン | 再生 R e アスコン |
|---------------------|-----------|-----------|-------------|
| 5 | 27.6(2.7) | 22.7(2.2) | 9.8(1.0) |
| 10 | — | 20.9(2.1) | 21.2(2.1) |
| 15 | 9.2(0.9) | 12.8(1.3) | — |
| 20 | — | 10.4(1.0) | — |
| 25 | 2.3(0.2) | 7.2(0.7) | 25.4(2.5) |

表-4 初期曲げ強度の 1 / 2 になる繰返し回数 単位：回

| 供試体名 試験 温度 °C | 密粒アスコン | R e アスコン | 再生 R e アスコン |
|---------------------|--------|----------|-------------|
| 5 | 600 | 60 | 850 |
| 10 | — | 80 | 20 |
| 15 | 450 | 150 | — |
| 20 | — | 150 | — |
| 25 | 1000 | 900 | 90 |

6. Reアスコンの臭気について

Reアスコンの欠点の一つに臭気（異臭）がある。、Reアスコンは、ミキシング中に臭気を発生させる。この室内ミキシング中の発生ガス（約20秒間程度発生）を採取（図-13参照）し、三点比較臭袋法で臭気官能試験を実施した。この評価方法は臭いがあるか否かが基本となっており、不快性の有無が判断基準となっていない。パネラー6人による臭気官能試験結果は表-5に示すとおりで、臭気濃度 977、臭気指数29.9でやや高い数値と考えられる。一般に、工場境界値での臭気濃度 600程度が目安と考えられているようである。ただし、この実験は室内実験で、ミキシング中のミキサーはオープン状態で測定したものであり、プラントでのミキシングとは違っている。

一方、後述する試験施工時にプラントの煙突（高さ30m）から排出される臭気について、50m間隔に 250mまで人を配置し調査した。その結果、約 150m離れている調査人のみが極僅かであるが臭気を感じた。また、プラントから約5分の試験施工現場で、施工作業中のオペレータに対する臭気と目に対する刺激がやや強く、発生ガスの継続的な吸収を考慮すると何らかの防護対策が必要であろう。



図-13 Reアスコンの発生ガスの採取

表-5 臭気官能試験結果

| 試験方法：三点比較臭袋法 | | | | | | |
|----------------------------------|-------------------|------|-----------------------------|------|-------|---------|
| 試料採取方法：ハンガ(10Lフレックスサフラー)間接採取装置使用 | | | | | | |
| 希釈倍率 | 100 | 300 | 1000 | 3000 | 10000 | 各パネルの閾値 |
| 対数値 | 2.00 | 2.48 | 3.00 | 3.48 | 4.00 | |
| パ | A | ○ | ○ | ○ | × | 3.24 |
| | B | ○ | ○ | × | | 2.74 |
| ネ | C | ○ | ○ | × | | 2.74 |
| | D | ○ | ○ | ○ | × | 3.24 |
| ル | E | ○ | ○ | × | | 2.74 |
| | F | ○ | ○ | ○ | × | 3.24 |
| 臭気濃度 | $Y = 10^X$ | | $Y = 10^{2.99} = 977$ | | | |
| 臭気指数 | $Z = 10 \times X$ | | $Z = 10 \times 2.99 = 29.9$ | | | |

7. 試験施工

試験練りおよび試験施工は、平成7年5月18日、滋賀県甲賀郡石部町、(株)昭建石部アスファルト工場において実施した。

7・1 プラント試験練り

試験施工に先立ち、プラント試験練りを実施した。Reアスコンの配合設計粒度は付表-1に示すとおりで、バインダ量は5.6%（ストレートアスファルト5.1%、レゾール0.5%）、混合物温度165℃、ミキシング時間50秒である。

(1) Reアスコンの練り上がり状態

練り落とし混合物には混合不良は認められず、色つや、アスファルトの被覆状態も良好であり、室内試験練り時と同一であった。通常のストアス混合物の設定条件（混合時間、材料加熱温度等）を何等変えることなく、同じ条件で製造できることが判明した。

(2) マーシャル特性値（付表-2）

密度は室内配合設計値と比較してやや低めの値であったが、安定度およびフロー値はほぼ近似した結果が得られた。なお水浸残留安定度は、配合設計時100%であったものが、試験練りでは91%に低下していた。この原因は、室内配合では骨材を絶乾状態で使用するのに対し、プラントでは骨材中に若干の水分残留することが起因していると考えられる。

(3) WT試験結果（付表-3）

WT試験のDSは8360回/mmと室内配合試験の1.5時間保温養生の結果と全く同一の値が得られた。この結果から、レゾール樹脂はプラントミキシング中でよく分散し均一に混合されていることがうかがえる。

7・2 試験施工

試験施工は図-14に示すように、施工厚さ5cm、幅員3.8m、長さ21mのReアスコン舗装と長さ12mの比較対象のための密粒アスコン舗装で、10tダンプが約60台/日および空ダンプが約60台/日通過する工場内の砂利道で実施した。予め、グレーダで不陸整正した後、レベリング層として基層に粗粒度アスコンを5cm舗装しておいた。使用した機械および施工方法は、ASフィニッシャー（B6W）、マカダムローラ（12t）で3往復、タイヤローラ（10t）で5往復である。

(1) 敷均し、転圧時の状況

敷均し時のフィニッシャーでの混合物の“引きずり”はなく、通常混合物と同様の良好な敷均し仕上がり面が保持できた。

なお、6章でも述べたが、臭気に関するオペレータの聞き取り調査では敷均し開始時のダンプアップ、およびフィニッシャーの段階でやや強い臭気を感じるものの、その後はあまり気にならないとの報告があった。ただ、目に対する刺激は強く、敷均し完了まで続いたようである。



図-14 Reアスコンの試験施工

(2) 転圧減の測定（付表－４）

転圧減測定の結果から計算した転圧減率は、約14～16%の範囲で、同時施工した隣接区間の密粒アスコンのそれは15%であることから、ほぼ同程度と考えられる。すなわち、余盛り量が施工仕上がり厚の2割程度であり、一般的な混合物の施工方法で何等问题がない。

(3) 施工密度（付表－５）

切取り供試体の密度測定から、締固め度はおおむね98～100の範囲にあり、マダカムローラ3回、タイヤローラ5回の転圧で十分な締固め密度が得られる。

上述してきたように、Reアスコンの施工方法は熱硬化性であるエポキシ樹脂入りアスコンのような可使時間を考慮する必要がなく、通常のアスコンと同様に施工できることがわかった。現在、追跡調査中であるが、施工後1年経過で、クラックおよびわだち掘れ等の発生は全くみられない。

8. 結論

筆者等の知る限りにおいて、まだ、研究報告のないフェノール樹脂入り改質アスファルト混合物について一連の実験を実施してきた。今回の報告および既報の研究結果からレゾール改質アスファルト混合物は、次のような結論が得られた。

(1) 低温領域における力学挙動は必ずしも優れているとはいいがたいが、常温および高温領域におけるそれは大変優れている。従って、寒冷地帯ではあまり期待できないが、それ以外の地域で特に重交通が多く通過する個所では効果が発揮できそうである。

(2) 多くの改質アスファルト混合物に見られる施工性の問題についても、なんら懸念することはない。

(3) 唯一の難点と思われるものは、臭気の問題である。レゾール樹脂の臭気に対する品質改良が望まれるが、さしあたりの使用については何らかの防護対策が必要であろう。

謝辞

本研究の一部は、大阪産業大学産業研究所の平成7年度個人研究特別助成金の援助を受けて行われたものである。資料の提供は三京化成株式会社、化学分析は昭和高分子株式会社、実験の一部および試験施工は株式会社昭建石部アスファルト合材工場および試験研究所の協力を得ました。合わせてここに厚くお礼申し上げます。

参考文献

- (1) Kenneth R. Wardlow and Scott Shuler, editors, "Polymer Modified asphalt Binders", ASTM, STP1108, 1992.
- (2) 大前、荻野、李、阿部、"フェノール樹脂を添加したアスファルト混合物に関する一実験", 土木学会第49回年次学術講演会V部門, 平成6年.
- (3) S. Ogino, T. Ohmae, T. Kouzuki and S. Li "Laboratory Investigation into the Impact of Phenolic Resins on the Properties of Asphalt Mixtures", Second International Conference on Road & Airfield Pavement Technology, 1995.
- (4) 津野、中市、荻野、"フェノール樹脂アスファルト混合物の力学挙動" 第21回日本道路会議論文集, 1995.

付表-1 配合設計粒度とソックレー抽出試験結果

| | | | | | | | | | |
|-----------|------|-----|------|------|------|------|------|-------|------|
| 抽出アスファルト量 | 20 | 13 | 5 | 2.5 | 0.6 | 0.3 | 0.15 | 0.075 | |
| 目標値 | 5.60 | 100 | 98.0 | 63.5 | 40.4 | 25.5 | 18.1 | 8.9 | 4.8 |
| 平均 | 5.6 | 100 | 100 | 61.2 | 41.3 | 25.8 | 16.4 | 8.2 | 4.6 |
| 誤差 | 0.0 | | -2.0 | -2.3 | +0.9 | +0.3 | -1.7 | -0.7 | -0.2 |

付表-2 マーシャル試験結果

| 種別 | AS量 % | 突固め 回数 | 密度 g/cm ³ | 理論密度 g/cm ³ | 空隙率 % | 飽和度 % | 安定度 kgf(N) | フロー値 1/100cm | 残留 安定度 % |
|----|----------|-----------|-------------------------|---------------------------|----------|----------|---------------|-----------------|----------------|
| 標準 | 5.6 | 75 | 2.362 | 2.468 | 4.3 | 74.9 | 1247(12220) | 26 | 91.1 |
| 水浸 | | | 2.361 | | 4.3 | 74.9 | 1136(11132) | 36 | |

付表-3 ホイールトラッキング試験結果

| 締固め度 % | 変形量 (mm) | | 変形量の差 (mm) | 変形割合 RD (mm/分) | 動的安定度 DS (回/mm) | 圧密変形量 d _o (mm) |
|-----------|------------------|------------------|---------------|-------------------------|--------------------|------------------------------|
| | d _{4.5} | d _{6.0} | | | | |
| 100.3 | 1.69 | 1.80 | 0.11 | 0.73 × 10 ⁻² | 8360 | 1.35 |

付表-4 転圧減の測定結果

| 区 間 | A | | | B | | | C | | | 密粒アスコン | | |
|--------------------|------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|--------|-----|-----|
| | ① | ② | ③ | ① | ② | ③ | ① | ② | ③ | ① | ② | ③ |
| 横断方向測定位置 | | | | | | | | | | | | |
| 横断面の高さ a (mm) | 111 | 112 | 116 | 110 | 112 | 112 | 111 | 112 | 111 | 110 | 112 | 111 |
| 敷均し面の高さ b (mm) | 61 | 53 | 49 | 60 | 59 | 56 | 60 | 62 | 60 | 51 | 49 | 47 |
| 転圧面の高さ c (mm) | 70 | 62 | 56 | 68 | 69 | 64 | 68 | 70 | 68 | 60 | 60 | 55 |
| 敷均し厚 (mm) a - b | 50 | 59 | 67 | 50 | 53 | 56 | 51 | 50 | 51 | 59 | 63 | 64 |
| 転厚後厚 (mm) a - c | 41 | 50 | 60 | 42 | 43 | 48 | 43 | 42 | 43 | 50 | 52 | 56 |
| 平均敷均し厚 (mm) d | 58.7 | | | 53.0 | | | 50.7 | | | 62.0 | | |
| 平均舗装厚さ (mm) e | 50.3 | | | 44.3 | | | 42.7 | | | 52.7 | | |
| 転圧減 (mm) f = d - e | 8.3 | | | 8.7 | | | 8.0 | | | 9.3 | | |
| 転圧減率 (%) f / d | 14.3 | | | 16.4 | | | 15.8 | | | 15.0 | | |

付表-5 切取り供試体の測定結果

| 区 間 | A | | | B | | | C | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | ① | ② | ③ | ① | ② | ③ | ① | ② | ③ |
| 供試体採取位置 | | | | | | | | | |
| 供試体の厚さ (mm) | 55 | 49 | 48 | 50 | 49 | 48 | 46 | 45 | 46 |
| 平均厚さ (mm) | 51 | | | 49 | | | 46 | | |
| 供試体密度 (g/cm ³) | 2.357 | 2.375 | 2.345 | 2.350 | 2.341 | 2.336 | 2.313 | 2.326 | 2.320 |
| 平均密度 (g/cm ³) | 2.359 | | | 2.342 | | | 2.320 | | |
| 締固め度 (%) | 99.8 | 100.6 | 99.3 | 99.5 | 99.1 | 98.9 | 97.9 | 98.5 | 98.2 |
| 平均締固め度 (%) | 99.9 | | | 99.2 | | | 98.2 | | |
| 空隙率 (%) | 4.5 | 3.8 | 5.0 | 4.8 | 5.1 | 5.3 | 6.3 | 5.8 | 6.0 |
| 平均空隙率 (%) | 4.4 | | | 5.1 | | | 6.0 | | |