

港 湾 技 研 資 料

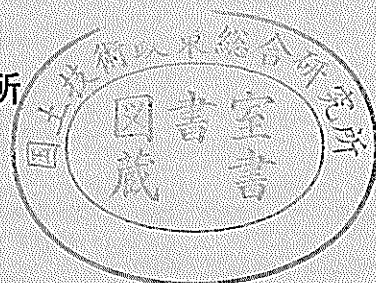
TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 280 Dec.1977

アスファルトコンクリートの再利用のための基礎的実験

佐 藤 勝 久
福 手 勤
佐 藤 峰 夫

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨	3
1. ま え が き	3
2. ロータリーカッターによる切削	3
2.1 ロータリーカッターの概要	3
2.2 切削前のアスファルト混合物の性質	4
3. 切削屑の基本的性質	4
3.1 粒 度	4
3.2 抽出アスファルト	4
4. 切削屑の力学的性質	4
4.1 C B R試験	4
4.2 マーシャル安定度試験	5
4.3 一軸圧縮試験	6
5. 路盤材料としての適用性	8
5.1 粒状材料としての検討	8
5.2 アスファルト安定処理材料としての検討	8
5.3 路盤材料としての評価	9
6. 結 論	9
7. あ と が き	9
謝 辞	10
参 考 文 献	10

Fundamental Experiments on the Recycling of Asphalt Concrete

Katsuhisa SATO*
Tutomu FUKUTE**
Mineo SATO**

Synopsis

The importance of effective recycling of old crushed pavements has been often pointed out for aggregate shortage and solid waste disposal. To investigate the applicability of asphalt concrete scraped from surface course as base course materials of airport pavement, some kinds of experiments, such as seive analysis, CBR test, Marshall test and unconfined compression test, were carried out.

As a result, it was ascertained that the scraped material has high quarry and can be considered as asphalt stabilized material if it is heated before repaving.

* Chief of the Runways Laboratory, Soils Division

** Member of the Runways Laboratory, Soils Division

アスファルトコンクリートの再利用 のための基礎的実験

佐藤 勝 久*
福手 勤**
佐藤 峰 夫**

要 旨

舗装上を走行する航空機や車両の大型化に伴って舗装の破壊が進み、舗装の打ち替えをする機会も増加してきている。打ち替えのために発生した旧舗装構成材料は従来埋立て材料などとして投棄されてきたが、石油ショック以来、資源の有効再利用の重要性が指摘されるようになった。

本研究では、ロータリーカッターで切削されたアスファルト舗装表層材料の空港舗装用路盤材料としての再利用の可能性を検討するために、ふるい分け試験、CBR試験、マーシャル試験、一軸圧縮試験などの基礎的実験を行なった。

その結果、路盤材料として再利用する場合には、粒状材料とみなすよりも加熱混合してアスファルト安定処理材料とみなす方が適当で、また高い品質が期待できることが明らかになった。

1. まえがき

空港、道路の別を問わず、荷重大型化に伴って舗装の破壊が進み、舗装の打ち替えをする機会も増加してきている。舗装の打ち替えをする場合に既設舗装から発生する旧舗装構成材料は、従来埋立て材料などとして投棄されてきた。

しかし石油ショック以来、省資源が叫ばれるようになり、さらに廃材投棄場所の不足も手伝い、舗装からの廃棄物のリサイクリングが計られるようになってきている。特にその石油から得られるアスファルトを使うアスファルト舗装の再利用は、東京¹⁾、大阪²⁾、横浜³⁾などの道路ですでに具体化されており、米国⁴⁾⁵⁾では道路だけでなく空港においても本格的に検討されてきている。

アスファルト混合物の舗装材料としての再利用は、大きく分けて次の3つに分類されよう。

- (1) 廃材を適当に破碎し常温で施工することにより、粒状路盤材料として用いる。
- (2) 廃材を加熱して施工することにより、アスファルト安定処理路盤材料として用いる。
- (3) 廃材にアスファルト軟化剤を添加し加熱施工することにより、表層、基層材料として用いる。

本資料では、ロータリーカッターによって切削された表層用アスファルト混合物の空港アスファルト舗装路盤材料としての再利用の可能性を検討している。

舗装用アスファルトコンクリートの再利用に関する今までのレポートは、主にハイドロハンマー式の手法で解体さ

れたものに関してであるが、今回のレポートはこのロータリーカッターによって切削された材料に関するものであるのが従来とは異なっているといえよう。

2. ロータリーカッターによる切削

2.1 ロータリーカッターの概要

ロータリーカッターは写真-2.1のような外観で、写真-2.2のようなカッターを装着したドラムを回転することにより、あらかじめ加熱しておいたアスファルト舗装表面をはぎとってゆく機械である⁶⁾。従来アスファルト舗装の解体にはハイドロハンマーなど振動式のものがよく用いられてきたが、わだちぼれ部を切削したり、高架などのオーバーレイに先立ち旧舗装を切削したり、また品質不良の舗装をはぎとったりする目的で、最近ではこのロータリーカッターもよく用いられるようになってきた。



写真-2.1 ロータリーカッターの外観

* 土質部滑走路研究室長

** 土質部滑走路研究室

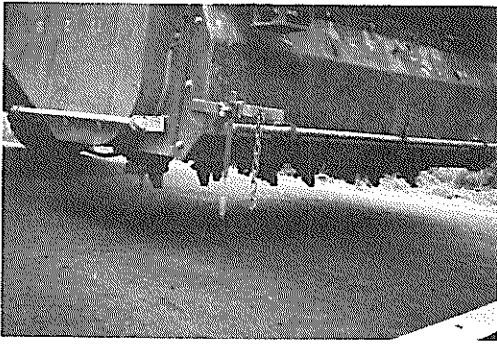


写真-2.2 カッターの部分の様子

両者によって切削されたアスファルト混合物の大きな相違点は、前者が大きな固まりとして採取されるため元の骨材粒度がほぼそのままに保存されるのに対し、後者によるものは回転する数多くのカッターで削ってゆくため骨材が細かく破碎されることにある。

2.2 切削前のアスファルト混合物の性質

切削前の混合物は、ストレート60/80をバインダーとして6.5%含んだ道路表層用13mmトップの細粒度アスファルトコンクリートである。ロータリーカッターによってその表層を削り取り、切削屑として以後の試験に用いた。

3. 切削屑の基本的性質

3.1 粒度

切削屑の粒度および中に含まれている骨材の粒度を調べた。骨材のふるい分けは、ASTM D 1856-65に規定されるアブソン抽出法に従って骨材とアスファルトを分離した後に実施した。その結果は図-3.1に示すとおりである。

分離された骨材のふるい分け試験の結果を図中に併記した切削前の粒度と比較するとかなり細粒側に移動していることがわかる。2.5mm通過量を比較すると、切削前で55%、切削後には75%となり、修正トベカの粒度のものがトベカの粒度になったといえる。さらに74 μ 通過量も8%から14%に増加している。

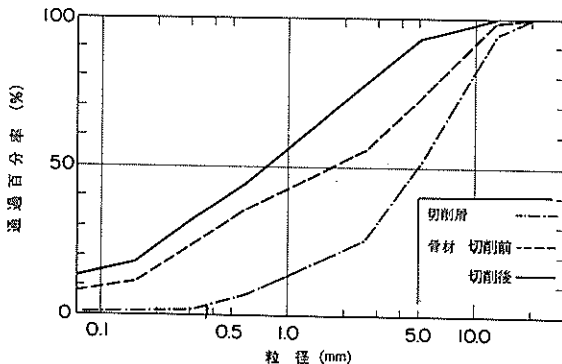
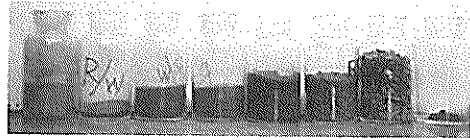


図-3.1 切削前後の骨材粒度分布の比較



切削後



切削前

写真-3.1 切削による骨材粒度変化の様子

また写真-3.1からも粒度が細かくなった様子がよくわかる。

3.2 抽出アスファルト

アブソン法で抽出されたアスファルトに対して、針入度試験と軟化点試験を行なった結果を表-3.1に示す。表の

表-3.1 アスファルトの材質の変化

試験項目	試験時期	原アスファルト	切削前	切削後
針入度 (25°C, 100g, 5秒)		72	57	53
軟化点 (°C)		47.5	50.7	49.3
伸度 (15°C)		100+	100+	-
針入度指数 PI		-0.97	-0.72	-1.24

中には、表層材料として加熱混合する前(原アスファルト)の値、および表層打設後で切削前における値も同時に記入してある。

この表から切削後の抽出アスファルトは針入度が53であることがわかる。一方、JIS K 2207によれば、ストレートアスファルト40/60の軟化点は40~60°C、また伸度は100+と規定されていることから、今回抽出されたアスファルトはストレート40/60の基準をほぼ満足している。

一般的にはアスファルトの老化が進むと針入度が低下し、軟化点が上昇すると言われている。今回の結果では、アスファルトの老化は主に表層打設のための加熱混合に起因し、ロータリーカッターによる加熱、切削が特に老化を促進することはないようである。

4. 切削屑の力学的性質

4.1 CBR試験

切削屑を粒状材料と考え、アスファルト舗装要綱の付録にある試験法⁷⁾に従って修正CBR試験を行なった。ただし、切削屑にはアスファルトが含まれているので、供試体作製にあたっては最適水比という考えはとらず、気乾

状態 ($w=0$ 多) で突固めを行なった。また試験温度は室温 (約 25 °C) である。

4 日間水浸の CBR と、参考までに行なった非水浸の CBR の関係を表わしたものが図-4.1 で、乾燥密度 γ_d と CBR の関係を図示したものが図-4.2 である。

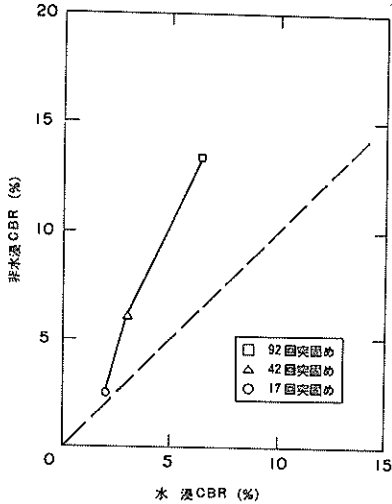


図-4.1 水浸 CBR と非水浸 CBR の関係

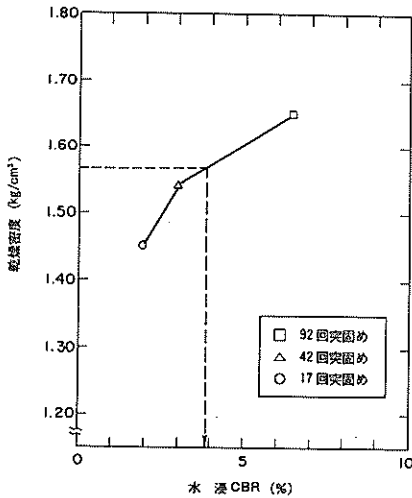


図-4.2 水浸 CBR と乾燥密度の関係

これらの図から、水浸することによって CBR は、非水浸の時の約 50% に低下することがわかり、また水浸の 95% 締固め時 ($\gamma_d = 1.57 \text{ kg/cm}^2$) の修正 CBR は約 4% であることも読み取ることができる。

このように CBR が小さいのは粒径が小さいばかりでなく、骨材と骨材の間にアスファルト膜が存在し、しかも加熱混合式ではないため骨材間の結合力が弱く、逆にアスファルト層が潤滑層の役目を果たしているためではないかと思

われる。

4.2 マーシャル安定度試験

今回の切削屑をアスファルト混合物と考え、マーシャル安定度試験を行なった。

切削屑の混合および締固めの温度は、60 °C、70 °C、100 °C、140 °C の 4 種類とし、またアスファルト量は、切削屑のアスファルトコンクリートの 6.5% を中心にして、5.5%、6.0%、7.0%、7.5% とした。このうち、5.5% と 6.0% の供試体は、切削屑に切削屑の混合物の粒度の骨材を加えて作製し、また 7.0%、7.5% の供試体は、ストレート 60/80 を不足分だけ加えて作製した。ただし、60 °C、70 °C においては、切削屑にアスファルトを新たに加えても均一に混合できないため、60 °C、70 °C でアスファルト量 7.0%、7.5% の試験は行なわなかった。

供試体の作製は 75 回突固めで行ない、各条件で 3 本ずつ試験を行なった。その他の手順は試験基準⁷⁾に従って実施した。

試験から得られた安定度、フロー値、空げき率、密度、飽和度とアスファルト量との関係を、供試体作製時の温度をパラメーターにして示したものが図-4.3 から図-4.7 である。これらの図から、供試体作製時の温度が高いほど安定度、密度、飽和度が大きく、空げき率が小さくなり、締固め効果が大きくなることがわかる。

またフロー値とアスファルト量の関係は右上りの曲線になるのが一般的であるが、今回の試験結果では極小値を持つような曲線形を示している。この理由として骨材の粒度の違いが考えられる。つまりバインダー量が 5.5%、6.0% の

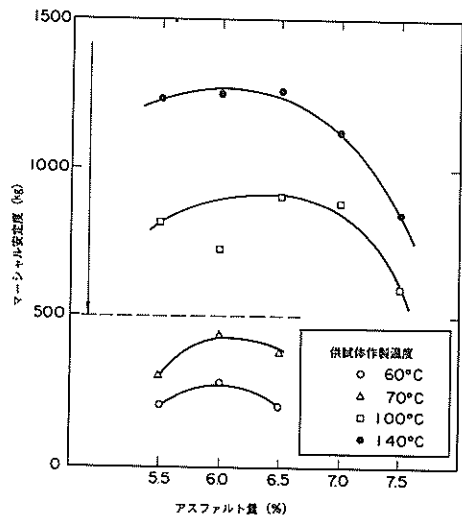


図-4.3 アスファルト量がマーシャル安定度におよぼす影響

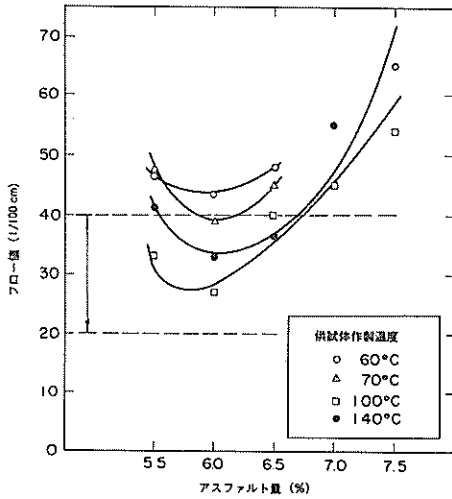


図-4.4 アスファルト量がフロー値におよぼす影響

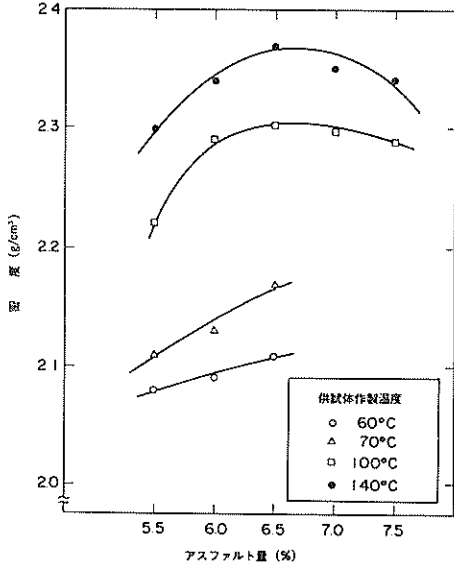


図-4.6 アスファルト量が密度におよぼす影響

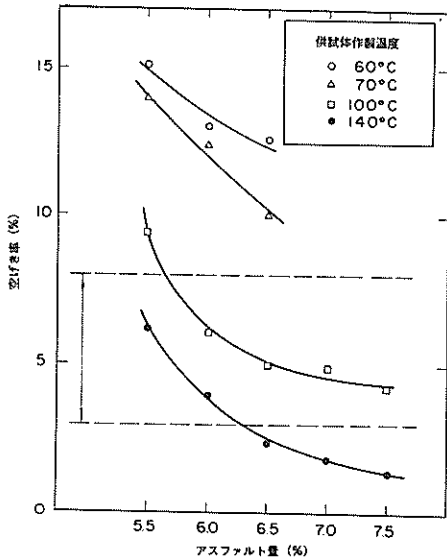


図-4.5 アスファルト量が空けき率におよぼす影響

供試体は、トベカの粒度を持つ切削層に切削前の修正トベカの粒度を加えて作製したため、他のアスファルト量のものに比較して粒径分布がいくらか粗くなり、図-4.8に示すように骨材間げき率が大きくなる。一方、骨材間げき率が増加すればフロー値も大きくなる⁷⁾とされていることから、骨材粒度の違いが今回のようなフロー値の傾向を示す一因となっているものと考えられる。

4.3 一軸圧縮試験

切削層の一軸圧縮特性を調べるために、いくつかの配合で供試体を作り、一軸圧縮試験を実施した。

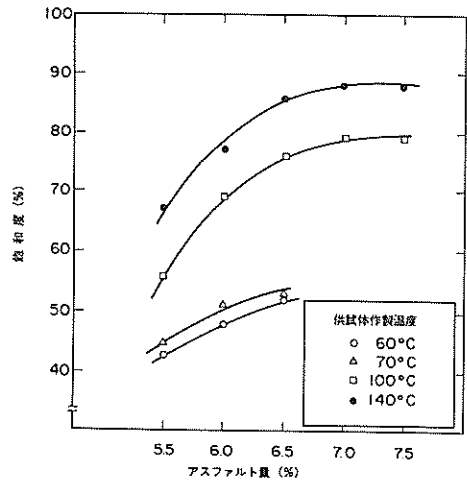


図-4.7 アスファルト量が飽和度におよぼす影響

供試体は直径 10 cm、高さ 12.7 cm のモールドを用いて作製し、突固めは平均締固めエネルギーがマーシャル供試体とほぼ等しくなるように 4.5 kg ランマーを用いて 3 層 100 回づつ行なった。試料の混合、突固め温度はマーシャル試験と同じ 4 種類、また配合アスファルト量も同じ 5 種類にした。

供試体作製後 1 日間室内 (約 25 °C) に放置し、モールドからはずした後、60 °C の温度条件で試験を行なった。また、ひずみ速度は 0.95 %/分である。

一軸圧縮強度とアスファルト量の関係を、供試体作製時の温度をパラメーターとして図示したものが図-4.9 である。この図から 100 °C、140 °C で締固めたものは明らか

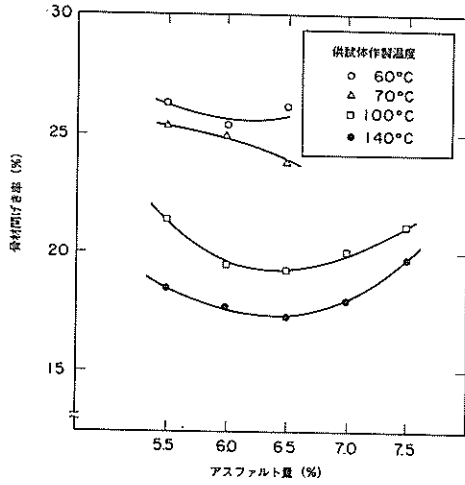


図-4.8 アスファルト量が骨材開き率におよぼす影響

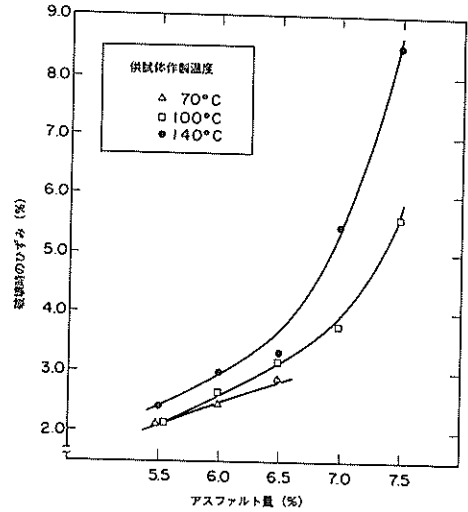


図-4.10 アスファルト量が一軸圧縮破壊時のひずみにおよぼす影響

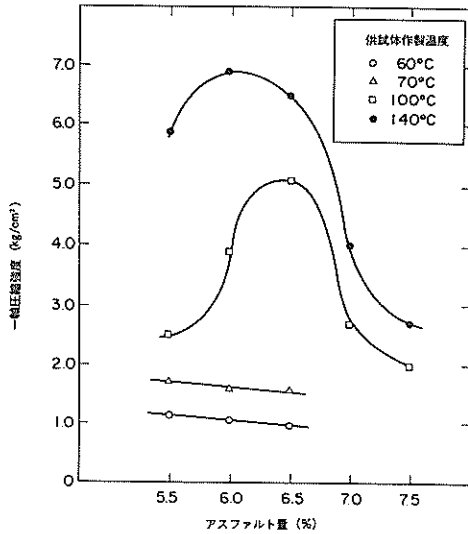


図-4.9 アスファルト量が一軸圧縮強度におよぼす影響

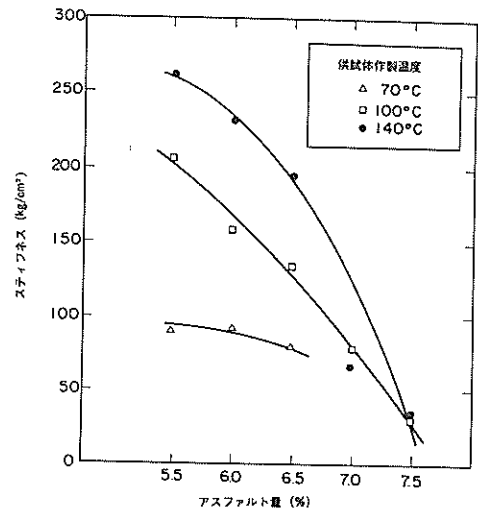


図-4.11 アスファルト量がスティフネスにおよぼす影響

なピークを示し、そのピークの強度は $5 \sim 7 \text{ kg/cm}^2$ と大きい、 60°C 、 70°C で締固めたものはアスファルト量が少ないほど強度がわずかに増加してはいるものの、その値は $1 \sim 1.7 \text{ kg/cm}^2$ を示すにすぎないことがわかる。

次に、破壊時のひずみを図-4.10に、また一軸圧縮強度の $1/2$ の応力を受けた時のスティフネスを図-4.11に示す。いずれの場合も、 60°C で供試体を作製したのものに関しては、ばらつきが大きいためプロットはしていない。アスファルト量が多いほど破壊時のひずみが大きくなり、またスティフネスは小さくなるという傾向は一般的なアスファルトコンクリートの場合と同様である。

図-4.12は、一軸圧縮強度とマーシャル安定度の関係

を示したものである。図中の供試体作製温度 100°C の点で、() に囲まれたものは、図-4.3のアスファルト量6%の点であり、本来もう少し大きなマーシャル安定度を示すはずの点であるとすれば、一軸圧縮強度とマーシャル安定度は図に示すような曲線関係で近似されるものと推定できる。

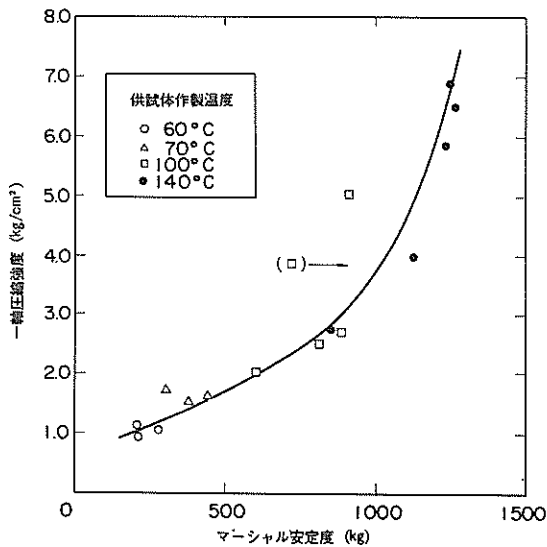


図-4.12 一軸圧縮強度とマーシャル安定度の関係

5. 路盤材料としての適用性

5.1 粒状材料としての検討

切削屑として得られたものに何ら手を加えないままで、粒状路盤材料とみなして適用可能かどうかを検討した。適用性の判定基準としては、3.および4.で行なった分け試験とCBR試験の結果を用いた。

(1) 粒度からの検討

図-5.1は3.1で得られた切削屑の粒度と各種路盤材料

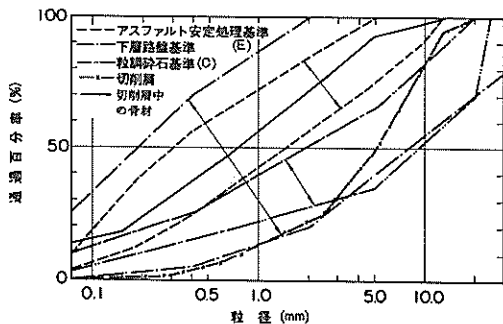


図-5.1 切削屑の骨材粒度と各種路盤材料の基準粒度との比較

の基準粒度⁸⁾を示したものである。この図から今回の切削屑は下層路盤用の骨材粒度はほぼ満足するが、上層路盤用の粒度調整砕石の粒度は満足しないことがわかる。さらに図-5.1に示した下層路盤用基準粒度はセレクト材の粒度範囲も含んだものであり、普通の下層路盤用砕石は2.5mm通過量が20~50程度であるのが望ましいとされている⁸⁾ことを考え合わせると、切削屑の粒度はセレクト材並みと

考えられる。

(2) CBRからの検討

わが国の空港舗装の基準⁸⁾によれば、上層路盤に用いられる粒度調整砕石の修正CBRは80%以上、またクラッシャーラン、切込み砂利、山砂利などの下層路盤材料でも修正CBRは20%以上が要求されている。

一方、4.1で明らかにされたように、今回の切削屑の修正CBRは約4%と非常に小さく、上記の基準を満たしていないことがわかる。

以上のように、切削屑をアスファルト舗装路盤用粒状材料として粒度とCBRから検討する限り、その基準を満足するのがむつかしく、粒状路盤材料と考えることは不適当だと思われる。

5.2 アスファルト安定処理材料としての検討

前節での検討からわかるように、切削屑を粒状材料と考えて路盤に使用するとすれば、せいぜいセレクト材並の効果しか期待できず、アスファルトを含んだ材料としてはすぐれた利用法とは言えない。

そこで本節では切削屑を骨材とアスファルトの混合物と考え、路盤のアスファルト安定処理材料としての適用性を検討した。その判定基準としては、3.および4.で行なったふるい分け試験とマーシャル試験の結果を用いた。

(1) 粒度からの検討

図-5.1から、切削屑中の骨材粒度は空港舗装用のアスファルト安定処理基準粒度(E)と比較して、74 μ 通過量がやや多い程度で、ほぼその範囲を満足していることがわかる。

(2) マーシャル安定度試験からの検討

アスファルト安定処理材料のアスファルト混合物としての基準は、マーシャル試験の項目のうち、安定度、フロー値および空げき率で表示されており⁸⁾、今回の試験結果と75回突固め供試体に対する基準値との関係は図-4.3~図-4.5に示されている。図中の左端の矢印の範囲が基準値を表わしている。

これらの図から、今回の試験範囲では供試体作製時の温度が60°C、70°Cのものはいずれもその基準の範囲からはずれていることがわかる。また100°C、140°Cで作製した供試体が基準を満足するためのアスファルト量は、図-5.2からそれぞれ5.7%~6.7%および5.6%~6.3%程度であることがわかる。

これらのことから、適切な粒度の骨材を切削屑に加えてアスファルト量が6.0%前後になるように調整し、さらに100°C以上で施工すれば粒度、安定度、フロー値、空げき率ともに満足するアスファルト安定処理材料となる。ただしその時は、3.2での検討により、ストレート40/60で

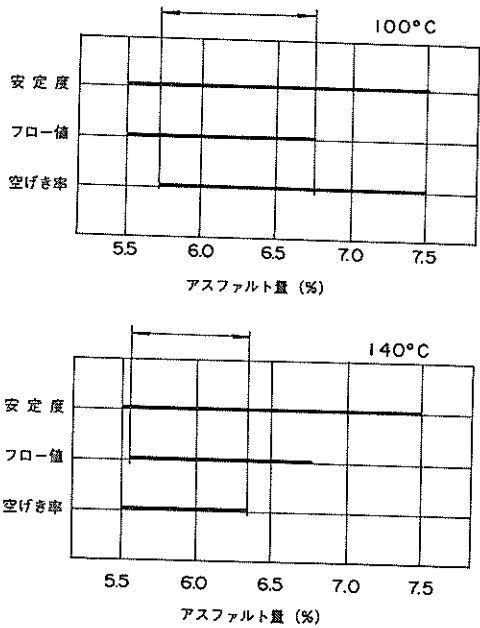


図-5.2 マーシャル試験の基準を満足するアスファルト量の範囲

安定処理を行なったものとみなされる。

5.3 路盤材料としての評価

今までの検討から、今回対象とした切削屑を路盤材料として再利用する場合、粒状材料として考えると下層路盤に使うこともむづかしいが、含まれているアスファルトを積極的に利用しアスファルト安定処理材料として考えれば、上層路盤にも使えることがわかった。そしてアスファルト安定処理材料と考えれば等値換算係数が2.0とみなせ、上層路盤の厚さを粒調砕石の時に比較して半分まで減厚することができてかえって都合がよい。

加熱混合については、できるだけまとめて均一に行なうのが望ましいが、従来のアスファルトプラント(バッチ式)をそのまま利用するのはむづかしいだろう。なぜならば、普通のアスファルト混合物を製造する時は、プラントのドライヤー、ホットエレベーター、ホットピンなどを通るのは骨材だけなのに対し、切削屑ではそれを通るのがアスファルト混合物ということになり、そこで混合物がつまったり、固結したりする可能性があるからである。したがって大規模な工事でない限り現場で加熱混合した方が経済的であろう。

現在のところロータリーカッターによる切削が一度に大量に行なわれる機会はそれほどなく、したがって大規模な再生利用の機会も少ないが、将来大規模に行なわれる時があれば、米国ですでに実用化されているような再生利用専用のプラント(ドラムドライマキシング式)⁵⁾を用いるのが有利であろう。

6. 結論

ロータリーカッターによって切削されたアスファルト舗装の表層材料に、路盤材料としての再利用を目的とした基礎的実験を行なった結果、次のようなことが明らかになった。

- (1) 切削屑の粒度は下層路盤のセレクト材程度で、切削屑中の骨材は切削前の骨材粒度よりかなり細粒化され、その粒度はアスファルト安定処理用骨材程度となる。
- (2) ロータリーカッターによる加熱、切削が、アスファルトの老化に及ぼす影響は小さい。
- (3) 切削屑の修正CBRは約4%と小さく、水浸CBRと非水浸CBRの比は約1:2である。
- (4) マーシャル試験の結果、切削屑に骨材を少し加え、100°C以上で締固めを行なえば、空港アスファルト舗装のアスファルト安定処理材料の基準を満足する。
- (5) 60°Cで一軸圧縮試験を行なった結果、100°C以上で作製した供試体では、アスファルト量に対し明瞭なピーク強度を持つが、70°C以下で作製した供試体ではそのようなピークを持たない。
- (6) マーシャル安定度と一軸圧縮強度は1本の曲線で近似できる。
- (7) ふるい分け試験、CBR試験、マーシャル試験などの結果から、ロータリーカッターによる切削屑を路盤材料として再利用する場合には、粒状材料と考えるよりも、アスファルト安定処理材料とみなした方が適当である。

7. あとがき

アスファルト舗装の打ち替えや解体に伴って発生する旧舗装構成材料は、廃材として処分されてきた。「廃材」とは文字通り「役に立たなくなった材料」という意味である。しかし今回の室内実験からは、上層路盤用アスファルト安定処理材料として十分再利用可能で、「高品質の材料」つまり「High材」と書き替えができるような結果が得られた。

しかし、今回のレポートでは、実際の施工における経済性の検討を行なう余裕がなかった。工事の規模によっては、古い材料は捨てて新しい材料を用いる従来の方法の方が安上がりの場合もあるかもしれない。いやそのような場合の方が多くであろう。しかし、わが国のように資源に乏しい国が、目先の経済観念にとらわれて有効な資源を浪費するのは、長期的に見た場合余り得策でないような気もする。

今後は省資源、環境保護といった問題を常に念頭におき舗装材料を再利用できる機会があればそれらをできるだけ有効に活用し、さらにアスファルト混合物だけでなく、コンクリートや砕石などの再利用の検討も今以上に進めてゆ

く必要があると思われる。

謝 辞

今回のいくつかの実験のうち、アブソン抽出、針入度試験、軟化点試験は日本舗道株式会社東京支店の施設をお借りして行なった。心から感謝したい。

参 考 文 献

- 1) 長谷川啓明ほか：アスコン廃材等を再利用した路盤工、道路，1977年1月，pp. 40～47.
- 2) 徳田弘毅ほか：再生アスファルト合材とその舗装，土木学会第31回年次学術講演概要集，第5部，1976年10月，pp. 262～263.
- 3) 上原節雄ほか：道路廃材の再生利用，建設の機械化，1976年12月，pp. 48～52.
- 4) White, T. D. : Recycling Asphalt Pavements and Hot-mix Recycling Mix Design Evaluation, U. S. Army Engineer Waterway Experiment Station, 25 pp.
- 5) Dunning, R. L., et al : Recycling of Asphalt Concrete Description of Process and Test Section, Proc. of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 44, 1975, pp. 537～562.
- 6) 内藤光顕ほか：ロータリカッタによる舗装の切削と廃材の処理，舗装，第7巻，第8号，1972年8月，pp. 20～23.
- 7) 日本道路協会：アスファルト舗装要綱（昭和50年版），丸善，1975年11月，175 pp.
- 8) 運輸省航空局：空港土木施設施工要領，1973年，pp. 137～256.

港湾技術資料 No. 280

1977. 12

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 (株) 東京プリント

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.