

12. 循環型社会形成のためのリサイクル建設技術の開発

12.4 劣化アスファルト舗装の再生利用に関する研究(1)

研究予算:一般勘定(道)

研究期間:平 18～平 21

担当チーム:道路技術研究グループ(舗装)

研究担当者:久保和幸、加納孝志、川上篤史

【要旨】

近年、繰り返し再生されたアスファルトやポリマーを含むアスファルトの増加などの理由により、舗装発生材に含まれるアスファルトの針入度が低下傾向にあり、現行の基準では低針入度のアスファルトはアスファルト混合物として再利用できないことから、このままでは再生アスファルト混合物に使用できる舗装発生材が減少することが懸念されている。

本課題では、針入度の低い舗装発生材をより高度に利用するために、再生加熱アスファルト混合物の配合設計方法や品質規定の見直しなども含む技術開発を行うことを目的としている。平成 21 年度は、繰り返し再生されたアスファルト混合物の性状、および低針入度アスファルト舗装発生材および排水性舗装発生材を再生利用した舗装の耐久性の評価を行った。その結果、繰り返し再生されたアスファルト混合物は動的安定度が低下する可能性があることが示された。また、排水性舗装発生材を再生利用した試験舗装区間の追跡調査結果から、耐久性に問題はみられていないことから、排水性舗装の再生利用に関する技術的な課題は解決されつつあると考えられる。

キーワード:リサイクル、繰り返し再生、再生加熱アスファルト混合物、排水性舗装

1. はじめに

昭和60年頃に本格化した舗装発生材のリサイクルは現在では広く浸透し、平成 14 年度以降、アスファルトコンクリート塊(以下、アスコン塊)の 99%以上が再利用されている。このため、修繕工事等で発生するアスコン塊は、繰り返し再生されることによる劣化の進行が懸念されている。

一方、近年では舗装の高耐久化、多機能化が求められ、熱可塑性エラストマ等のポリマーを添加することにより改質されたポリマー改質アスファルトが使用されることも増えている。これに伴い、このポリマーを含むアスコン塊も増加しつつある。

現在、アスコン塊からの再生加熱アスファルト混合物(以下、再生混合物)の製造においては、発生材に含まれるアスファルトの針入度が 20 未満のものは原則として使用できないこととなっている。しかし、上記のように、繰り返し再生されたアスファルトやポリマーを含むアスファルトが増加したことなどの理由により、アスコン塊に含まれるアスファルトの針入度が低下傾向にあることから、今後、再生混合物に使用できるアスコン塊が減少し、再生利用率が低下することが懸念されている。また、平成7年頃から急速に普及が進んでいる排水性舗装にはポリマー改質アスファルトH型(以下、改質 H 型)が使用されているが、排水性舗装からの発生剤の再生利用技術は確立されておらず、配合設計方法や試験舗装による耐久性調査などにより再生利用技術を確

立する必要がある。

本課題は、繰り返しの利用やポリマー等の含有により針入度が低下したアスコン塊をより高度に利用するために、品質規定の見直しなども含む技術開発を行うことを目的として実施している。

平成21年度は、繰り返し再生されたアスファルト混合物の性状を確認するとともに、排水性舗装発生材を再生利用した試験舗装により耐久性評価を行った。

2. 繰り返し再生された再生混合物の性状

2.1 概要

劣化と再生を繰り返した混合物の性状変化を把握する目的でアスファルト混合物の劣化と再生を5回繰り返し、新規、再生1回目、再生3回目、再生5回目において混合物性状試験を実施した。以下に試験概要を示す。

(1) 使用材料および配合

使用したアスファルトはストレートアスファルト60/80、再生用添加剤にはオイル系再生用添加剤を使用した。また、アスファルト混合物は一般的な密粒度アスファルト混合物(13)を用いた。

(2) 促進劣化方法

アスファルト混合物の劣化は、締め固めていない状態のアスファルト混合物 75 kg を 36×24cm のバットに敷きならし、110℃の恒温槽内で 84hr 養生して行った。なお、このときの

12. 循環型社会形成のためのリサイクル建設技術の開発

養生時間(84hr)は劣化後の回収アスファルトの針入度が 20 となる条件とした。

(3) 再生方法

劣化後のアスファルト混合物を再生骨材として用い、再生骨材配合率 30%、60%、目標針入度 50(1/10mm)として、再生用添加剤を用いて繰り返し 5 回再生した。

(4) 試験方法

試験項目は、劣化・再生の各段階において、アスファルト混合物の物理性状試験として 20℃での圧裂試験(舗装調査・試験法便覧B006)、曲げ強度試験、ホイールトラッキング試験⁵⁾を行い、さらにアスファルト混合物より回収したアスファルトの針入度試験、軟化点試験、伸度試験⁹⁾を行った。なお、圧裂係数は、圧裂強度を最大荷重時の変位量で除したものであり、アスファルト混合物のたわみ追従性を表す指標として、(1)式により算出した。

$$S = \frac{2P}{\pi dlf} \dots \dots (1)$$

ここに、

S : 圧裂係数 (MPa/mm)

P : 最大荷重 (N)

d : 供試体の厚さ (mm)

l : 供試体の直径 (mm)

f : 最大荷重時の変位量 (mm)

2.2 試験結果

(1) 圧裂試験

圧裂試験結果を図-1、図-2 に示す。図-1 から、再生回数の増加と圧裂係数の間に関係性は見られなかった。しかし、図-2 に示すように再生混合物から回収したアスファルトの針入度と圧裂係数は相関が高く、アスファルトの針入度が大きくなるにしたがって圧裂係数は小さくなる傾向が見られた。このことから、圧裂係数を確認することによって再生されたアスファルトの針入度の推定がある程度可能で、圧裂係数は再生混合物の品質管理の指標として利用できる可能性があると考えられる。

(2) 曲げ試験

曲げ試験結果を図-3～図-6 に示す。再生骨材配合率が 30%の再生混合物は、繰り返し再生された場合でも脆化点や曲げひずみ曲線の変曲点温度に変化が見られなかった(図-2、図-3 参照)。一方、再生骨材配合率が 60%の再生混合物は、再生回数が 3 回目以降で脆化点が

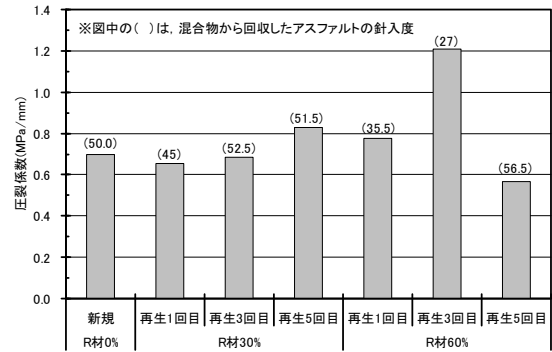


図-1 圧裂試験結果

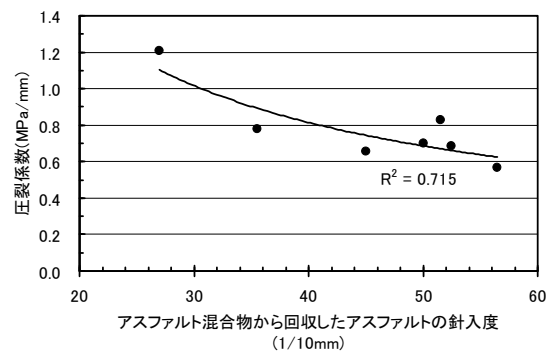


図-2 針入度と圧裂係数の関係

低温側に移動し、曲げひずみ曲線に変化が見られた(図-5、図-6 参照)。これは、劣化が進んだアスファルトに多量の再生用添加剤が繰り返し添加されたことにより、再生されたアスファルトの組成や性状が新規アスファルトと異なったことによるものと考えられる。このことから、繰り返し再生利用を考慮した場合には、再生骨材配合率は低い方が望ましいと考えられる。

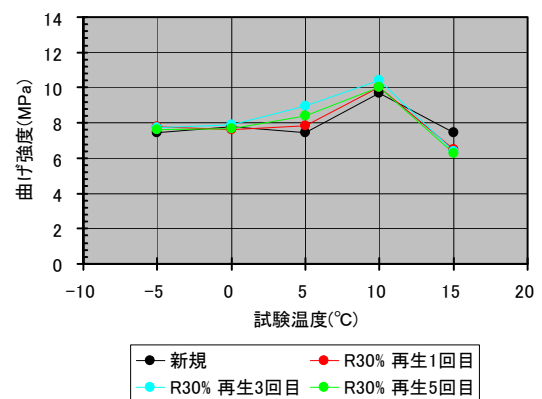


図-3 試験温度と曲げ強度の関係(R材 30%)

12. 循環型社会形成のためのリサイクル建設技術の開発

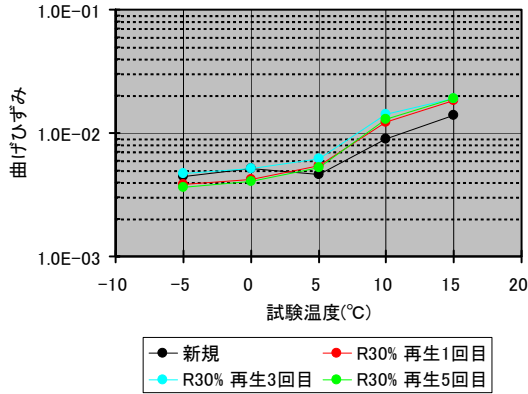


図-4 試験温度と曲げひずみの関係(R材 30%)

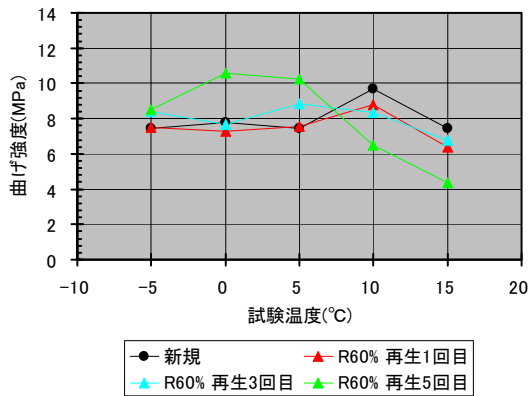


図-5 試験温度と曲げ強度の関係(R材 60%)

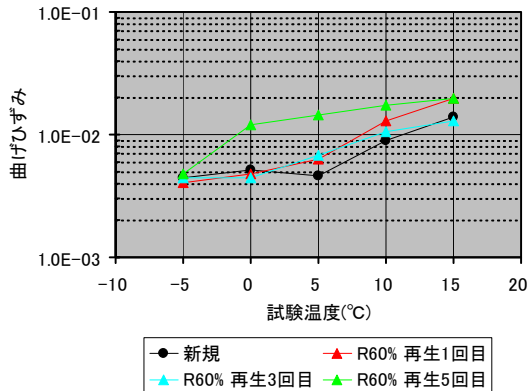


図-6 試験温度と曲げひずみの関係(R材 60%)

(3) ホイールトラッキング試験

ホイールトラッキング試験結果を図-7 に示す。図から、再生混合物から回収されたアスファルトの針入度が新規混合物と同程度の場合、再生混合物の動的安定度は新規混合物に比べ小さくなる傾向が見られた。このことは、劣化の進んだアスファルトに軟質なオイルである再生用添加剤を多量に使用したことにより、アスファルトの粘弾性が変化することが原因と考えられる。よって、再生混合物の評価は、塑性変形抵抗性についても行う必要があると考えられる。

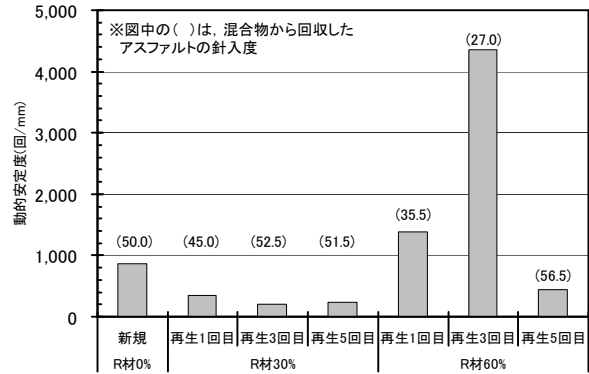


図-7 ホイールトラッキング試験結果

3. 再生排水性舗装の長期耐久性の評価

3.1 検討の概要

排水性舗装に用いられるポーラスアスファルト混合物には、粘着力が非常に高い改質H型が用いられる。また、骨材の配合については、空隙率が20%程度となるように開粒度の配合としている。このように、ポーラスアスファルト混合物には通常のアスファルト混合物とは異なった材料や配合が用いられているため、通常の再生方法での対応では再生利用が困難である。

排水性舗装の再生利用には、発生元の混合物と再生先の混合物により様々な組合せがある。表-1 に示す発生元の混合物と再生先の混合物の組み合わせについて、これまでに各方面で検討が行われているが、現状では、以下の課題が残されている。

- ①排水性舗装発生材を使用した再生密粒系混合物や再生ポーラスアスファルト混合物を実道へ適用した場合の再生骨材配合率の限界値や供用性、長期の耐久性等が明らかでない。
- ②排水性舗装発生材と密粒系発生材の混合再生骨材(表層および基層の混合切削材)の利用条件が明らかでない。
- ③適切な配合設計方法や再生の程度に対する評価方法に定まったものがない。

3.2 直轄国道での試験舗装の追跡調査

これらの課題を受け、排水性舗装の再生利用技術の確立に向けて、直轄国道において試験舗装による調査を実施している。また、排水性と密粒系発生材の混合再生骨材の再生利用の適用性について、国道408号において試験舗装を構築し耐久性評価を行っている。本研究では、これらの試験舗装の追跡調査結果から混合発生材の適用性を確

12. 循環型社会形成のためのリサイクル建設技術の開発

認した。

当該試験施工では、排水性舗装の表層切削材のみを再生利用するケースを対象としている。試験概要と確認項目を表-2に示す。

表-1 発生元材および再生先ごとの試験舗装事例

発生元の混合物	再生先の混合物	
	密粒系混合物	排水性(空隙20%以上)
排水性舗装発生材	北陸・九州地整	関東・近畿・中国地整
排水性+密粒系発生材(表・基層混合再生骨材)	東京都道	国道408号(土研前)
密粒系舗装発生材	【再生技術確立済み】	中部・近畿・中国地整

表-2 試験施工箇所および確認項目

確認事項	箇所 項目	排水性→排水性			排水性→密粒
		関東地整 16号市原	近畿地整 176号西宮	中国地整 2号下関	九州地整 3号山鹿 北陸地整 8号白根
再生骨材粒度	分級範囲	13~5mm, 13~0mm			13~0mm
限界配合率	再生骨材配合率	30, 20%	50, 30, 20%		30%
配合設計方法	バインダの再生	カンパロ損失率、目標針入度			目標針入度
					50

排水性舗装に再生した工区の調査結果を図-8に示す。排水性舗装へ再生する場合は、目標空隙率を20%とし、再生骨材の粒度調整の要否と、再生骨材配合率の限界点を検討することとした。また、密粒系舗装へ再生する場合は、再生骨材配合率の限界点を求めること、配合設計時にアスファルトの回復をどの程度見込むのかを検討することとした。

交通により現場透水量と騒音低減効果が低下している路線(16号市原)はあるものの、わだち掘れ量などの変化は少なく、比較工区と同様な変化を示しており、再生材の混入による耐久性状への大きな影響は認められない。なお、密粒度舗装に再生した工区については今年度調査が行われなかったが、現地の技術者からは、目視観察では大きな変状は認められないとの報告を受けている。

以上のことから、混入率30%までの排水性舗装への再生、密粒度舗装への再生については、これまでのところ耐久性に問題はないと言える。今後も追跡調査を継続して長期耐久性を確認していく必要がある。

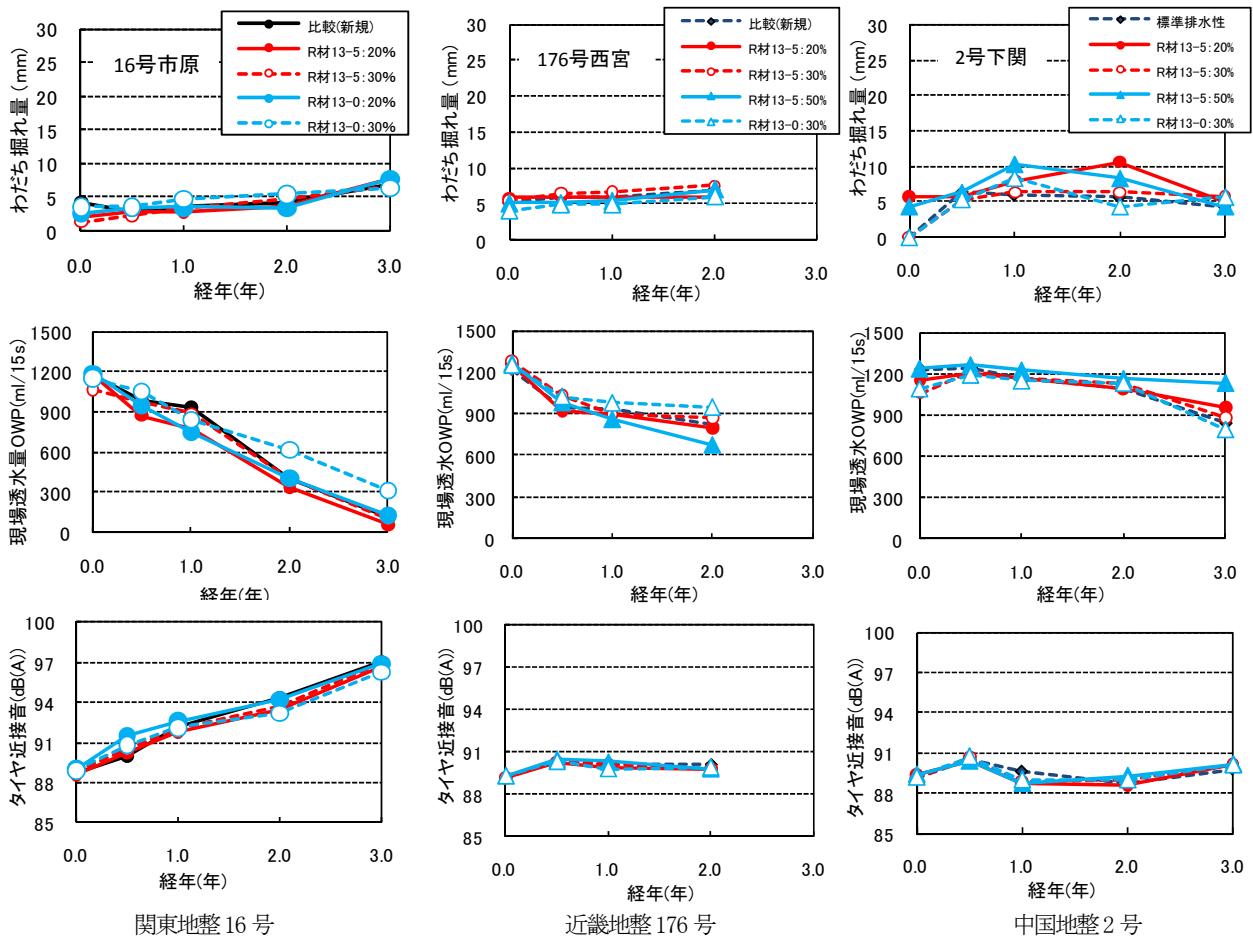


図-8 排水性→排水性舗装に再生利用した工区の路面性状変化

12. 循環型社会形成のためのリサイクル建設技術の開発

3.3 混合発生材(排水性+密粒系)の再生利用

舗装修繕工事は、交通開放時間や施工コスト縮減等の点から表層と基層を同時に切削しオーバーレイ(以下、2層切削 OL)することが多い。また、再生アスファルトプラントにおいては排水性舗装以外の密粒系舗装の発生材の搬入が大部分であり、敷地内のスペースも限られていることから、排水性舗装発生材と密粒度舗装発生材の分別保管は困難であるのが実情である。排水性舗装発生材の再生利用を広く進めるためには、混合再生骨材を分級せずに使用するなど、通常の工事形態やプラントの設備でも対応が可能な再生利用方法を確立する必要がある。

そこで、排水性舗装発生材と密粒系舗装発生材の混合材を用いた試験舗装を、茨城県土木部の協力を得て、土木研究所付近の国道408号にて実施している。試験舗装は図-9に示す工区割りとし、再生排水性舗装工区は表層を2層切削OLで施工した。また、再生骨材配合率は0%、10%、20%、各工区の延長は100mとした。また、基層の更新やそれに代わる遮水層の効果なども評価できる工区割りとしている。

なお、再生舗装には、当該試験施工区間で12年間供用された既設排水性舗装の切削材を、改質アスファルトが混入した材料として使用し、これに密粒系舗装の切削材を混合して使用した。配合設計は、再生用添加剤およびプラントミックス型の改質添加剤を用いて行った。現道での舗装を含めて製造施工上の問題点はみられなかった。

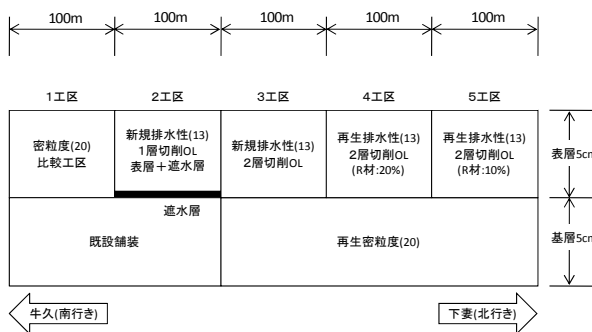


図-9 試験施工で評価した混合物/構造の種類(R408)

施工直後および3年供用後の路面性状調査結果から、タイヤ近接音および現場透水量、わだち掘れ量の変化を図-10、図-11、図-12にそれぞれ示す。いずれの工区も供用初期に多少の機能低下を生じているが、供用3年後の時点でも性能値としては十分な値を保っている。平坦性、キメ深さなどの他の項目についても変化はみられておらず、

良好な状態で供用されており、再生利用に関して耐久性の差異はみられてない。

以上の結果から、排水/密粒混合発生材の再生利用は、配合設計において必要な改質剤量や混合物品質を確保する限り、機能および耐久性に問題はないものと言える。

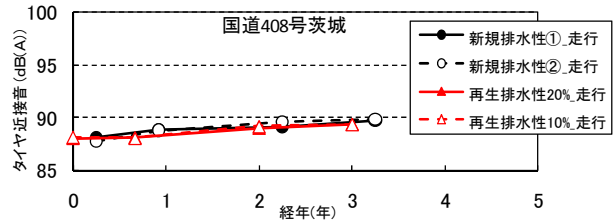


図-10 タイヤ近接音測定結果

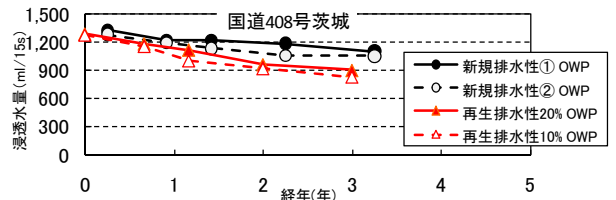


図-11 現場透水量測定結果

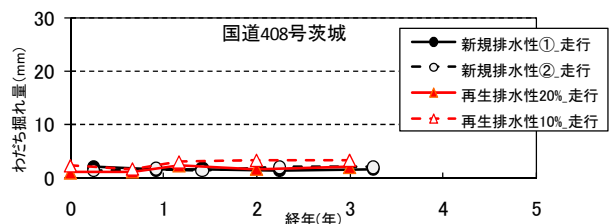


図-12 わだち掘れ量測定結果

4. まとめ

平成21年度の成果として以下のことがわかった。

- 圧裂係数と再生混合物から回収したアスファルトの針入度には高い相関があり、圧裂試験により再生アスファルトの品質評価が可能であると考えられる。
- 繰り返し再生を考慮した場合には、再生骨材配合率は低い方が望ましい。
- 再生混合物の動的安定度は、新規混合物に比べ小さくなる傾向があり、再生混合物の評価項目に動的安定度を加える必要があると考えられる。
- 直轄国道における再生排水性舗装の追跡調査では、施工後3~4年目までの調査結果から判断すると耐久性に劣るなどの問題は生じていない。
- 排水性舗装発生材と通常の密粒系舗装の混合発生材を

12. 循環型社会形成のためのリサイクル建設技術の開発

再生利用した試験舗装において、供用3年目までの性能に問題はみられなかった。

本研究の残された課題は以下の通りである。

- ① 繰り返し再生骨材の品質管理および分別回収方法
- ② 再生混合物の品質に応じた設計法など適切な活用方法(改質アスファルト混合物相当とする場合など)
- ③ 再生排水性舗装などの長期的な耐久性の継続確認

12. 循環型社会形成のためのリサイクル建設技術の開発

A STUDY ON AGED ASPHALT PAVEMENT RECYCLING (1)

Abstract : Due to the increase of repeatedly recycled materials and polymer containing asphalt mixture, recently, penetration of asphalt binder in pavement mixtures for recycling tend to decline. This means that asphalt mixtures applicable to hot-mix recycling would decrease in the near future. The purpose of this study is to establish advanced recycling techniques of low penetration asphalt mixtures including the revise of quality standards.

In this year, the characteristics of the asphalt mixture using repeatedly recycled asphalt were examined, and the long-term durability of pavements made of recycled low-penetration mixture and porous asphalt mixtures were evaluated as well.

According to the results, it is confirmed that the dynamic stabilities of repeatedly recycled asphalt mixture become decrease. The durability and surface properties of the pavements on the real road which used recycled low-penetration mixture and porous asphalt mixture were the same as the new pavement.

Key words : recycle, repeated recycling, recycled hot mix asphalt , porous asphalt pavement