

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

【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 20 年度は、再生アスファルト混合物の新しい配合設計方法の検討、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、圧裂強度試験により再生加熱アスファルト混合物の配合設計ができる可能性が見出された。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。また、今後は、利用基準を整備するとともに、発生材の分別保管等の運用面の整備を進める必要がある。

キーワード: リサイクル、繰返し再生、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、アスファルト舗装発生材(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 20 年度は、低針入度再生骨材(以下、低針入度骨材)を用いた再生混合物の新たな配合設計方法について検討を行った。また、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. 再生加熱アスファルト混合物の配合設計方法の検討

2.1 検討の概要

再生混合物の配合設計は、再生アスファルトの針入度が舗装再生便覧に示されている設計針入度に適合するように新アスファルト、再生用添加剤で調整し、原則としてマーシャル安定度試験により要求性状を満足するように行う。ここで、設計針入度への調整は、再生骨材に含まれているアスファルト(以下、旧アスファルト)を回収し、回収した旧アスファルトの劣化度を針入度により評価した上で、針入度に応じて新アスファルトや再生用添加剤を旧アスファルトに添加して調整する手法が用いられている。

しかしながら、改質アスファルトが使用された再生骨材の

12. 循環型社会形成のためのリサイクル建設技術の開発

場合、旧アスファルト中の改質材の回収が困難な場合があることが知られており、この場合には適切な再生アスファルトの設計針入度への調整が行えないことから、旧アスファルトの針入度試験による方法に代わる手法の確立が望まれている。

一方、平成19年度の成果によれば、再生アスファルトの針入度と再生加熱アスファルト混合物の圧裂スティフネスには相関があり、圧裂スティフネスから再生アスファルトの品質を評価できることがわかっている(図-1 参照)。

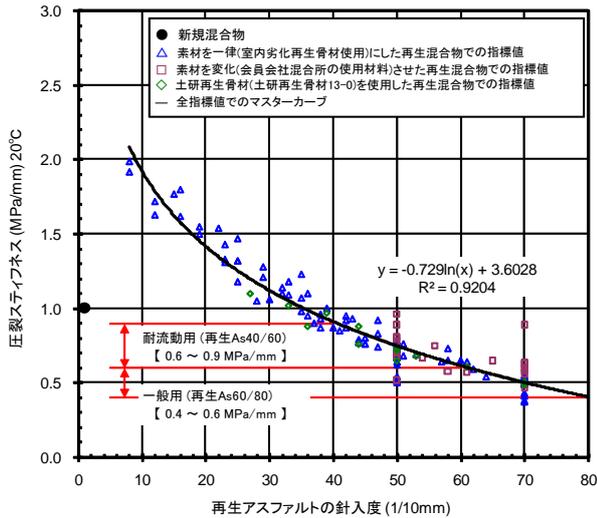


図-1 再生アスファルトの針入度と圧裂スティフネスの関係

以上のことを踏まえ、再生アスファルトの調整手法について、従来の針入度による方法に換えて、再生加熱アスファルト混合物の圧裂スティフネスによる手法の適用性について検討を行った。

ここで、圧裂スティフネスは、圧裂試験によって求まる圧裂強度を破壊時の変位量で除した値で、以下の式で求めることができる。

$$\text{圧裂スティフネス(MPa/mm)} = 2P / (\pi dlh) \quad \dots \text{式 1}$$

ここで、 P : 破壊時の最大荷重(N)

d : 供試体の厚さ(mm)

l : 供試体の直径(mm)

h : 破壊時の変位量(mm)

具体的には、旧アスファルトの針入度が既知の再生骨材を用いて、図-2 に示すフローに従い、新アスファルトと再生用添加剤による旧アスファルトの再生方法、それぞれの場合について、従来の方法と圧裂スティフネスによる方法で配合設計を行い再生混合物の性状等を比較し、圧裂ス

ティフネスによる方法の妥当性について判断した。表-1 に対象とした再生混合物の概要を示す。

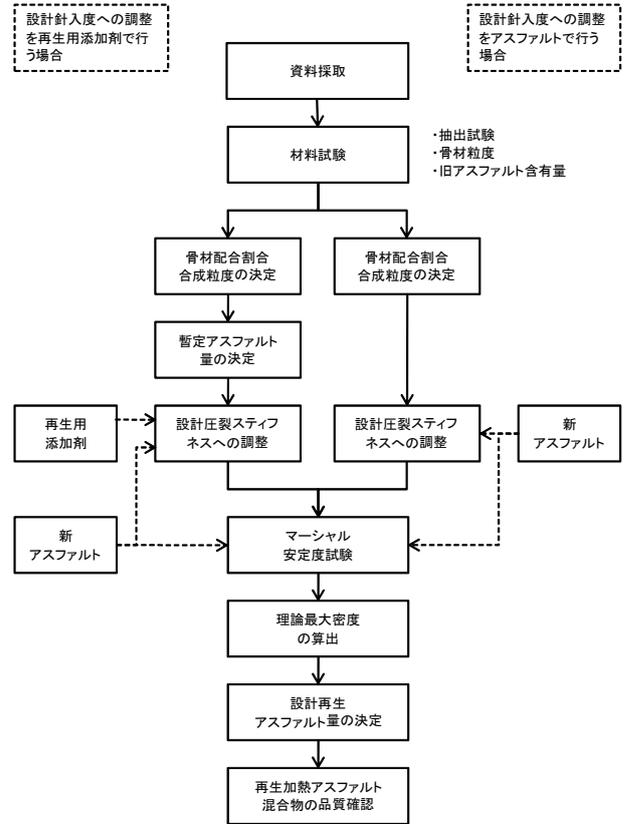


図-2 圧裂スティフネスによる配合設計のフロー

表-1 対象とした再生混合物の概要

回復方法	混合物種	用途	新アスファルトの種類	再生骨材の混入割合 (%)
再生用添加剤	再生密粒度アスファルト混合物 (13)[50]	一般用	スタアス60/80	40
		耐流動用	スタアス40/60	60
	再生密粒度アスファルト混合物 (13)[75]	一般用	スタアス80/100	20
		耐流動用	スタアス60/80	30
ストレートアスファルト	再生密粒度アスファルト混合物 (13)[50]	一般用	スタアス80/100	20
		耐流動用	スタアス60/80	30
	再生密粒度アスファルト混合物 (13)[75]	一般用	スタアス80/100	20
		耐流動用	スタアス60/80	40

2.2 配合試験結果

再生用添加剤を用いた場合の配合試験結果を表-2 に、ストレートアスファルトを用いた場合の結果を表-3 に示す。表-2 のように、圧裂試験および針入度試験で求めた再生用添加剤の添加量は、同程度となった。また、圧裂試験によって配合設計した混合物の性状は、従来方法の基準を満足するものであった。

また、表-3 のように、圧裂試験および針入度試験によって求めた再生アスファルト量は、同程度となった。また圧裂試

12. 循環型社会形成のためのリサイクル建設技術の開発

験によって配合設計した混合物の性状は、再生用添加剤を用いた場合と同様に、従来方法の基準を満足するものであった。

以上のことから、密粒度アスファルト混合物においては従来の方法に換えて、圧裂スティフネスにより再生用添加剤の添加量や再生アスファルト量を決定することが可能で、図-2 に示すフローに従って再生混合物の配合設計をおこなえる可能性があると考えられる。

表-2 再生用添加剤を用いた場合の配合試験結果

混合物の種類	再生密粒度アスファルト混合物 (13)[50]		再生密粒度アスファルト混合物 (13)[75]		基準値	
	用途	一般用	耐流動用	—		
新アスファルトの種類	ストアス60/80		ストアス40/60		—	
再生骨材の配合率(%)	40	60	40	60	—	
再生用添加剤添加量(%)	圧裂試験	17.8	16.6	11.3	12.0	—
	針入度試験	16.6		13.0		—
再生アスファルト量(%)	5.6		5.3		5~7	
密度(g/cm ³)	2.379	2.384	2.387	2.392	—	
空隙率(%)	3.9	3.7	4	3.9	3~6	
飽和度(%)	76.6	77.6	75.3	75.8	70~85	
安定度(kN)	12.58	12.41	15.4	15.24	4.90(7.35)以上	
フロー値(1/100cm)	26	26	32	31	20~40	
圧裂スティフネス(Mpa/mm)	0.48	0.48	0.73	0.73	0.4~0.6 (0.6~0.9)	

※()内の基準値は、突き固め回数75回(耐流動用)の場合

表-3 ストレートアスファルトを用いた場合の配合試験結果

混合物の種類	再生密粒度アスファルト混合物 (13)[50]		再生密粒度アスファルト混合物 (13)[75]		基準値	
	用途	一般用	耐流動用	—		
新アスファルトの種類	ストアス80/100		ストアス40/60		—	
再生骨材の配合率(%)	20	30	40	60	—	
再生アスファルト量(%)	圧裂試験	5.6	5.7	5.4	5.3	5~7
	針入度試験	5.6		5.3		
密度(g/cm ³)	2.379	2.384	2.387	2.392	—	
空隙率(%)	3.9	3.7	4.0	3.9	3~6	
飽和度(%)	76.6	77.6	75.3	75.8	70~85	
安定度(kN)	12.58	12.41	15.4	15.24	4.90(7.35)以上	
フロー値(1/100cm)	26	26	32	31	20~40	
圧裂スティフネス(Mpa/mm)	0.48	0.48	0.73	0.73	0.4~0.6 (0.6~0.9)	

※()内の基準値は、突き固め回数75回(耐流動用)の場合

3. 低針入度骨材を再生した舗装の耐久性評価

3.1 検討の概要

ストレートアスファルト混合物由来の低針入度骨材の適用性や耐久性、ならびに配合率の上限を確認することを目的に、舗装走行実験場に試験舗装を構築し、荷重車の促進走行を行って供用性状を確認した。

3.2 試験舗装の概要

低針入度骨材は、土木研究所構内(針入度 15)およびつくば市内の道路(針入度 18)から採取した。この骨材を用い

て、再生骨材配合率が 60%の工区と、100% (低針入度骨材に再生用添加材のみを使用)の工区を設定した。表層混合物の密粒度は 13、基層の再生粗粒度は 20 とした。比較工区として、表層に全て新材(ストレートアスファルト40~60)を用いた区間を設定した。なお、舗装の構造は、各工区とも表層:5cm、基層:8cm、上層路盤:17cm、下層路盤:40~45cm とした。

3.3 耐久性試験結果

舗装走行実験場の無人荷重車を使用し、49kN 換算輪数で 130 万輪(N5 交通量で 13 年分に相当)までの走行試験を実施した。図-3 にわだち掘れ量の測定結果を示す。図から、低針入度骨材の使用の如何にかかわらず、夏季において毎年大きな横断凹凸量の変化が確認された。特に再生工区のOWPでは 40mm を超える大きなわだち掘れが生じたため、路面切削(コブ取り)を実施して走行試験を継続している。大きな流動わだちを生じた原因は、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、舗装用アスファルトとしての品質のバランスを欠いたことが原因と考えられる。再生混合物の評価は疲労抵抗性を確保することに注目が向きがちであるが、塑性変形抵抗性についても品質基準の整備が必要であると考えられる。

なお、現時点でその他の路面性状に大きな変化は観察されていない。

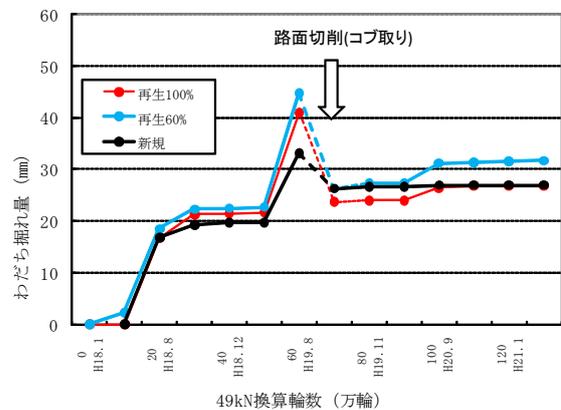


図-3 わだち掘れ量測定結果

4. 再生排水性舗装の長期耐久性の評価

4.1 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

12. 循環型社会形成のためのリサイクル建設技術の開発

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-4 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。

4.2 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へ向けて、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認した。

表-4 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

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-5 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。

排水性舗装に再生した工区の調査結果を図-4 に示す。

重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。

表-5 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	カンタプロ損失率、目標納入度			目標納入度	
					50	40,50,60

4.3 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-5 に示す工区割りとし、再生排水性舗装工区は表基層を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材を用いて行った。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。

12. 循環型社会形成のためのリサイクル建設技術の開発

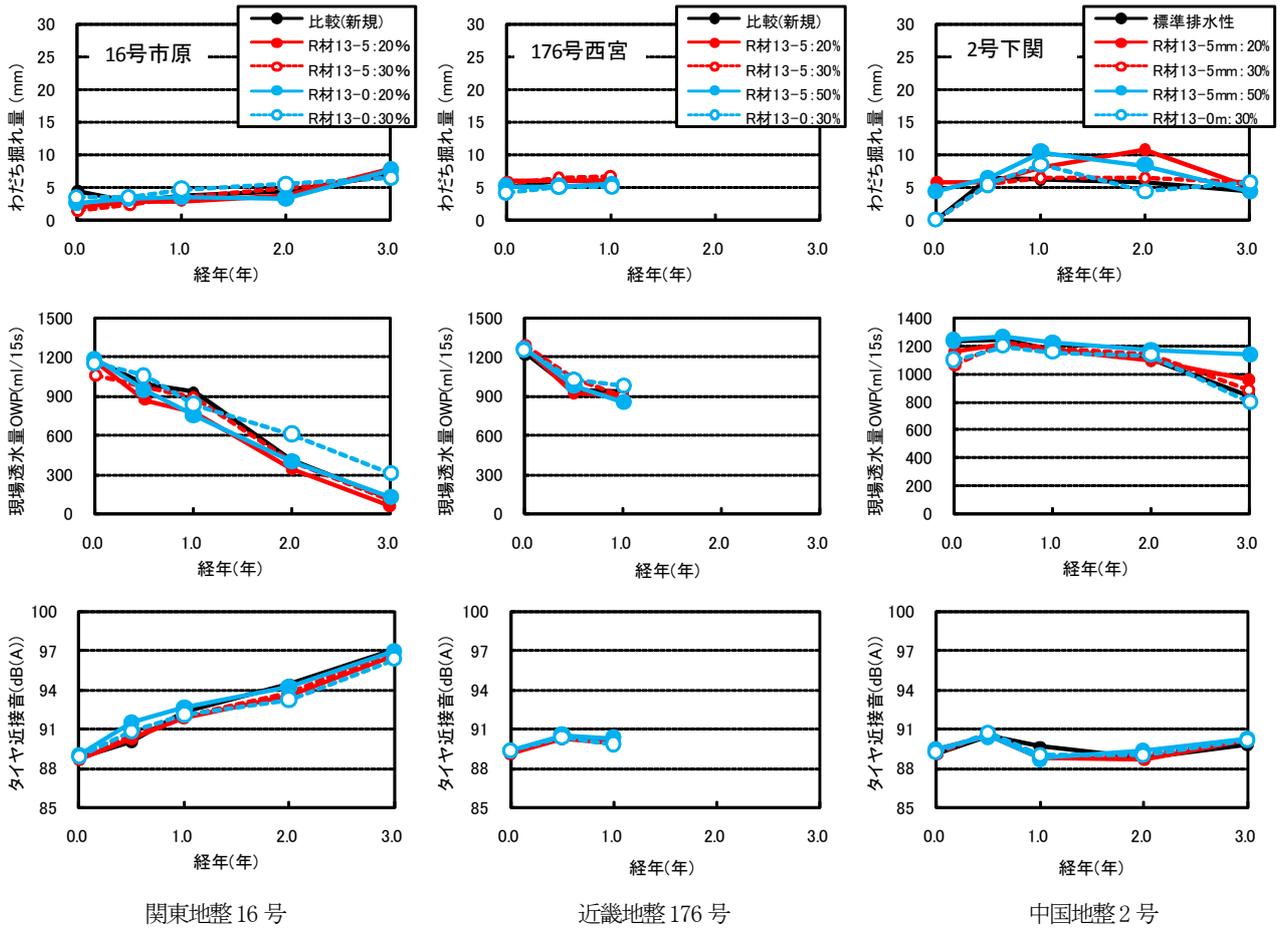


図-4 排水性→排水性舗装に再生利用した工区の路面性状変化

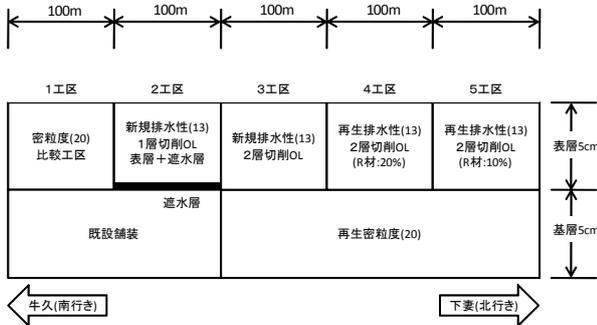


図-5 試験施工で評価した混合物/構造の種類(R408)

施工直後および2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の変化を図-5、図-6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2年後の時点でも性能値としては十分な値を保っている。わだち掘れ、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いない。

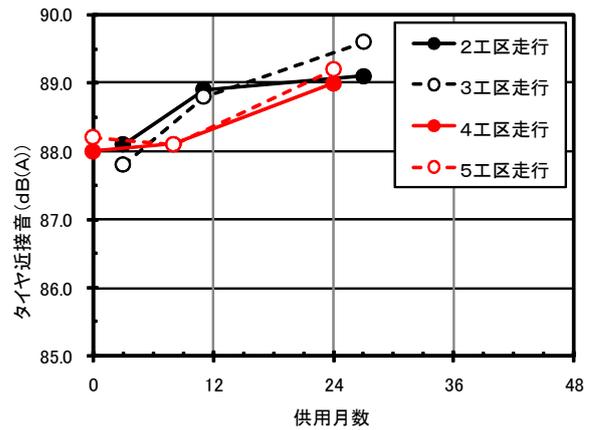


図-5 タイヤ近接音測定結果

12. 循環型社会形成のためのリサイクル建設技術の開発

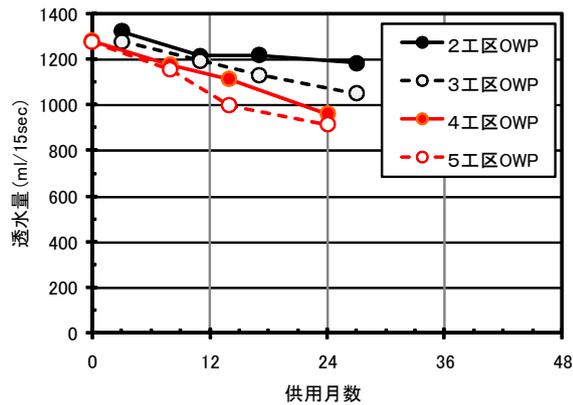


図-6 現場透水量測定結果

6. まとめ

平成20年度の成果として以下のことがわかった。

- 圧裂スティフネスにより再生アスファルトの品質評価が可能であり、再生混合物の配合設計にも適用できる可能性があることがわかった。
- 低針入度アスファルト材料を再生利用する場合、塑性変形抵抗性の品質評価が特に重要であることがわかった。
- 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2～3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再生利用した試験舗装において、供用初期の性能に問題はみられなかった。

今後は引き続き、試験箇所の調査を行い、低針入度再生骨材を使用した舗装の長期耐久性確認していくとともに、再生混合物の配合設計手法の確立へ向けた取り組みを行う必要がある。

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 could decrease in the near future. This study intends to the establishment of advanced recycle use techniques of low penetration asphalt mixtures including the revise of quality standards. In this fiscal year, this study conducts we examined the new design method of the reproduction asphalt mixture, and .the long-term durability of pavements made of recycled low-penetration mixture and porous asphalt mixtures as well. According to the results, splitting test can use of design of hot mix asphalt, and the situation is confirmed quantitatively that repeatedly recycled asphalt pavement materials increase rapidly in the coming decade. The follow-up research on trial pavements using recycled low-penetration mixture and porous asphalt mixture, shows no issue about durability.

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