

積雪寒冷地における改質再生アスファルト混合物の
長期供用性状について

Long-term service characteristics of modified reclaimed asphalt mixture in snowy cold region

(国研)土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム ○正 員 上野千草 (UENO Chigusa)
(国研)土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 正 員 金谷 元 (KANAYA Gen)
(国研)土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路保全チーム 正 員 丸山記美雄 (MARUYAMA Kimio)

1. はじめに

建設副産物の有効利用を図るために、北海道の国道では 1998 年度から表層用アスファルト混合物の密粒度アスコン 13F (ストレートアスファルト) にアスファルト舗装発生材より製造されたアスファルト再生骨材 (以下、再生骨材) を使用している。また、耐流動対策箇所用に用いられる細密粒度ギャップアスコン 13F55 (ポリマー改質アスファルトⅡ型) についても、2010 年度から再生骨材が用いられている。しかし、アスファルト混合物への再生骨材の利用が始まってから 20 年程度が経過しているが長期供用性状については検証されていないのが実態である。

本文では、2010 年度の本格的な再生改質アスファルト混合物 (以下、再生改質混合物) の利用に先立ち、国道上で再生改質混合物の試験施工が行われた箇所について、供用性状を追跡調査した結果について報告する。

2. 試験施工概要

2.1 試験施工箇所の概要

試験施工は一般国道 337 号石狩市新港にて、2001 年 10 月に実施され、現在までに約 18 年供用されている。

試験施工工区は図-1 に示すように、5 種類の配合が片側 2 車線の upper 2 車線に各々 100 m 区間で施工されている。細粒度アスコン 13F55 (以下、細粒 G13F55) については、新材と再生混合率 30 % の 2 配合、密粒度アスコン 13F (以下、密粒 13F) については、新材、再生混合率 30 %、50 % の 3 配合となっている。なお、本試験施工は既設舗装の表層を切削した後に各々のアスファルト混合物が厚さ 4 cm でオーバーレイされている。

当該路線の 24 時間自動車類交通量はセンサスによると上下線合計の大型車交通量は、2010 年で 5,269 台/日、2015 年で 4,844 台/日となっており、交通量区分は N₆、アスファルト層の舗装構成は表層 4 cm、中間層 5 cm、基層 5cm、上層路盤 (アスファルト安定処理) 6 cm×2 層である。

2.2 製造条件および基本性状

本試験施工では再生改質Ⅱ型用のプレミックスタイプのアスファルトバインダーを使用し、再生添加剤は使用していない。また、使用したアスファルトプラントは、新規骨材と同様に再生骨材の加熱が可能な直接加熱方式となっている。各配合の基本性状を表-1 に示す。いずれもマーシャル安定度試験の規格値を満足している。

2.3 アスファルト混合物性状

アスファルト混合物性状を表-2 に示す。チェーンラベリング試験 による摩耗抵抗性の評価と、ホイールトラッキング試験 による塑性変形抵抗性の評価を行った。

1) 摩耗抵抗性

チェーンラベリング試験によるすり減り量は全ての配合において、北海道開発局の表層用アスファルト混合物の規格値である 1.3 m² を満足する結果となり、十分な摩耗抵抗性を有している結果となった。

2) 塑性変形抵抗性

ホイールトラッキング試験より得られる動的安定度 (DS) は、全ての配合において、規格値である 1,500 回/mm² を満足し、十分な塑性変形抵抗性を有している結果となった。

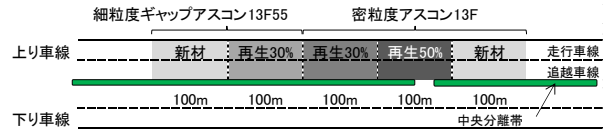


図-1 試験施工の鉦区概要

表-1 試験施工に用いた配合と基本性状

	細粒G13F55		密粒13F			規格値
	新材	再生30 %	新材	再生30%	再生50%	
アス量(%)	6.0	6.0	5.5	5.5	5.5	-
実際密度(g/cm ³)	2.385	2.377	2.409	2.408	2.403	-
理論密度(g/cm ³)	2.469	2.466	2.489	2.487	2.485	-
空隙率(%)	3.4	3.6	3.2	3.2	3.3	3-5
飽和度(%)	80.5	79.3	80.1	80.0	79.5	75-85
安定度(kN)	17.0	16.5	11.4	13.9	13.2	7.35以上
フロー値(1/100cm)	32.0	36.0	30.0	37.0	36.0	20-40

表-2 混合物性状

	細粒G13F55		密粒13F			規格値
	新材	再生30 %	新材	再生30%	再生50%	
すり減り量(m ³)	0.28	0.302	0.465	0.341	0.409	1.30以下
動的安定度(DS)(回/mm)	3,865	5,575	5,385	4,286	3,000	1,500以上

表-3 回収アスファルトの性状

	細粒G13F55		密粒13F			新規As規格値
	新材	再生30 %	新材	再生30%	再生50%	
針入度(1/10mm)	60	56	57	49	54	40以上
軟化点(℃)	63.1	65.3	68.0	64.2	59.4	56以上
伸度(cm)	76	31	33	30	20	30以上

2.3 回収アスファルトの性状

アスファルト混合物よりアスファルトを回収し、性状の確認を行った。結果を表-3 に示す。また、参考として新規のポリマー改質アスファルトⅡ型（以下、改質Ⅱ型）の規格値を併記する。全ての配合における回収アスファルトの針入度および軟化点の値は、新規改質Ⅱ型の規格値を満たす結果となった。一方、伸度は再生混合率が最も高い密粒 13F 再生 50%の配合において新規改質Ⅱ型の伸度規格値を下回る値となった。これは、再生混合率の高い配合ほど、再生骨材に含まれる旧アスファルトの性状の影響を受けやすいためと考えられ、ひび割れ抵抗性への影響が懸念される結果となった。

3. 試験施工

3.1 試験施工条件

施工条件を表-4 に示す。再生骨材の加熱温度は 175℃程度であり、新規骨材の加熱温度は再生混合率が高いほど高くなっている。アスファルト混合物の出荷温度は 176.5～179.0℃であり全ての配合で同程度である。外気温は 11.0～15.0℃であり、プラント出荷から現場到着までの温度低下は 1.3～5.9℃と小幅であり、敷均し温度は 165.5～168.0℃と規格値の 110℃²⁾を満足した。

3.2 締固め度

各配合の締固め度は 99.8～99.3%の範囲にあり、規格値の 94%以上²⁾を満足し、良好な締固め度が得られた。

表-4 試験施工条件および締固め度

	細粒G13F55		密粒13F			規格値
	新材	再生30%	新材	再生30%	再生50%	
新規骨材加熱温度(℃)	212.5	217.0	212.0	217.5	221.0	-
再生骨材加熱温度(℃)	—	176.0	—	173.5	174.5	-
As加熱温度(℃)	179.0	176.0	176.5	178.5	178.5	-
出荷温度(℃)	178.0	179.5	177.5	179.5	179.0	-
外気温(℃)	11.0	11.5	15.5	11.0	15.0	-
到着温度(℃)	172.1	176.3	176.2	175.3	176.7	-
敷均し温度(℃)	165.8	165.5	166.3	167.5	168.0	110以上
締固め度(%)	99.1	99.1	99.3	99.0	98.8	94以上

4. 供用性状調査

4.1 調査項目

室内試験により、摩耗抵抗性および塑性変形抵抗性を十分に有することが確認されたが、実道での供用性状を検証するため、毎年度、春期と秋期に横断凹凸量を計測し、秋期から春期の変化より摩耗によるわだち掘れ量の変化を、春期から秋期の変化より流動によるわだち掘れ量の変化を評価することとした。

さらに、室内試験における伸度の結果より、再生混合率が高くなるとひび割れが生じやすくなることが懸念されることから、毎年度1回春期に目視によるひび割れ調査を実施した。

さらに、供用18年後においてひび割れの発生深さ、およびひび割れの進行方向を把握するため、コア採取を行った。

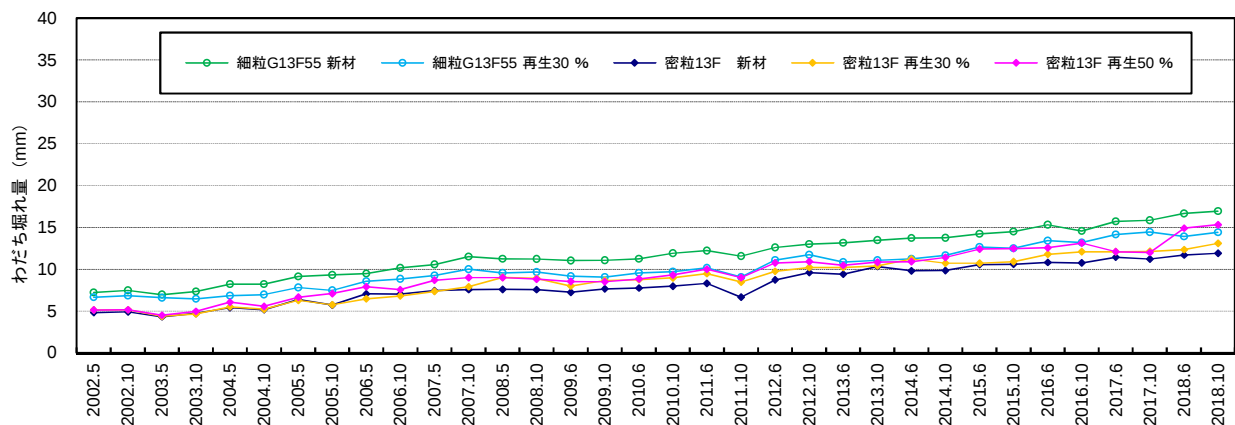


図-2 わだち掘れ量の推移（追越車線）

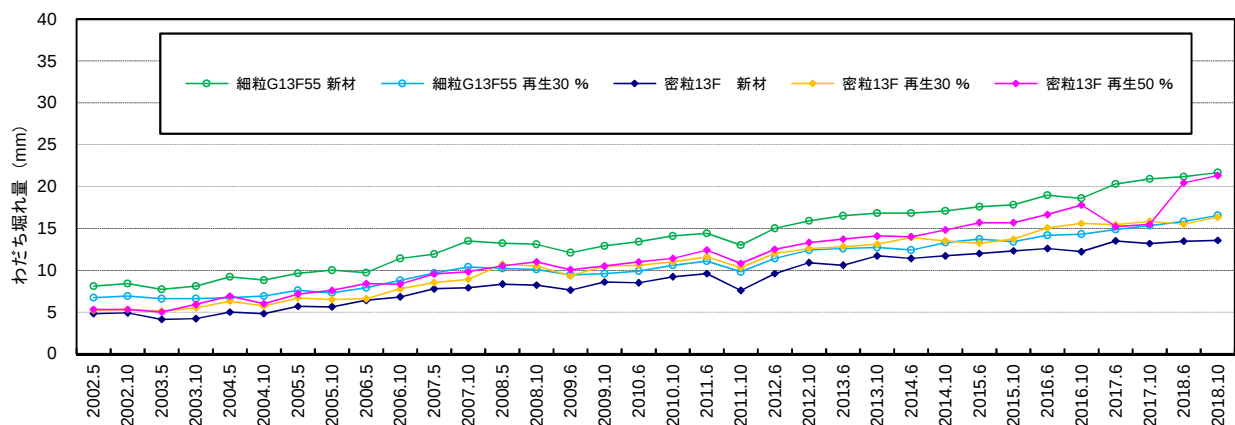


図-3 わだち掘れ量の推移（走行車線）

4.2 調査結果

1) わだち掘れ量

わだち掘れ量の推移を車線別に図-2、3に示す。

図-2に示した追越車線では、大型車の交通量が少ないと考えられ、供用18年目においてわだち掘れ量はいずれの工区も10mm程度であり、各工区でわだち掘れ量に大きな差は見られていない。

図-3に示した走行車線においては、内側車線よりも大型車の交通量が多いと考えられ、内側車線と比べてわだち掘れ量が多いが、最大でも20mm程度であり供用18年目においても良好な供用性状を維持している。

表-5に調査開始時からのわだち掘れ量の18年間の累計値を示す。なお、表中の冬期の数値は秋期（10月）から春期（翌年5月または6月）にかけて増加したわだち掘れ量の累計値を示しており、夏期の数値は春期から秋期にかけて増加したわだち掘れ量の累計値を示している。大型車の交通量が多いと考えられる外側車線に着目すると、再生混合率が高いほど夏期の累計値よりも、冬期の累計値の方が大きい傾向が見られた。この傾向は、内側車線の密粒13Fの配合には見られなかったが、細粒G13F55の配合については同様の傾向が見られた。このことから、再生混合率を高めるとアスファルト混合物として飛散しやすくなり冬期間の摩耗等によるわだちが増加する可能性があると考えられる。

2) ひび割れ率

ひび割れ率の推移を図-4に示す。試験施工を行った5工区とも、供用18年後においてもひび割れ率が修繕の目安となる40mmまで至っておらず、比較的良好な供用性状を維持しているが、密粒度アスコン再生50%工区のみひび割れ率が20%を超えており、写真-1、2に示すように新材工区と比較して、ひび割れやパッチングが目立ってきている。

再生混合率の異なる3種類の密粒13Fに着目すると、再生混合率が高いほどひび割れ率が高くなっており、再生骨材の影響によりひび割れに対する抵抗性が低下していることがうかがわれる結果となった。一方、細粒G13F55については、新材工区と再生30%工区のひび割れ率は18年間ほぼ同程度の値で推移していることが確認された。

表-5 わだち掘れ量の累計値（供用18年間）

	追越車線累計(mm)			走行車線累計(mm)		
	夏期	冬期	合計	夏期	冬期	合計
細粒G13F55 新材	2.0	3.9	5.9	7.0	6.5	13.5
細粒G13F55 再生30 %	0.9	6.0	6.9	4.9	4.9	9.8
密粒13F 新材	1.4	4.0	5.4	3.4	5.4	8.8
密粒13F 再生30 %	1.6	3.2	4.8	4.2	6.9	11.1
密粒13F 再生50 %	1.1	3.4	4.5	6.1	9.9	16.0



写真-1 密粒13F 新材工区



写真-2 密粒13F 再生50%工区

3) コア採取

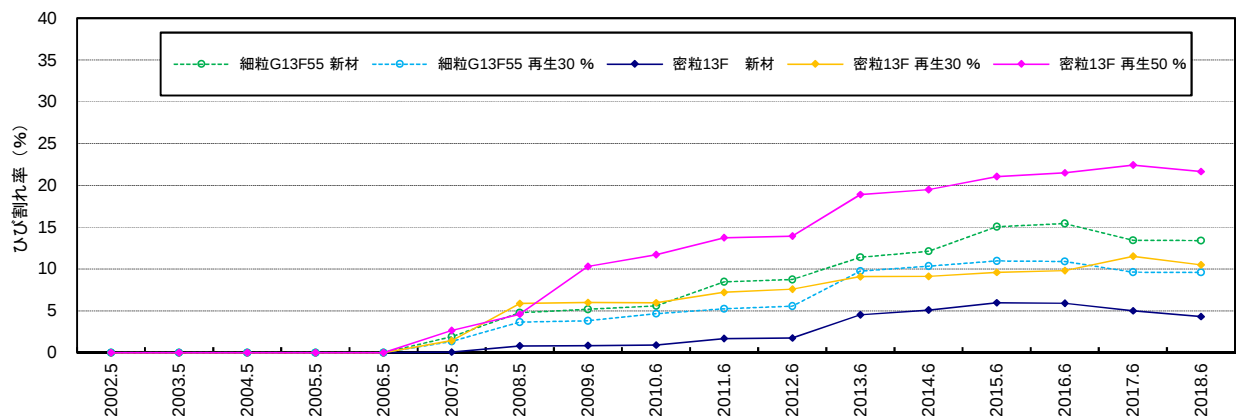


図-4 ひび割れ率の推移

コア採取は道路管理者より了承を得た密粒 13F 再生 50 % 工区と、細粒 G13F55 再生 30 % 工区の 2 つの工区で実施した。コア採取の実施位置を写真-3 に示す。ひび割れ部、ひび割れ先端部、ひび割れ延長部の 3 本のコアを採取し、ひび割れの深さおよび進行方向を確認した。

密粒 13F 再生 50 % 工区のコア採取位置を写真-4 に示す。ひび割れ部にあたる①、およびひび割れ先端部にあたる②の双方において、表面から表層内までの深さに写真上赤線で示す位置でひび割れが確認された。また、3 箇所とも混合物層下面側からのひび割れは確認されず、ひび割れ延長部の③においてはひび割れが確認されなかった。

次に細粒 G13F55 再生 30 % 工区のコア採取位置を写真-5 に示す。ひび割れ部にあたる④、およびひび割れ先端部にあたる⑤の双方において、表面から表層内までの深さに写真上赤線で示す位置にひび割れが確認された。また、3 箇所とも混合物層下面側からのひび割れは確認されず、ひび割れ延長部である⑥においてはひび割れが確認されなかった。

全ての採取コアで中間層、基層、上層路盤の各層の混合物は健全な状態であり、本試験施工箇所に発生したひび割れはアスファルト混合物層下面からの疲労等によるボトムアップクラックではなく、舗装面から下方向に発生するわだち割れ等に由来するトップダウンクラックであると考えられる。

ひび割れ発生率は概ね再生混合率が高いほど高い割合で確認されており、ひび割れは表層のみに生じていることから、アスファルト混合物中の再生骨材がひび割れの発生に影響したと推察される。

5. まとめ

再生改質Ⅱ型用のプレミックスタイプのアスファルトバインダーを使用した再生改質混合物の試験施工および追跡調査より得られた知見を以下に示す。

- ・今回検討に用いた再生改質混合物は、新材と同程度の摩耗抵抗性、塑性変形抵抗性を有することを確認した。
- ・試験施工において、今回検討に用いた再生改質混合物は締固め度の規格を満足し、新材と同程度の品質が得られた。
- ・追跡調査の結果、今回検討に用いた再生混合物は、新材と同程度の塑性変形抵抗性を有することを確認したが冬期間にわだちが生じやすい傾向が確認された。
- ・追跡調査の結果、ひび割れ率は概ね再生混合率が高いほど高い傾向が確認され、ひび割れは表層のみに生じていることから、アスファルト混合物中の再生骨材がひび割れの発生に影響したと考えられる。

以上より、再生改質混合物は供用 18 年後においても良好な供用性状を示しているが、新材と比較すると再生骨材の混合率が高いほど、冬期の摩耗等によるわだち掘れや、路面からのひび割れが生じやすい傾向が確認された。

参考文献

- 1) 公益社団法人日本道路協会：舗装試験法便覧、pp.517-531、pp.539-547、1993.11
- 2) 国土交通省北海道開発局：道路・河川工事仕様書、pp.2- 205-209、2019.5



写真-3 コア採取位置

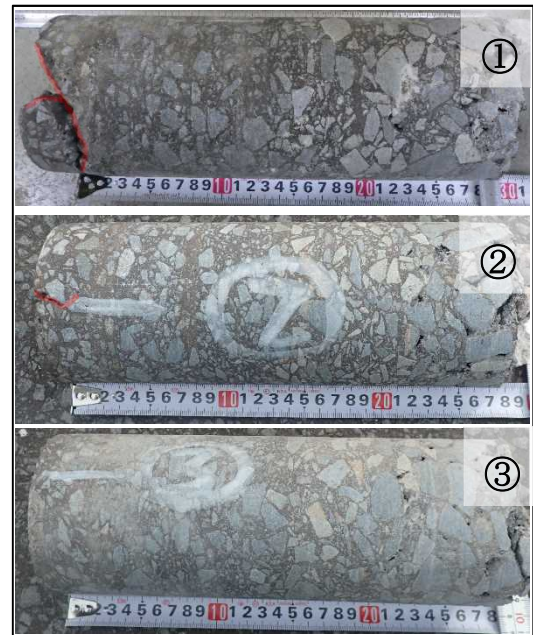


写真-4 採取コア（密粒 13F 再生 50%）

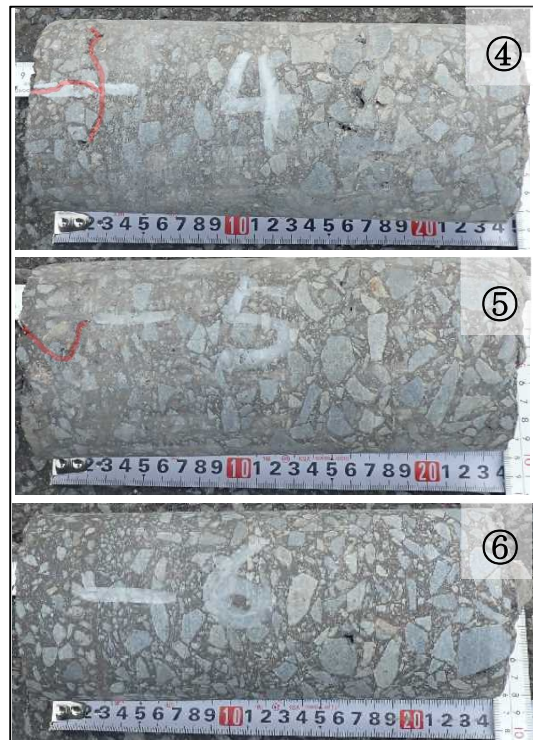


写真-5 採取コア（細粒 G13F55 再生 30%）