

図-4 機械施工編成図比較

4) 施工コスト縮減

施工コストの試算結果を図-5に示す。施工コストは、施工場所を関東とし、1日のみの施工で、日施工量を2,000m²として試算した。前述した作業工程の短縮や機械編成の簡素化による燃料費、回送費等がコストダウンされ、施工コストは、従来の30mmの切削オーバーレイとの比で約30%、40mmの切削オーバーレイでは、約45%縮減できる。

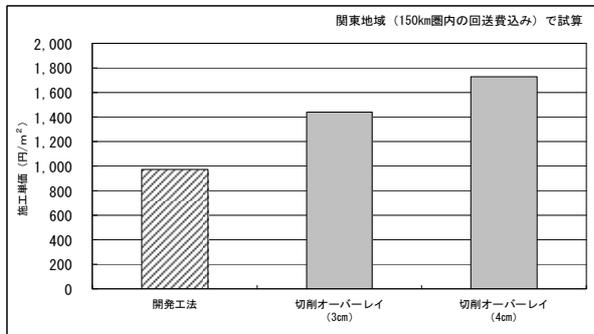


図-5 施工コストの試算結果

5) 環境負荷低減効果

当該工法では、切削機による路面切削を伴わないため、切削廃材が発生しない。また、路面切削に伴う廃材運搬車両から排出されるCO₂も削減される。

CO₂排出量の試算結果を図-6に示す。試算条件は、幅員3.25m、2車線、延長200m、面積1,300m²で、結果は、100m²あたりのCO₂排出量とした。当該工法のCO₂排出量は、従来の30mmの切削オーバーレイとの比で約20%、40mmの切削オーバーレイでは、約35%の低減効果が見込まれる。

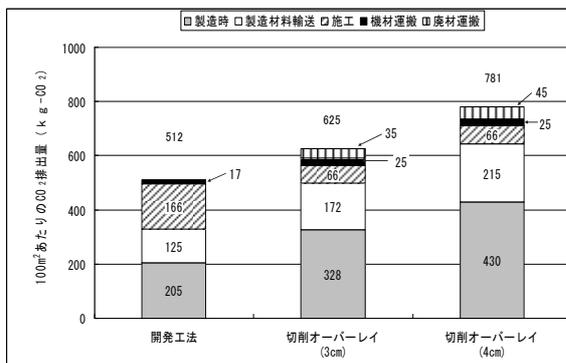


図-6 CO₂排出量試算結果

3. 専用機の開発

3.1 機械概要

ヒートリフレッシュ工法の専用施工機として、従来、路上表層再生工法で使用していたチャージャータ車をベースマシンとして開発を行った。

チャージャータ車は、『ダンプトラックから表層用アスファルト混合物を受け、後方のアスファルトフィニッシャに供給する機能』と『路面を加熱する機能』および『加熱路面を掻きほぐす機能』の3つの機能を有する機械である。機械の主要諸元を表-1に、機械全景を写真-1に示す。

表-1 主要諸元

寸法	全長	10,449mm
	全幅	2,480~4,000mm
	全高	2,648mm
車両重量	21,790kg	
施工幅員	2,480~4,000mm	
加熱装置	加熱方式	赤外線輻射方式
	加熱能力	5,986 MJ/h
	加熱燃料	LPG

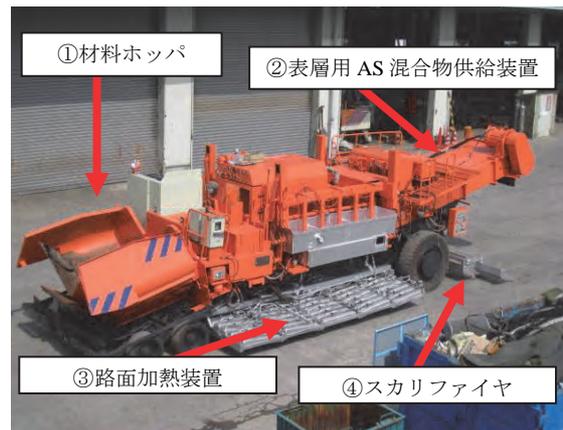


写真-1 チャージャータ車全景

- 1) 表層用アスファルト混合物供給装置
ダンプトラックで運搬された混合物を、専用施工機の材料ホッパで受け、後方に配置したアスファルトフィニッシャに材料供給する。
- 2) 路面加熱装置
LPG式赤外線ヒータをパネル状に配列し、最大約6,000MJ/hの加熱能力を有する。ヒータパネルの昇降機能及び、燃焼制御によって、最適な路面加熱を確保する。又、ヒータパネルの増設により、最大幅員4.0mまで対応可能である。
- 3) 掻きほぐし装置 (スカリファイヤ)
切削機用超硬ビットを水平方向に50mm等間隔で配列し、各々のビットがスプリングの反発機能によって独立して路面に作用する。スプリングの反発力によって、ビットを路面に食い込ませることで、路面形状に追従して一定の掻き

ほぐしが確保され、また、路面の既設マンホール等も、ビットが跳ねのけることで、ビットを損傷させること無く、連続的掻きほぐしが実施可能である。スカリファイヤの施工状況を写真-2に、マンホール部の施工状況を写真-3に示す。



写真-2 スカリファイヤ施工状況



写真-3 マンホール部施工状況

3.2 施工事例

平成23年度から、現場にて供用を開始し、当該機による総施工面積は、約8,000m²である。

下記に、施工事例を紹介する。

3.2.1 工事概要

工事概要を表-2に示す。

表-2 工事概要

場所	静岡県湖西市(国道)
施工月	平成23年6月
規模	400m ² (幅員3.3m×延長60m×2車線)
上層混合物	5mmTop改質II型混合物(t=20mm)
交通量区分	N5交通

既設舗装の路面状況を表-3に、路面状況の一例を写真-4に示す。

工事対象となる路面のFWDによる調査結果は、D₀たわみ量=max414(μm)、わだち掘れ量=max23(mm)。また、ひび割れ率=20.3(%)であった。

表-3 既設舗装の路面状況

	平坦性(mm)	わだち掘れ量最大(mm)	FWDによるD ₀ たわみ量最大(μm)	ひび割れ率(%)
上り車線	3.99	23	414	20.3
下り車線	2.14	14	392	1.1



写真-4 路面状況

3.2.2 施工

施工は、当該機で、路面加熱・掻きほぐしを行い、アスファルトフィニッシャにて新規アスファルト混合物を20mm敷き均し後、マカダムローラ及びタイヤローラにより転圧を行った。施工状況を写真-5に示す。



写真-5 施工状況

3.2.3 施工結果

施工前後の路面状況を写真-6に示す。



写真-6 施工前後の路面比較

表-4 に、修繕後の路面性状結果を示す。
既設舗装は、経年劣化による路面の荒れや、ひび割れ及び、わだち掘れが発生していたが、施工後の平坦性は、 $\sigma = 1.5$ (mm)、わだち掘れ量は、1.8 (mm) に修復され、舗装体として機能復元及び、走行性の回復を図ることができた。

表-4 修繕後の路面性状結果

平坦性 (mm)	わだち掘れ量 最大(mm)	すべり抵抗 (BPN)
1.48	1.6	62
1.54	1.9	64

4. 新型専用施工機の開発

4.1 開発経緯

3 項までに記述した様に、ヒートリフレッシュ工法は、加熱掻きほぐした既設路面に逸早く、新規アスファルト混合物をオーバーレイすることが、新旧の材料接合性を強靱とし、品質確保の上で、重要な要素となる。特に冬季施工や寒冷地での施工に際しては、路面の加熱掻きほぐし後にタイムラグ無く、直近で新規アスファルト混合物を敷き均すことがより理想的な施工法となる。この点に着目し、初期型の専用施工機にアスファルト混合物の敷均し機能（以下、スクリーン装置と記す）を装備した新型専用施工機（2号機）の開発製作を実施した。

4.2 機械概要

新型機の開発コンセプトは、不稼働機械を流用し、開発に関わる初期投資額を抑え、機械使用料を安価とすることで施工コストに反映することを目的とした。また、路面の加熱・掻きほぐし～アスファルト混合物の敷均しまでの作業工程を一台の機械にオールイン化することで、施工に関わる機械経費を低減させた。

新型機は、路上表層再生工法で使用していたリミキサ車をベースマシンとして開発を実施した。

当該機は、①材料ホッパ、②材料搬送装置、③路面加熱用ヒータ装置、④路面掻きほぐし装置（スカリファイヤ）、⑤材料敷均し装置（スクリーン）を備える。当該機の主要諸元を表-5 に、新型専用施工機の全景を写真-7 に示す。

表-5 主要諸元

寸法	全長	9,781mm
	全幅	2,490~3,990mm
	全高	2,807mm
車両重量	21,800kg	
施工幅員	2,500~4,000mm	
加熱装置	加熱方式	近赤外線輻射方式
	加熱能力	5,567 MJ/h
	加熱燃料	LPG



写真-7 新型専用施工機の全景

4.3 機械装置概要(特徴)

1) 路面加熱用ヒータ装置

ハイカロリータイプのLPG式赤外線ヒータ（従来比の2倍相当の熱量）を採用して、装置の収納スペースをコンパクト化すると共に、加熱性能を向上させた。また、火気取扱の安全確保及び、操作性向上を目的として、小型無線リモコンでの遠隔操作による自動ヒータ制御方式（自動着火・燃焼量制御）を採用した。

2) スカリファイヤ

初期型機と同様の、加圧スプリング式掻きほぐし装置を採用した。

3) スクリーン装置

汎用のアスファルトフィニッシャで実績のある伸縮式のタンパ・バイブレータ型スクリーン（伸縮式TVスクリーン）を採用し、舗装幅員W=2.5~4.0mの舗装が可能である。

4.4 新型専用施工機械の導入効果

新型専用施工機の現場導入効果を下記に示す。

1) 安全性の向上

新型機の導入により、『新規混合物の受入れ搬送・路面の加熱掻きほぐし・新規混合物の敷均し』の一連作業が、1台で完了するので、更に機械編成が簡素化され、重機同士及び、作業員との接触事故（挟まれ）等の危険リスクが大幅に低減し、安全性の向上が期待できる。

2) 品質の確保

当該機を使用した掻きほぐし及び、敷均し状況を写真-8 に示す。路面の加熱掻きほぐし及び、材料敷均しまでの作業工程を一元化することで、路面の加熱掻きほぐし後、車両が停止しない限り、1分間程度で材料敷均し（転圧作業を除く）が完了する。このため、温度低下を最小限に止めた状態での材料接合が可能となり、熱放出が速い薄層舗装体であっても、既設舗装体との一体化が確保される。

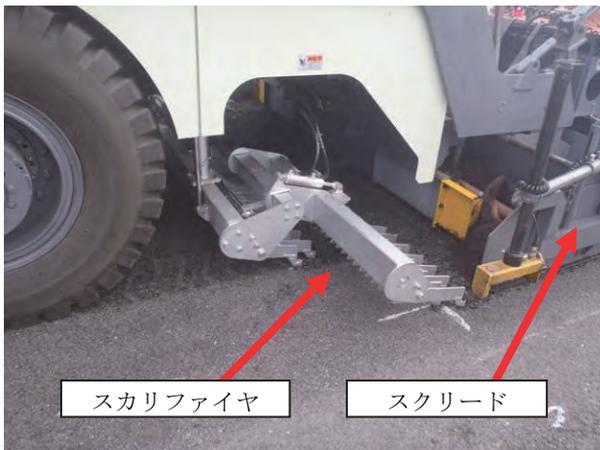


写真-8 掻きほぐし・敷均し状況

3) 機械編成の簡素化

図-7 に施工機械編成図を示す。

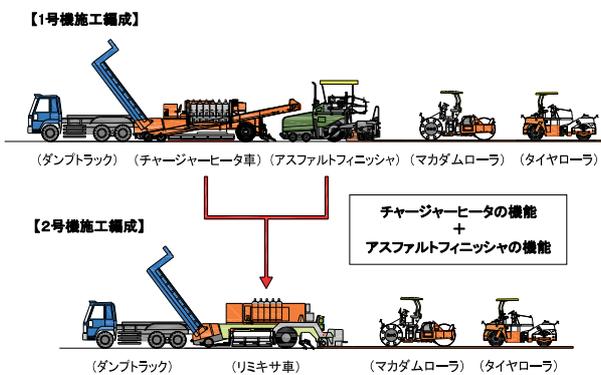


図-7 機械編成図

4) 更なる施工コスト削減

施工コストは、アスファルトフィニッシャーに関わる輸送費、燃料費、機械使用料が削減され、低施工コストでの工事を提供できる。

4.5 施工事例

埼玉県鴻巣市の市道において、新型機による道路修繕工事を実施した。以下に施工事例を示す。

4.5.1 工事概要

工事概要を表-6 に示す。

表-6 工事概要

場所	埼玉県鴻巣市(市道)
施工月	平成25年11月
規模	1,250㎡(幅員2.6m×延長240m×2車線)
上層混合物	5mm Top改質 II 型混合物(t=20mm)

既設舗装の路面状況を表-7 に、路面状況の一例を写真-9 に示す。平坦性は乗り心地を評価する IRI で測定を行った。既設舗装は亀甲状ひび割れの他、度重なる部分補修(パッチング)、複数のポットホ

ールもあり、舗装表層部の損傷が著しく進行している路線であった。

表-7 既設舗装の路面状況

	平坦性 (mm/m)	わだち掘れ量 平均(mm)	ひび割れ率 (%)
上り車線	2.73	6.7	45.5
下り車線	3.90	11.9	24.6



写真-9 路面状況(修繕前)

4.5.2 施工

当該施工では、冬季施工であったことや、バス路線のため交通規制に大幅な制約があったことから、施工時間の短縮及び機械編成のコンパクト化を図るため、新型施工機を選定し、施工を実施した。施工状況を写真-10 に示す。



写真-10 施工状況写真

4.5.3 施工結果

修繕後の舗装路面性状を表-8 に、施工後の状況を写真-11 に示す。

表-8 修繕後の路面性状結果

	平坦性 (mm)	わだち掘れ量 最大(mm)
上り車線	1.68	2.6
下り車線	1.62	2.7



写真-11 路面状況（修繕後）

修繕後の平坦性測定結果（IRI） $\sigma = 1.6(\text{mm/m})$ 、わだち掘れ量 $= 2.6(\text{mm})$ に修繕され、舗装体として機能復元及び、走行性の回復を図ることができた。

その後の追跡調査の結果として、現在に至るまで、ひび割れ等の発生もなく健全な道路として供用している。

5. まとめ

本稿では、簡易な舗装修繕工法として、ヒートリフレッシュ工法を提言し、専用施工機の開発及び、現場導入並びに施工結果に至るまでを報告した。実績として得られた結果を以下にまとめる。

- ① ヒートリフレッシュ工法の適用により、加熱して掻きほぐした既設路面と新規混合物を一体化させることで、接着剤（タックコート）を使用せずに切削オーバーレイ工法と同等以上の接着強度を持った舗装路面を再生することが可能である。また、新型機を使用した場合、路面加熱と新規混合物の敷き均しまでの間隔が短くなることで、加熱部の温度低下が減少し、更に確実な付着強度を確保することが可能となった。
- ② 施工コストの試算結果として、関東地域での施工1日を想定した工事において、従来の切削オーバーレイ工（厚さ 30mm）との比較で約 30%、切削オーバーレイ工（厚さ 40mm）では、約 45%の施工コスト縮減が期待できる。また、新型機を導入した場合には、更に 10%の施工コスト縮減が可能となる。
- ③ CO_2 排出量の試算結果として、従来の切削オーバーレイ工（厚さ 30mm）との比較で約 20%、切削オーバーレイ工（厚さ 40mm）では、約 35%の低減効果が期待できる。また、新型機を導入した場合には、更に約 20%削減が可能となる。

- ④ ヒートリフレッシュ工法を適用することで、低コストで、傷んだ道路の舗装機能の復元及び、走行性の回復を図ることが可能となる。また、道路の損傷程度が軽い時期に当該工法を適用することで、高コストな大規模維持修繕工事を適用せずとも予防保全に寄与し、道路延命が期待される。
- ⑤ 新型施工機の開発導入により、当該工法に適用する施工機械が省力化され、それに伴う、機械経費（使用料・回送費・燃料費等）・運転員の人件費が削減となり、更なる施工コストの低減が期待できる。

6. 今後の課題

今後の課題を以下に示す。

- 1) 施工データの蓄積
特に新型機に関しては、導入事例が少なく、今後も積極的な現場への導入を図り、施工データの蓄積が必要である。
- 2) 冬期施工時の施工方法の確立
冬期の施工時は、路面加熱後の著しい温度低下が予想される。施工規模やコストを勘案し、予備加熱の実施等の施工方法を検討する必要がある。
- 3) 機械の大型化による安全対策
複数の機構を装備したため、機械が大型化した。そのため、死角となる部分が多く、作業の安全性を確保するための対策が必要である。

7. おわりに

傷んだアスファルト舗装を簡易に補修するヒートリフレッシュ工法は、廉価で CO_2 排出量も少なく、切削による廃材等の発生もない、環境に優しい工法である。

当該工法が、今後の維持修繕等、道路管理業務の一助となるよう、普及活動に努めていくと共に、今後も、地球環境へ配慮した技術・機械の開発に注力していく所存である。

参考文献

- 1) 紺野 路登・水野 孝浩・中塚 将志・関口 峰：簡易な路上再生機を用いた補修工法の開発と効果の検証，第 17回舗装に関する懸賞論文，pp.50～56，2011