

AR2000 スーパーリサイクラー公開施工

工事報告書

施工場所：日本鋼管株式会社 京浜製鉄所構内

平成 13 年 12 月



グリーンアーム株式会社

本工事報告書について

グリーンアーム株式会社では、昨年 11 月 20 日、21 日に日本鋼管（株）京浜製鉄所構内舗装道路約 8,900 m²を対象に、カナダ MARTEC 社所有のポーランド HSW 社製の AR 2000 スーパーリサイクラーを使用して関係者に対し公開施工工事を実施いたしました。

今般、日本舗道株式会社並びに日本鋼管株式会社のご協力をいただき、当該工事の報告書を纏めることが出来ました。本報告書は、AR2000 使用によるアスファルトの路上表層再生工法（リミックス方式）に関し、施工の高速性・沿道環境への影響・舗装の品質に焦点を当て工事の実施概要の説明および実績の検証をまとめたものであります。なお、本報告書の記載数値は日本舗道株式会社の測定値をそのまま使用いたしております。

他方、今回使用いたしました AR2000 につきましては、当該工事を見学いただきました方々からサイズ、形状、機械音管理などを中心に貴重なご意見を数多くいただいております。それぞれの改良すべき点につきましては、日立建機株式会社にて国産化するに当たり、同社とともに真剣に改良に努め実現いたす所存であります。今後とも皆様方の忌憚のないご意見をお聞かせいただきたく、よろしくお願い申し上げます。

グリーンアーム株式会社

目 次

1. はじめに	1
2. 公開施工の内容	1
2-1 公開施工概要	1
2-2 適用工法と施工断面	3
2-3 使用混合物の配合と設計	4
2-4 AR2000の概要と使用機械	5
3. AR2000の特徴と実施結果	7
3-1 施工速度	7
3-2 沿道環境への影響	8
(1) 大気汚染（煙と臭気）	8
(2) 熱	9
3-3 舗装の品質	11
(1) 温度	11
(2) 既設路面のかきほぐし	12
(3) 再生混合物の品質	13
4. まとめ	16
5. おわりに	16

【参考文献】

1. はじめに

近年，循環型社会構築の観点から，社会資本の主たる道路の整備，維持・管理，更新においても環境への負荷の少ない工法の適用が求められている．建設時に発生する廃棄物の抑制，建設資材への再生材の利用など，再生技術の面では先行していた舗装業界においても，これまで以上にリサイクルへの取り組みが求められている．

カナダの MARTEC 社が開発した AR2000 スーパーリサイクラー（以下，「AR2000」）は，舗装の路上表層再生工法（リミックス方式）の機械システムである．破損路面の加熱・かきほぐしによる再生材料と新規材料との混合を，自動化された 4 台の機械に分散させ，路面の加熱には「熱風循環システム」を採用することで施工の効率化と沿道環境への配慮を図っている．AR2000 は，①施工の高速化による工期短縮，②沿道環境の保全，③補修コストの削減を特長としており，合理的かつ有効な再生技術であり，近年，施工実績が減少傾向にあるわが国の路上表層再生工法適用拡大に貢献できる有効なシステムといえる．

以下，AR2000 の公開施工を実施し，その特長と効果を確認した結果について報告する．

2. 公開施工の内容

2-1 公開施工概要

公開施工の日時，施工場所，施工条件等は以下に示すとおりである．

①施工日時：平成 13 年 11 月 20 日，21 日

②公開施工時の気象条件：表－ 2.1 のとおり．

表－2. 1 公開施工時の気象条件

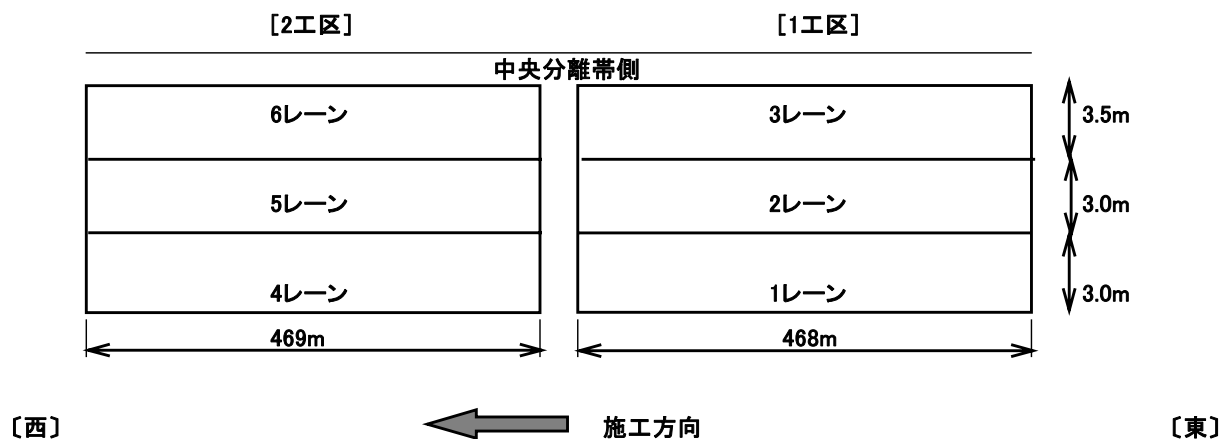
月日	天候	気温（℃）		風向	風速（m/ s）
		最高	最低		
11 月 20 日	晴れ	15	10	北～東南東	2 ～ 3
11 月 21 日	晴れ	16	10	北～東南東	2 ～ 5

③施工場所：日本鋼管株式会社 京浜製鉄所扇島地区（東西 1 号線道路）であり，図－ 2.1 に示すとおり．

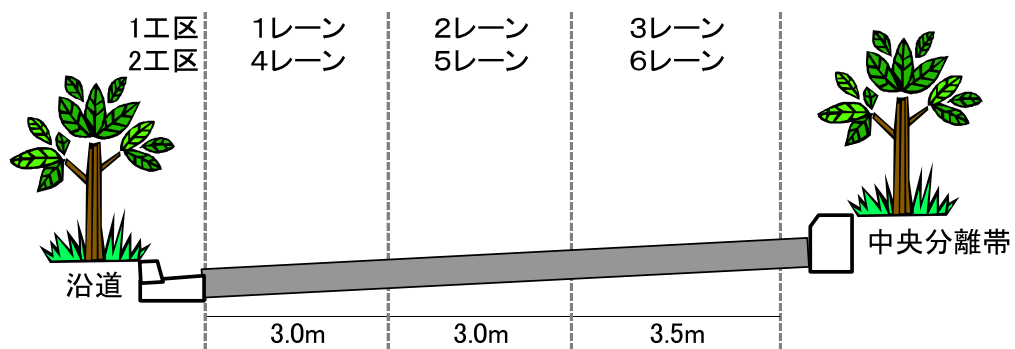


図－2. 1 施工場所

④施工箇所：1 工区：468m，2 工区：469m の 2 工区．各工区ともに幅員 3.0 ～ 3.5m の 3 レーンとした．平面図を図－ 2.1 に，標準横断面図を図－ 2.2 に示す．



図－2. 1 施工平面図

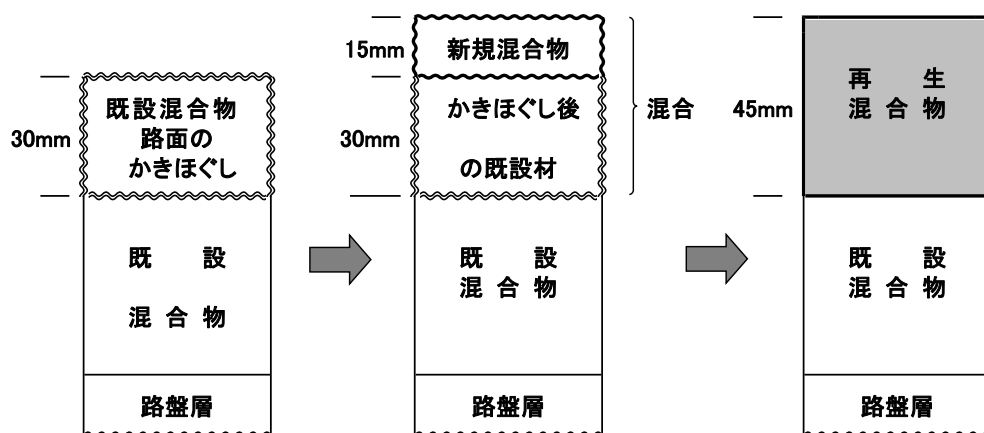


図ー2.2 標準横断面図

⑤施工協力会社：エヌケーケーコンフォーム株式会社，日本舗道株式会社

2-2 適用工法と施工断面

AR2000 の適用工法は，路上表層再生工法（リミックス方式）である．今回の公開施工における施工断面は図ー2.3 に示すとおりである．



図ー2.3 施工断面

2-3 使用混合物の配合設計

①事前調査

再生混合物の配合設計にあたり、既設舗装の事前調査をおこなった。既設舗装の品質確認試験の結果を表－2.2に示す。

今回の施工箇所では、1工区と2工区において既設表層混合物の種類が異なるため、各工区の新規混合物の種類（粒度）を変え、再生混合物の目標粒度は密粒度アスファルト混合物(13)の中央値とすることとした。

表－2.2 既設舗装の品質

項 目			1工区	2工区
既設混合物	アスファルト	アスファルト量%	5.19	3.92
		針入度	27	21
		軟化点	58.0	59.4
	骨材合成粒度%	19.0mm	100.0	100.0
		13.2	98	97.5
		4.75	61	56.5
		2.36	42.1	35.2
		0.6	23.3	18.8
		0.3	14.2	11.6
		0.15	11.9	10.5
		0.075	6.2	5.7

②再生混合物の配合設計

再生混合物の配合設計の結果は、表－2.3に示すとおりである。

表－2.3 再生混合物の配合設計結果

項 目			1工区	2工区	項 目			1工区	2工区	基準値
新規混合物	新アスファルト量%		5.38	7.26	再生混合物	設計再生アスファルト量%		5.5	5.3	－
	配合比率%	6号碎石	35.0	25.5		合成粒度%	19.0mm	100.0	100.0	100
		7号碎石	22.0	15.0			13.2	98.0	97.8	95-100
		砕砂	7.0	16.5			4.75	62.4	62.6	55-70
		細砂	17.0	23.0			2.36	42.5	42.6	35-50
		スクリーニングス	15.0	15.0			0.6	24.6	24.3	18-30
		石粉	4.0	5.0			0.3	15.2	15.2	10-21
	合成粒度%	19.0mm	100.0	100.0			0.15	11.0	10.8	6-16
		13.2	97.9	98.4			0.075	6.0	6.0	4-8
		4.75	65.2	74.7		理論密度 g/cm ³		2.638	2.778	－
		2.36	43.3	57.5		かさ密度 g/cm ³		2.538	2.672	－
		0.6	27.2	35.6		空隙率 %		3.8	3.8	3-6
		0.3	17.2	22.4		飽和度 %		77.9	78.2	70-85
既設材と新規混合物の配合比	再生用添加剤添加量(対アスファルト量%)		12.0	17.5		安定度 kN		9.58	9.10	4.90以上
						フロー値 (1/100cm)		36	33	20-40

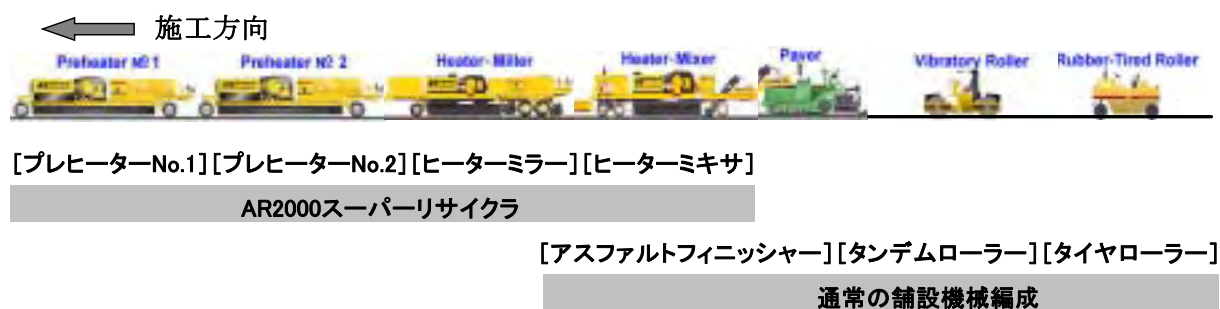
注1)新規混合物:日本舗道(株)出荷合材

注2)再生用添加剤:リクライト/日邦産業(株)納入品

2-3 AR2000の概要と使用機械

①機械編成

今回の公開施工の施工編成図を図－2.4に示す。前方4つのユニットがAR2000であり、路面の加熱、既設路面のかきほぐし、既設材と新規混合物の混合を行う。再生混合物製造後の混合物の敷ならし、転圧は一般の舗設と同様である。



図－2.4 公開施工時の機械編成図

②使用機械

今回の公開施工で使用した各機械（ユニット）の写真と概要を写真－2.1に示す。



〔プレヒーターNo.1〕

既設路面に熱風(600℃)吹き付けと低赤外線熱放射によりを吹き付け、既設路面を加熱する。



〔プレヒーターNo.2〕

左に同じ。



【ヒーターミラー】

加熱継続後、既設路面をかきほぐし、ほぐされた混合物を路上の中央に集め、再生用添加剤を加える。



【ヒーターミキサー】

左の既設材に新規混合物を追加し、さらに加熱と混合後、再生混合物としてアスファルトフィニッシャーに供給。



【アスファルトフィニッシャー】
VÖGELE 社製



【振動ローラー】
DYNAPAC 社製



【タイヤローラー】
SAKAI 社製

写真－2. 1 公開施工時の使用機械

3. AR2000の特長と実施結果

3-1 施工速度

【目的】

施工速度は、①規制時間（交通渋滞による社会生活への影響）、②日当たり施工量（建設コスト）等と関係する。AR2000は、施工速度が大きく、従来工法による工事期間を大幅に短縮することができるかとされている。ここでは、実際の現場における施工速度を測定することで、本システムの優位性を確認した。

【測定方法】

施工速度の測定は以下の3つとした。

- ①今回の施工延長におけるアスファルトフィニッシャー（AF）の施工速度。
- ②今回の施工延長における平均施工速度（プレヒーター No.1 スタートから舗装転圧完了までを対象）。
- ③ヒーターミキサーに搭載の施工速度表示パネル（写真－3.1）による確認によるもの。



写真－3.1 施工速度の表示

【結果】

施工速度は、表－3.1、表－3.2に示すとおりである。

表－3.1 施工速度結果

工区	レーン	施工延長 (m)	①AFを対象		②舗装完了までを対象		備 考 路面温度 (℃)
			AF施工時間 (min)	AF施工速度 (m/min)	施工時間 (min)	施工速度 (m/min)	
1工区	1	448	110	4.1	175	2.6	13
	2	448	85	5.3	150	3.0	15
	3	448	90	5.0	140	3.2	14
2工区	4	300	55	5.5	85	3.5	13
	5	449	85	5.3	155	2.9	16
	6	449	80	5.6	135	3.3	14
			平均	5.1	平均	3.1	14

表－3.2 施工速度結果

工区	③ヒーターミキサー施工速度（パネル確認による） (m/min)
1工区	5.0～7.5
2工区	5.0～7.5

【施工速度 まとめ】

通常国内で用いられる路上表層再生機の冬期（路面温度 10 ～ 20℃）における施工速度（瞬間速度）の目安は、その施工効率・品質確保の点からも 1.0 ～ 1.5m/min とされている¹⁾。AR2000は、後述のとおり品質を確保したうえで、既存の路上表層再生機の 3 ～ 4 倍の速度での施工が可能であり、交通規制時間の短縮と日当たり施工量の増加に寄与できることが確認された。

3-2 沿道環境への影響

道路建設時においても環境への配慮は必須である。AR2000 は、路面を加熱する際、直火を使わない熱風循環システムを採用しており、発煙・発炎等の環境汚染を大幅に軽減している。ここでは、AR2000 の沿道環境への影響として、(1)大気汚染（煙と臭気）、(2)熱について確認した。

(1)大気汚染（煙と臭気）

【目的】

路上表層再生工法には、路面ヒーターの過加熱による発煙¹⁾、施工時に生じるブルースモーク⁴⁾等の課題がある。ここでは、路上で火気を取り扱う AR2000 の沿道環境への影響として、大気汚染（煙と臭気）について確認した。

【確認方法】

施工中の発煙と臭気について目視と臭覚により確認した。

【結果】

施工中の状況を写真－ 3.2，写真－ 3.3 に示す。写真－ 3.3 のごとく、AR2000 のヒーターによる既設アスファルト路面の加熱では、煙・炎、および臭気は確認されなかった。機械編成後方のヒーターミキサーからの白煙が若干みられるが、これはエマルジョン系再生用添加剤中の水分の蒸発であり、安全上問題とはならない。



写真－3. 2 施工時の煙（編成前方から）



写真－3. 3 施工時の煙（編成後方から）

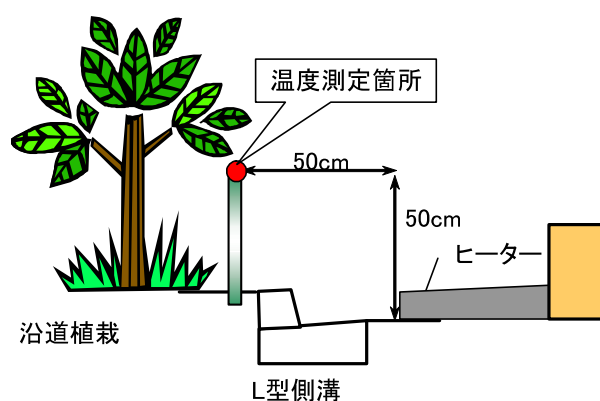
(2)熱

【目的】

路上表層再生工法では、路面ヒーターを用いるため、近接する植樹を焼いたり、構造物を破損したりする恐れがある¹⁾。ここでは、路上で火気を取り扱う AR2000 の沿道環境への影響として、熱について確認した。

【確認方法】

- ①沿道の植栽への影響：沿道の植樹について、施工前と施工翌日に観察し、樹木の枯れ等がないかの確認を行った。
- ②沿道の構造物等への影響：沿道部に熱電対を設置し、施工中の沿道部の温度上昇を確認した（図－3.1，写真－3.4 参照）。



図－3.1 沿道の温度測定(測定箇所)



写真－3.4 沿道の温度測定状況

【結果】

①沿道の植栽への影響

沿道植栽は、写真－3.5 に一例を示すように施工前と施工翌日では変化がなく、植栽の焼け・枯れ等はなかった。



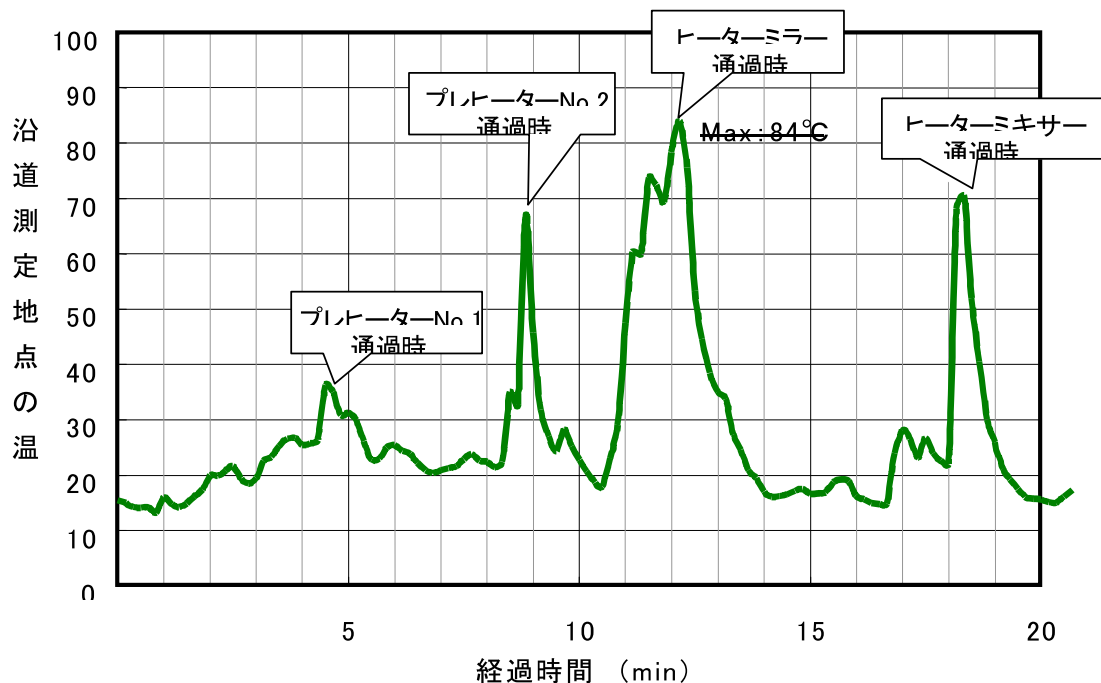
(a) 施工前

(b) 施工後(翌日/変化なし)

写真－3.5 施工前後における沿道植栽の変化

②沿道の構造物等への影響

温度計測結果を図－ 3.1 に示す。計測温度のピークは、ヒーターミラー通過時の 84℃であり、この温度も瞬間的なものであることから、特に沿道環境へ問題となる値ではない。



図－3. 1 施工時の沿道部の温度変化

【沿道環境への影響 まとめ】

路上表層再生工法は、路上で火気を取り扱うため、環境保全への配慮が常に課題とされてきた²⁾。AR2000 は、後述のとおり混合物に必要な所要の温度を確保しつつも、直火を使わない熱風循環システムとヒーターに設置されたカバーによるシールドにより、沿道環境への悪影響はなく、環境に配慮した、環境にやさしい工法であることが確認された。

一方で、たとえ熱風循環システムであってもシールドカバーが外されていたりした場合には、沿道の植樹の種類や近隣の状態によっては影響が出る可能性もあることが判った。

3-3 舗装の品質

AR2000 を評価するにあたり、舗装体の品質は最重要事項である。AR2000 は、施工機械 4 台ともに備えた熱風循環システムヒーター、ヒーターミラーに備えた優れた既設材のかきほぐし技術、ヒーターミキサーに備えた既設混合物と新規混合物の混合技術により、再生混合物の良好な品質を確保できるとしている。ここでは、施工時の温度管理、既設路面のかきほぐし、再生混合物の品質が路上表層再生工法として適切であるか確認をおこなった。

(1)温度

【目的】

既設路面の加熱が不十分な場合、適切なかきほぐしができない。また、過加熱では既設のアスファルトを熱劣化させる。また、既設材と新規混合物にて合成される再生混合物は、舗設と締固めに適切な温度を確保する必要がある。ここでは、路上表層再生工法として適切な温度状態と管理が可能か確認をおこなった。

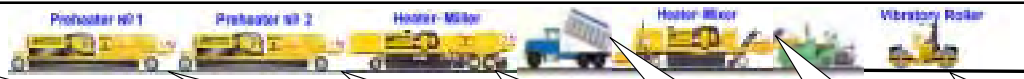
【測定方法】

一般的な電子温度計により測定した。なお、計測箇所は①既設路面、②プレヒーター No.1 通過後の加熱路面、③プレヒーター No.2 通過後の加熱路面、④かきほぐされた既設材、⑤新規混合物、⑥再生混合物、⑦初転圧温度の 6 ポイントとした。

【結果】

温度測定結果の代表例を、通常、望ましい施工温度¹³⁾とされている値と併記して表-3.3 に示す。AR2000 は、路上表層再生工法として望ましい各温度域を十分に満足している。特に今回の施工が冬場でありながら、初転圧温度が 120℃と高温域を確保できたことは、①ユニット 4 機すべてに搭載されたヒーターと熱効率のよさ、②施工速度が大きいことため新規混合物の温度低下が小さいこと、が要因である。

表-3.3 温度測定結果

ユニット							
測定箇所	既設路面	加熱路面①	加熱路面②	かきほぐし	新規混合物	再生混合物	初転圧
計測結果	16℃	100℃	120℃	105℃	160℃	125℃	120℃
望ましい温度	10℃以上	—	70℃を下回らない	—	150℃以上	110℃以上	—

注)望ましい温度は、文献1)、文献3)による。

(2)既設路面のかきほぐし

【目的】

既設路面のかきほぐしが適切でない場合，再生混合物の粒度が不均一となり，供用性に優れた混合物となり得ない．ここでは，既設路面のかきほぐし状況について調査をおこなった．

【確認方法】

①かきほぐし後の既設材の粒度

かきほぐし後の既設材を採取し（写真－3.6），細粒化等がないか粒度の確認をおこなった．

②かきほぐし深さ

各レーンごとにかきほぐし深さをスケールにて実測し，確認した（写真－3.7）．



写真－3. 6 かきほぐし後の既設材採取



写真－3. 7 かきほぐし深さの計測

【結果】

①かきほぐし後の既設材の粒度

ヒーターミラーによりかきほぐされた既設材の粒度は，表－3.4 に示すように，配合設計の調査時に既設路面より採取された（アスファルト抽出後）の混合物粒度とほぼ同等である．AR2000 は，既設路面への十分な加熱と，既設材中の骨材を破碎・細粒化させることのない適切なかきほぐしが可能であるといえる．

表－3. 4 かきほぐし後の既設材の粒度

		1工区		2工区	
		かきほぐし 後の既設材	配合設計時	かきほぐし 後の既設材	配合設計時
粒 度 %	19mm	100.0	100.0	100.0	100.0
	13.2	100.0	98.0	99.2	97.5
	4.75	65.6	61.0	51.5	56.5
	2.36	47.4	42.1	37.9	35.2
	0.6	27.8	23.3	22.4	18.8
	0.3	15.8	14.2	13.7	11.6
	0.15	13.6	11.9	12.4	10.5
	0.075	8.1	6.2	6.7	5.7
アスファルト量%		5.2	5.2	4.2	4.0

②かきほぐし深さ

かきほぐし深さは、表－ 3.5 に示すとおり，設計値どおりであり，適切なかきほぐしがおこなわれた。

表－3. 5 かきほぐし深さ

工区	レーン	かきほぐし深さの平均値	平均値 (mm)
		(mm)	
1工区	1	30	30
	2	30	
	3	30	
2工区	4	32	
	5	30	
	6	30	



写真－3. 8 かきほぐし深さ（1工区2レーン）

(3)再生混合物の品質

【目的】

ヒーターミキサー内で混合・製造され，最終的に舗設される再生混合物の品質として，ここでは，施工性と混合物の性状（粒度とアスファルト量）の確認をおこなった。

【調査方法】

①再生混合物の外観

各工区ごとに再生混合物として，かきほぐし後の既設材と再生用添加剤，新規混合物が均一に混合されているかの目視観察と，アスファルトフィニッシャーによる敷ならし，タンデムローラー，タイヤローラーによる転圧等の施工性に問題がないかを確認した。

②再生混合物の性状

敷ならし直前の再生混合物を採取し（写真－ 3.9），アスファルト抽出試験によるアスファルト量と粒度の確認をおこなった。

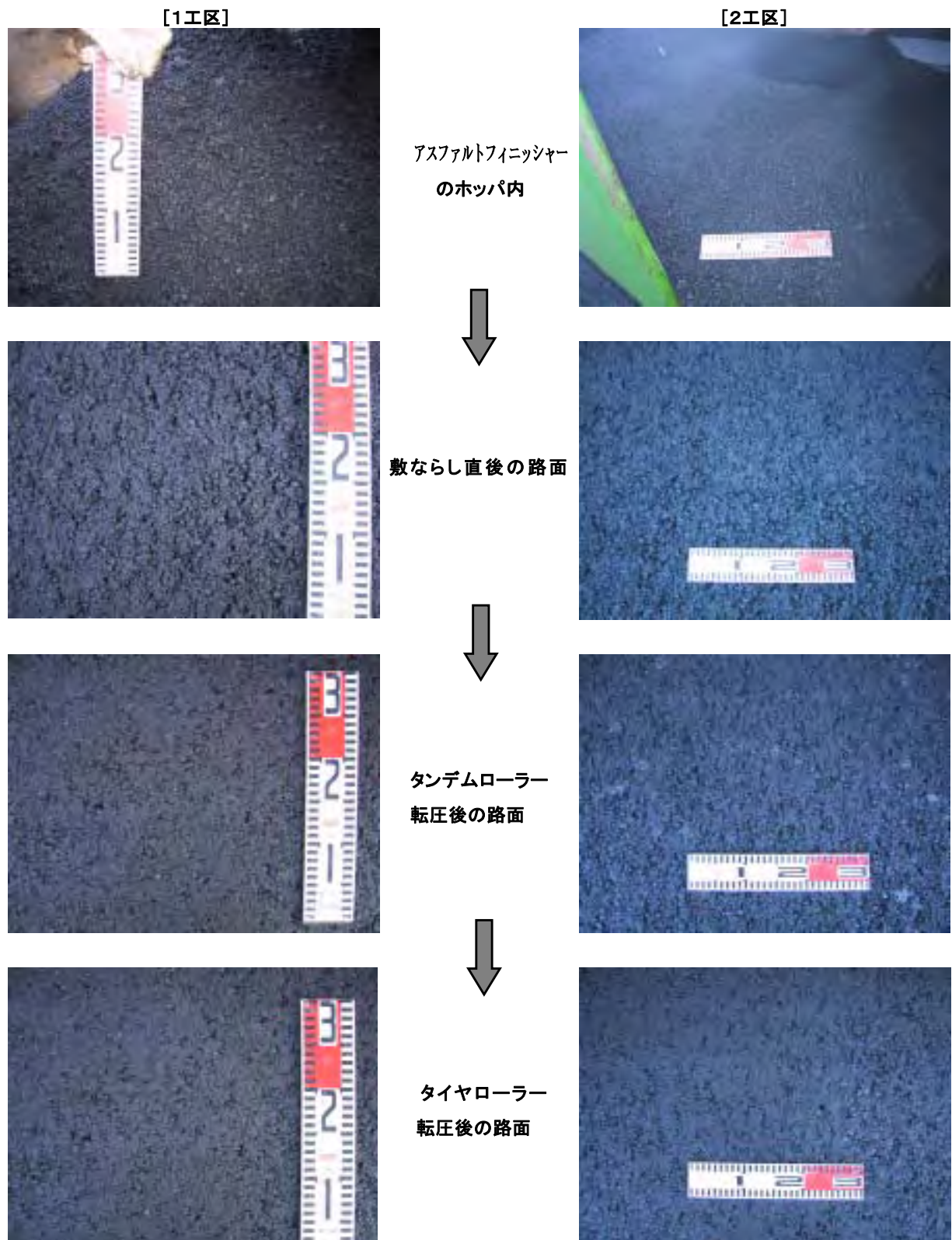


写真－3. 9 再生混合物の採取

【調査結果】

①再生混合物の外観

各施工段階における再生混合物の外観を写真－ 3.10 に示す.



写真－3. 10 再生混合物の外観

各工区ともに再生混合物には、不均一な混合むら、バインダーや再生用添加剤の過不足等は見られなかった。また、再生混合物はヒーターミキサーのバグミルミキサーで混合・再加熱されるため、エマルジョン系再生用添加剤使用時に問題となる混合物中への水分の残留等も観察されなかった。

再生混合物の施工性は、通常の路上表層再生工法に比べても混合物の敷ならし・転圧温度が10～20℃高温域に確保されているため、良好であった。また、アスファルトプラントで製造される新規および再生の加熱アスファルト混合物と比べても遜色ないものであった。

②再生混合物の性状

再生混合物の粒度は、表－3.6に示すように、再生混合物の配合設計時に設定された混合物粒度とほぼ同等であり、品質の合格判定値をいずれも満足する値である。かきほぐし後の既設材と新規混合物との混合比が均一であり、配合設計に適合した現場での施工が確認された。

表－3.6 再生混合物の粒度

		1工区		2工区		品質の合格判定値
		再生混合物の平均値	配合設計	再生混合物の平均値	配合設計	
粒度%	19mm	100.0	100.0	100.0	100.0	—
	13.2	99.8	98.0	99.2	97.8	—
	4.75	65.6	62.4	59.0	62.6	—
	2.36	43.1	42.5	48.2	42.6	±7.0以内
	0.6	27.6	24.6	21.5	24.3	—
	0.3	20.7	15.2	17.6	15.2	—
	0.15	14.0	11.0	12.7	10.8	—
	0.075	7.4	6.0	7.2	6.0	±3.0以内
再生アスファルト量%		5.32	5.5	4.96	5.3	±0.50以内

注1)再生混合物の平均値:各3レーンの平均値

注2)品質の合格判定値: $\overline{X}_3$ の値. 文献3)による.

【舗装の品質 まとめ】

AR2000 から製造される再生混合物は、従来の混合物の配合設計法に適合した、品質的に問題のない舗装体を構築できることが確認された。特に、再生混合物の舗設に必要な混合物温度を十分確保できることから、従来の路上表層再生工法よりも供用性にすぐれた舗装体の構築が可能である。

4. まとめ

AR2000 スーパーリサイクラーについて、今回の公開施工により確認された内容をまとめると以下のとおりである。

①施工速度がはやい

AR2000 は、舗装としての品質を確保したうえで、既存の路上表層再生機よりも高速度での施工が可能であり、交通規制時間の短縮と日当たり施工量の増加に寄与できることが確認された。

②環境にやさしい工法

AR2000 は、再生混合物に必要な所要の温度を確保しつつも、直火を使わない熱風循環システムにより、沿道環境への悪影響が少なく環境にやさしい工法であることが確認された。

③良好な舗装体の構築が可能

AR2000 から製造される再生混合物は、従来の混合物の配合設計法に適合した、品質的に問題のない舗装体を構築できることが確認された。特に、再生混合物の舗設に必要な混合物温度を十分確保できることから、従来の路上表層再生工法よりも供用性にすぐれた舗装体の構築が可能であるとの見通しを得た。

④新しいリサイクル技術への展開が期待される工法

AR2000 は、既設混合物中の単粒化碎石を破碎しない、敷きならし・転圧時の温度が通常よりも 10 ～ 20 ℃高温域で確保できることが確認された。よって、現在そのリサイクル工法・技術の開発が急務となっている排水性舗装の再生工法としてもその展開が可能である。

5. おわりに

今回の公開施工から、AR2000 の特長と効果が日本においても実証された。

最後に、本公開施工にあたり、施工場所を提供いただいた日本鋼管株式会社をはじめ、施工に協力いただいた、エヌケーケーコンフォーム株式会社、日本舗道株式会社に謝辞を申し上げます。

【参考文献】

- 1) 路上表層再生工法 機械施工マニュアル：SR 工法技術振興会，平成 8 年 2 月。
- 2) 舗装技術の質疑応答：第 5 巻，昭和 62 年 12 月。
- 3) 路上表層再生工法技術指針(案)：(社)日本道路協会，昭和 63 年 10 月。
- 4) (社)日本道路建設業協会・リサイクリング部：路上表層再生工法，アスファルト，Vol.38， No.184，1995。