

# 路上路盤再生工法の合理化に向けた一検討

株NIPPO コーポレーション 技術開発部 相田 尚  
(同) 技術開発部 片岡 直之  
(同) 工務部 梶原 覚

## 1. まえがき

道路舗装の維持修繕は概ね一定の期間ごとに実施されているが、これは交通荷重と気象作用により道路舗装の持つ性能が低下するからである<sup>1)</sup>。維持修繕時に発生するアスファルトコンクリート塊においてはその再資源化等率は99%に達し<sup>2)</sup>、極めて高いリサイクルを実現している。舗装の再生利用技術のひとつである路上路盤再生工法は、既設舗装材を混合して再利用するリユース技術であるが、既設舗装材の搬出量が少なく加熱処理をしないことから見ても、環境保全、建設コスト縮減といった観点から、有効な工法の一つであることは明らかである。

路上路盤再生工法は、実用化された昭和50年代半ば以降地方自治体を中心に広く普及し、年間約200~350万m<sup>2</sup>、累積で約5,400万m<sup>2</sup>超が施工されている<sup>3)</sup>。現在、路上路盤再生工法では、セメント等の安定材の他に乳剤やアスファルトといった瀝青材を加えることが主流となってきている。さらに、一度再生された路盤材をもう一度再利用する路上路盤再々生工法も増加傾向にある。近年ではこういった市場の変化に対応すべく、高性能な路上破碎混合機が開発されてきているが、現場における作業工程あるいは機械編成はほとんど変わっていないのが現状である。

以上のことから、施工機械の削減に主眼をおいた効率・経済性の改善策を検討し、ベルトコンベアによる破碎材の積込み装置を搭載した路上破碎混合機を開発・実用化した。以下に、その概要を示す。

## 2. 路上路盤再生工法における施工上の課題

路上路盤再生工法は、路上で既設のアスファルト舗装を破碎し、同時にセメント等の安定材と既設路盤材料とを混合して締め固めて高強度の路盤を造る工法である。

当該工法には表-1に示す3つの方式があり、路上破碎混合機やモータグレーダ、ローラ類の他、施工断面によっては路面切削機や積込み機械など数多くの大型機械が必要となる。当該工法においては、写真-1に示すように狭隘な地方道での採用が少なくなく、施工機械の削減がひとつの課題となっている。また、固結した路盤の破碎混合や安定材の効率的な散布方法など、施工合理化に向けての課題は多い。



写真-1 狭隘な地方道での工事例

## 3. 施工機械削減による効果

路上破碎混合機に積込み機能を付加することで、積込み機械を削減できるだけでなく、施工工程数の削減も可能なことは容易に想定できる。つまり、表-1における

表一 適用断面毎の施工機械編成例

	(a) 既設舗装をそのまま安定処理する場合	(b) 事前処理を行ってから安定処理する場合	(c) 既設の粒状路盤のみを安定処理する場合
適用断面例			
注) 工程	破碎混合 → すき取り[フケ分] (路面高調整の場合)	予備破碎 → すき取り [新規舗装厚分] → 混合	既設アスファルト混合物層撤去 → 混合
注) 機械	路上破碎混合機 → 積込み機、運搬車	路面切削機または路上破碎混合機 → 積込み機、運搬車 → 路上破碎混合機	路面切削機または積込み機、運搬車 → 路上破碎混合機

注) 整形転圧および安定材散布は省略

(a)および(b)においては、破碎と同時に余剰分をすき取ることで1工程削減することができ1日当たりの施工量が増大し、その結果コスト削減につながる。また、(c)においては路面切削機が不要となり、これもコスト削減となる。

そこで、積込み機能を具備した路上破碎混合機を想定し、前述の課題のうち、施工機械の削減により期待される効果を試算した。

### 3-1 試算条件

#### (1) 適用範囲

前述した路上路盤再生工法の3つの方式のうち、表一1の(b)において予備破碎と同時に破碎材のすき取りが可能な積込み機能付き路上破碎混合機（以下「開発機」という）を適用し、従来工法に比べ施工機械1台（積込み機械）と1工程を削減するケース（図一1、2参照）につ

いて検討した。施工幅員、断面等の条件は、表一2に示すとおり。

#### (2) 作業能力の設定

##### 1) 予備破碎能力

施工条件によって異なるが、当社施工実績より施工速度を6m/minとした。

##### 2) すき取り能力（バックホウ）

バックホウの1時間当たりのすき取り量Q (m<sup>3</sup>/h)は、式(1)<sup>4)</sup>より求めることができる。既設舗装5cmを破碎した場合のすき取り厚は概ね10cmとなることから、1時間当たりのすき取り量は、25.7m<sup>3</sup>となる。

$$Q=3600 \times q \times f \times E / C_m \quad \dots \dots \dots \text{式(1)}$$

q : 1サイクル当たり掘削量 (地山土量) (m<sup>3</sup>)

$$q = \text{平積標準バケット容積} \times 0.98 = 0.45 \times 0.98 = 0.44$$

f : 土量換算係数 (地山土量 = 1)

E : 作業効率

すき取り深さtcmとする

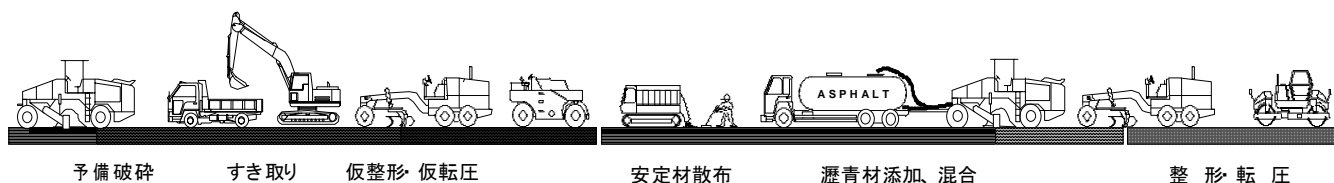
$$t \leq 5\text{cm} \rightarrow 0.5, 5\text{cm} < t \leq 10\text{cm} \rightarrow 0.65, 10 < t \rightarrow 0.8$$

C<sub>m</sub> : サイクルタイム (秒)

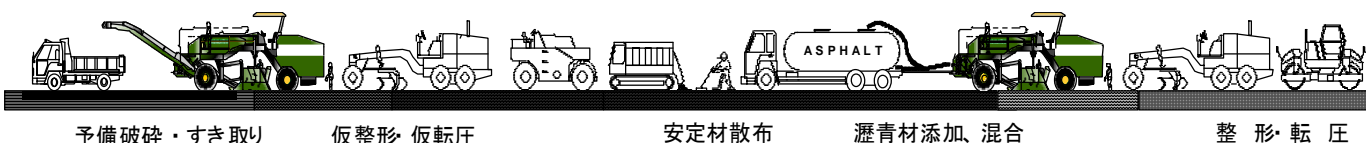
標準は30秒であるが、すき取り作業が多いため40秒とする

表一2 適用範囲の条件

施工幅員	3.5m(一定)	
既設舗装厚	5cm	
現場条件	良好(障害物等なし)	
使用機械	路上破碎混合機(混合幅2.0m)	(従来工法)
	バックホウ(0.45m <sup>3</sup> 級)	(従来工法)
	積込み機能付き路上破碎混合機(混合幅2.15m)	(開発機)
※他、整形転圧機械は同じ		



図一1 従来機による機械編成例



図一2 開発機による機械編成例

3) すき取り能力 (開発機)

開発機のすき取り能力は、バックホウより十分大きくする必要のあることや、想定される大きさの機械に搭載可能なベルトコンベア等の能力から、1 時間当たりのすき取り量を 60m<sup>3</sup> と設定した。

すき取り量は式(2)より求まることから、すき取り厚 10cm の場合の施工速度は 4.7m/min となる。

$$Q=60 \times w \times v \times t / 100 \dots \dots \dots \text{式(2)}$$

Q : すき取り量(m<sup>3</sup>/h)

w : 混合幅 (m)

v : 施工速度 (m/min)

t : すき取り厚(cm)

4) 混合能力

路上破碎混合機 (混合幅 2.0m) の 1 時間当たりの施工量は、文献 5) より 200m<sup>2</sup> とした。

5) 整形転圧能力

一般的な維持修繕工事における 1 日当たりの施工量は 800m<sup>2</sup> であり<sup>5)</sup>、1 日の実働時間 (7 時間) に占める整形転圧の割合は 1/3 程度であることから、1 時間当たりの施工量は 343m<sup>2</sup> とした。

3-2 効果の試算

(1) 施工時間の比較

施工面積 500m<sup>2</sup> (施工延長 143m, 施工幅員 3.5m) のケースにおいて、従来機編成による施工 (図-1 参照、以下「従来工法」という) と開発機編成による施工 (図-2 参照、以下「開発機工法」という) との施工に要する時間を試算した。ただし、混合以降の工程は同様のため、予備破碎およびすき取りに要する時間を対象とした。

従来工法における予備破碎およびすき取りに要する時間は、式(3)~(5)により求めた。ここで、予備破碎とすき取りは、ある程度の時間差を採ることで並行作業が可能のため、予備破碎開始から 30 分後にすき取りを開始するものとした。

また、開発機工法における施工時間は、式(6)により求めた。

T<sup>''</sup> : すき取り時間 (min)

$$T''(\text{min}) = (L \times 2) / v + L / v' \dots \dots \dots \text{式(4)}$$

L : 施工延長 (m)

v : 施工速度 (m/min)

v' : 後退速度 (m/min) = 10 (一定)

$$T''(\text{min}) = S \times (t / 100) / (Q / 60) \dots \dots \dots \text{式(5)}$$

S : 施工面積 (m<sup>2</sup>)

t : すき取り厚 (cm)

Q : バックホウの作業能力 (m<sup>3</sup>/h)

開発機工法

$$T = (L \times 2) / v'' + L / v''' \dots \dots \dots \text{式(6)}$$

T : 予備破碎・すき取り時間 (min)

L : 施工延長 (m)

v'' : 施工速度 (m/min)

v''' : 後退速度 (m/min) = 10 (一定)

試算した結果を図-3 に示す。開発機工法は、従来工法に比べて約 60 分の短縮、率にして約 40%の短縮となることがわかる。

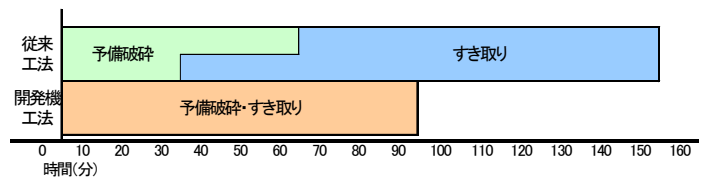


図-3 予備破碎、すき取り工程のタイムテーブル

(2) 日施工量の比較

1 日当たりの作業時間を 8 時間とした場合のタイムテーブルは、図-4 のように表すことができる。開発機工法では、予備破碎・すき取りの時間を短縮できることより、日当たり施工量は増加することとなる。

そこで、このタイムテーブルに適合する 1 日当たりの最大施工量を試算した。その結果を表-3 に示す。従来工法では 550m<sup>2</sup> であるのに対し、開発機工法では 648m<sup>2</sup> となり、98m<sup>2</sup> 日施工量が増加することとなる。

なお、開発機工法において、予備破碎・すき取りと混合との間に機械等の準備として 15 分余裕をみている。

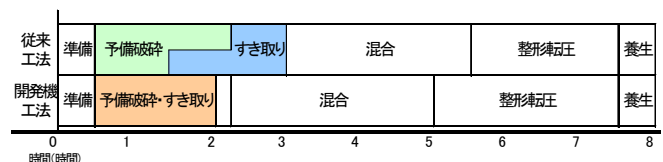


図-4 1日(8時間)のタイムテーブル

従来工法

$$T = T' + T'' \quad (30\text{min} \leq T'' \text{ の場合 : } T'' = 30) \dots \dots \dots \text{式(3)}$$

T : 予備破碎およびすき取り時間 (min)

T' : 予備破碎時間 (min)

表－3 各工程の施工時間と日施工量

	施工時間(分)						施工面積 (㎡)
	準備	予備破碎・すき取り	混合	整形転圧	養生		
従来 工法	30	158	165	96	30	550	
開発機 工法	30	97	15	194	113	30	
						+98	

同様の方法ですき取り厚毎に試算した日施工量は表－4 のようになり、従来工法に比べ日施工量が約 15% 増加することがわかる。

表－4 すき取り厚毎の日施工量

すき取り厚 (cm)	従来工法 (㎡)	開発機工法 (㎡)	増加分	
			面積(㎡)	率(%)
5	623	718	95	15
10	550	648	98	17
15	515	588	73	14

(3) 試算結果

以上より、開発機の適用によって、従来工法に比べ日施工量が増加して施工日数の縮減が可能となり、使用機械の削減と併せてよりコスト削減が図れる試算結果を得た。

また、従来工法における実際の現場では、バックホウの旋回時に一般交通への十分な配慮が必要であり、さらなる作業効率の低下が予想される。こういった点を考えると、旋回作業のない施工は、安全性の確保に寄与するだけでなく、作業効率の向上も期待できる。

4. 積み込み機能付き路上破碎混合機

4-1 開発概要

(1) 基本仕様

開発に着手するに当たり、開発機のコセプトを「予備破碎と同時に破碎材を任意の厚さですき取ることができる路上破碎混合機」とし、基本仕様を表－5 に示すとおりとした。

表－5 開発機の仕様

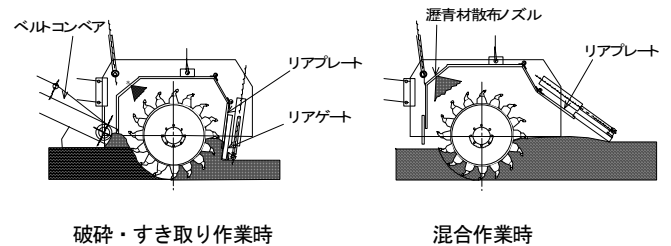
最大破碎混合深さ	30cm
最大すき取り厚	15cm
最大コンベア能力	120m <sup>3</sup> /h
瀝青材散布装置	乳剤・フォームドAs対応
スキ取り高さ制御	自動コントローラ対応

また、すき取りを行う際の高さ制御にはモータグレーダに代わる精度と省熟練化とを追求し、その結果、自動コントローラにて対応することとした。これにより、路盤材の整形作業のみにも使用することが可能となる。

(2) マルチロータシステムの開発

破碎作業と任意厚さのすき取り作業を同時に行う機構は、従前にはなかったため新たに開発した（以下当該機構を「マルチロータシステム」という）。マルチロータシステムの概念図を図－5 に示す。すき取り作業時には、ロータカバーリアプレートを垂直に閉じ、リアゲートの高さを調整することによってすき取り厚を任意に制御できるようになっている。また、混合時には、リアプレートを開き、材料を後方へ排出する機構としている。

以上のような基本仕様、機構を具備し完成した開発機の全景を写真－2 に示す。



図－5 マルチロータシステム概念図



写真－2 開発機全景

4-2 性能確認試験

(1) すき取り能力

路盤材のすき取り厚を 5～15cm に変化させ、ダンプの入替時間も考慮して試験フィールドですき取り能力を測定した。測定結果を図－6 に示す。ややバラツキはあるものの、試算時に想定した時間当たり 60m<sup>3</sup> をほぼ確保できていると言える。

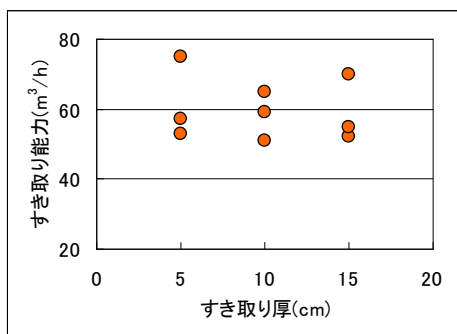


図-6 すき取り能力確認試験結果

## (2) 破碎能力

開発機は、再生路盤や鈇滓路盤等の固結路盤も破碎できるように小径コンカルビットを装着している。試験フィールドの他、数現場においても問題なく固結路盤の破碎を行っている。

これまでの実績より、一軸圧縮強度 6~9MPa の固結路盤において、作業速度 2~3m/min で施工可能な適用範囲を図-7に示す。

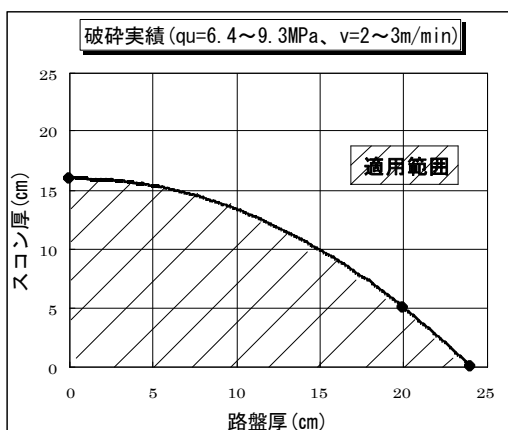


図-7 可能処理厚さの試験結果

## (3) 瀝青材混合性能

フォームドアスファルトを散布しながら深さ 30cm まで混合したが、破碎粒度、混合性とも概ね良好であった。

## 4-3 適用事例

### (1) 山形県町道での例

山形県内の町道の道路改良工事において開発機を適用した事例を示す。施工断面は図-8に示すとおりで、既設アスコン(平均 7cm)の撤去後、路盤材を 7~15cm すき取り、フォームドアスファルト安定処理(27cm)施工後、新規アスコンを舗設した。

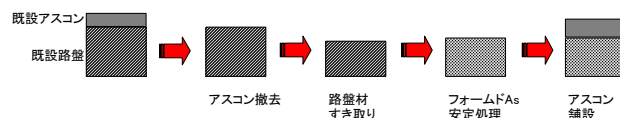


図-8 断面構成と施工の流れ

通常の機械編成では、路面切削機、バックホウ、モータグレーダ、タイヤローラおよび路上破碎混合機が必要となる。しかし、開発機を導入することにより、路面切削機およびバックホウの2機を削減でき、施工コストの低減に貢献した。また、バックホウによる積み込み時の巡回作業が無くなり、より安全な施工を行うことができた(写真-3, 4)。



写真-3 既設アスコンの撤去状況



写真-4 既設路盤材のすき取り状況

さらに、既設アスコンの撤去および既設路盤のすき取り作業では、自動高さコントローラを用いることで、その後の整形・仕上げで使用するモータグレーダの作業が大幅に軽減された(写真-5)。



写真-5 自動コントローラを使ったすき取り

## (2) 長野県町道

長野県の町道改良工事では、図-9のような断面構成で工事が行われた。施工は、既設アスコン（平均10cm）の撤去後、固結した既設路盤材を予備破碎（20cm）し、路盤材の余剰分を平均13cmすき取り、フォームドアスファルト安定処理（20cm）の施工（写真-6）後、新規アスコンを舗設した。

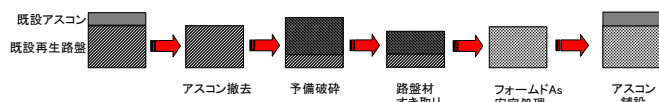


図-9 断面構成と施工の流れ

既設路盤材は過去に路上路盤再生されたもので、一部固結した状態であったが、破碎および混合作業は良好であった。また、路盤材のすき取りにおいて、一部バックホウを併用したものの、比較検討した従来工法に比べ日施工量は10～15%程度増加し、経済性の向上に繋がった。



写真-6 セメント・フォームドアスファルト混合状況

## 5. まとめ

路上路盤再生工法の効率化について、経済性の試算から施工機械の開発、現場供用まで検証してきた。以下に、その結果をまとめる。

### (1) 経済性

適用ケースにもよるが、開発機の導入で1日当たりの施工量は、従来工法に比べ約15%増加し、施工コストの低減に繋がる。

### (2) 施工合理化

破碎と同時に任意厚さの破碎材をすき取るという従来にない手法（マルチロータシステム）の開発により、施工機械だけでなく施工工程の削減を可能とし、施工の合理化が図れる。

また、バックホウ等積込み機械の代替利用もでき、施工量や安全性の向上に繋げることができる。

今回開発した積込み機能付き路上破碎混合機は、多機能であるが故に生じる細かな不具合点もあるが、現場での施工を通じて経済性試算の妥当性を検証していきたい。また、通常の破碎混合機とのロータの違いによる破碎粒度等の差異の有無を確認していく予定である。

## 6. あとがき

路上路盤再生工法は、主に地方道で実施されるケースが多く、狭隘かつ小規模な工事現場での施工における機械経費の占める割合は大きい。一方、現位置で再生利用を行う当該工法は、地球環境への負荷低減といった観点から、今後さらに普及することが予想され、さらに広範な適用が求められるものと思われる。

建設業界を取り巻く厳しい環境の中で、施工者として建設コスト縮減に取り組んでいくことは必然であり、更に高度化を図っていく所存である。

## [参考文献]

- 1) 社団法人日本道路協会：「舗装再生便覧」，平成16年2月
- 2) 平成14年度建設副産物実態調査結果，<http://www.milt.go.jp/kisya/kisya04/01/010225/01.pdf>
- 3) 社団法人日本道路建設業協会：「グラフで見る道路建設業」，平成3年～平成15年
- 4) 社団法人日本建設機械化協会：「日本建設機械要覧」，平成16年3月
- 5) 財団法人建設物価調査会：「平成8年度版土木工事積算基準マニュアル」，平成8年9月