

低騒音高効率舗装版取り壊し工法の開発

DEVELOPMENT OF LOW NOISE ASPHALT BREAKER METHOD

赤坂太司*・田中義光**・太田資郎***・増成民人****・松井 真*

Futoshi AKASAKA, Yoshimitsu TANAKA, Shirou OTA, Tamito MASUNARI and Makoto MATSUI

Road repairs generate loud noise and vibration from construction machinery. It is necessary to decrease noise and vibration, because almost all constructions work is done at night, and bothers the neighborhood.

This paper describes a site investigation for noise and vibration, an experiment on methods, and the development of a new method and machinery with low noise, low vibration, and efficient operation.

Key Words : noise, vibration, construction machinery, asphalt, drill, hydraulic cylinder, road repair, method.

1. はじめに

アスファルト舗装版打換え工事を行う場合の舗装版の取り壊し作業は、まずコンクリートカッターによって対象箇所の縁切り作業後、コンクリートブレーカ、舗装版破砕機、バックホウにより取り壊し、掘削、積み込みの一連の作業を行っている。この一連の作業においてコンクリートブレーカの騒音と振動、剥ぎ取った舗装ブロックをダンプに積み込む際に発生する騒音が問題となっている。また複数の機械と作業員が狭い作業エリアで作業するため著しい危険があり、工事は車線規制を伴うため夜間に行われることが多く、危険度をさらに増す。また周辺への騒音・振動の影響度も高いため、舗装版取り壊し工の低騒音・低振動化が強く望まれている。

そこでこれら一連の作業を一台の機械で低騒音低振動に効率良く行える施工法の開発を行うことを目的として、平成10年度～平成11年度に関東地方建設局関東技術事務所より開発業務を受託した。本報告ではその開発の経緯と成果について述べる。

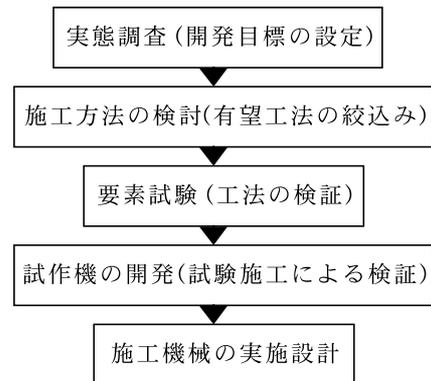


図 - 1 開発フロー

2. 開発フロー

開発の経緯を図 - 1 に示す。

3. 実態調査

舗装修繕工事現場における騒音振動計測のほか、舗装会社3社（大手2社、地方1社）に対し作業実態、苦情内容などの聞き取り調査を行って実態の把握を行った。

(1) 騒音振動計測結果

舗装修繕工事の現場において騒音振動計測を行った結果を表 - 1 に示す。

* 中央研究所 開発研究部
 ** 関東地方整備局 関東技術事務所 機械課
 *** 中央研究所 維持管理リニューアル部
 **** 首都圏事業部 道路部

表 - 1 騒音振動計測値

対象機器	騒音							振動						
	実測値				換算値(30m地点)			実測値				換算値(20m地点)		
	測定距離(m)	暗騒音(dB)	騒音レベル(dB)	L ₅ (dB)	距離減衰(dB)	騒音レベル(dB)	L ₅ (dB)	測定距離(m)	暗振動(dB)	振動レベル(dB)	L ₁₀ (dB)	距離減衰(dB)	振動レベル(dB)	L ₁₀ (dB)
ハワーショベル・ダンプ	5.0	66	95	-	15	80	-	5.0	60以下	67	-	9	58	-
ニブラー	5.0	67	99	92	15	84	77	5.0	60以下	89	78	9	80	69
路面切削機	6.5	76	94	94	13	81	81	6.5	38	79	79	7	72	72
フレーター	3.2	74	106	99	19	87	80	3.2	39	80	77	12	68	65

(2) カッター切断工

カッター切断工の騒音計測から、既存機械(LN-40COUX: ㈱クライム)の騒音は交通騒音とほぼ同程度であることがわかった。カッター挿入時に発生する100dB近い騒音も瞬時であるため苦情の原因となっていないことを、作業員に対する聞き取り調査によって明らかにした。

(3) 取り壊しおよび積み込み

騒音振動の発生源を把握するために、既存3工法(舗装打換え工法、路面切削工法、路上表層再生工法)について取り壊し作業と積み込み作業に分類して調査した結果、積み込み作業では現場の工夫としてダンプに路盤材を先に投入したり、積み込みを丁寧に行うなどの対策が効果をあげていることが明らかになった。一方、取り壊し作業においては効果的な対策が存在せず、既存の装置では対応が困難なことが解った。

(4) 開発目標の設定

実態調査の結果から、開発方針を以下の通り設定した。開発目標を表-2に示す通り、取り壊し時、積み込み時はいずれも85dB(A)、振動は75dB以下とした。

衝撃的な騒音、振動が発生しない方法であること。

苦情の原因は衝撃的な騒音振動であるため、静的な力で破碎し騒音振動のピークが小さい破碎方法と、既存技術を応用した低騒音積み込み方法を検討する。

施工効率は現状工法以上であること。

施工能力と作業コストについて、現状の舗装版取り壊し工積算基準(施工能力2.16h/100m²、作業コスト820円/m²)

と同程度、もしくはそれ以上とする。

4. 施工方法の検討

(1) 破碎装置

舗装版破碎作業の新たな工法の開発として、12種類の取り壊し方法(穴開け切断、圧縮破碎など)について比較検討し、現在使用可能な装置の性能を参考にして騒音、振動、効率、正確度、経済性の5項目について一次評価を行った。一次評価の結果、現実的と思われる9工法について詳細に検討を行い(2次評価)、削孔取り壊し工法、削孔+補助工法など4工法を、有望工法として選定した。

(2) 掘削、積み込み装置

小割りされた舗装版の掘削、積み込み作業については、プラスチック製荷台などの既存装置の応用や路盤材を先に積み込むなど施工時の工夫によって対応可能であると考えられたため、その効果を確認するために積み込み試験を行った。

5. 要素試験

(1) 破碎実験

有望工法の機能確認を行うために要素試験を実施した。なお、要素試験は関東地建道路部工事課設計要領を参考に試験用舗装版を中央研究所施設内に敷設して行った。試験用舗装版の断面図を図-2に示す。

1) 削孔取り壊し工法

削孔によって舗装版を弱めて取り壊す構想に基づき、削孔方式にドリル方式(回転)とドリフタ方式(打撃+回転)

表 - 2 開発目標

	現状(ニブラ+バックホウ)		開発目標	
	騒音	振動	騒音	振動
取り壊し時	99dB(A)*	89dB*	85dB(A)以下	75dB以下
積み込み時	95dB(A)*	67dB*	85dB(A)以下	75dB以下
施工速度	2.16h/100m ²		現状工法と同等以上	

*機側(5m)での実測値,dB(A)は周波数補正特性Aを用いた場合の単位

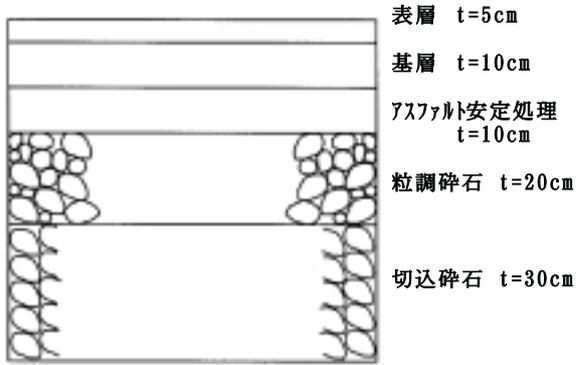


図 - 2 試験用舗装版断面図

を採用して騒音、振動、削孔速度、削孔間隔などを確認した。実験の結果、最も細かい削孔間隔でも(穴径50mm、75mm間隔)削孔のみでは舗装版はゆるまず、取り壊すことはできなかった。

2) 削孔+補助工法

削孔で弱めた舗装版を、補助具を用いて取り壊す工法として垂直クサビ、水平クサビ、棒、油圧シリンダを用いてその効果を実験によって確認した結果、棒と油圧シリンダを用いて破碎可能であることを確認した。棒による破碎は衝撃的に行われ、騒音や振動的に良い結果が得られず、図-3に示す油圧シリンダによる破碎方法が良い結果を得た。



図 - 3 油圧シリンダによる破碎

3) 夏期アスファルトによる破壊検証実験

アスファルトの特性は温度に大きく影響を受けるため、夏期の高温アスファルトで油圧シリンダによる破碎検証実験を行った。アスファルト粘度(粘弾性: $G^*/\sin \delta$ や損失正接 $\tan \delta$ で表される)は図-4のように温度と相関があるため²⁾舗装版温度を測定し、粘度と破碎メカニズムについて実験した。

その結果、アスファルトの軟化による破碎効率の低下が

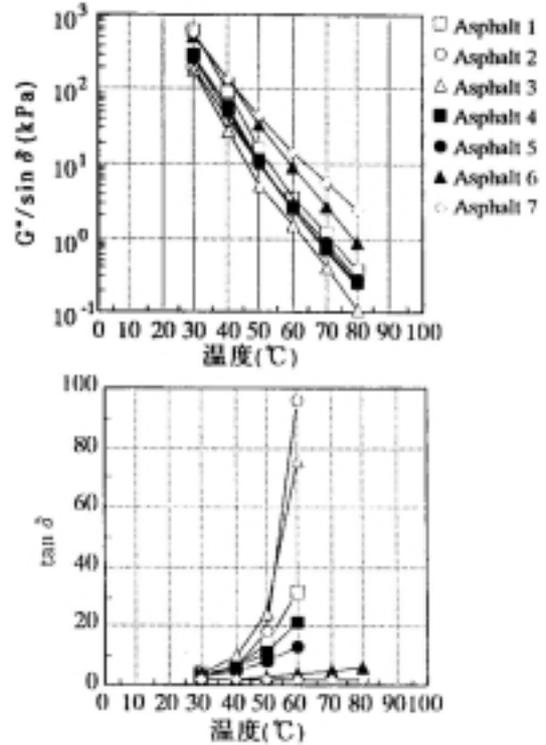


図 - 4 アスファルトの動的粘弾性²⁾

明らかになり、削孔間隔は冬期試験結果より狭くせざるを得なかった。したがって、この実験結果とバックホウを用いた積み込み工程における安全性を考慮して、削孔レイアウトは小割りサイズが60cm四方以下になるよう図-5の通り決定した。

(2) 積み込み試験

積み込み工程の低騒音化手法として、荷台を緩衝材で覆う方法を提案した。図-6に示す12の緩衝材について積み込み実験を行い、実験結果からウレタン-ゴムの積層(13mm)により約25dBの騒音低減効果が確認できた。

6. 試作機の開発

(1) アスファルト専用ドリル

既存のコンクリートドリルやアスファルト用エンドミルを参考に数種の試作ドリルを作成して実験を行い、削孔速度や耐久性の比較結果より、図-7、表-3に示すアスファルト専用ドリルを開発した。

(2) アスファルト専用破碎シリンダ

冬期及び夏期に実施した、油圧シリンダを用いたアスファルト破碎実験結果から、専用シリンダの仕様を表-4、形状を図-8に決定し、設計、製作した。

表 - 5 試作機仕様

名称	試作機 (小型ハンドガイド機)
全長	1720mm
全幅	1510mm
全高	1430mm
総重量	1200kg
騒音*	78.2dB(A)
振動*	65dB
エンジン名称	クボタ D1105-KA
定格出力	18.5PS/2200rpm
破碎シリンダ外径	φ115mm
削孔ドリル直径	φ120mm
燃料/作動油タンク	50L/40L (基準レベル 30L)

*機側 (5m) での実測値

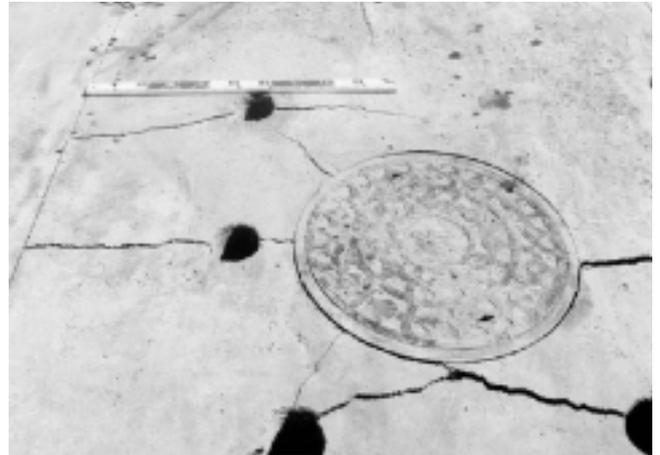


図 - 11 マンホール周り破碎状況



図 - 9 試作機全景

表 - 6 試験施工結果抜粋

項目		結果
ドリル削孔速度	フィンによる排土	75 秒/25cm
	エアによる排土	55 秒/25cm
シリンダ破碎時間		5 秒
シリンダ推力		30tonf
騒音		78.2dB(A)*
振動		65dB*

*機側 (5m) での実測値



図 - 10 アスファルト破碎状況

8. 低騒音高效率舗装版取壊し用複合型施工機械の実施設計

(1) 施工機械の実施設計

1) 複合型施工機械の実施設計

複合型施工機械はドリル削孔 + 油圧シリンダ行程によって舗装版を破碎し、ジョークラッシャで更に小さく破碎した後ベルトコンベアにより低騒音で積み込みを行う。取り壊しから積み込みまでの一連の作業を一台で行えるため効率が上がるほか、作業の簡素化により安全性が高まる利点がある。課題として装置価格、小規模現場への適用不可などがあげられる。

複合型施工機械を図 - 12に、仕様を表 - 7に示す。

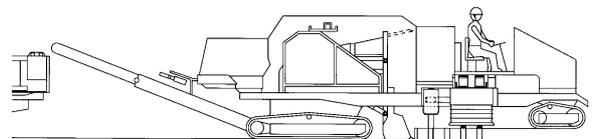


図 - 12 複合型施工機械

表 - 7 複合型施工機械仕様

全長	12,000mm
重量	20,000kg
騒音/振動	85dB(A)/75dB
ドリル本数	10 本
シリンダ基数	5 基

2) 取り壊し専用機械の実施設計

積み込み行程は、現状のバックホウによる積み込みを改良 (荷台を緩衝材により被覆など) して採用し、複合機械から積み込み機構を除いた舗装版破碎の専用機械を検討した。

現在二ブラーが実施している破碎作業に代わって低騒音低振動で行えるため、病院や老人ホーム周辺などの特に静穏が求められる現場に有用と思われる。

取り壊し専用機械は、積み込みを行わずに取り壊しに特化することで複合型施工機械よりも小型化を図っている。取り壊し専用機を図 - 13に、仕様を表 - 8に示す。

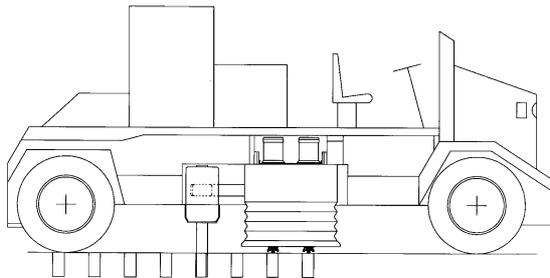


図 - 13 取り壊し専用機械

表 - 8 取り壊し専用機械仕様

全長	5,500mm
重量	12,000kg
騒音/振動	85dB(A)/75dB
ドリル本数	10本
シリンダ基数	5基

3) アタッチメント型舗装版取り壊し機の実施設計

現状工法の作業効率を上回することは困難だが、深夜の住宅地や病院近隣などの特別に静粛性が求められる小規模な施工現場への適用が可能である。また、装置価格が低価格かつ稼働台数の多いバックホウを活用できるため、建設機械リース会社を通じた現場への速やかな普及が可能と考えられる。アタッチメントを図 - 14に、仕様を表 - 9に示す。

(2) 経済性の比較検討

表 - 10に示すとおり複合型施工機械、取り壊し専用機械を用いたアスファルト舗装版取り壊し単価は現状工法

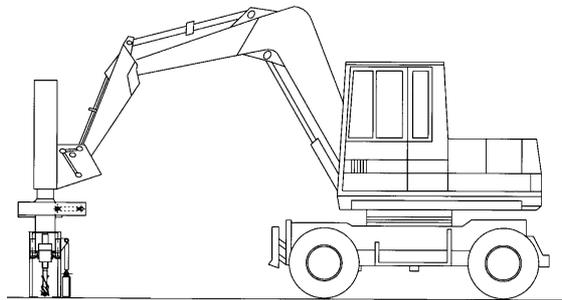


図 - 14 アタッチメント

表 - 9 アタッチメント仕様

重量	1,000kg
騒音/振動	83dB(A)/70dB
ドリル本数	3本
シリンダ基数	3基
ベース機	0.5m ³ 級バックホウ

(舗装版破碎機)と比較して経済的に同等以上であり、開発目標は達成可能と判断できる。複合型施工機械は基礎価格が高いため取り壊し専用機と比較検討が必要である。またアタッチメントは大規模施工には適用できないが、水道管埋設工事などの道路占用工事などで使用できると判断した。

積算根拠として幅3.5m、施工面積100m²の大規模舗装版打ち換え工事を想定し、カッター切断から廃材積み込みまでの工程を分析した結果を表 - 11に示す。積み込み工程におけるバックホウのブーム騒音は対策が必要であり、()内に今後の開発目標を示した。

表 - 10 施工単価一覧

	1m ² 単価	単価 削減量	施工時間 (h/100m ²)	備 考
現状工法	約 950	0	2.16	舗装版破碎機使用
複合型施工機械	約 810	-140	1.39	
取り壊し専用機械	約 950	0	2.16	
アタッチメント	約 2,430	+1,490	3.37	2台使用時

表 - 11 施工機械の工程分析

	カッター工		取り壊し			破碎			積み込み				基礎 価格 (万円)	施工 時間 h	施工 コスト (円/m ²)
	騒音 dB(A)	時間 h	騒音 dB(A)	振動 dB	時間 h	騒音 dB(A)	振動 dB	時間 h	騒音 dB(A) ブーム/荷台	合図 騒音 dB(A)	振動 dB	時間 h			
舗装版破碎機(現状)	80*	1.12	99*	89*	1.3	—	—	—	88*/95*	90*	67*	1.7	600	2.16	約 950
複合型施工機械			85	75	1.3	80	72	1.18	(79)/76	—	72	0.43	3,800	1.39	約 810
取り壊し専用機			85	75	1.3	—	—	—	(82)/84	—	67	1.7	2,640	2.16	約 950
アタッチメント(2台)			83	70	2.98	—	—	—	(82)/84	—	67	1.7	1,650	3.37	約 2,430

* : 機側 (5m) 実測値

9.まとめ

得られた成果は、以下の通りである。

(1) 舗装版取り壊し作業実態の把握

現在行われている維持修繕工法(舗装版破碎機(ニブラ、ジャンボプレーカ)、路面切削機)の騒音、振動の最大値は機側5mにおいて各々99dB、89dBであった。

(2) 新取り壊し工法の開発

低騒音低振動による舗装版取り壊しおよび積み込み方法を検討し、試験用舗装版を用いた要素試験によって機能確認を行い、ドリル削孔と油圧シリンダを組み合わせた新取り壊し工法を考案し、特許出願を行った³⁾。

さらにアスファルト専用ドリルおよびアスファルト専用破碎シリンダを搭載した試作機を用いて新工法の試験施工を行い、良好な結果を得た。

(3) 施工機械の工程分析

試験施工で得られた基礎データをもとに複合型施工機械、取り壊し専用機械、アタッチメント型を実施設計し、想定した舗装版打ち換え工の工程分析を行って経済性の比較検討を行い、開発目標の達成を確認した。

(4) 既存機械低騒音化手法の提案

取り壊し工程以外に用いる既存機械の低騒音化手法について調査検討し、コンクリートカッター工の作業騒音については問題がないことを明らかにした。また、ダンプの荷台騒音対策として図-15に示す緩衝材を利用した方法により低騒音化が可能であることも明らかにした。さらに、積み込み作業時のクラクション合図騒音対策に無線の使用

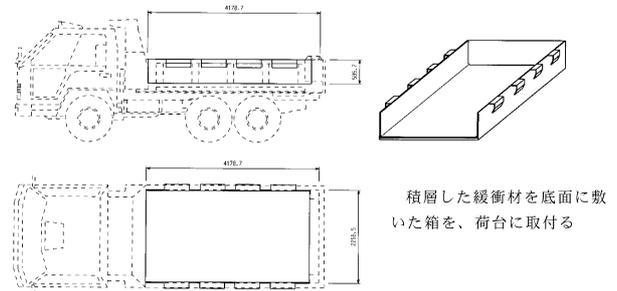


図-15 ダンプ低騒音化手法

を提案した。

(5) アスファルト専用ドリル使用目的の多拡化

アスファルトに低騒音低振動かつ高速に削孔できるアスファルト専用ドリルは今までにない技術であるとともに、削孔という基本的な技術であるため、ITS用センサ埋設やガードレール、標識埋設などの施工技術への応用が考えられる。

謝辞: 道路補修工の実態について貴重なご助言や計測の場を提供いただいた鹿島道路㈱の関係各位、ならびに試作機製作にご協力いただいた日立建機㈱の関係各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 土木工事積算研究会：建設省土木工事積算基準平成11年度版
- 2) 新田弘之：舗装用アスファルトの劣化とレオロジー特性に関する2, 3の研究、土木研究所研究発表会論文集、P25-28,32nd, 1993
- 3) 特願平 11-261732号：アスファルト舗装版の取り壊し方法及びその装置