

アスファルト

第27巻 第141号 昭和59年11月発行

141

特集・舗装のリサイクリング

リサイクリングの概要	矢野善章 1
再生加熱プラント方式による舗装の現状	小島逸平 4
サーフェスリサイクリング工法の技術的現況	羽山高義 19
路上再生路盤工法	小黒幸市 30
再生用添加剤	坂本浩行 39
欧米の現況について	新居英一・米倉 健 47

アスファルト舗装技術研究グループ・第18回研究報告 56

セッションⅤ：修繕 羽山高義 57

舗装の維持管理システムに関する研究・第二回 阿部頼政 70

〈工事々務所長シリーズ・その22〉

川崎国道工事々務所の概要 松本敦義 75

〈用語の解説〉

再生舗装・再生用添加剤 小島逸平 80

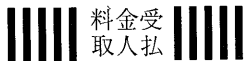
トリニダードアスファルト・ギルソナイト 井町弘光 81

統計資料・石油アスファルト需給統計資料 82

第50回アスファルトゼミナール開催予告（60・2・6 札幌市） 巻頭

ASPHALT

社団法人 日本アスファルト協会
JAPAN ASPHALT ASSOCIATION



料金受
取人払

郵便はがき

1 0 5

芝局承認

2679

差出有効期間
昭和60年3月
31日まで

東京都港区虎ノ門二ノ六ノ七
和孝第10ビル
(社)日本アスファルト協会
編集部 行

住 所	〒
会社または 役 所 名	
氏 名	
(役 職)	

「アスファルト」にご意見を！

本協会は「アスファルト」の内容を一層充実して読者各位のご期待に応えたいと念願しております。

卒直なご意見・ご希望をお寄せ下さい。

右のハガキに必要なことがらをご記入のうえ切手を貼らずにご投函くださるようお願いいたします。

なおご回答下さった方々の中から抽選により粗品を進呈致します。

このハガキの

有効差出期間は

昭和59年10月1日から

昭和60年3月31日まで

アンケートのお願い

I. 次の各タイトルについて、下記の記号でお答えください。

○毎号必ず読む □ときどき読む △読まない

特	集 ()	時 事 解 説 ()
座	談 会 ()	統 計 資 料 ()
技	術 報 文 ()	随 筆 ・ 紀 行 文 ()
技	術 講 座 ()	

II. 今までに特に興味深く読んだ記事、あるいはお仕事上参考になった記事がありましたら、下記にご記入下さい。

イ. 標 題 (号)

ロ. 標 題 (号)

ハ. 標 題 (号)

III. 今後どのような記事を希望されますか、下記に具体的にご記入下さい。

.....

.....

.....

IV. ご意見、ご感想をお聞かせ下さい。

.....

.....

.....

.....

第50回 アスファルトゼミナール開催のご案内

主 催：社団法人 日本アスファルト協会

協 賛：社団法人 日本アスファルト乳剤協会

後 援：社団法人 北海道舗装事業協会

開催月日 昭和60年2月6日(水) 10:00～16:30

開催場所 札幌市 共済ホール(札幌市中央区北4条西1丁目)

1. 挨拶 日本アスファルト協会会長 玉河 哲夫 10:00～10:05
日本アスファルト協会名誉会長 谷藤 正三 10:05～10:20
北海道開発局長 眞田 眞 10:20～10:25
北海道土木部長 大屋 満雄 10:25～10:30
日本道路公団札幌建設局長 河崎 保也 10:30～10:35
2. 道路整備の動向について 10:40～11:20
建設省道路局道路経済調査室長 藤井 治芳
3. アスファルト舗装の技術開発について 11:20～12:20
(アスファルト舗装技術委員会報告)
日本アスファルト協会顧問 多田 宏行
〔昼食休憩 12:20～13:20〕
4. 北海道における道路整備の動向について 13:20～14:20
(北海道における舗装事業活動を含め)
北海道開発庁地政課長 松野 一博
〔休憩 10分〕
5. 砂利道の歴青路面処理指針について 14:30～15:30
建設省大臣官房技術調査官 奥野 晴彦
6. 最近における舗装技術の創意工夫について 15:30～16:30
(寒冷地舗装の問題を含め)
日本アスファルト協会
アスファルト舗装技術委員 小島 逸平

(申込方法などは次ページをごらん下さい)

◎ 受講料

4,000 円（途中入場の別なし）当日「受付」までご持参下さい。

◎ 参加申込方法

ハガキに下記の必要事項記入の上郵送のこと。

(1) 50ゼミナール参加申込

(2) 参加者の勤務先と住所

(3) 参加者の氏名（同じ所属にて3名以上申込みの場合は参加代表者氏名と合計数記入）

◎ 参加申込先 〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7（和孝第10ビル）

（社）日本アスファルト協会 50ゼミ係（電話 03-502-3956）

◎ 参加申込期限 昭和59年12月25日まで到着のこと

◎ 注意事項

(1) 参加を申込まれた方へは参加受付券を差し上げますので、当日会場「受付」までご持参下さい。

当日の「受付」は下記の区分になっております。

A = 建設省、および道路公団等の公団、公社

B = 都道府県庁、市（町村）役所

C = 「後援」団体会員会社

D = 道路建設業等の民間会社（上記C以外）

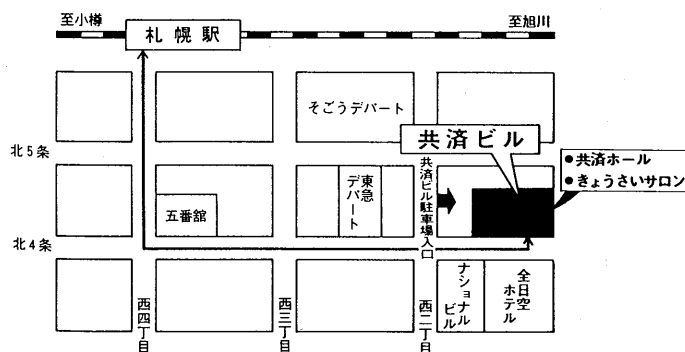
E = 学校関係およびA～DおよびFに該当しない方

F = 本協会々員会社

(2) 宿泊および交通の手配はお早めに各自にてお願いします。

(3) テキストは配布しますが、昼食の支給はありません。

(4) 受付は午前9時20分～9時50分までにてお願いします。



札幌駅より徒歩約5分

リサイクルングの概要

矢野 善章

建設省道路局国道第一課課長補佐

1. 背景

わが国における舗装廃材の再生利用に関する研究は、昭和20年代からはじめられていたが、技術開発が進み、実際に利用されるようになったのは、昭和50年代に入ってからである。

これは、昭和46年9月に「廃棄物の処理および清掃に関する法律」が制定され、舗装廃材が産業廃棄物に指定されたため、その処分にあって種々の制約が生じたこと、さらに舗装ストックの増加、交通量の増大、車両の大型他等に伴い、維持修繕工事が増加し、舗装廃材の発生量が年々増加し、埋立地等の処分地の確保が困難な状況になってきたことが大きな要因となっている。

このため、残土処理が大きな社会問題にまでなった首都圏等の大都市圏を中心に混合所で再生材を製造する方法からまず研究が進められた。

このように我が国のリサイクルングは、廃材の処分問題が最大の課題としてきたため、省資源・省エネルギーの観点を中心の欧米のリサイクルングとは若干考え方が異なっている。

2. 工法の分類

舗装廃材のリサイクルングには、発生した舗装廃材を混合所に持ち込み所要の品質に再生して使用方法と現場で破損した既設路面をそのまま再生利用する方法がある。

3. 経緯

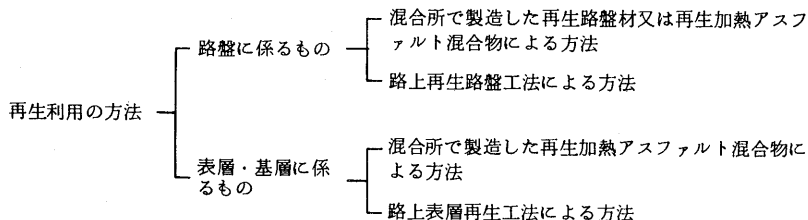
わが国におけるリサイクルングは、舗装打換えや切削オーバーレイ等で発生した舗装廃材を混合所に持ち込んで再利用した「再生加熱アスファルト混合物」の利用から始まった。この方法については昭和51年度に建設省の建設補助金研究で実用化に向けて技術開発が進められた。

路上再生路盤工法は、昭和50年頃より民間を中心に研究開発が進められ、昭和52年頃から一部の自治体で試験的に採用され、施工実績も急激に伸び、58年度で約200万㎡弱となっている。また、昭和54年には一部の県で設計マニュアルが作成される状況に至っている。

路上表層再生工法は、リサイクルング工法としては最も新しく、昭和53年以降外国の機械を導入する検討が行われてきたが、我が国の法規に合わず見送られた。その後昭和55年頃から国内の舗装会社がわが国の施工条件に合う機械を開発し、試験施工が行われるようになった。

このように、リサイクルングは民間の技術開発に負う所が大きいが、建設省では、前述の建設補助金等による助成を図るとともに、昭和57年度から建設省技術研究会の指定課題に「舗装廃材の再生利用に関する研究」を取り上げ3カ年の計画で研究を進めている。

また、日本道路公団においても、昭和56年度より路上表層再生工法の試験施工を実施し、研究が進められてい



(注) 簡易な舗装の表層・基層に係るものには、この他混合所で再生常温アスファルト混合物を製造して利用する方法や可搬式の簡易な装置を利用した現場再生方式等がある。

る。

このような状況の中で、日本道路協会は、昭和54年度より、舗装委員会の中に舗装廃材再生利用分科会を設置し、混合所で製造した再生路盤材又は再生加熱アスファルト混合物による方法の検討を進めてきた所であったが、本年7月に舗装廃材再生利用技術指針(案)としてとりまとめ出版している。本指針(案)は現時点における技術的内容をとりあえずまとめたものであり、技術開発の状況に応じて弾力的に対応する必要がある。このため、今後のフォローアップ作業が重要なものである。また、路上再生路盤工法及び路上表層再生工法についても早急にとりまとめるべく検討が進められている。

4. リサイクルの現状

(1) 舗装廃材発生状況

舗装廃材は全国で1,122万㎡発生しており、そのうち路盤廃材が627万㎡(56%)、アスファルト舗装廃材が407万㎡(36%)となっている。

機関別にみると占有企業から発生するものが531万㎡

(47%)と最も多く、市町村 322万㎡(29%)、都道府県 200万㎡(18%)、地方建設局 57万㎡(5%)となっている。

ブロック別にみると関東 496万㎡(44%)、近畿201万㎡(18%)中部 140万㎡(13%)、九州 102万㎡(9%)等である。

(2) リサイクル状況

① 混合所におけるリサイクル方式

再生加熱アスファルト混合物は全国で54万tの利用であり、アスファルト舗装廃材が約1000万tと見込まれるので、約5%再利用されているとみられる。

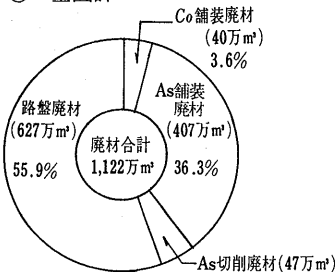
再生路盤材は全国で38万㎡の利用であり、路盤廃材発生量627万㎡の約6%である。

ブロック別にみると関東の発生量が最も多いが、そのシェア44%以上に、再生加熱アスファルト混合物58%及び再生路盤材72%が利用されており、関東を中心とする大都市圏でのリサイクルが進んでいる。

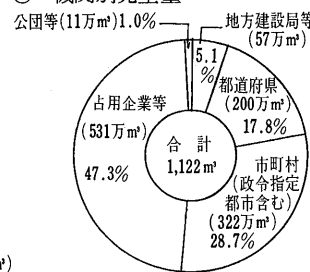
② 路上におけるリサイクル方式

路上再生路盤工法による方法は、昭和52年以降急激に

① 全国計



② 機関別発生量



③ ブロック別発生量

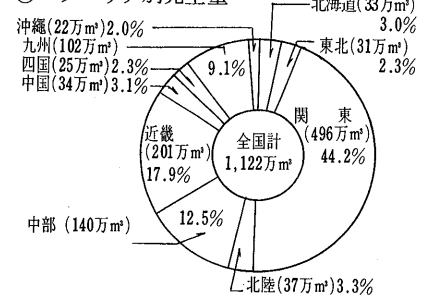
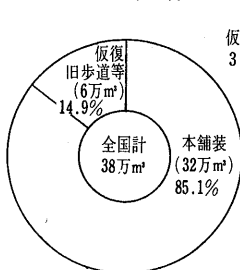


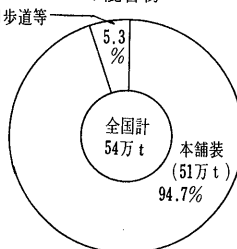
図-1 廃材発生状況(57年度、建設省調べ)

①(i) 使用箇所別実績

⑦ 再生路盤材

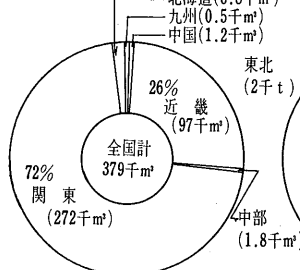


④ 再生加熱アスファルト混合物



②(ii) ブロック別利用実績

⑦ 再生路盤材



④ 再生加熱アスファルト混合物

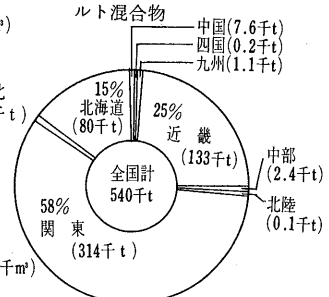


図-2 再生材の利用実績(57年度、建設省調べ)

伸び、都道府県道、市町村道を中心に、交通、区分別では、L、A交通区間において大部分実施されている。

施工実績はほぼ年間200万㎡弱となっており、都道府県道、市町村道の舗装補修面積（道路統計年報）の約3%強である。

路上表層再生工法による方法は、日本道路公団で昭和56年度より、建設省では昭和57年度より試験施工が実施されはじめた所である。リベープ方式が大半で、交通・区分別ではC、D交通区間を中心に実施されている。

5. 基本的考え方と今後の課題

(1) リサイクリングは、残土処理問題及び省資源・省エネルギーの観点から今後着実に進展するものと考えられるが、我が国では残土処理問題から発生していること、特に混合所において再生利用する方法については、この点に留意する必要がある。

(2) 舗装廃材のリサイクリングの実態は、地域によって差異があり、技術上の限界、社会的需給関係を踏まえて、地域毎に検討していく必要がある。

(3) リサイクリングの技術の進展にはめざましいものがあり、舗装廃材再生利用技術指針(案)でとられたと同様技術開発の導入に弾力的に対処しうるように技術的基準をとりまとめる必要がある。

(4) 舗装廃材再生利用技術指針(案)については、技術開発を一層進め、早い時期にフォローアップ作業を行い、指針(案)の改訂等弾力的な対応を図る。また路上再生路盤工法、路上表層再生工法についても、適用すべき交通区分、経済性及び耐久性、再度リサイクリングの可能性等について研究し、適用と設計の考え方、品質管理と検査方法等について検討のうえ早急に技術指針をとりまとめていく必要がある。

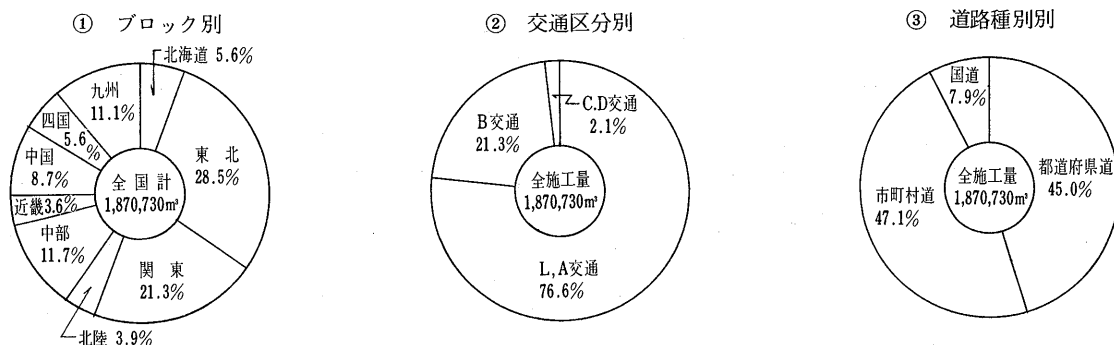


図-3 路上再生路盤工法の利用実績（57年度，建設省調べ）

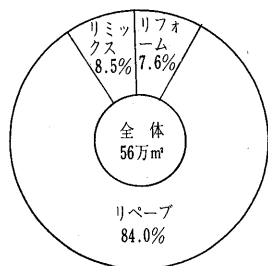


図-4 路上表層再生工法の利用実績
（57年度，建設省調べ）

再生加熱プラント方式による舗装の現状

小 島 逸 平*

ま え が き

舗装廃材の再生利用技術は、資源の有効活用と経済性、廃棄物の適性処理、等を考慮すると今後ますます発展させて行く必要がある舗装技術といえる。このためには、道路の機能、地域性を考慮した使用基準の整備が望まれるところである。

舗装の再生利用は、対象とする舗装廃材の種類、再生材を製造する場所、適用する位置の組合せによって多くの方式のものがある。しかし、舗装という利用目的に応じた次の4つの工法が現状では実績が多い。

- (1) 再生加熱プラント方式
- (2) 路上再生路盤方式
- (3) 路上表層再生方式
- (4) 切削材を利用した再生方式

建設省では、昭和57年度から3カ年計画で、舗装廃材の再生利用に関する研究のとりまとめが進められている。

以下に建設省技術研究会報告のうち、再生加熱プラント方式による結論を中心に紹介する。

ここで、再生加熱プラント方式とは、アスファルトコンクリート（以下アスコン）廃材から製造した再生骨材を再生プラントで加熱混合し、これを表層・基層および歴青安定処理用アスコンの品質基準に適合するように調整して舗装に用いる方式のことであり、このようなプラントは現在全国で47基存在している。

1. 試験舗装による調査

舗装廃材の再生利用については、これまでの実績を基に、舗装廃材再生利用技術指針案がまとめられた。しかし、これはあくまでも現状における技術的な判断によってとりまとめられたものであり、今後更に検討を加えて行くこととされている。これらの検討項目の中から主なものを挙げると次のようになる。

- (1) リサイクリング舗装の耐久性の調査
- (2) 再生用添加剤の評価
- (3) 路上再生路盤工法の評価
- (4) 路上表層再生工法の評価

建設省技術研究会（以下建技）ではこれらの問題点の解明を図るために、試験舗装と室内試験を中心に調査研究が行なわれている。

昭和57、58年度に実施した試験舗装を、舗装廃材の種類及び工法別に集計すると表-1のようになる。

昭和57年度は、再生加熱プラント方式よるものを主体に、昭和58年度は路上表層再生工法を主体とした試験舗装が実施されている。

1. 回収アスファルトの性状

アスファルト廃材から回収したアスファルトの性状のうち、試験舗装の工区数が多い地建について、アスファルトの性状データを表-2のように再生加熱プラント方

表-1 試験舗装箇所

上段 昭和57年度
下段 " 58 "

区別 地建	①再生加熱		②再生路盤		③路上表層		④切削材使用		計	
	箇所数	面積 (㎡)	箇所数	面積 (㎡)	箇所数	面積 (㎡)	箇所数	面積 (㎡)	箇所数	面積 (㎡)
北海道		—		—	1 1	816 680		—	1 1	816 680
東北		—		—	3 5	11,850 51,464	2	2,850	5 5	14,700 51,464
北陸		—		—	1 6	1,950 6,804.5	1	1,950	2 6	3,900 6,804.5
関東	11 19	57,567 31,815	1	420	8	14,680	2 4	360 565	13 32	57,927 47,480
中部	2 4	1,400 4,200	1	525	6	23,320		—	3 10	1,925 27,524
近畿	4 5	6,575 2,275	1 2	770 350	10	31,100	4	1,200	9 17	8,545 33,725
中国	2 4	5,700 700	1	2,000		—		—	3 4	7,700 700
四国		—		—	2	3,500	1	600	1 2	600 3,500
九州		—		—	2 2	3,000 8,600	2	6,320	4 2	9,320 8,660
沖縄		—		—	2	13,080		—	2	13,080
計	19 32	71,242 38,990	3 3	3,295 770	7 42	17,616 153,292.5	12 4	13,280 565	41 81	105,433 193,617.5

* 越 じ ま い っ ぺ い 熊谷道路技術研究所第一研究部長

表 - 2 回収アスファルト及び再生アスコンの性状

再生区分	地 建	廃材からの回収アスファルトの性状			廃材の粒度通過量(%)		アスコンの配合(%) (新規骨材)					再生アスコン性状 (本施工)				再生材からの回収アスファルトの性状	
		アスファルト量(%)	針入度(10 ⁻¹ mm)	軟化度(°C)	2.5mm	0.074mm	クラッシュラン	スクリーニングス	アスファルト	軟化剤	安定度(kg)	空隙率(%)	S / F	D.S(回/mm)	針入度(10 ⁻¹ mm)	軟化点(°C)	
①再生加熱アスファルト	関東σ	$\bar{x}$	23	19	14	23	23	34	7	28	25	29	33	29	27	20	
		σ	4.38	35	55.8	39.0	6.5	21.8	10.6	1.4	0.25	1320	4.2	39	3270	47	52.8
	近畿σ	$\bar{x}$	10	7	3	11	11	12	2	17	17	17	17	17	13	12	
		σ	4.20	30	8.82	37.2	6.7	30.3	8.0	1.7	0.22	1340	4.2	43	3420	44	56.4
	中国σ	$\bar{x}$	30	24	14	20	20	37	—	37	28	37	37	37	5	25	
		σ	4.65	24	62.5	34.9	5.1	43.8	—	2.3	0.33	1120	4.4	36	4040	42	59
			0.74	2	—	27.6	3.2	10.7	0.8	0.17	150	0.6	4.5	830	8	6.1	
④切削材利用	全国σ	$\bar{x}$	25	23	22	26	26	21	6	21	—	22	21	22	12	12	
		σ	6.4	41	55.9	59.2	9.7	46.1	12.6	4.0	—	1180	4.2	37.2	3870	45	57.1
		σ	1.0	8	3.1	10.1	2.1	5.9	3.3	0.8	—	160	0.6	8.9	2020	7	4.7

式では、廃材のアスファルト量はバラツキを含めると、関東、近畿、中国では差がなく、その範囲を平均値($\bar{x}$) ± 1 シグマ(1σ)で示すと、 4.3 ± 1.5 (%)の範囲にある。

針入度は、地建別で差があり、関東、近畿はそれぞれ 34 ± 4 (10⁻¹mm)、 30 ± 7 (10⁻¹mm)の範囲にあるが、中国はこれより低く、 24 ± 2 (10⁻¹mm)の範囲にある。

軟化点は、関東と中国では差があり、後者は前者より平均7°C高い値となっている。

これらの結果から、アスコン廃材中のアスファルトの性状の概略を知ることができるが、いずれにせよ、それぞれの箇所ですべて試験を実施して、廃材の性状を把握すべきであるとしている。

2. 再生アスファルト

プラントで製造した再生加熱アスファルト混合物より回収したアスファルト (以下再生アスファルト) の性状を調査すると、次のことがいえる。すなわち、再生加熱プラント方式での再生アスファルトの針入度は、 45 ± 6 (10⁻¹mm) の範囲にある。これらの値はいずれも、舗装廃材再生利用技術指針 (案) で示されている針入度の規格値 (35以上) を上回っているため、適切な使われ方がされているようである。

3. アスファルト混合物の性状

試験舗装ではアスコン廃材の使用率を、30、50、70%以上と変化させているので、アスファルト混合物の試験は使用率に着目した評価を行っている。試験結果の一例を図-1～3に示している。

再生加熱プラント方式は、廃材の使用率が大きくなっても、マーシャル安定度は低下せず、むしろ逆の傾向にある。安定度は900～1,600(kg)の範囲にあるが、これらの差はアスコンの種類の違いによる影響が大きいとしている。

空隙率と廃材使用率の間には一定の傾向は認め難く、

全体の値は 4.2 ± 0.8 (%)の範囲にある。

マーシャルスチフネス (安定度/フロー値) (S/F) は廃材使用率が高くなると大きくなる傾向にあるが、相関性は低く、全体では 38.4 ± 5.5 (kg/cm²) の範囲にある。

動的安定度 (以下DS)と廃材使用率の関係によれば、

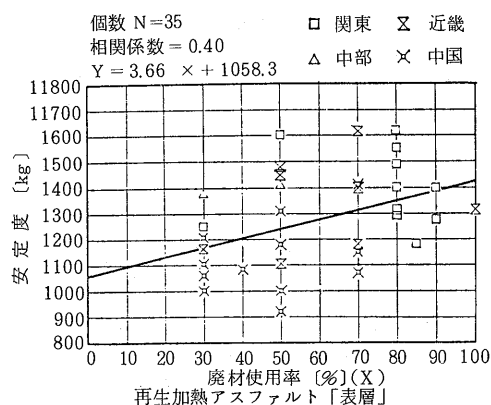


図-1 廃材使用率と再生アスコンの安定度関係

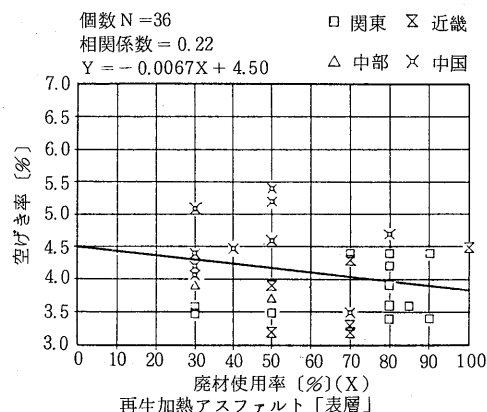


図-2 廃材使用率と再生アスコンの空隙率の関係

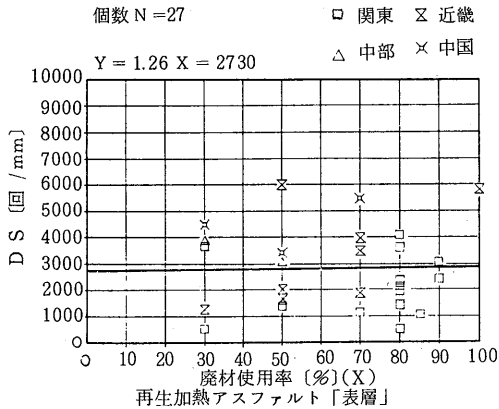


図-3 廃材使用率と再生アスコンのDSの関係

両者には相関関係は認められていない。これは、関東、近畿および中国のそれぞれのDSが、 $2,270 \pm 1,160$ (回/mm)、 $3,420 \pm 1,840$ (回/mm) および $4,040 \pm 830$ (回/mm) の範囲にあり、差があるためとしている。

試験舗装に使用したアスコンを用いて、曲げ試験（供試体寸法 $50 \times 100 \times 300$ mm，支間 $l=200$ mm，ひずみ速度 $6.25 \times 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$ ，試験温度（ $-10, -5, 0, 10, 15, 20, 25^\circ\text{C}$ ））を実施した結果の1例を図-4～6に示している。

新しいアスファルトを使用した密粒度アスコン（以下新規アスコン）の標準的な破壊時応力の値は $5 \sim 10^\circ\text{C}$ で $100 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ 程度であるが、再生アスコンはこれより低い化点温度が 5°C 程度低温側に移行する傾向が見られ、破壊時応力も10%程度大きくなるとしている。

ひずみは、新規アスコンでは $5 \sim 10^\circ\text{C}$ の範囲で変曲点を有する逆S字カーブの傾向を示し、温度が低温（ -10°C ）から常温（ $+20^\circ\text{C}$ ）に変化するに従い、ひずみは 6×10^{-3} から 20×10^{-3} 程度に変化する傾向を指摘している。

これに比較して、再生アスコンは低温側の場合近似した値であるが、常温側は新規アスコンより低い値である。

さらにスチフネスは、新規アスコンの場合は低温側で、 $1.0 \times 10^4 \sim 1.2 \times 10^4 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ 程度、高温側で、 $2 \times 10^3 \sim 4 \times 10^3 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ 程度であり、 $5 \sim 10^\circ\text{C}$ の間で変曲点を示す。これに比較して再生アスコンは、低温側及び高温側ともスチフネスは約1.2～1.3倍程度大きくなり、変曲点も約 5°C 程度低温側に移行する傾向があるとしている。

このように、再生アスコンは新規アスコンに比較して応力、スチフネスは大きい、ひずみが小さい傾向がうかがえる。この意味から、再生アスコンの適用層に制約

を設けることは止むを得ないことのように判断される。

4. 供用性

各試験舗装のひび割れ率 (C)，わだち掘れ量 (D)，平

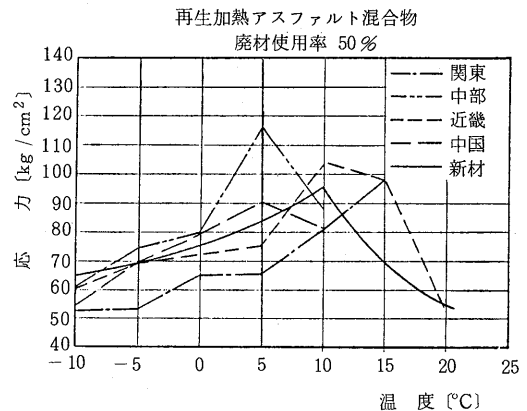


図-4 曲げ試験結果(1)

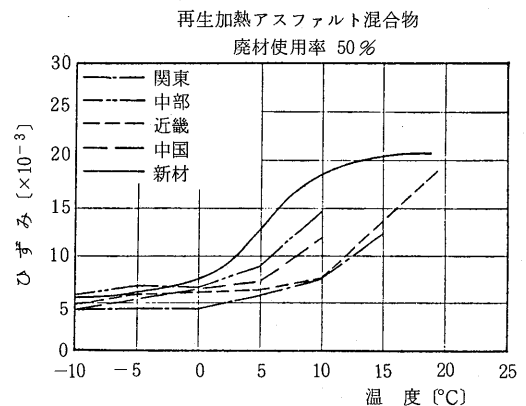


図-5 曲げ試験結果(2)

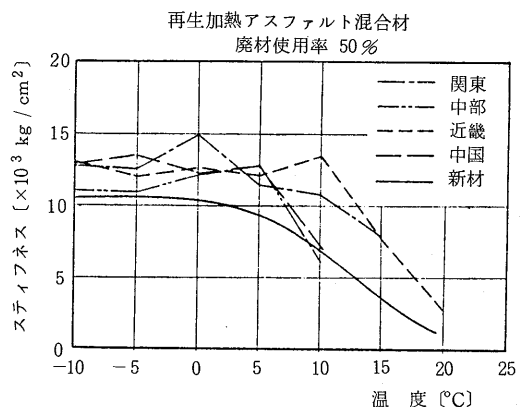


図-6 曲げ試験結果(3)

担性 (σ), たわみ量 (d) および路面維持管理指数(MCI)と累積大型車交通量 (N) との関係を調べ, 図-7~10に示している。

同図には昭和50年建設省技術研究会(以下第29回建技)において示された $N=100 \times 10^4$ および 300×10^4 供用時のひび割れ率, わだち掘れの推移を破線で示した。供用期間が比較的小さいことから, ひび割れ率, わだち掘れ量とも1~2の例を除き非常に小さい値となっている。また, ひび割れおよびわだち掘れの発生箇所はいずれも路面のたわみ量が多い所で認められ, 再生アスコンは新規のアスコンよりたわみの影響を受けやすい傾向があるように思われる。このようなことから, たわみ量の大きい箇所での再生アスコンの採用はできる限りさけるべきであるとしている。

さらに MCI を次式で計算し N との関係を調べている。

$$MCI = 10 - 1.48C^{0.3} - 0.29D^{0.7} - 0.47\sigma^{0.2} \dots\dots\dots(1)$$

C : ひび割れ率 (%)

D : わだち掘れ量 (mm)

σ : 縦断凹凸量 (mm)

ただし, わだち掘れ量とひび割れ率の2特性しかない場合は, 式(2)を用いている。

$$MCI_0 = 10 - 1.51C^{0.3} - 0.30D^{0.7} \dots\dots\dots(2)$$

MCI の平均的推移は, 供用後3~4年で8, 6~7年で6, 10年後で4程度である。これに比較して, 再生アスコンによる舗装は $N=20 \times 10^4$ 及び $N=65 \times 10^4$ 供用時に MCI の低下が著しい事例がある。これらの原因として, 前者はわだち掘れ, 後者はひび割れの影響が認められている。

また, 再生アスコンの疲労特性を把握するために, 供試体寸法 (4×4×35cm), スパン30cm, ひずみ制御 (±

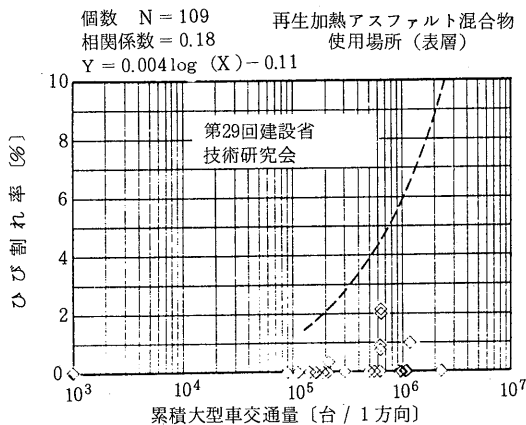


図-7 N と C の関係

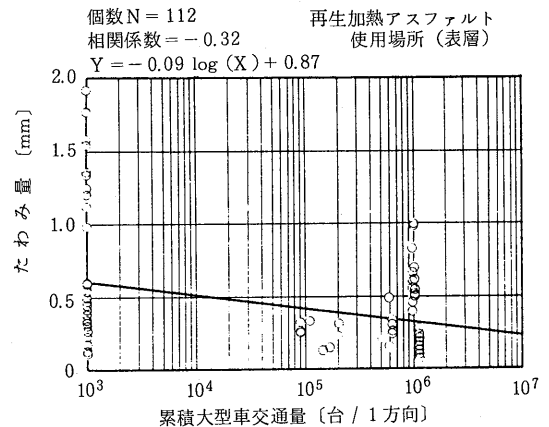


図-9 N と d の関係

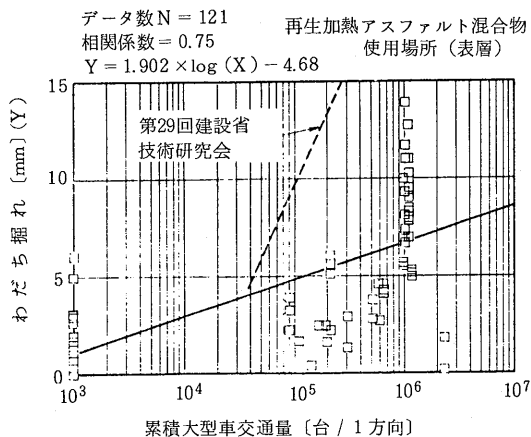


図-8 N と D の関係

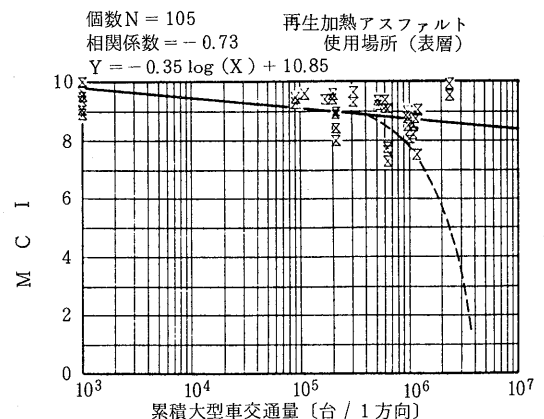


図-10 N とMCI の関係

0.02mm), 2点支持の2点載荷等の条件で, 繰返し曲げ疲労試験を行った試験結果を表-3に示している。新規のアスコンでは, 10(°C)で初期弾性係数は $E_{in}=8 \times 10^4 \sim 9 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$, 破壊時応力は $\sigma=19 \sim 20 \text{ kg/cm}^2$, 破壊回数は $N=1 \times 10^4 \sim 2 \times 10^4$ 回, 0°Cでそれぞれ $E_{in}=1.4 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma=35 \text{ kg/cm}^2$, $N=2 \times 10^4 \sim 3 \times 10^4$ 回程度の範囲が得られている。これに比較して再生アスコンは, 10°Cで初期弾性係数は約5%, 破壊応力は約10%, 破壊回数は約40%程度, それぞれ大きくなる傾向が得られている。一方, 0°Cでは破壊回数は小さくなる傾向が得られ, 低温での疲労性状が悪いとしている。

5. 再生の限界

アスコン廃材からの回収アスファルト及び新しいアスファルトを JIS K 2207 に従った薄膜加熱試験 (以下TFOT)を行い, 次いでこのサンプルを使用して, 再生用添加剤で針入度回復を図り再び TFOT を繰り返すことにより, 再生の限界の調査を行っている。

再生用添加剤として, 植物油系 (以下A) およびアスファルト系 (以下B) を使用し, 再生用添加剤の種類の検討も合わせて行っている。

この結果, アスファルトの伸度に着目すれば再生の回

数は2回まで, 針入度, 軟化点, 60°C粘度等全体に着目し, 再生用添加剤の選択を適切に行えば3回まで可能であるということを明らかにしている。このようなことから, 廃材の使用率にも限界があり, さらに再生用添加剤の品質の検討は極めて重要であると指摘している。なお, アスファルトの性状の変化は図-11に示すように低下しているものと考えられるので性能の回復に重点をおく必要がうかがえる。

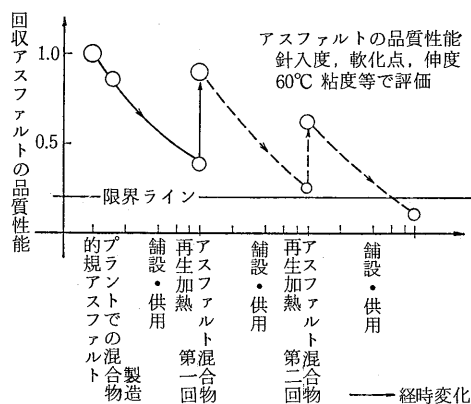


図-11 アスファルトの性状変化

表-3 疲 勞 試 験

No.	組合せ	内 容	- 10 °C					0 °C				
			初期の E in (kg/cm ²)	破壊回数 (回)	破壊時 応 力 (kg/cm ²)	破壊時の E Fai (kg/cm ²)	E in E Fai	初期の (kg/cm ²)	破壊回数 (回)	破壊時 応 力 (kg/cm ²)	破壊時の E Fai (kg/cm ²)	E*in E*Fai
1	C-1-0	新規合材	8.8×10 ⁴	1.19×10 ⁴	19.6	4.6×10 ⁴	1.80	13.5×10 ⁴	2.60×10 ⁴	34.7	8.7×10 ⁴	1.56
2	C-2-1	機械廃材*	10.1 "	1.00 "	22.3	5.6 "	1.84	14.9 "	1.37 "	39.3	9.8 "	1.52
3	C-2-2	スチーム廃材*	9.3 "	1.43 "	18.8	4.7 "	1.98	15.7 "	1.32 "	34.3	18.7 "	1.82
4	C-3-1	機械(100)	12.0 "	0.48 "	32.0	8.0 "	1.54	17.5 "	0.92 "	46.0	11.5 "	1.53
5	C-3-2	スチーム(100)	11.8 "	1.52 "	19.9	5.0 "	2.48	18.7 "	0.44 "	51.9	13.7 "	1.36
6	C-4-1	機械(100)+アスファルト***	11.4 "	1.79 "	25.6	6.4 "	1.80	15.8 "	1.69 "	46.9	1.7 "	1.35
7	C-4-2	スチーム(100)+アスファルト	12.5 "	0.45 "	28.7	7.2 "	1.74	15.9 "	1.82 "	37.5	9.4 "	1.70
8	C-5-1	機械(100)+軟化剤(A)**	8.0 "	1.10 "	17.6	4.4 "	1.88	12.4 "	1.30 "	28.8	7.2 "	1.74
9	C-5-2	機械(100)+軟化剤(B)	7.4 "	5.00 "	12.8	3.2 "	2.32	13.5 "	1.21 "	29.1	7.3 "	1.89
10	C-5-3	スチーム(85)+軟化剤(A)	6.7 "	4.10 "	12.8	3.2 "	2.11	13.1 "	1.54 "	29.1	7.3 "	1.81
11	C-5-4	スチーム(85)+軟化剤(B)	6.3 "	4.50 "	11.9	3.0 "	2.11	10.8 "	2.20 "	26.9	6.7 "	1.61
12	C-6-1	機械(70)+アスファルト	10.6 "	1.19 "	22.7	5.7 "	1.88	15.1 "	1.55 "	38.0	9.5 "	1.60
13	C-6-2	スチーム(70)+アスファルト	12.0 "	0.34 "	31.7	7.9 "	1.59	13.3 "	0.31 "	27.6	6.9 "	1.93
14	C-7-1	機械(70)+軟化剤(B)	9.2×10 ³	0.72 "	16.7	4.2 "	2.21	13.8 "	0.83 "	36.7	9.2 "	1.50
15	C-7-2	スチーム(70)+軟化剤(B)	—	—	—	—	—	13.5 "	0.50 "	33.5	8.4 "	1.62
16	C-8-1	機械(50)+アスファルト	10.8×10 ⁴	0.47 "	24.5	6.1 "	1.77	15.1 "	0.92 "	39.5	9.9 "	1.62
17	C-8-2	スチーム(50)+アスファルト	10.0 "	1.60 "	23.9	6.0 "	1.69	14.9 "	2.91 "	34.5	8.6 "	1.73
18	C-9-1	機械(50)+軟化剤(B)	8.3 "	1.95 "	19.5	4.9 "	1.72	12.6 "	3.80 "	27.5	6.9 "	1.85
19	C-9-2	スチーム(50)+軟化剤(B)	8.4 "	1.06 "	18.5	4.6 "	1.81	13.3 "	1.19 "	30.5	7.6 "	1.75
20	C-10-1	機械(30)+アスファルト	10.1 "	0.74 "	22.7	5.7 "	1.81	14.2 "	2.04 "	32.8	8.2 "	1.80
21	C-10-2	スチーム(30)+アスファルト	9.1 "	2.94 "	20.0	5.0 "	1.84	13.8 "	3.05 "	30.8	7.7 "	1.81

* 廃材より回収した骨材を使用したもの。

** 軟化剤(A)(B)はアスファルトも配合している。

*** アスファルトは新規60~80アスファルトを使用。

アスファルトの TFOT 回数と60℃粘度の関係は、再生用添加剤無添加の場合、TFOT 回数に従い60℃粘度が指数的に大きくなる傾向を示している。一方、針入度調整を行ったアスファルトの粘度は、TFOT 回数に従って低下する傾向にあるとしている。しかしながら、機械廃材（アスコン廃材をクラッシャー等で粉碎した廃材）より回収したアスファルトに関しては、図-12に示され

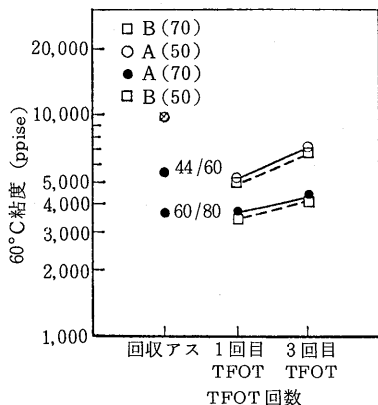


図-12 機械廃材回収アスのTFOT 回数と粘度の関係

ているように逆に上昇する傾向にある。いずれにせよ、再生用添加剤によって針入度の調整を行うことは、加熱劣化後のアスファルトの60℃粘度を極端に大きくしない効果があるので、再生アスファルトには重要な添加剤であるとしている。

機械廃材より回収したアスファルトの組成分析結果を図-13に示されている。ここでA-50とは廃材使用率50%のもので、再生用添加剤Aを使用して再生したものを

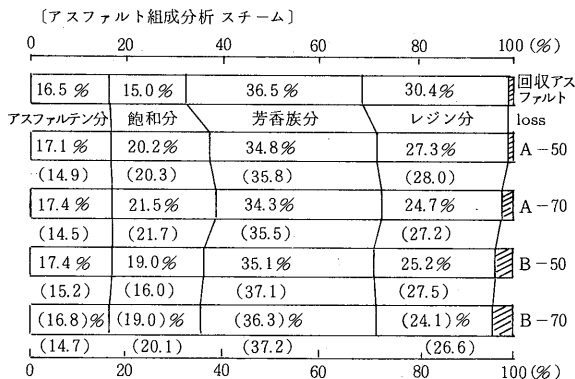


図-13 機械廃材回収アスの組成分析結果

表しており、他も同様の例示となっている。図より、回収アスファルトと再生用添加剤を添加した3回目TFOT後の各組成分析結果を比較した場合、飽和分は3～6%増加し、逆にレジン分は、3～6%減少する傾向にある。以上のことから、再生アスファルトの組成は再生用添加剤の組成にも影響されることを指摘している。

6. まとめ

これまでの調査結果から次のことが指摘されている。

(1) 再生加熱プラント方式、路上表層再生工法及び切削材の再生利用による試験舗装の供用性の評価によれば、供用年数は短いながらも、マクロ的には良好な状態にある。この意味から、再生アスコンによる舗装は現状では新規アスコンによる舗装と同程度の耐久性が見込まれる。したがって、再生アスコンの品質は指針（案）に示された使い方が重要といえる。

(2) ひび割れ発生箇所は、路面における支持力が低い箇所認められるので、適用範囲に支持力の条件を含める必要がある。

(3) わだち掘れ発生箇所は、アスファルトコンクリートの粒度の影響が認められるので、適切な粒度の選択、品質管理が必要である。

(4) 再生アスコンは新規アスコンよりホイールトラッキング試験の動的安定度(DS)が大きく、さらに繰返し曲げ試験から常温(10℃)では、初期弾性係数(E, kg/cm²)、破壊応力(σ, kg/cm²)及び破壊回数(N, 回)は大きくなるが、低温(0℃)では、応力、回数とも小さくなる傾向にある。

(5) 再生アスファルトの薄膜加熱試験(TFOT)から、現状の再生用添加剤の範囲では、伸度の回復に限界があり、リサイクリングは2回程度が限界である。従って、再生アスファルトのTFOT後の針入度、軟化点、伸度および60℃粘度等の性状をバランスさせるには、適切な廃材使用量の検討や再生用添加剤の材質の検討が必要である。

(6) 再生加熱プラント方式のプラントでは、計量印字記録計の普及はまだ十分でない。

参考文献

- 1) 舗装廃材の再生利用に関する研究, 第36回(昭和57年度), 第37回(昭和58年度)建設省技術研究会報告書

2. 指針について

日本道路協会では、昭和59年7月に、舗装廃材再生利用技術指針(案)を出版している。これは、舗装の再生利用方法のうち、プラント方式による場合の技術的な事項をマニュアル化したものであり、次の点をベースにとりまとめられている。

- (1) 再生材の品質は、アスファルト舗装要綱、セメントコンクリート舗装要綱、および、簡易舗装要綱(以下要綱等)に適合することを原則とする。

2-1 適用と設計

指針(案)における舗装の構造設計および再生材の品質は、要綱等に適合することを原則とする。この意味から、再生材を用いた場合の等値換算係数ならびに適用についても新材のみを用いた場合と同等に扱うこととする。しかしながら、重交通道路の表層への適用については当面避けることとする。

解説 (1) 再生材を用いた材料・工法による舗装の等値換算係数を新しい材料のみを用いた場合と同等としたのは、クリアすべき基準が要綱等に合格することを原則としているので、評価も同じにするという考え方と、現実には再生材による舗装の供用性の評価が、第14回日本道路会議舗装部会報告や、第36、37回建設省技術研究会指定課題論文報告等で新材並みに評価されていることをベースにしているものである。しかしながら、重交通道路(D交通区分の道路)での評価は、長期(7~9年程度)の耐久性が確認されていないこと、これらの道路は維持・修繕が簡単にできにくく影響が大きい等の理由から当面避けることとしている。ただしこれらは経験を重んで拡大し行くという位置付けがなされている。

(2) 再生加熱アスファルト混合物は、アスファルトコンクリート再生骨材の使用率の多少にかかわらず指針(案)を適用することとしている。しかし、再生骨材配合率が少ないものは、配合設計等は新しい材料のみを用いた場合と近い取扱い(再生加熱アスファルト混合物より回収した再生アスファルトの針入度の確認などを厳密に行わないやり方)が考えられるので、今後も検討を進めて行くことにしている。また、指針(案)の基準と若干異なる再生材については、暫定的舗装である仮復旧道路や切りまわし道路の舗装等への利用が考えられるので、このような場合には、過去の実績や材料の品質を確認して利用拡大を図る方法を示している。

- (2) 再生材を用いた材料・工法による舗装の等値換算係数は、新しい材料のみを用いた場合と同等とする。
- (3) 再生材の適用にあたっては、原則として新しい材料のみを用いた場合と同等に扱うものとする。ただし、再生材を用いた舗装の長期的挙動が十分には解明されていないので、重交通道路の表層への適用は当面避けることとする。

以下に指針(案)の概要を紹介する。

2-2 再生材の分類

再生材は、再生路盤材と再生加熱アスファルト混合物に分類される。

再生路盤材とは、アスファルトコンクリート廃材、セメントコンクリート廃材から製造した再生骨材および、路盤廃材を単独または相互に組合わせ、これに必要な応じて補足材(碎石、スラグ、砂等)を加えて所要の品質が得られるように調整した路盤材料をいう。

再生加熱アスファルト混合物とは、アスファルトコンクリート廃材を機械破砕または熱解砕してアスファルトコンクリート再生骨材を生産し、その骨材に所定の品質が得られるように、必要に応じて補足材料や再生用添加剤を加えて製造した加熱アスファルト混合物をいう。

- 解説 (1) 要綱等では、加熱アスファルト混合物は、路盤と表層・基層で材料・工法を区別しているが、指針では、再生加熱アスファルト安定処理混合物は、再生加熱アスファルト混合物に含めて分類している。
- (2) アスファルトコンクリート再生骨材に含まれる骨材の比重、吸水量、すりへり減量等の性状は、新しい骨材と同程度であるが、締固めによる骨材のかみ合わせ効果は粒状材単独より劣るので、再生骨材の使用率の調整、粗粒の碎石を補足する方法の工夫等がなされている。
- セメントコンクリート再生骨材のすりへり減量は30%前後であるが、修正CBRは比較的大きく、単独でも再生クラッシャーランとして利用できる。しかし、セメントコンクリート再生路盤材のみではローラの締固めは若干困難である。
- (3) アスファルトコンクリート廃材は、既設アスファルトコンクリート層全層が機械破砕もしくは熱解砕されるため、粒度のパラッキは要綱等で示されている密粒度アスファルトコンクリートの上限粒度から、粗粒度アスファルトコンクリートの下限粒度の範囲内にあるが、13mmでふるい分けを行ったものはパラ

ツキが小さくなり、密粒度アスファルトコンクリートの上限粒度付近に集中している。また、アスファルトの劣化は、表面から2cm程度まで進行し、それ以下はあまり進行しない。建設省技術研究会の報告では、廃材の回収アスファルトの物理性状は、 $\bar{x} \pm 1\sigma$ でみると針入度、軟化点、伸度はそれぞれ30±4 (10⁻² cm), 62±6 (°C), 11±11 (cm) 程度である。回収アスファルト量は、混合物の種類、舗装構成、分級範囲によって差はあるが4.5±0.7 (%)程度である。

2-3 再生材の品質

再生材の品質は、要綱等の基準を満足するものとし、その適用や評価については原則として新しい材料のみを用いた場合と同等に扱うものとする。

2-3-1 路盤

下層路盤および上層路盤用の再生路盤材や再生加熱アスファルト安定処理混合物に使用する材料の品質はそれぞれ表-2.1、表-2.2を標準とする。

2-3-2 表層および基層

表層および基層に用いる再生加熱アスファルト混合物は、要綱等の基準を満足するものであれば、新しい材料のみを用いた混合物と同等に扱うものとする。

表-2.2 上層路盤に用いる路盤材料の品質

項目	材 料	修正 CBR	PI (塑性指数)	一軸圧縮強さ kg/cm ² 安定度
簡 易 舗 装	再生粒度調整碎石	60以上	4以下	—
	再生加熱アスファルト安定処理	—	9以下	安定度 350以上
	再生セメント安定処理	—	9以下	一軸圧縮強さ 25 (7日)
	再生石灰安定処理	—	6~18	一軸圧縮強さ 7 (10日)
アスファルト舗装	再生粒度調整碎石	80以上	4以下	—
	再生加熱アスファルト安定処理	—	9以下	安定度 350以上
	再生セメント安定処理	20以上	9以下	一軸圧縮強さ 30 (7日)
	再生石灰安定処理	20以上	6~18	一軸圧縮強さ 10 (10日)
セメントコンクリート舗装	再生粒度調整碎石	80以上	4以下	—
	再生加熱アスファルト安定処理	—	9以下	安定度 350以上
	再生セメント安定処理	—	9以下	一軸圧縮強さ 20 (7日)
	再生石灰安定処理	—	6~18	一軸圧縮強さ 10 (10日)

〔注〕 ① アスファルトコンクリート再生骨材を含む再生粒度調整碎石を用いた路盤で、その上面が舗装表面から30cm以内で、かつその温度が40°Cを超える場合には、修正 CBR の割増しを考慮することが望ましい。
 ② 上層路盤に用いる路盤材料の最大粒径は40mm以下とすることが望ましい。
 ③ 再生安定処理工法では修正 CBR および PI は安定処理前の材料の値である。
 ④ セメントコンクリート舗装に再生粒度調整碎石を用いる場合、修正 CBR や PI が規定に合格しない材料であっても試験路盤により支持力が確認できるときは、修正 CBR が45以上、0.4mmふるい通過分の PI が6以下の材料でも用いることができる。また、この場合で0.4mmふるい通過量が10%以下の材料では PI が10まで用いることができる。

表-2.1 下層路盤に用いる路盤材料の品質

項目	材 料	修正 CBR	PI (塑性指数)	一軸圧縮強さ kg/cm ²
簡 易 舗 装	再生クラッシャーラン	10以上	9以下	—
アスファルト舗装	再生クラッシャーラン	20以上	6以下	—
	再生セメント安定処理	10以上	9以下	10 (7日)
	再生石灰安定処理	10以上	6~18	7 (10日)
セメントコンクリート舗装	再生クラッシャーラン	20以上	6以下	—
	再生セメント安定処理	—	—	10 (7日)
	再生石灰安定処理	—	—	5 (10日)

〔注〕 ① アスファルトコンクリート再生骨材を含む再生クラッシャーランを用いた路盤で、その上面が舗装表面から30cm以内で、かつその温度が40°Cを超える場合には、修正 CBR の割増しを考慮することが望ましい。
 ② 下層路盤に用いる路盤材料の最大粒径は50mm以下とすることが望ましい。
 ③ 再生安定処理工法では修正 CBR および PI は安定処理前の材料の値である。
 ④ セメントコンクリート舗装に再生クラッシャーランを用いる場合、試験路盤により支持力が確認できるときや過去の事例で経験的に耐久性が確認されているときは、0.4mmふるい通過分の PI を10以下としてもよい。この場合で0.4mmふるい通過量が10%以下の材料では PI が15のものまで用いることができる。

解説 (1) 路盤材料の修正 CBR の割増しはおおむね表 2-1、表 2-2 に示す値におおむね+10すればよい。

これは以下の理由によるものである。粒状材料による路盤の位置がアスファルト舗装表面から25cm程度でも、この位置の温度は最高40°C程度になる場合がある。

アスファルトコンクリート再生骨材を含む再生路盤

材料は20°Cから40°Cへ温度が上昇するとその混入量(5~50%)の多少にかかわらず修正 CBR が10程度低下する。

修正 CBR の低下は路盤の支持力低下の原因となるので温度変化による低下分を補っておくことが望ましい。

セメント・石灰等による安定処理路盤の場合でも、室内データでは温度の影響が認められるが、これらは長期にわたって硬化が進むこと、一軸圧縮強度の割増しによるセメントや石灰の過多は路盤の収縮クラックの原因となること等を考慮して割増しは行わないこととしている。したがって、このような時は、アスファルトコンクリート廃材の混入量を下げる等の措置が考えられる。

- (2) アスファルト安定処理で常温混合を除いた理由は、常温混合による使用例の実績が少ないためである。
- (3) 再生加熱アスファルト混合物の品質は、アスファルトコンクリート再生骨材の混合物における配合率の変動により影響を受けるので、再生アスファルト混合所ではこの計量データを自記記録装置によって記録し、品質を管理しなければならない。
- (4) 積雪寒冷地域の舗装の表層に再生加熱アスファルト混合物を使用する場合には、混合物の耐摩耗性状等を十分調査して使用することが望ましい。また、

地下水の影響を受けやすい箇所で、粒度調整砕石工法による路盤と接する位置のアスファルト混合物は、はく離が発生しやすいので、混合物の水浸マッシュタル試験、水浸ホイールトラッキング試験等を行ない、必要に応じて要綱等で示されているはく離対策を行うことが望ましい。

2-4 構造設計

指針にもとづくアスファルト舗装の構造設計に用いる等値換算係数は要綱の値と同一とし、表-2.3によるものとする。

表-2.3 等 値 換 算 係 数

構成	工 法・材 料	摘 要	等値換算係数 a_n
表層 基層	表層基層用再生加熱アスファルト混合物		1.00
上 層 路 盤	再生加熱アスファルト安定処理	加熱混合：安定度 350kg以上	0.80
	再生粒度調整砕石	修正CBR 80以上	0.35
	再生セメント安定処理	一軸圧縮強さ(7日)30kg/cm ²	0.55
	再生石灰安定処理	一軸圧縮強さ(10日)10kg/cm ²	0.45
下 層 路 盤	再生クラッシャーラン	修正CBR 30以上	0.25
	再生クラッシャーラン	修正CBR 20以上30未満	0.20
	再生セメント安定処理	一軸圧縮強さ(7日)10kg/cm ²	0.25
	再生石灰安定処理	一軸圧縮強さ(10日)7kg/cm ²	0.25

〔注〕 アスファルトコンクリート再生骨材を含む路盤で、温度の影響に対する措置が必要な箇所には、修正CBRの割増しを考慮することが望ましい。

解説 (1) 再生加熱アスファルト混合物を舗装の表層・基層に適用した層の等値換算係数は、各種試験舗装の供用性の調査や多層弾性理論によるアスファルトコンクリート層の鉛直応力やひずみ量を新しい材料のみによる舗装と比較した結果、両者が近似していることから、現時点では要綱と同じ値をとることになっている。一方、上層路盤や下層路盤に使用する場合の等値換算係数は、これまでの実績からも、要綱等の基準に合格したものを使用すれば問題が無いことから、要綱と同一の値が評価できるとしている。

2-5 再生材の材料

再生材の材料には、路盤廃材、セメントコンクリート廃材やアスファルトコンクリート廃材より再生された再生骨材、新アスファルト、セメント、砕石等の補足材料および再生用添加剤がある。これらの材料規定は次のとおりとする。

補足材料——要綱と同一

再生路盤材——要綱に準じる

アスファルトコンクリート再生骨材
再生用添加剤
再生アスファルト

指針で示す規定による。

2-5-1 再生加熱アスファルト混合物に用いるアスファルトコンクリート再生骨材

アスファルトコンクリート再生骨材は、ごみ、どろ、有機物等を有害含まないものでなければならない。また、粒度調整のためその粒度範囲は通常2~3種類にふるい分けて使用する。再生加熱アスファルト混合物に用いるアスファルトコンクリート再生骨材の品質は表3-1を標準とする。

2-5-2 再生用添加剤

再生用添加剤とは、旧アスファルト（アスファルトコンクリート再生骨材に含まれるアスファルト）の針入度等の性状を回復させるために、混合物製造時にプラントで添加するものをいう。再生用添加剤は、労働安全衛生法施工令に規定されている特定有害物質を含まないものであって、その品質は表-3.2を標準とする。

2-5-3 再生アスファルト

再生アスファルトとは、旧アスファルトに新アスファルトおよび再生用添加剤を単独または複合で添加調整したアスファルトのことである。再生アスファルトの品質は、JIS-K-2207、石油アスファルトに規定するストレートアスファルトの種類のうち、要綱に示される舗装用石油アスファルト40~60、60~80、および、80~100 に該当するものとし、表3-3を標準とする。

表-3.1 再生加熱アスファルト混合物に用いるアスファルトコンクリート再生骨材の品質

項 目 名 称	旧アスファルト含有量 %	旧アスファルトの針入度(25℃)1/10mm	洗い試験で失われ る量 %
アスファルトコンクリート再生骨材	3.8以上	20以上	5以下

〔注1〕 各項目の試験は、アスファルトコンクリート再生骨材として製造されたもののうち、13~0mmの粒度区分のものを対象として行う。

〔注2〕 表-3.1の数値は、不特定多数のアスファルトコンクリート廃材に含まれるアスファルト量のばらつきや路盤材料の過度な混入を避けることを考慮し、さらに実績を加味して定めたものである。
通常製造されるアスファルトコンクリート再生骨材は、表-3.1の値をおおむね満足している。

表-3.2 再生用添加剤の品質

項 目	試 験 法	品 質
動 粘 度(60℃) cSt	JIS K 2283	80~1,000
引 火 点 ℃	JIS K 2265	230 以 上
薄膜加熱後の粘度比(60℃)	JIS K 2283	2 以 下
薄膜加熱質量変化率 %	JIS K 2207	± 3 以 下
比 重	JIS K 2249	報 告
組 成 分 析	付 録-2	報 告

表-3.3 再生アスファルトの品質

種 類	40~60	60~80	80~100
項 目			
針入度 (25℃) 1/10mm	40を超え60以下	60を超え80以下	80を超え100以下
軟 化 点 ℃	47.0~55.0	44.0~52.0	42.0~50.0
伸 度 (15℃) cm	10以上	100以上	100以上
三塩化エタン可溶分 %	99.0以上	99.0以上	99.0以上
引 火 点 ℃	260以上	260以上	260以上
薄膜加熱質量変化率 %	0.6以下	0.6以下	0.6以下
薄膜加熱針入度変化率%	58以上	55以上	50以上
蒸発後の針入度比 %	110以下	110以下	110以下
比 重 (25/25℃)	1.000以上	1.000以上	1.000以上
備考 再生アスファルトについては、120℃、140℃、160℃、180℃のそれぞれにおける動粘度を測定しておかなければならない。			

解説 (1) アスファルトコンクリート再生骨材の品質規定は、再生加熱アスファルト混合物として再生利用を図るために、極端にアスファルト量の少ないもの、アスファルトの劣化が著しいものを除き同時に、路床土や路盤材の細粒分が多く混入したものを除くためにそれらの判定に役立つ項目を規定している。

アスファルト含有量の値はアスファルトコンクリート廃材が1層2層および3層で廃材置場に入るケースを想定し、各層のアスコンの種類を表層からそれぞれ、密粒度アスファルトコンクリート、粗粒度アスファルトコンクリートおよびアスファルト安定処理混合物と仮定し、さらに、各層の厚さと平均的なアスファルト量をそれぞれ5cm、6.0%、5cm、5.0%および10cm、4.0%と仮定し、アスファルト量のバラツキを要綱の管理限界を使用して計算し、最小限2カ所からの廃材が混ざり合った時の下限界から3.8%と決めたものである。

針入度の下限値20は、舗装廃材再生利用に関する現況報告書(昭和56年9月)、第36回建設省技術研究会報告書等の実績を参考にして決めたものである。洗い試験で失われるものの量はアスファルトコンクリート廃材が破碎中に発生する細粒分と、アスコンに付着して混入する路盤材からくる0.074mm通過分の一部などをシミュレーション計算し、最も危険側のケースから5%以下と決めたものである。

(2) 再生用添加剤の品質は、アスファルトの再生にふさわしくない廃油、重油等を排除する目的で同時に、再生骨材とのぬれ、混合性が良くさらに、アスファルトの針入度等の回復が図れるものが望ましいことからこれらを考慮して再生用添加剤に関する現況調査をベースに決めたものである。

動粘度(60℃)は現況調査結果($\bar{x} = 230$ cSt, $R = 10 \sim 1,200$ cSt)をもとに、旧アスファルトの針入度等の性状が回復できることと、引火点等の性状も考慮して定めたものである。

すなわち 再生用添加剤としては低粘度で芳香族成

分の多いものが望ましい判断と、作業の安全性を考慮して定めたものである。

薄膜加熱後の粘度比、質量変化率は加熱後においてもアスファルト中に残ってバインダーとして作用するいわゆる耐久性を評価するために定めた項目である。比重および組成分析については、今後とも検討を要することがらであるために、データ集収の意味から報告義務としたものである。

組成分析は、(イ)ロスターステンベルグ法、(ロ)クルツ法、(ハ)クレーゲル法、等があるが、アスファルトとしての使い方を考慮して、石油学会法によるゲルクロマトグラフ法を付録に示した。したがって種類が異なる植物油系のものなどにはそれぞれに適した分析法が必要になるといえる。

(3) 再生アスファルトの種類は、地域性や交通条件等も考慮して3種類の中から適切なものを選択することとした。一般には設定針入度50を目標に針入度調整を行っている例が多い。針入度調整は、新アスファルトあるいは再生用添加剤のみによる場合と、これら両方を用いる場合の3通りが行われている。いずれの方法によるかは旧アスファルトの針入度と廃材使用率とのバランスで決められている。建設省技術研究会報告では、新アスファルトと再生用添加剤を併用する場合が最も多く、表層関係ではそれぞれ $0.6 \pm 0.2\%$ 、 $0.3 \pm 0.1\%$ 程度の配合が多く、再生用添加剤の設計アスファルト量に対する比率は約8%である場合が多い。

(4) ここでいう再生アスファルトとは、再生骨材から旧アスファルトに新アスファルトが再生用添加剤を室内で混合調整したものであって、再生加熱アスファルト混合物から回収した再生アスファルトの品質ではない。

再生アスファルトの品質は、特に指示のない限り、通常のアスファルトと同様に定期的な試験によって確認する。日常の品質管理では通常、舗装の流動とひびわれに関係の深い針入度と軟化点が表3-3に示す値を満足することを確認すればよい。このように、針入度と軟化点に特に重点をおいた見方を示したのは、幕張試験舗装の追跡調査では、次の傾向が明らかであるため、これらを参考に判断したものである。すなわち、(イ) プラント加熱によるアスファルトの熱劣化は、針入度40~60で 73 ± 10 (‰)、針入度80~100で 71 ± 6 (‰)程度である。(ロ) アスファルトの加熱劣化は同一のPIカーブでコンシステンシーが高くなる変化を示す。(ハ) プラント加熱は薄膜加熱試験(TFOT)の約80%程度の劣化に相当する。(ニ) アスファルトの供用後の劣化は10年間で原アスファルトの30~70%に低減している。(ホ) 舗装体のコアの空げき率が2.5%以上で同時に針入度の残留率が40%以下の場合にはひびわれが顕著である。

再生路盤材ならびに再生加熱アスファルト混合物の配合設計は、原則として要綱等に規定されている品質を満足するように行わなければならない。

2-6-1 再生路盤の配合設計

下層路盤材料は路盤廃材、再生骨材あるいはこれらを混合した材料、また必要に応じ補足材を加えたものである。

再生切込碎石クラッシャランの粒度は JISA 5001 道路用碎石の規定（要綱表 3-6）の粒度範囲に入ることが望ましく、品質は表 2-1 に示す値を標準とする。この場合、アスファルトコンクリート再生骨材の粒度はアスファルト分を含んだ見掛けの骨材粒度である。これは再生粒度調整工法、再生安定処理混合物に共通することである。

配合設計は「要綱」4-4-3 安定処理工法に準じる。上層路盤用の粒度調整工法の材料には路盤廃材、再生骨材あるいはこれらを混合した材料、また必要に応じた補足材として碎石、クラッシャラン、スラグ、山砂、砂、スクリーニングス等を用い、これらを適当な比率で混合して粒度調整する。この場合の粒度は JISA 5001 の道路用碎石の規定（要綱表 3-6）の粒度範囲に入ることが望ましい。

粒度調整した再生路盤材の品質は、表 2-2 に示す値を標準とする。

アスファルト安定処理工法の配合設計は、再生加熱アスファルト混合物の配合設計を参照して行う。一般にはアスファルトコンクリート再生骨材のほか

- (i) 再生用添加剤を使用する場合
- (ii) 碎石、アスファルト等の補足材を使用する場合
- (iii) 再生用添加剤及びその他の補足材を使用する場合

などいろいろな方法がある。

混合物の品質及び骨材の望ましい粒度範囲および品質は要綱表 4-1、4-2 に準じてきめる。なお設計アスファルト量をマーシャル試験によって決定する場合は、基準値の範囲内で経験及び経済性を考慮して決めるとよい。一般に設計アスファルト量は 4～6% の範囲にある。

なお、実際にプラントで練った材料についてもマーシャル試験を行い混合物の状況を観察し、必要があれば試験施工を行うなどして最終的に配合を定めるとよい。

粒度調整工法で所要の品質が得られない場合は、セメントや石灰等で安定処理をして上層路盤材料として用いることができる。粒度範囲は要綱表 4-1 に示す値を満足していることが望ましく、品質は表 2-2 に示す値を満足していなければならない。

配合設計は、セメント安定処理の場合「要綱」4-

5-4 に、石灰安定処理の場合は同 4-5-5 に準じて行わなければならない。

2-6-2 再生加熱アスファルト混合物の配合設計

配合設計では、必要とする再生アスファルトの品質に応じて目標とする針入度（以下設計針入度という）を設定し、これへの調整と骨材粒度、アスファルト量の決定を行う。

再生加熱アスファルト混合物は、アスファルトコンクリート再生骨材を主体に再生用添加剤や補足材を加える場合と、新規の加熱アスファルト混合物を主体にアスファルトコンクリート再生骨材を補足的に使用する場合があるが、いずれの場合でも、通常の加熱アスファルト混合物の品質に適合させるように配合設計する。なお設計針入度への調整を行うには、表 3-3 の再生アスファルトの品質に適合することを前提に、再生骨材中に含まれる旧アスファルトを所要の針入度に回復させるように再生用添加剤量、新アスファルトの種類や量を決めなければならない。

再生アスファルトの針入度は、地域性や交通量などの供用条件を十分考慮して表 3-3 のの中から選ぶとよいが、混合物製造時の加熱劣化の割合、供用直後におけるひびわれの発生心配のない範囲を考慮すると、加熱後の回収アスファルトの針入度は 35 以上を確保せねばならず、そのためには設計針入度は 50 以上とするのが望ましい。

混合物の配合設計は、図-4.1 に示すように次の順序に従って行う。

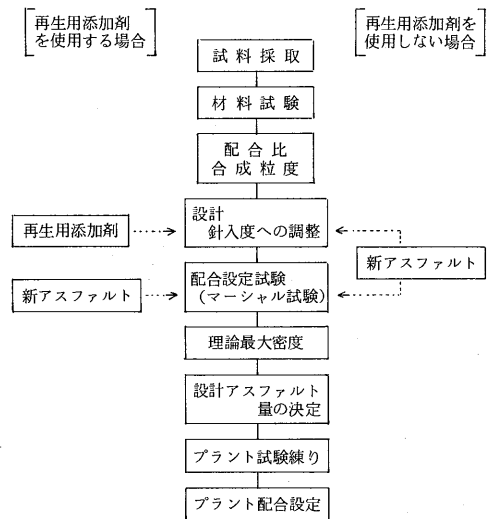


図-4.1 配合設計のフローシート

2-7. 混合所

再生材を製造する混合所（以下再生材の混合所という）は、大別すると再生路盤材の製造を目的とした混合所（以下再生路盤材混合所という）と再生アスファ

表-4.5 再生加熱アスファルト混合物の標準配合

混 合 物 の 種 類		①	②		③	④	⑤		⑥	⑦	⑧	⑨
		粗粒度 アスコン (20)	密 粒 度 ア ス コ ン (20)	度 (13)	細粒度 アスコン (13)	密粒度 ギャップ アスコン (13)	密 粒 度 ア ス コ ン (20F)	度 (13F)	細粒度 ギャップ アスコン (13F)	細粒度 アスコン (13F)	密粒度 ギャップ アスコン (13F)	開粒度 アスコン (13)
仕上り厚 cm		4～6	3～5		3～5	3～5	3～5		3～5	3～4	3～5	3～4
最大粒径 mm		20	20	13	13	13	20	13	13	13	13	13
ふるい通過重量百分率	25 mm	100	100				100					
	20	95～100	95～100	100	100	100	95～100	100	100	100	100	100
	13	70～90	75～90	95～100	95～100	95～100	75～95	95～100	95～100	95～100	95～100	95～100
	5	35～55	45～65	55～70	65～80	35～55	52～72		60～80	75～90	45～65	23～45
	2.5	20～35		35～50	50～65	30～45	40～60		45～65	65～80	30～45	15～30
	0.6	11～23		18～30	25～40	20～40	25～45		40～60	40～65	25～40	8～20
	0.3	5～16		10～21	12～27	15～30	16～33		20～45	20～45	20～40	4～15
	0.15	4～12		6～16	8～20	5～15	8～21		10～25	15～30	10～25	4～10
%	0.074	2～7		4～8	4～10	4～10	6～11		8～13	8～15	8～12	2～7
再生アスファルト量 %		4.5～6	5～7		6～8	4.5～6.5	6～8		6～8	7.5～9.5	5.5～7.5	3.5～5.5
再生アスファルトの針入度		40～60, 60～80, 80～100										

表-4.6 マーシャル試験に対する基準値

混合物の種類		① 粗 粒 度 アスコン (20)	② 密 粒 度 ア ス コ ン (20) (13)	③ 細 粒 度 アスコン (13)	④ 密 粒 度 ギャップ アスコン (13)	⑤ 密 粒 度 ア ス コ ン (20F) (13F)	⑥ 細 粒 度 ギャップ アスコン (13F)	⑦ 細 粒 度 アスコン (13F)	⑧ 密 粒 度 ギャップ ア ス コ ン (13F)	⑨ 開 粒 度 アスコン (13)	
突固め 回 数	C交通 ^① 以 上	75	75			50					75
	B交通 以 下	50			50						
空 げ き 率 %		3～7	3～6		3～7	3～5		2～5	3～5	－	
飽 和 度 %		65～85	70～85		65～85	75～85		75～90	75～85	－	
安 定 度 kg		500以上	(750以上) ^② 500以上	500以上		500以上		350以上	500以上	350以上	
フ ロ ー 値 1/100cm		20～40							20～80	20～40	
[注] ① 積雪地域の場合や、C交通であっても流動によるわだち掘れのおそれが少ないところでは50回とする。 ② ()内はC交通で突固め回数を75回の場合とする。 ③ 水の影響を受け易いと思われる混合物またはそのような箇所に舗設される混合物の場合には、次式で求めた残留安定度が75%以上であることが望ましい。 残留安定度＝60℃、48時間水没後の安定度(kg)/安定度(kg)×100(%) ④ 安定度/フロー値(100kg/cm)は一般地域で20～50、積雪地域で15～45の範囲が必要である。											

ルト混合物の製造を目的とした混合所（以下再生アスファルト混合所という）とがある。再生材の混合所は原材料となる舗装廃材の発生時期と再生された材料の需要時期にずれがあるため、通常の混合所などに比べて材料置場を広く確保する必要がある。

また再生材の混合所は廃材の発生が都市部に多いため、都市近郊に建設されている場合が多いため騒音対策や粉塵対策等環境保全対策設備が必要である。

再生路盤材混合所は路盤廃材及びセメントコンクリ

ート廃材とアスファルトコンクリート廃材とを別々に貯蔵し、解砕後も別々に貯蔵し出荷時にこれを適度に混合している場合が多い。上層路盤材として出荷する場合は、セメント、石灰等の補足材を添加混合する場合もある。

再生アスファルト混合所も、再生路盤材混合所と同様に広い敷地と十分な環境保全対策設備が必要である。

再生アスファルト混合所には種々のタイプのものがある。

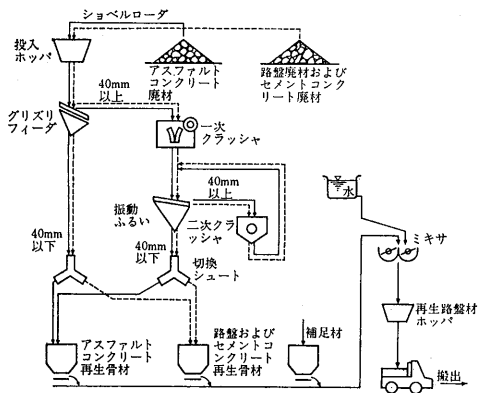


図-5.1 再生路盤材製造工程のフローシート例

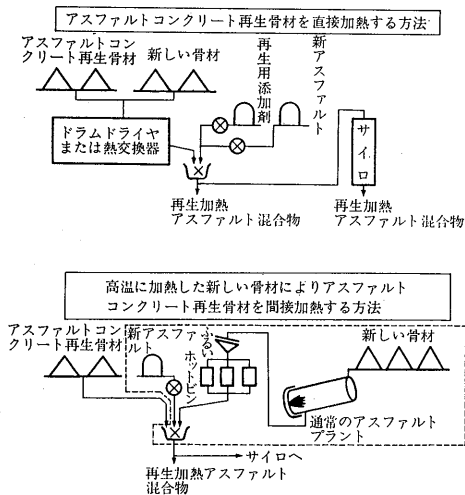


図-5.3 再生アスファルト混合所の加熱混合工程のフローシート例

2-8 再生材の製造

再生骨材の素材料となる舗装廃材は、不特定の発生箇所より搬入されるものの、特定の発生箇所の廃材が集中的に入る場合もあるので、再生骨材の製造にあたっては、異なった発生箇所の廃材ができる限り均して、混り合うような配慮が大切である。

また、再生材の製造にあたっては「要綱」及び本指針の規定を満足するよう品質管理を行うことが必要であり、そのためには製造・品質管理における工程の標準化を計り、再生材の品質の安定に努めることが大切である。

2-9 品質管理及び検査

再生材を用いた舗装の施工には従来の舗装にまして、十分な品質管理を行い、常に注意と観察を怠らず、また、必要に応じて試験や測定を行って、その品質を常に確かめておかなければならない。

なお、品質管理、出来形管理及び検査の一般的事項は、「要綱」6.品質管理及び検査の項に従うものとするが、再生舗装にかかわる追加事項は本指針による。

表-8.1 再生アスファルト混合物に用いるアスファルトセメント再生骨材の品質試験

試験項目	試験方法	目的
アスファルト抽出後の骨材粒度	要綱の付録4-9 JIS A 1102	配合設計
旧アスファルト含有量	要綱の付録4-9	配合設計
最大比重	ASTM D 2041	配合設計
旧アスファルトの針入度	(回収方法)ASTM D 1856 (針入度) JIS K 2207	配合設計
洗い試験で失われる量	表-3・1による	品質管理

(注) アスファルトコンクリート再生骨材や加熱アスファルトの回収を行うのに用いるASTM D 1856の試験方法やアスファルトの針入度を求めるJIS K 2207の試験方法については、煩雑でかつ、試験誤差・個人差が大きいとされているが、今のところ他に代わる方法がないのでこれによらざるを得ないが、定期的に(1~3か月に1回程度)表-8.1に示される品質試験の方法とその精度が確認されておれば、簡易な試験方法を採用することも考えられる。

表-8.2 再生用添加剤の品質試験

試験項目	試験方法	目的
動粘度 (60°C)cSt	JIS K 2283	再生用添加剤としての品質の判定
引火点 °C	JIS K 2265	〃
薄膜加熱後の粘度比 (60°C)	JIS K 2283	〃
薄膜加熱質量変化率%	JIS K 2207	〃
比重	JIS K 2249	〃
組成分析	付録-2	〃

3-4に規定される再生アスファルトについて表-8.3に示す品質試験を行わなければならない。

表-8.3 再生アスファルトの品質試験

試験項目	試験方法	目的
針入度	(回収方法)ASTM D 1856 (針入度) JIS K 2207	配合設計
軟化点	(回収方法)ASTM D 1856 (軟化点) JIS K 2207	品質管理

表-8.4 再生加熱アスファルト混合物より回収したアスファルトの試験

試験項目	試験方法	目的
回収した再生アスファルトの針入度試験	(回収方法)ASTM D 1856 (針入度) JIS K 2207	プラントで混合された再生加熱アスファルト混合物の適否

出来形管理については「要綱」6-4-1による。

品質管理及び試験結果の記録はそれぞれ「要綱」6-4-3によるが、さらに再生加熱アスファルト混合

物に用いるアスファルトコンクリート再生骨材については表-8.7を、再生加熱アスファルト混合物については表-8.8の項目を加える。

表-8.7 アスファルトコンクリート再生骨材の品質管理項目と頻度及び標準的な管理限界

項 目	試 験 方 法	頻 度	標準的な 管理の限界	不満足な場合 の処置および 参考事項
旧アスファ ルト含有量	要綱の付録 4-9	製造量 500 トンごと に 1 回 2 日間の製造量が 500 トンに満たない 場合は 2 日に 1 回	4.1%以上	アスファルト コンクリート 廃材の貯蔵場 所における平 均化を図る。
旧アスファ ルト針入度	(回収方法) ASTM D 1856 (針入度) JIS K 2207	製造量 500 トンごと に 1 回 2 日間の製造量が 500 トンに満たない 場合は 2 日に 1 回	27以上	
洗い試験で 失われる量	表-3・1 に よ る	製造量 500 トンごと に 1 回 2 日間の製造量が 500 トンに満たない 場合は 2 日に 1 回	4.3%以下	再生骨材中へ の路床土、路 盤材の混入を 極力少なくす る。

表-8.8 再生加熱アスファルト混合物の品質管理項目と頻度及び標準的な管理限界

工 種	項 目	試験方法	頻 度	標準的な 管理の限界	不満足な場合 の処置および参考 事項
再生加熱ア スファ ルト安定 処理	再生加熱混合物 から回収した再生 アスファルトの 針入度	プラント採取 試料 (回収方法) ASTM D 1856 (針入度) JIS K 2207	5,000m ² に 1 回	設計針入度の 77%以上 かつ39以上	旧アスファルト の針入度を確認 し、再生用添加 剤の添加率等の 修正により調整 する。
	アスファルトコン クリート再生 骨材配合率	自記記録装置 またはそれに 準じる方法	全バッチ	設定配合率 ± 6% 以下	新アスファルト、 再生用添加剤、 新しい骨材、再 生骨材の計量装 置の照査。 工程の初期には 抽出試験を併用 する。
	再生アスファルト 量	抽出試験または 新しい骨材、 再生骨材、新 アスファルト、 再生用添加剤 の計量値および 旧アスファルト 量による。	抽出試験 1~2 回/日 自記記録 ：全数	抽出試験の場合 ±1.2% 自記記録の場合 ±0.01 W× (1.27-0.06A)	
表層・基層 (再生加熱ア スファルト混 合物)	再生加熱混合物 から回収した再生 アスファルトの 針入度	プラント採取 試料 (回収方法) ASTM D 1856 (針入度) JIS K 2207	5,000m ² に 1 回	設計針入度の 77%以上 かつ39以上	旧アスファルト の針入度を確認 し、再生用添加 剤の添加率等の 修正により調整 する。
	アスファルトコン クリート再生 骨材配合率	自記記録装置 またはそれに 準じる方法	全バッチ	設定配合率 ± 6% 以下	新アスファルト、 再生用添加剤、 新しい骨材、再 生骨材の計量装 置の照査。 工程の初期には 抽出試験を併用 する。
	再生アスファルト 量	抽出試験または 新しい骨材、 再生骨材、新 アスファルト、 再生用添加剤 の計量値および 旧アスファルト 量による。	抽出試験 1~2 回/日 自記記録 ：全数	抽出試験の場合 ±0.9% 自記記録の場合 ±0.01 W× (0.95-0.06A)	

〔注1〕 回収した再生アスファルトの針入度の試験は、混合直後の再生加熱アスファルト混合物より採取した試料により行う。

回収した再生アスファルトの針入度の測定に代わるものとしては、あらかじめ求められている再生骨材、新アスファルト、再生用添加剤の混合物における配合率と針入度との関係から、これらの計量値の自記記録を用いて求めた針入度が所定の設計針入度であるかを判断することでもよい。

ただし、その場合でも少なくとも1回は回収した再生アスファルトの針入度を測定し、適正に再生されているかどうかを確認しなければならない。

〔注2〕 アスファルトコンクリート再生骨材の混合物における配合率は、バッチ計量にあっては各バッチ毎の計量値について、連続計量にあっては1～5分間ごとの計量値について、全材料乾燥重量（容積式では換算重量）に対する再生骨材乾燥重量（容積式では換算重量）の割合を百分率であらわす。

計量値の自記記録はデジタル式で、日付および時間が適宜記録されるものが望ましい。

〔注3〕 アスファルトコンクリート再生骨材の混合物における配合率は、連続100バッチ（連続計量にあっては連続100回分の測定値）において限界をはずれるものが5バッチ以上（連続計量にあっては5回分以上）にならないよう管理すればよい。

〔注4〕 自記記録装置の計量値より再生アスファルト量を求める場合は以下の式により計算する。

$$W_a = W_n + W_r \left(1 - \frac{a_r}{100}\right)$$

$$W = W_a + A_n + A_r + R_a$$

$$A = \frac{A_n + A_r + R_a}{W} \times 100$$

ここに

W ：再生混合物の総重量

W_a ：骨材の総重量

W_n ：新しい骨材の重量

W_r ：再生骨材の重量

a_r ：再生骨材中の旧アスファルト含有量（%）

A ：再生アスファルト量（%）

A_n ：新アスファルトの重量

A_r ：旧アスファルトの重量

R_a ：再生用添加剤の重量

検査については、「要綱」6-5によるが、更に再生材独自の性状に配慮して、新たに検査項目を設ける必要がある。検査項目の具体的内容については、品質管理項目（表8-7及び表8-8）を参考に決めるといが、当面は以下のような項目が考えられる。

① 再生加熱アスファルト混合物からの回収アス

ファルトの針入度

② アスファルト・コンクリート再生骨材使用率

③ 再生アスファルト量

これらの項目についての検査方法、合格判定値は、要綱に準じた取扱いが必要である。

あとがき

本報告は、私が建設省在職中に建技報告や指針（案）のとおりまとめにたずさわらせていただいた頃の資料にもとずいて整理したものであることを記し、発表の機会を与えて下さった編集委員会の方々に厚くお礼申し上げます。

参考文献

日本道路協会 舗装廃材再生利用技術指針（案）昭和59年7月

サーフェスリサイクリング工法の技術的現況

羽 山 高 義*

1. まえがき

第1次道路整備五箇年計画以来、わが国の道路は着実に整備、拡充がはかられてきたが、その維持修善延長も増加の一途をたどっている。一方、省資源、省エネルギー、あるいは公害防止に対する社会的気運の高揚は、経済的で環境保全に役立つ補修工法を必要としてきた。こうしたなかであって、舗装のリサイクリングが急がれてきたわけであるが、現在では、諸外国で行なわれている代表的工法はほぼ出そろった感がある。そのうち、サーフェスリサイクリング工法（路上表層再生工法）は、わが国では最近になって実用化されたまだ新しい工法であるが、経済性に優れ、ワンパスで施工が完了するため、以来急速に普及しつつある。

本稿は、サーフェスリサイクリング工法が実用化された技術的背景と、現在の技術的状況とについて、文献等を参考としながら整理し、解説するものである。

2. 工法開発の技術的背景

破損したアスファルト表層を現位置で加熱再生（サーフェスリサイクル）しようとするアイデアは、ごく自然な発生にもとづくもので、欧米ではすでに実用化されていたが、わが国では、

- ① 路上再生混合物の品質に対する危惧
- ② 多大な機械開発、設備投資への不安

などから、その導入には若干の時間を要し、材料技術、機械技術の蓄積と、気運の熟しが必要であった。

2-1 舗装廃材再生利用技術の進展

アスファルト混合物の加熱リサイクリングは、プラント方式により開始され、当初、民間工事を中心に出荷されていた。しかし、建設省などは早くからこうしたリサイクリングに着目し、昭和51年度建設技術補助金研究など¹⁾²⁾を始めとし、官民一体となった技術開発が進められ、再生アスファルト加熱混合物の生産量も年々増加して来ている。その後、はば広い検討の結果、昭和59年7月には「舗装廃材再生利用技術指針(案)」³⁾がまとめ上

げられたことは、周知のとおりである。

わが国の場合、アスファルト舗装廃材は、通常不特定の発生箇所より搬入されることが多く、それらを所定の品質に再生するわけであるが、「指針(案)」では、若干残された問題はあるにせよ、舗装の供用性調査および弾性解析等の結果から、一応新しい材料のみを用いた場合と同等の評価を与えるとしている。

以上のように、プラント方式によるアスファルト舗装廃材の再生利用がおおむね軌道にのり、その品質について確信が得られるようになった技術の蓄積は、サーフェスリサイクリング工法実用化の大きな下地となった。

2-2 補修機械の発達

ここでは補修機械の変遷について簡略に紹介する。

(1) ヒータープレーナ

アスファルト路面の凸部修正のため、当初はヒータープレーナが用いられた。建設省は昭和34年に米国より機械を輸入して、大都市や周辺都市などにおいて使用していた⁴⁾が、当時の交通状況に対しては、それなりの効果があったとされる。

この機械は、ヒーターユニットによって路面を加熱したあと、備えつけのブレードによって路面を削り取るものであるが、アスファルト舗装の補修に大型ヒータ利用の先鞭をつけた点で重要である。

(2) 路面切削機

その後、補修用の大型機械は、切削機に力が注がれるようになる。路面の切削方式は、現在でも加熱併用方式と常温方式とがとられているが、前者の方式は、路面ヒータの性能向上をうながした。

一方、後者の常温切削方式は、最近では積込み機能も備えた高性能の大型切削機（通称コールドプレーナ）が導入され始めている。この機械は、コニカルビットを装着したドラムカッタを備えているが、わが国の路上再生機の多くが、この方式もしくはその改造型を採用している点で、大きな示唆を与えたと思われる。

(3) ヒータースカリファイア

昭和53年には、耐流動を目的として、ヒータで路面を

*はやま たかよし 日本舗道株式会社工事開発部

加熱したあと碎石を圧入し、その上にオーバーレイを施すアスファルト路面強化処理工法⁵⁾が実用化されている。翌年には、この工法にヒータースカリファイアが導入される⁶⁾が、昭和55年には、ヒータースカリファイアを用いた路面整形を目的とする別の補修工法も開始されている⁷⁾。

ヒータースカリファイアは、ヒータで路面を加熱したあと、備え付けのスカリファイアで既設舗装をかき起す機械で、米国では古くから使用されてきた。しかし、そのまま転圧したのではスカリの跡が畝状に残ったりするため、米国のアスファルト再生利用協会 (ARRA) では、加熱タンパ、もしくは振動スクリードの装備を仕様している。⁸⁾わが国では、間もなくサーフェスリサイクリング専用の路面ヒータと路上再生機とが開発されたため、ヒータースカリファイアそのものの利用期間はわずかではあったが、その施工実績は、アスファルト舗装の現位置加熱再生利用技術を急速に改善するのに役立ち、本格的なサーフェスリサイクリング工法出現への前提となった。

3. 工法実用化後の経緯

前述のとおり、サーフェスリサイクリング工法の前身ともいえる補修工法が昭和53年頃より開始されたわけであるが、その後工法の開発が急速に進められ、昭和56年7月、東北道盛岡において本邦初の本格的なサーフェスリサイクリング工事が実施された。⁹⁾以降、建設省を始め各地方自治体等でも工事が採用され、当時2～3社であった施工業者も、現在では18社を越えるに至っている。

この間、施工実績は表-1¹⁰⁾に示すとおり飛躍的に増加してきたが、背景として各発注機関の積極的な対応があったことを見逃せない。とりわけ、高度の品質と供用性が要求される高速道路において、一応の成果を収めたことが、この工法の進展へのきっかけとなった。さらに、昭和57年には建設省直轄技術研究会の指定課題工事として取り上げられ、全国各地の自治体機関でも工法の採用が増え始めたが、これらは工法の応用動作を拡大し、適用性を高めるうえで大いに寄与してきたと考えられる。

図-1¹¹⁾は、昭和56年度および昭和57年度の施工面積70万㎡を発注機関別に示したもので、この図から、都道府県および市町村で、全体の67%の工事発注を行っていることが判るが、この工法が一般化し、在来工法の代替

工法として浸透してゆくものとすれば、自治体工事の比率がより大きくなってゆくものと思われる。現在までに、沖縄から北海道に至るほとんどの地域で施工が行なわれているが、まだ試験的な採用もあり、今後、一般工法と同等な取扱いの確立が望まれよう。

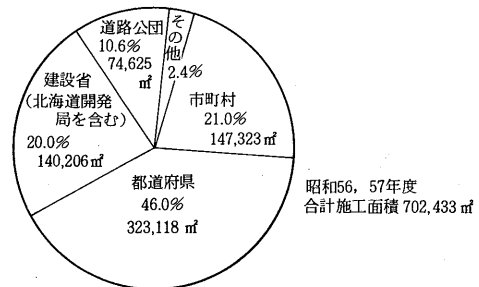


図-1 発注機関別実績¹¹⁾

4. サーフェスリサイクリング工法の分類

サーフェスリサイクリング工法は、わが国では路上表層再生工法と称されているが、その定義と分類についてはまだ公的な統一がはかられていないのが現状である。

サーフェスリサイクリング工法は、一般には、表-2に示す4つの工法に分類される。この工法分類は、西独のGraggerが1979年(昭和54年)のIAT(The Institute of Asphalt Technology)において提唱したもの¹²⁾で、わが国にもいち早く紹介された。¹³⁾¹⁴⁾しかし、わが国の路面損傷は多様であり、これに対応するため実用上は、例えば図-2¹⁵⁾のように工法が細分化されてきている。

表-2 サーフェスリサイクリング工法の分類例¹²⁾
(Gragger)

分類	内 容	断 面
リ フ ォ ム (リシェイプ)	既設表層を加熱、かき起し、整正、敷きならし、転圧する工法	(施工前) (施工後)
リ グ リ ッ プ	既設表層を加熱、かき起し、整正、敷きならし、碎石散布、転圧、圧入する工法	
リ ペ ー プ	既設表層を加熱、かき起し、整正、新材供給、同時敷きならし、同時転圧する工法	
リ ミ ッ ク ス	既設表層を加熱、かき起し、新材供給、新旧材混合、整正、敷きならし、転圧する工法	

(注) Gragger の分類を表にしたものである。

表-1 サーフェスリサイクリング工法年度別施行実績¹⁰⁾

年 度	55	56	57	58	計
施工面積(㎡)	10,000	60,000	670,000	2,370,000	3,110,000

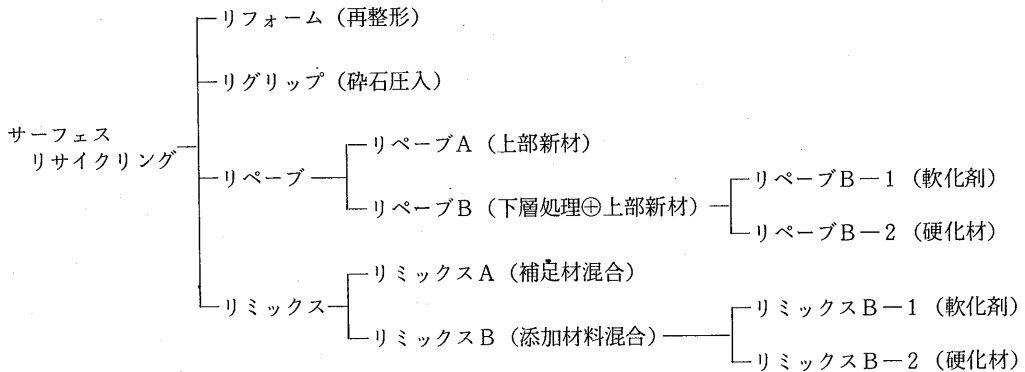


図-2 サーフেসリサイリング工法の分類例¹⁵⁾

一方、工法別の施工実績は、表-3¹⁰⁾のとおりであり、わが国ではリペーブ工法の採用が圧倒的に多いことが判る。このことは、リペーブ工法の適用範囲の広さと、施工の無難さを示すものであるが、同時に、新規混合物の補充を必要とする摩耗路面での採用が多いためでもある。

表-3 工法別施工実績比¹⁰⁾

年度	工法	リフォーム	リグリッパ	リペーブ	リミックス	計
57		6.2	2.4	81.2	10.2	100(%)
58		7.6	2.0	79.7	10.7	100(%)

以下、各工法と、その適用範囲について示¹⁶⁾すが、リグリッパ工法は、リペーブ工法またはリミックス工法の仕上り面への適用も可能なため、むしろ応用工法としてとらえる傾向もみられ、西独のハンドブック Der El-sner（1983年版）¹⁷⁾では、リグリッパを除いた3つの工法を基本工法としている。

<リフォーム（リシェイプ）工法>

この工法はサーフェスリサイリング工法の基本となる工法で、既設混合物の加熱、かき起し、敷きならし、転圧といった一連の作業から構成される。既設混合物に問題がなく、路面に変形が生じている場合等に適用される。ただし、質的改善は望めず、適用場所は限定される。

<リグリッパ工法>

既設混合物の再生、敷きならし後、直ちに骨材（一般にはプレコートチップ）を散布し、転圧、圧入する工法で、すべり抵抗の改善が図れる。また、既述したアスファルト路面強化処理工法のように、リグリッパした層を基層とするか、または表層切削後基層をリグリッパし、その上に表層オーバーレイを施せば耐流動対策ともなる。

<リペーブ工法>

既設混合物を再生、敷きならしした上に、別途供給した新規混合物を敷きならし、上下層を同時転圧する工法。この工法は、各種の添加材料（軟化剤、硬化剤）やプレコートチップ等の散布による下層材（既設混合物）の混合処理も行え、また上層材（新規混合物）に耐流動、耐摩耗の混合物を使用し、表層の質的改善や耐久性の向上も図れる。したがって、その適用範囲は広く、多くの路面損傷に対応できる。さらに、その仕上り面は通常のオーバーレイ工法と変りはなく、同時敷きならし、同時転圧であるため、新規混合物は薄層でも施工できる利点がある。

<リミックス工法>

再生した既設混合物に新規混合物や各種の添加材料を加え、質的に改善した新しい混合物を路上で製造して敷きならし、転圧する工法で、既設混合物の粒度改良、あるいは相対的なバインダ量の加減まで行える。ただし、既設混合物の粒度やバインダ量のバラツキが大きい場合、仕上りキメの一様化には限度があり、上層に新規混合物を用いるリペーブ工法のほうが無難な場合も多い。

5. 施工機械

現在、わが国では40セット近い施工機械が稼動している。このうちには建設機械メーカーの市販品も含まれているが、工法の展開が急であったため、大半の機械は、各施工業者が独自に開発してきたものである。したがって、施工機械の編成をはじめ、機械の構造、能力、特性など各社相違する点も多い。

以下、機械編成と主要機械について記述するが、各社の施工機械や欧米の施工機械については、別誌²⁾¹³⁾¹⁸⁾

を参考とされたい。

5-1 機械編成

サーフェスリサイクリング工法の主要機械は、再生用路面ヒータ、路上再生機、および転圧機により構成されるが、その機械編成は、例えばリペーブ工法についてみると、図-3¹¹⁾のように3つのタイプに大別される。そのうち、タイプA、タイプCの機械編成は、シングルパス機を指向したもので、路上再生機は、既設表層の再生と新規混合物の舗設を同時に行うことができる。ただし、欧米のシングルパス機と異なり、加熱機と再生機とを分離させることによって、わが国道路への適用性を高めている。

一方、タイプBの機械編成は、米国等のヒーターオーバーレイ工法を規範としたもので、上部新材の舗設には通常のフィニッシャを併用する。既設混合物の再生、敷きならしと、上部新材舗設との間にタイムラグを生ずる不利はあるが、再生機は独立して動ける。

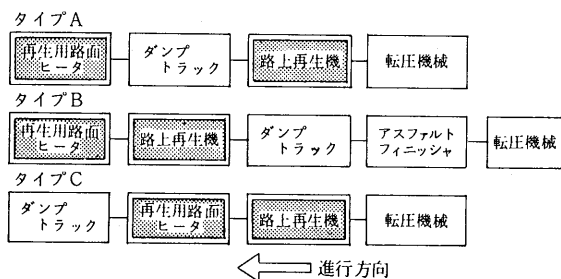


図-3 施工機械編成の分類例 (リペーブ工法)¹¹⁾

5-2 再生用路面ヒータ

この工法にとって、路面加熱の適否は工事の成否を左右するといっても過言ではない。ヒータの所望される性能は、アスファルトの加熱劣化を最少限におさえながら、再生処理を行うのに必要かつ十分な熱量を既設舗装体に加えることである。したがって、各機種とも赤外線または熱風による間接加熱方式をとっているのが特徴である。

一方、良い仕上りを確保するためにはムラのない加熱と、一定の施工速度を保持することが重要だが、外気の影響を受ける路上での施行となるため、ヒータの能力そのものは相当大きな発熱量が必要とされる。わが国では熱量規定がないが、Eppsらの提案仕様書¹⁹⁾の中では250～430万Kcal/hrの能力が仕様されている。ヒータの構造に工夫を凝らし、熱効率を高めたり、作業性の向上をはかったりする努力は不可欠だが、わが国のヒータは、運搬性や操作性を考慮するあまり小型軽量化の傾

向もみられ、欧米に比し、絶対発熱量がやや不足気味であることは否めない。そうしたことから、最近では2ヒータ方式や補助ヒータ兼用方式をとっている例も少くない。

5-3 路上再生機

路上再生機は、その目的によって、④既設舗装体の再生のみを行う機械(リフォーマ、リシェイパ)、⑤上部新材の同時舗設を行う機械(リペーパ)、および⑥新旧混合物の混合、舗設を行う機械(リミキサ)の3つのタイプに分けられるが、わが国では完全には名称の統一がなされていない。

いずれの機械でも、既設混合物をかき起し、攪拌し、所要の温度を有するうちに敷きならすことのできる機能を備えていることが前提となる。さらに、リペーパは、新規混合物の供給、敷きならし装置を、リミキサは混合装置を各々装備する必要がある。そのうち、リペーパの構造例(市販品)を図-4に示す。

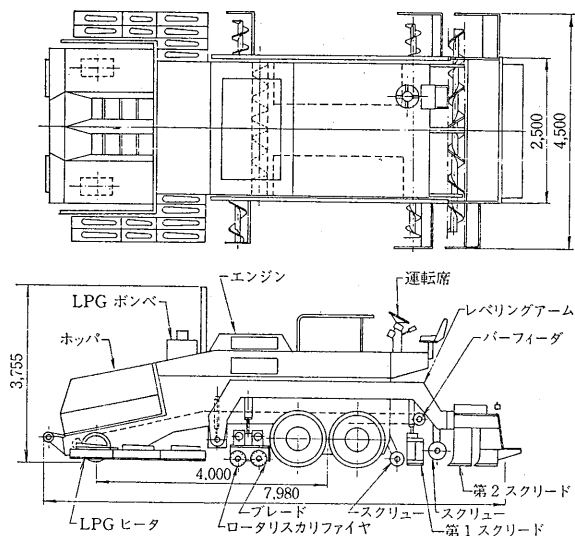


図-4 リペーパ構造図 (NRF 400型)

現在、わが国で用いられている路上再生機は、その構造や仕様においてかなりの相違もあるが、ロータリースカリファイヤ(横軸ロータリーミキサ含む)を単独、もしくは固定式スカリと併用している特徴がみられ、添加材料の路上混合が可能になっている。また、各装置は横方向に伸縮できるものが多く、欧米の再生機にはみられない芸の細かさもみられる。逆に、このように工夫を凝らすことによってわが国道路への適用をはかってきたともいえる。

5-4 転圧機

いかに効率的な加熱を行ったとしても、既設混合物の熱劣化を最少限におさえるという制約の中では、新規混合物と同等の温度での敷きならしは容易ではない。特に寒冷期ではその条件は厳しくなり、とりわけ、モルタル分の少い混合物やバインダー粘度の高い混合物では不利となる。このような条件下で適切な締固めを行うためには、転圧効果の大きな機種採用と早期転圧が望ましく、各社大型振動ローラの導入が多くなっている理由でもある。工法別には、新規混合物を用いるリベープ工法やリミックス工法が多少なりとも有利であるが、やはり大きな締固めエネルギーを必要とする点で変わりはない。

ただし、市街地での夜間工事などでは大型振動ローラを使用できないことも多い。こうした場合無振動の鉄輪ローラにたよらざるをえないが、温度低下を考慮して、より以上の加熱と、早期転圧の徹底をはかる必要がある。

6. 事前調査と工法選定

この工法は、破損したアスファルト表層そのものを、現位置にて加熱再生するため、破損した層の「診断」が不可欠となる。したがって事前調査を実施し、具体的な工法が決定される。

工法選定は、通常、図-5²⁰⁾のフローに準じて実施される。

6-1 予備調査（現地踏査）

予備調査は工法採用の適否、区間の選定、および工法、

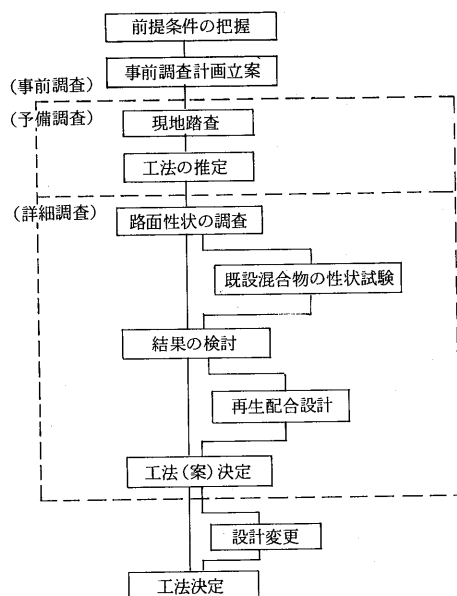


図-5 事前調査の基本的作業の流れ²⁰⁾

断面の推定などを行い、おおまかな工事計画を立案するために現地踏査を行うものである。

踏査項目としては、既設舗装の破損状況の把握が第1であるが、沿道環境や路線状況など、工事を実施する上で重要な事項も含まれる。以下、踏査項目例を示す。

<路面状況>

- ① 破損の形態（わだち堀れ、ひびわれ等）
- ② 横断形状（わだち堀れ深さ、横断勾配）
- ③ 舗装構造（大型車通過時のたわみや振動）
- ④ 補修の履歴（パッチングの有無等）
- ⑤ 事前処理必要箇所（要打換え箇所、要凸部修正箇所）

<路線状況>

- ① 道路幅員、交差点（施工幅員、交通規制方法）
- ② 交通量（舗装構造の吟味、交通規制方法）
- ③ 中央分離帯、排水施設、歩道（施工方法）
- ④ 人孔、橋梁継手等の有無（施工能率、施工方法）
- ⑤ 使用機械の駐機場（重機回送方法）

<沿道環境>

- ① 沿道街並み（振動、騒音、夜間施工の可否）
- ② 進入路、枝道（交通規制方法）
- ③ 街路樹、緑地帯（熱の影響）

6-2 詳細調査

予備調査にもとづいて立案した工事計画をつめるため、詳細調査が実施される。詳細調査には、

- ① 路面状況の調査（現場）
- ② 既設混合物の性状試験（室内）
- ③ 再生のための配合設計（室内）

などが含まれる。

路面調査や既設混合物の性状試験は、適切な工法、断面を決定するための重要なステップであるが、調査試験には多大な時間と費用とがかかるため、目的にそって適切に項目や数量を組むことが望まれる。その際、既往のデータを参考とすることも大切であろう。例えば、摩耗路面におけるわだち堀れ深さと平均摩耗量との間には、図-6²⁰⁾のような関係が得られているし、アスファルト針入度の経年変化については、図-7¹¹⁾のようなデータもある。

一方、再生のための配合設計は、添加材料による混合処理を行う場合や、新旧混合物の混合舗設を行う場合に実施する。まだ手法の規準化はなされていないが、軟化剤については、ノモグラフより添加量を求め、マーシャル試験によって照査する方法が、また、硬化材については余剰アスファルト量より添加量を求め、ホイットラッキング試験により結果の確認を行う方法などが提案され

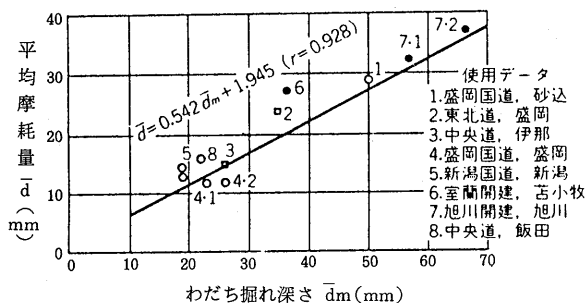


図-6 摩耗路面における平均摩耗量の予測²⁰⁾

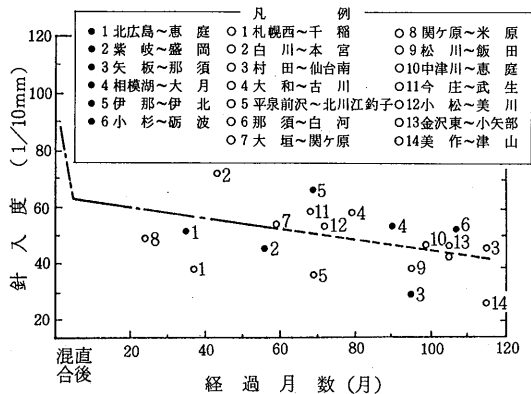


図-7 針入度の経年変化 (高速道路)¹¹⁾

ている。²⁰⁾

6-3 工法の選定

施工方法が斬新であるため、この工法を万能視するむきもあるが、むしろ工法の長所短所を熟知し、事前調査結果にもとづいて適切な工法選定を行うことが重要である。

(1) 工法採用の前提条件

この工法は、大型施工機械を連ねるため、工法のメリットを引き出すためには、それなりの工事規模が必要である。さらに、工法適用上は施工処理厚の制約を受ける。

すなわち、路上再生機のかき起し装置は任意の位置にセットできるが、アスファルトを劣化させず効率的に伝熱できる熱浸透深さは3～4 cm程度であり、

- ① 再生できる深さは、最大でも3～4 cm以内である
- ② 下層の構造は、今後の使用にも耐えうることの2点が工法採用の基本条件となる。したがって、構造上欠陥がある場合や、深い位置から破損が生じている場合には、サーフェスリサイクリング工法の採用は好ましくないといえる。ただし、支持力不足箇所の事前打換え、凸部修正や表層切削による処理深さの変更などにより、

適用範囲を広げることができる。なお、構造欠陥を抱えながらも、供用性維持のため応急的に採用され、予想以上の効果が得られた例もある。

(2) 工法選定のフローシート

サーフェスリサイクリング工法のうち、どの工法を採用するかは、例えば図-8¹⁶⁾のようなフローシートによって検討することができる。しかし、わが国の路面破損形態は多様であり、2種類以上の損傷が併発していたりするため、必ずしも単純には工法の選定はできないが、地域や道路種別が同じであれば、破損の形態も類似的傾向にあり、経験の積み上げによって、そうした問題は軽減されてこよう。

なお、日本道路公団試験所では、基礎的研究を踏まえ、高速道路におけるサーフェスリサイクリング工法の適用基準(案)として、表-4、5を提案している。²¹⁾

表-4 サーフェスリサイクリングの適用基準(案)²¹⁾

- ① リフォーム(100%再生)工法は、回収アスファルトの軟化点が54℃以下、針入度が50以上の旧舗装に適用する。
- ② リペーブ(上部新材)工法は、回収アスファルトの軟化点が60℃以下、針入度が30以上の旧舗装に適用する。

表-5 サーフェスリサイクリングの品質基準値(案)²¹⁾

サーフェスリサイクリングにおけるヒーティングおよびかきほぐし後の試料を採取しKODAN202(歴青混合物に対するマーシャル試験方法)およびASTMD2041(歴青混合物の最大比重試験方法)により試験したとき、次の性質を有するものでなければならない。

なお、突き固め温度は110℃、突き固め回数は50回を標準とする。

項	目	基準値	摘	要
安定度	(kg)	600以上		
フロー値	(1/100cm)	15～40		
空げき率	(%)	6以下		
水浸マーシャル安定度	(%)	75以上		

また、サーフェスリサイクリング後のアスファルトコンクリート表層の空げき率は、ASTMD2041(歴青混合物の最大比重試験方法)の最大比重より算出したとき、次の規定に適合しなければならない。

項	目	路上再生後の表層
現場空げき率		6%以下

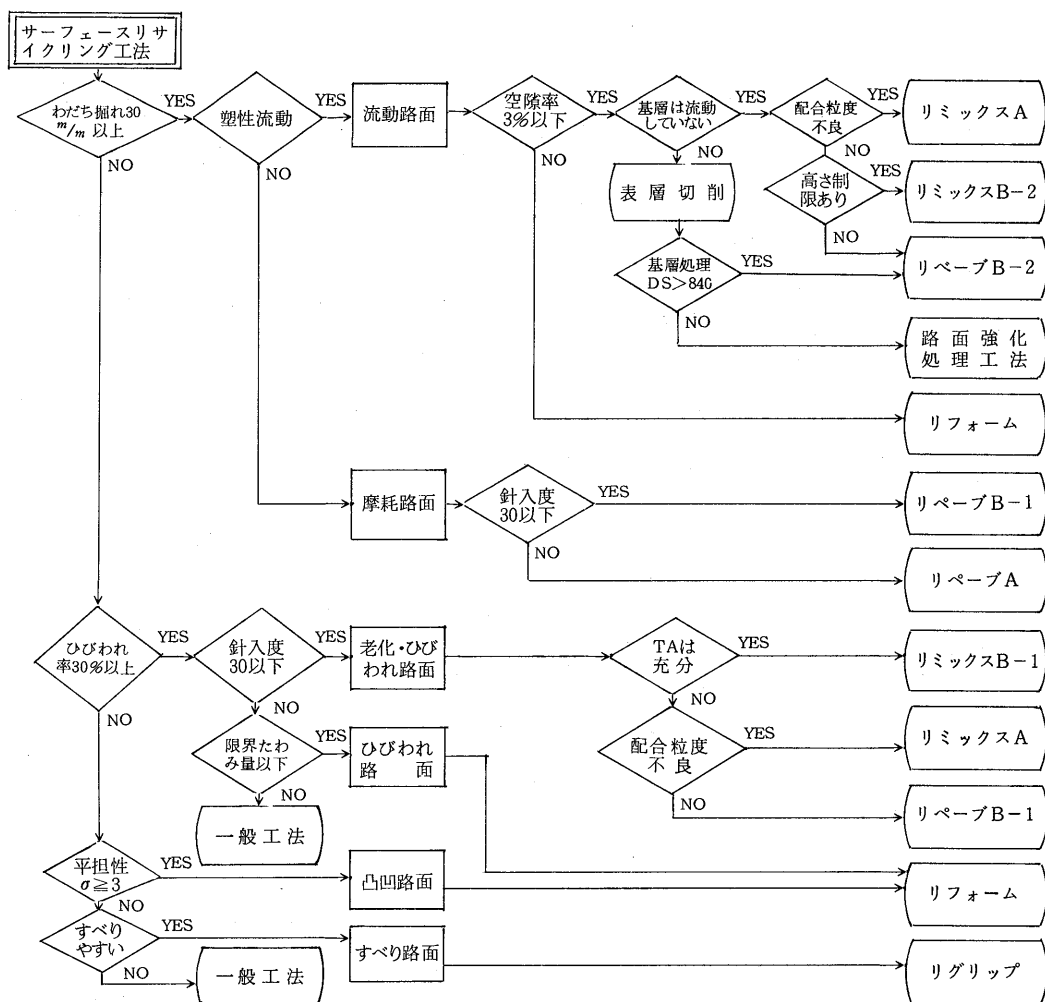


図-8 工法選定のフローシート 16)

7. 基礎的研究の成果

サーフェスリサイクリング工法は、施工機械の開発が先行し、その展開も急であったため、再生混合物の特性についての基礎的研究は未だ十分でない面もある。今後、適用範囲を広げ、単なる再生ではなく、蘇生によって品質の向上をはかって行くためには、基礎的研究の余地は大きい。

以下、今までに報告された研究成果のいくつかをもとに、加熱劣化および再生混合物の性状について述べる。

7-1 アスファルトの加熱と劣化

先にも述べたとおり、サーフェスリサイクリングでは間接加熱方式を導入することによって、既設舗装体のアスファルトの熱劣化を極力抑制しようとしている。しかし実際には、既設路面の表面に近い部分で劣化がより進

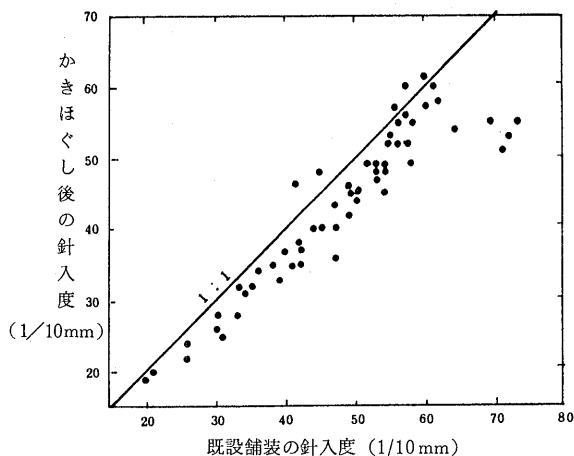


図-9 施工前後の針入度の関係 11)

行するとはいえ、²²⁾ 図-9¹¹⁾ にみられるように、アスファルト性状に変化が生じていることは否めない。

ところで、施工時の舗装体内部温度は熱伝導方程式によって予測することができるが、その検討を行った例では、図-10 に示すように、①分割加熱方式により表面温度の上りすぎが抑制できること、②表面に加えた熱は時間差を伴い下層に伝達し、加熱直後よりも若干の時間をおいて既設層の再生を行ったほうが得策であること、③2ヒータ方式の導入により施工速度の向上がはかれることなどを述べた上で、④理論上は、ヒーターユニットをより分割し、前方のヒータほど火力を強く、しかも各々の表面温度のピークを等しくする方法が得策であると指摘している。表面温度の抑制は、加熱劣化を防止する上で重要であり、多くの加熱機がその考えを取り入れている。¹⁶⁾ ²⁴⁾ さらに、熱伝達の時間差を保温にあて、熱の浸透を助長する方法も考えられている。²⁵⁾

7-2 再生混合物の性状

加熱された既設混合物は、かき起こされ、そのまま利用されるか、添加材料や新規混合物と混合され、必要に応じて、その上に碎石散布や、新規混合物の舗設がなされ、転圧して仕上げられる。

かき起した混合物は、図-11¹¹⁾ に示すように、ほとんど粒度変化はない。したがって、バインダー性状から混合物の特性が決定づけられることになるが、加熱劣化を受ける分、硬い混合物に移行する。²²⁾ ²⁵⁾ しかしながら、その内容については、耐久性を含めた総合的な検討が必要で

あり、今後の研究成果を待ちたい。ただし、再生混合物の温度は、新規混合物より低いのが常であり、供用性を考慮した場合、施工に際し十分な締固めが望まれる。

既設混合物に、添加材料（軟化剤、硬化剤）や新規混合物を加え、性状改善をはかることも行われる。この種の工法において軟化剤が利用されたのは、九州道植木の例²⁶⁾（昭和56年11月）が最初であろうが、米国では古い実績をもち、むしろ標準的な手法となっている。わが国では、プラントリサイクリングにおいて再生用添加剤の研究が活発になされてきたが、サーフェスリサイクリングにおいては、まだ緒についたばかりである。²⁰⁾ ²²⁾ ²⁷⁾ ²⁸⁾

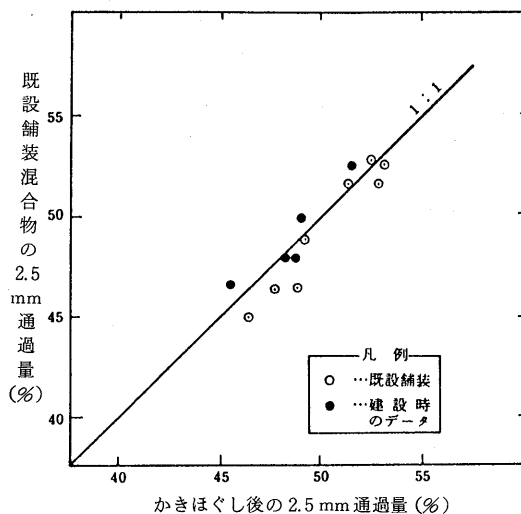


図-11 施工前後の粒度の変化¹¹⁾

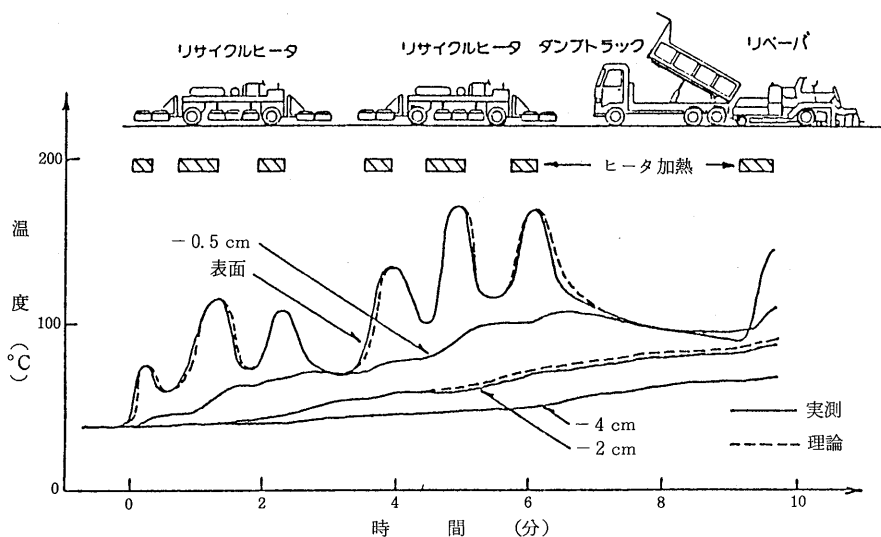


図-10 加熱時の舗装体温度変化（2ヒータの例）²³⁾

表-6 サーフェスリサイクリング用軟化剤の堆積仕様 (ARRA)⁸⁾

項 目	試 験 方 法		所 要 性 状	
	ASTM	AASHTO	Light Grade	Medium Grade
エマルジョンの性状				
比重 (25°C/25°C)				
粘度 (25°C) CFS	D 244 - 77	T 59-74	15 ~ 80	10 ~ 85
蒸発残留物 %	D 244 - 77 (Mod)	T 59-74 (Mod)	60 ~	50 ~
セメント混合試験 %	D 244 - 77	T 59-74	~ 2.0	~ 2.0
フルイ試験 %	D 244 - 77 (Mod)	T 59-74 (Mod)	~ 0.1	~ 0.1
粒子帯電 %	D 244 - 77	T 59-74	⊕	⊕
ベースオイルの性状				
原性状				
粒度 (60°C) cSt	D 2170 - 76	T 201-74	80 ~ 500	1000 ~ 4000
引火点 (COC) °C	D 92 - 78	T 48-74	204 ~	210 ~
飽和化合物 %	D 2007 - 75	—	~ 30	~ 28
アスファルテン %	D 2006 - 70	—	~ 1.5	~ 9.0
P C/S 比	D 2006 - 70	—	0.5 ~	0.5 ~
(PC+A ₁)/(S+A ₂)	D 2006 - 70	—	0.2 ~ 1.0	0.2 ~ 1.2
回転薄膜加熱残留物	D 2872 - 77	T 240-73		
粘度比	D 2170 - 76	T 201-74	~ 3.0	~ 2.5
重量減	D 2872 - 77	T 240-73	~ 6.5	~ 2.0

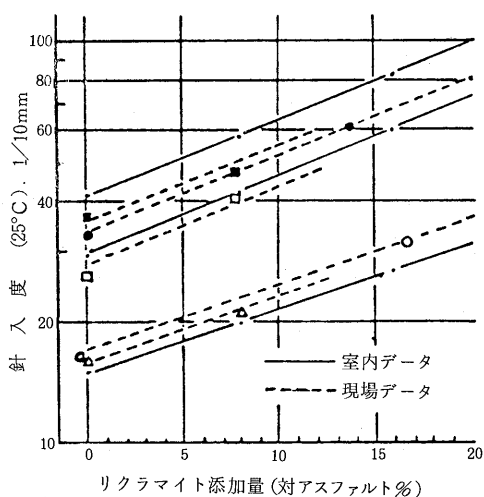


図-12 路上再生軟化剤の添加効果²²⁾

ARRA では、この工法用の軟化剤として、石油レジ系のエマルジョンを、表-6 のように仕様している⁸⁾が、この規格に合う軟化剤の添加効果の例として、図-12²²⁾がある。

硬化剤については、吸油性の材料が用いられ、主として耐流動性の要求される箇所に適用される。^{20) 27) ~ 29)} 添加効果については、例えば図-13³⁰⁾ のとおりであり、添加量に比例して動的安定度は大きくなり、同粒度の天然骨材では得られない効果を示す。

ところで、混合物が配合不良と考えられる場合には、添加材料による修正では限度があり、この場合は新規混合物とのリミックスが必要となる。新旧リミックスによる混合物の特性は、事例が多岐にわたるため一概にはい

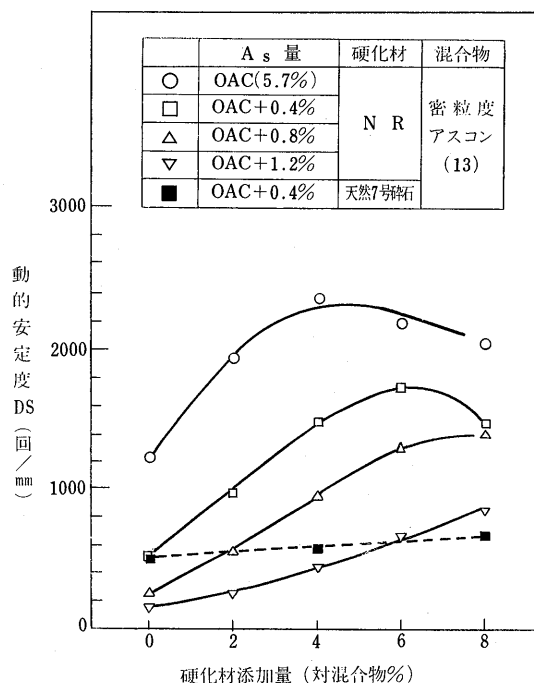


図-13 路上再生硬化材の添加効果³⁰⁾

えないが、配合比に依存して、既設混合物と新規混合物との中間的特性を示すと見てよい。ただし、再生効果を高めるため、新旧リミックスの際に再生添加材料を併用することはしばしば行われている。

なお、リベープあるいはリミックス工法における新規混合物として、耐流動性、あるいは耐摩耗性に富む混合物を使用することも行われており、^{28) 31) 32)} それなりの効果が得られている。

8. あとがき

サーフェスリサイクリング工法は、この数年間のうちに急速に進展してきたが、まだ残された課題も多い。工法の完成度を高め、適用性を広げてゆくためには、施工技術の向上と、材料特性のより詳細な解明が急がれる。また、工法の一般化という点では、調査、設計、施工の

各方法の体系的標準化と、管理検査基準の制定とが望まれている。その対応として、建設省や日本道路公団では、当初より積極的に調査、研究を進めており、他の諸官庁も独自の取り組みを展開しているところが多い。さらに、昨年、日本道路協会にこの工法のワーキンググループが設けられ、技術指針の作成に向けて活動が開始されている。

他方、公認されつつあるこの工法も、耐久性などについてはこれから真価が問われて来よう。また、トータルコストについての評価もこれから漸次に定まってくるようが、経済的なメリットがあつて初めて価値あるものとして許容されると考えられる。この工法は、使われ方によっては維持工法にも修繕工法にもなりうるが、いずれにしても、失敗のない施工の積み上げによってのみ普遍化されてゆくものと考えられる。

参考文献

1. 昭和51年度建設技術研究補助金による研究報告、アスファルト舗装の再生利用技術に関する研究、日本舗道学会、昭和52年3月
2. 日本建設機械化協会舗装材再生装置調査委員会、舗装廃材リサイクル機械調査報告書、昭和54年3月、昭和55年3月、昭和56年3月
3. 舗装廃材再生利用技術指針(案)、日本道路協会、昭和59年7月
4. 竹内、維持補修用の切削・破碎機、アスファルト、No. 133, 1982, P. 25~28.
5. 磯崎、堀口、武田、茨城県における流動路面の舗装修繕試験施工について、舗装、14-8 (1979), P. 16~21.
6. 山之口、鈴木、巻内、わだち堀れ補修方法の一提案、第13回日本道路会議一般論文集 512, 昭和54年
7. 染川、路上再生(表層)機械“リシェーパ”、建設の機械化、'83. 6, P. 27~30.
8. Recommended Specifications for Hot Surface Recycling, ARRA, 12/15/1981
9. 吉田、佐藤、東北自動車道におけるすりへり路面の修繕、舗装、17~5 (1982), P. 3~8.
10. Rehabilitation and Recycling of Pavements in Japan, The Japan Road Contractors Association, 1984
11. 高速道路調査会サーフェスリサイクリングに関する研究委員会、サーフェスリサイクリングに関する研究報告書(日本道路公団委託)、昭和59年2月
12. F. Gragger, Recycling of Asphalt Reforming, Repaving, Remixing, Annual Meeting of the Institute of Asphalt Technology, Oct, 1979.
13. 高野、アスファルト舗装の現位置再生工法の概況、建設の機械化、'80. 3, P. 62~66.
14. 小栗、OECD舗装材料リサイクリングセミナー、道路、1981-10, P. 88~91.
15. 唐沢、再生プラントとサーフェスリサイクルについて、工業時事通信社第四回土木技術専門講座テキスト、昭和58年2月, P. 6-1~6-14.
16. 田中、羽山、サーフェスリサイクリング工法の開発、道路建設、58/11, P. 63~71.
17. Der Elsner-Handbuch für Straßen und Verkehrswesen-1983, Otto Elsner Verlagsgesellschaft, P. H/748~756.
18. 路上再生(表層)機械特集、建設の機械化、'83. 6, P. 17~67.
19. J. A. Epps, D. N. Little, R. J. Holmgreen, and R. L. Terrel, Guide Specification for Heater-Scarification Operations, NCHRP Report 224, 1980, P. 113~115.
20. 山之口、鈴木、サーフェスリサイクリング工法とその一手法、舗装、18-10 (1983), P. 29~38.
21. 福島、野上、サーフェスリサイクリングの現況と問題点、日本道路公団試験所報告、昭和57年11月, P. 142~149.

22. 石川, 荒井, サーフェイスリサイクリング混合物の室内検討, 第15回日本道路会議一般論文集 519, 昭和58年
23. 唐沢, 羽山, 尾本, サーフェイスリサイクリング工法-熱伝導方程式と加熱方法の検討, 第15回日本道路会議一般論文集 522, 昭和58年
24. 亀井, 路面再生処理工法のための加熱方法の一考察, 建設の機械化, '83. 6, P.P. 64~67.
25. 稲垣, 佐藤, サーフェイスリサイクリング工法の試験施工, 舗装, 18-10 (1983), P.P. 16~22.
26. 川口, 光永, 幸園, 路上再生工法によるひび割れ路面の修繕, 日本道路公団試験所技術情報, 第62号, 1982年4月, P.P. 78~84.
27. 草薙, 井上, 西川, 路上表層再生工法における既設アスコンの改質とその方法, 道路建設, 58/9, P.P. 60~70.
28. 吉川, 余田, 路上表層再生工法による舗装修繕の試験舗装, 舗装, 18-10 (1983), P.P. 23~28.
29. 渡辺, 鈴木, 村山, 寒冷期におけるサーフェイスリサイクリング工法(リペーブ工法)の施工例, 第15回日本道路会議一般論文集 528, 昭和58年
30. 石川, 下馬場, 硬化材NRの効果, 日本舗道協社内資料, 昭和59年3月
31. 花市, 岩崎, 山崎, 摩耗路面における路上再生処理工法の施工について, 第15回日本道路会議特定課題論文集 509, 昭和58年
32. 佐々木, 野坂, 松村, 下田, スパイクタイヤによる摩耗の補修工法, 第15回日本道路会議特定課題論文集 510, 昭和58年

☆1984年改訂版発行のお知らせ☆

皆様からご好評をいただいている下記出版物は、毎年改訂発行しております。
ただいま発売中です。

日本アスファルト協会・発行

『アスファルト・ポケットブック』1984年版

ポケットブック版・表紙ビニール製・本文72ページ・実費領価 1部 500円(送料実費は申込者負担)
ハガキにてお申込み下さい。

主 な 内 容

- | | |
|---------------------|--------------|
| ○石油アスファルトの生産実績 | ○昭和59年度の道路予算 |
| ○石油アスファルトの需要推移 | ○道路の現況 |
| ○石油アスファルトの需要見通し | ○道路整備5ヵ年計画 |
| ○石油アスファルトの製造及び流通 | ○参考資料 |
| ○石油アスファルトの生産場所及び油槽所 | ○石油供給計画 |
| ○石油アスファルトの製造原油 | ○主要諸国の道路事情 |
| ○石油アスファルトの品質規格 | ○データーシート |
| ○石油アスファルトの用途 | ○住 所 録 |
| ○石油アスファルトの価格 | ○会員名簿 |
| ○道路投資額と石油アスファルト需要 | ○関連官庁・関連団体 |

路上再生路盤工法

小 黒 幸 市*

1. 概 要

舗装の修繕工法には、打換え、切削打換え及びオーバーレイなどがある。これらの工法の中で、打換えや切削工事にともない発生する舗装廃材は、年々、増加の傾向にあり、今まで、これら舗装廃材は、埋立地や造成地に容易に処分することできた。しかし最近では、都市やその周辺ばかりでなく地方においても、埋立地や造成地等の処分地確保が難しくなってきたことや、アスファルト混合物が産業廃棄物に指定されたことなどから、舗装廃材の処分にあたっては様々な制約をうけるようになってきた。このような背景の下で、舗装廃材処理問題と資源を有効に利用しようとする面から、舗装廃材を舗装材料として用いる検討がされ、その中の一つに、従来工法との経済性を考慮した上で、現位置で路盤材料として再生する工法が開発された。

路上再生路盤工法は、簡易舗装等比較的薄く、破損の進んだアスファルト舗装を現位置で破碎混合を行い、同時に、これにセメントやアスファルト乳剤などを添加し、安定処理をして新しい路盤に再生する工法である。

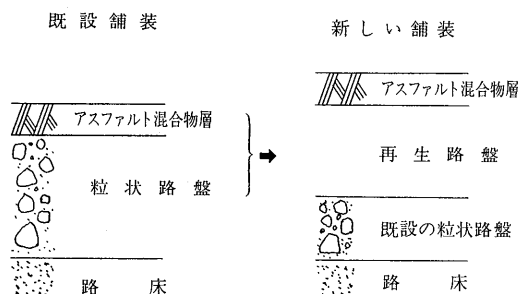


図-1 路上再生路盤工法での断面構成

この工法の特徴としては

- ① 舗装廃材の運搬の必要がない。
- ② 破碎したアスファルト混合物を路盤材料として利

用する。

- ③ 破碎したアスファルト混合物、既設の粒状路盤材、添加材等を混合して安定処理を行うことから、既設舗装体の構造強化がはかれる。
 - ④ 打換え工法に比較して経済的な工法であり、工期の短縮がはかれる。
- などがあげられる。

路上再生路盤工法の施工は、昭和52年頃から県道や市町村道を中心に実施されてきており、この間に、10数県においてこの工法のマニュアルが作成されたことなどから、施工実績は年々増加の傾向にある。昭和58年度までの実績累計は、おおよそ1,000万 m^2 に達している。

2. 工法の分類と添加材

路上再生路盤工法における安定処理は、路上再生路盤の耐久性や舗装の支持力などを向上させる目的で行われるが、添加材により次のように分類されている。

- ① セメント系安定処理
 - 普通セメント安定処理
 - 特殊セメント安定処理
- ② 歴青系安定処理
 - セメントとアスファルト乳剤併用安定処理
 - アスファルト乳剤安定処理
- ③ 石灰安定処理

現在使用されている添加材は、普通ポルトランドセメント及びセメントとアスファルト乳剤併用の実績が多い。そのほか、特殊セメントが用いられているが、石灰及びアスファルト乳剤の例はきわめて少ない。ここでいう特殊セメントとは、当初軟弱地盤処理用の固化剤として開発されたものを、路盤安定処理用に改良したものであり、セメントと併用するアスファルト乳剤は、セメント混合用として開発されたものである。

これらの添加材のうち、どの添加材を選択するかは、再生路盤材料の性質、添加材の安定処理効果、既設の舗

* おぐろ こういち 日産化学工業開発工事課課長

装構成、交通量、並びに経済性などから決められている。

安定処理した混合物の性質は、添加材の種類により当然異っているが、セメント、石灰、アスファルト乳剤については、既に研究者、技術者によって多くの報告がされているので、ここではセメントとアスファルト乳剤併用について少し触れる。セメントとアスファルト乳剤併用の安定処理は、古くから¹⁾検討されている。一般に、両材料を併用する目的は、一方の欠点を他方で補うことにある。即ち、アスファルト乳剤安定処理の初期安定不足をセメント添加により増強させ、セメント安定処理の収縮クラックが入りやすい点を、アスファルト乳剤添加により改善²⁾³⁾させている。表-1に示す試験方法で測定された収縮歪は、アスファルト乳剤量の増加にともない低下する(図-2)²⁾

表-1 試験方法

	供試体作製	養生方法	試験条件
収縮歪測定	3層25回突き φ10×12.7 cm	20℃空中	ミクロンストレインゲージにて表面収縮歪を計測

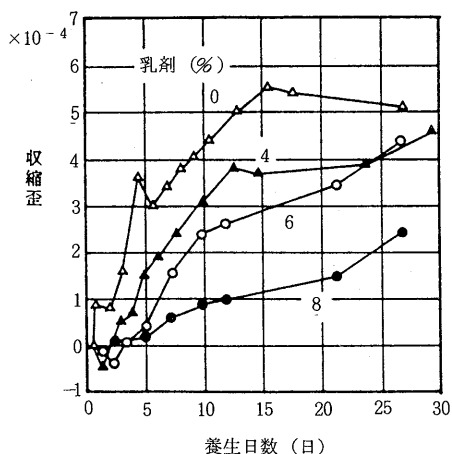


図-2 一軸供試体による収縮歪の経時変化²⁾
(セメント8%)

舗装の耐久性をみる室内試験の一つに、凍結融解抵抗試験がある。供試体は収縮歪測定と同様とし、試験はA-S T M D 560 に準じて行い、凍結融解抵抗試験終了後、一軸圧縮試験を行った結果から抵抗性を次式で表わすと図-3⁴⁾のようになる。

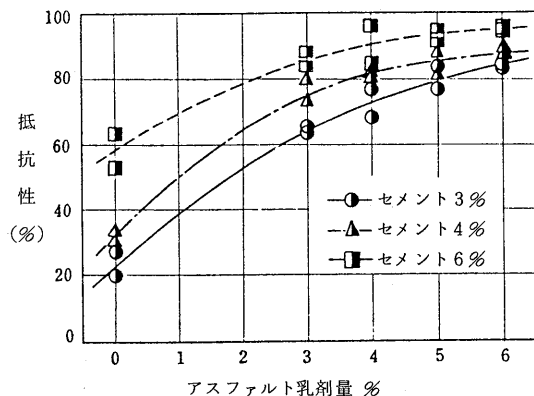


図-3 凍結融解抵抗性とアスファルト乳剤の関係⁴⁾

$$\text{凍結融解抵抗性}(\%) = \frac{\text{凍結融解後の } qu}{\text{自然養生させた時の } qu} \times 100$$

(qu……一軸圧縮強度 kg/cm²)

アスファルト乳剤添加による効果が著しいといえる。

なお、これからの記述は、実績の多いセメントおよびセメントとアスファルト乳剤併用の例を主に行う。

3. 適用範囲

路上再生路盤工法は、交通量の区分がL, A, B交通の箇所に適用されることが多く、C, D交通への適用例はきわめて少ない。一般に、交通量が増してきたことにより、修繕時の交通量区分が新設時の区分より1ランク上がり、不足したT_Aを補うためにこの工法を採用することが多い。

この工法は舗装構成のうち、上層路盤としてほとんど採用されている。実績は少ないが、一部セメント安定処理を下層路盤に用いたり、セメントとアスファルト乳剤を併用する際に、まず、路盤全厚にセメントを混合し、仮整形・転圧後、引き続いてその上部にアスファルト乳剤を混合し、両方を一度に転圧する方法も行われている。

路床土が安定処理混合物中に混入することは、再生路盤の品質を低下させる意味からも好ましいことではないが、ある一定の品質を満足するものであれば、砂質土、マサ土等の使用は可能である。

4. 事前調査及び試験

4-1 事前調査

路上再生路盤工法はいかなる箇所にも適用できるものではなく、事前に次の項目について現場調査を行い、現

場条件の確認と状況を把握した後、計画されるものである。

- ① 道路幅員・施工場所……片側通行止による施行の可否。市街地、平地、山岳地等
- ② 地下埋設物の有無・位置・深さ
- ③ 大型車交通量
- ④ 既設舗装体……アスファルト混合物の厚さ、粒状路盤材の厚さ。
- ⑤ 既設舗装の破損状況……ひびわれ率、ベンケルマンビームによるたわみ量。
- ⑥ 路床土のCBR

4-2 試験

一般に、表-2に示す項目について試験をする。

使用する添加材及び既設粒状路盤材は、表-3、4、

5の規格値を満足することとされている例が多い。

表-2 試験項目および試験方法

試験項目	試験法	備考
路床土のCBR試験	アスファルト舗装要綱	路床土の設計CBR
既設粒状路盤材のフルイ分け試験	JIS A 1102	路盤材の適否
既設粒状路盤材の液性、塑性試験	JIS A 1205 1206	塑性指数を求める
既設粒状路盤材の修正CBR	JIS A 1211	セメント系安定処理
配合試験	5-5項による	最適配合量の決定
ひびわれ率	目視観察または連続撮影	必要に応じて行う
たわみ量	簡易舗装要綱	"

表-4 アスファルト乳剤の規格

試 験 項 目		規 格
エングラー度 (25℃)		2 ～ 30
ふるい残留物 (1190 μ m) %		0.3 以下
貯蔵安定度 (5日) %		5 以下
セメント混合試験		1 以下
粒子の電荷		ノニオン
蒸発残留分 %		57 以上
残留分	針入度 (25℃)	60～200
	伸 度 cm (15℃)	80 以上
	三塩化エタン可容分 %	97 以上

表-3 ポルトランドセメントの規格

品質	種類	普通 ポルトランド セメント	早強 ポルトランド セメント
比表面積 cm^2/g		2,500 以上	3,300 以上
凝 結	始発 min	60 以上	45 以上
	終結 h	10 以下	10 以下
安定性		良	良
圧縮強さ kgf/cm^2 (N/mm^2)	1 d	—	65 以上 (6.37 以上)
	3 d	70 以上 (6.86 以上)	130 以上 (12.75 以上)
	7 d	150 以上 (14.71 以上)	230 以上 (22.56 以上)
	28 d	300 以上 (29.42 以上)	330 以上 (32.36 以上)
水和熱 cal/g (J/g)	7 d	—	—
	28 d	—	—
酸化マグネシウム %		5.0 以下	5.0 以下
三酸化硫黄 %		3.0 以下	3.5 以下
強熱減量 %		3.0 以下	3.0 以下
けい酸三カルシウム % (1)		—	—
アルミン酸三カルシウム % (1)		—	—

注(1) けい酸三カルシウム(%)及びアルミン酸三カルシウム(%)は、化学分析の結果から、次の式によって算出し整数に丸める。

$$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 = (4.07 \times \text{CaO}) - (7.60 \times \text{SiO}_2) - (6.72 \times \text{Al}_2\text{O}_3) - (1.43 \times \text{Fe}_2\text{O}_3) - (285 \times \text{SO}_3)$$

$$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 = (2.65 \times \text{Al}_2\text{O}_3) - (1.69 \times \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

ここに

$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$: ポルトランドセメント中のけい酸三カルシウムの質量%

CaO : ポルトランドセメント中の酸化カルシウムの質量%

SiO_2 : ポルトランドセメント中の二酸化けい素の質量%

Al_2O_3 : ポルトランドセメント中の酸化アルミニウムの質量%

Fe_2O_3 : ポルトランドセメント中の酸化第二鉄の質量%

SO_3 : ポルトランドセメント中の三酸化硫黄の質量%

$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$: ポルトランドセメント中のアルミン酸三カルシウムの質量%

注(2) 早強セメントは冬期施工で、養生期間中に凍結の恐れがある場合に用いると効果がある。

表-5 既設路盤材の規格

使用 する 位置 項目	セメントと アスファルト乳剤 併用安定処理		セメント 安定処理		備考
	上層路盤	下層路盤	上層路盤	下層路盤	
2.5 mm通過量%	20~60		20~60		アス要綱 表-4.1
修正CBR			20以上	10以上	アス要綱 表-2.1,表-2.2
P. I	9 以下	9 以下	9 以下	9 以下	アス要綱 表-4.1

5. 設 計

5-1 路上再生路盤工法採用のフロー

路上再生路盤工法が採用される場合は、図-4に示すフローに従うことが多い。既設舗装の破損が著しいときの修繕工法は、一般にオーバーレイや打換えが検討されている。このとき、オーバーレイ厚が15 cm 以上になったり、高上げが困難な場合や、打換えで、残土処分地の確保や工期等の問題がある場合に、工事費の経済性も含めて、路上再生路盤の検討がなされ、採用されている。地下埋設物等の障害がある場合は、この工法は施工性の点で不向きであるため、打換えの採用となる。

5-2 路上再生路盤の安定処理厚

路上再生路盤に使用される路上破碎混合機は、機種により各能力が異なるが、混合深さは、最大40cm まで可能なものが多い。しかし、一層処理であることと、上層路盤として多く用いられていることから、締固め効果の面で最大深さは制限されてくる。現在は、上限を30 cm とし、さらに25 cm 以下が望ましいとしている。ただし、このとき、20 cm を越える場合は、大型振動ローラの併用が必要である。最小深さは、路上での破碎混合であることや、機械の性能、期待する安定処理効果等から10cm と考えられ、安定処理混合物の性質からセメント系安定処理は15 cm 以上、セメントとアスファルト乳剤併用安定処理は10 cm 以上が望ましい。

5-3 路上再生路盤の等値換算係数(a_i)

添加材の種類により異なるが、表-6に示す値を設定して使用されている。

施工後の現場追跡調査から、推定した a_i は満足しているが、今後、さらに数多く、長期間にわたる追跡調査を行い、その妥当性を検討していく必要がある。

5-4 厚さの設計

路上再生路盤の安定処理厚を決める方法として、新設の場合と同じく、CBR法によることが多く、一部にベ

表-6 添加材と等値換算係数

工 種 項 目	セメントとアス ファルト乳剤併 用安定処理	セメント安定処理			
		10	20	25	30
マーシャル軸強度(kg/cm ²)	15 ~ 40				
一軸圧縮強度(kg/cm ²)					
等値換算係数	0.65	0.25	0.40	0.45	0.55

ンケルマンビームによるたわみ法が用いられている。

CBR法により安定処理厚を求めるには、以下の手順による。

(i) 既設舗装の構成、各層の厚さ、路床土の設計CBRを確認する。

(ii) 計画箇所における交通量と今後の伸び率から、計画交通量区分を決める。

(iii) 設計CBRと交通量区分から目標とする T_A を決める。

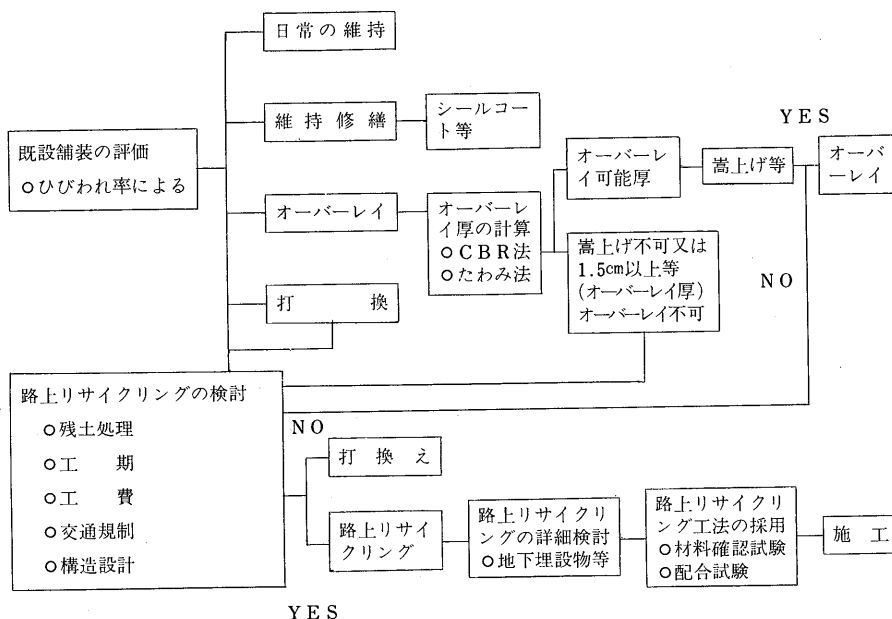


図-4 調査・設計・採用の手順のフローチャート

(iv) 既設舗装の T_{AO} を求める。(表-7)

設計例を図-5に示す。

(v) 目標 T_A と T_{AO} の差を求める。

5-5 配合設計法

(vi) 表-6を参考にして不足 T_A に相当する安定処理厚を求める。未処理で残った既設路盤は T_{AO} で評価する。

再生路盤材の配合設計は、添加材の種類によって異なっている。セメントおよび石灰系では一軸圧縮試験法がと

表-7 T_{AO} の計算に用いる換算係数

	在来舗装の構成材料	各層の状態	係数	摘要
表層・基層	加熱混合式アスファルトコンクリート	破損の状態が水準1で水準2の状態に進行するおそれのある場合	0.9	破損の状態が水準1に近い場合を最大値、水準3に近い場合を最小値に考え、中間は破損の状況に応じて適当な係数を定める。
		破損の状態が水準2で水準3の状態に進行するおそれのある場合	0.85~0.6	
		破損の状態が水準3の場合	0.5	
上層路盤	加熱アスファルト安定処理		0.8~0.4	新設時と同程度の強度をもつと認められるものを最大値にとり、破損の状況に応じて係数を定める。
	セメント安定処理		0.55~0.3	
	石灰安定処理		0.45~0.25	
	水硬性粒度調整スラグ		0.55~0.3	
	粒度調整碎石		0.35~0.2	
下層路盤	切込砂利および切込碎石		0.25~0.15	
	セメント安定処理および石灰安定処理		0.25~0.15	
コンクリート版	セメントコンクリート	破損の状態が水準1または水準2の場合	0.9	
		破損の状態が水準3の場合	0.85~0.5	

(注) 舗装破損の状態の基準

(道路維持修繕要綱による)

- 水準1：ほぼ完全な供用性を有しており、当面の維持修繕は不要であって日常の維持を行えばよいもの（おおむねひびわれ率が15%以下のもの）
 水準2：ほぼ完全な供用性を有しているが、局所的な維持修繕が必要なもの（おおむねひびわれ率が15~35%のもの）
 水準3：オーバーレイあるいはそれ以上の大規模な維持修繕が必要であるもの（おおむねひびわれ率が35%以上）

交通区分	設計CBR(目標 T_A)	既設舗装打	打換え	路上再生路盤		
				セメントとアスファルト乳剤併用	セメント	セメント
A	3 (19)					
				計 19.25	計 19.75	計 19.25

図-5 路上再生路盤の設計例

られ、セメントとアスファルト乳剤併用の場合は、マーシャル軸圧縮試験法⁵⁾がとられていることが多い。

(1) セメント系安定処理

アスファルト舗装要綱に準じた一軸圧縮試験法により、表-6に示した中で、目標とする等値換算係数に見合う強度が得られるために必要な、セメントの添加量を求める。(図-6)

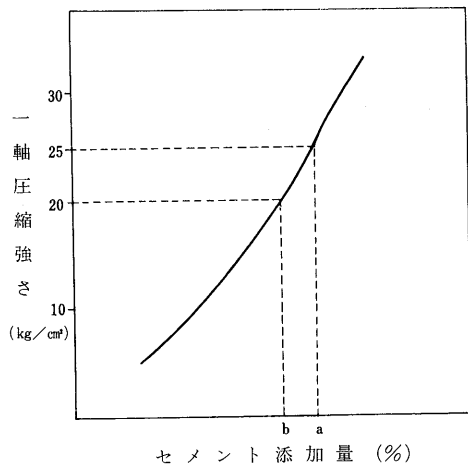


図-6 添加量と一軸圧縮強度

(2) セメントとアスファルト乳剤併用安定処理

セメントとアスファルト乳剤を併用する混合物においては、従来からある配合設計法では、添加量の決定が難しく、セメントとアスファルト乳剤の効果を表わす試験方法として、マーシャル軸圧縮試験が考えられた。この試験は、マーシャル安定度試験用のモールドを使用して供試体を作成し(供試体の高さ6.8cm)、これを20℃の室内で6日間養生し、さらに24時間の水中養生を行った後、圧縮試験(載荷速度は1mm/分)を行うものである。圧縮破壊させた結果を図-7に示したように、マーシャル軸強度—変位量曲線を描き、この曲線から特性値として、マーシャル軸強度(σ_m)、一次変位量(l_1)、二次変位量(l_2)、残留歪率(δ)、または残留強度率(r)を求める。このときのバインダの水準は、セメントとアスファルト乳剤のトータル量を8%とし、表-8のようにする。表-9に示す各基準値を満足するC/Eの範囲を求め、範囲の中央値のC/Eをもって最適配合量とする(図-8参照)

これら配合決定のための試験においては、既設アスファルト混合物を含まず、粒状路盤材だけを使用して行われている。これは、既設アスファルト混合物が、どのよ

うな粒度に破碎されるかが判定しにくいことや、破碎されたアスファルト混合物が、安定処理された混合物の骨材とみなされ、アスファルトとしての働きをしないとした理由からである。しかし、その後、破碎された既設アスファルト混合物は、安定処理混合物の中でアスファルトとしての性状を若干現わす⁵⁾として、配合設計から得た添加量から、セメントの増量、あるいはアスファルト乳剤の減量を一部⁶⁾で行うようになってきた。

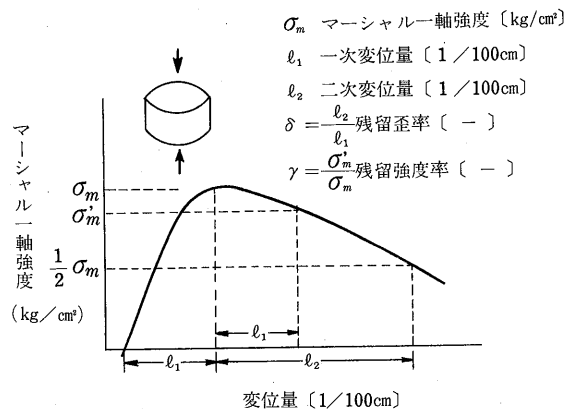


図-7 マーシャル軸強度・変位量曲線

表-8 セメントとアスファルト乳剤量の水準

配合率	1/7	2/6	3/5	4/4	5/3
(C/E)	(0.14)	(0.33)	(0.60)	(1.00)	(1.63)

C:セメント E:アスファルト乳剤

表-9 マーシャル軸試験の基準値

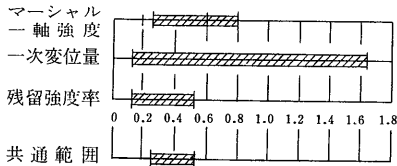
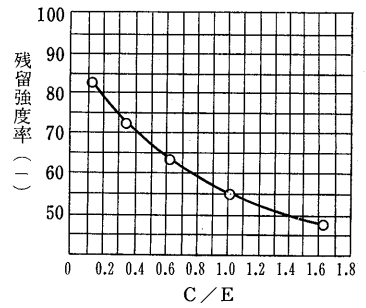
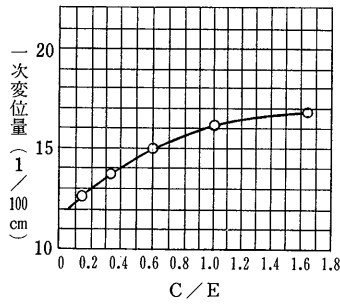
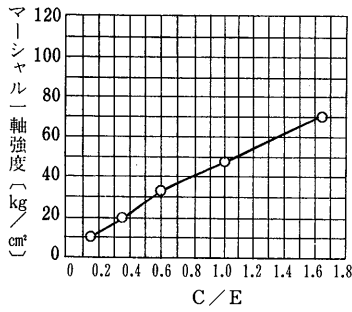
項 目	基準値
マーシャル軸強度 (kg/cm²)	15 ~ 40
一次変位量 (1/100 cm)	5 ~ 30
残留歪率 (-)	2.0 以上
残留強度率 (-)	65% 以上

○ C/E

セメント(c)とアスファルト乳剤(e)との比率

○ 残留強度率

残留歪率を求める場合、試験時間がかかり過ぎるため、残留歪率に代る特性値。残留強度率65%は残留歪率2.0%に相当



配合比の共通範囲 $C/E = 0.25 \sim 0.51$

中央値 $C/E = 0.38$

最適配合量 { セメント量 = 2.2%
アスファルト乳剤量 = 5.8%

図-8 セメントとアスファルト乳剤量の決定例

セメント安定処理の場合

実施セメント量 = 粒状路盤材のみでのセメント量
+ (アスファルト混合物混入率
(%) $\times 0.03$)

セメントとアスファルト乳剤併用安定処理の場合

実施アスファルト乳剤量 = 粒状材のみでのア
スファルト乳剤量 - (アス
ファルト混合物混入率 (%) $\times$
0.025)

ここでいうアスファルト混合物混入率とは

既設アスファルト混合物層厚 / 処理厚 $\times 100$
をいう。

6. 施行

6-1 路上破碎混合機

路上破碎混合機は、既設アスファルト混合物を路盤材
料に破碎することと、破碎されたアスファルト混合物、
既設粒状路盤材、添加材を均一に混合することの二つの
作業を同時に行う性能をもつ機械として開発されたもの
である。現在、9種類、おおよそ200台近く製造されて
いるが、機種により性能は異っている。

既設アスファルト混合物の破碎能力は、機種により異
るが、一般的な作業速度 (約3 m/分) で既設アスファ
ルト混合物層厚5~8 cm まで可能である。

混合深さは最大30~40 cm まで行える。

6-2 施行手順

図-9に示したような手順で施行されるが、各工程に

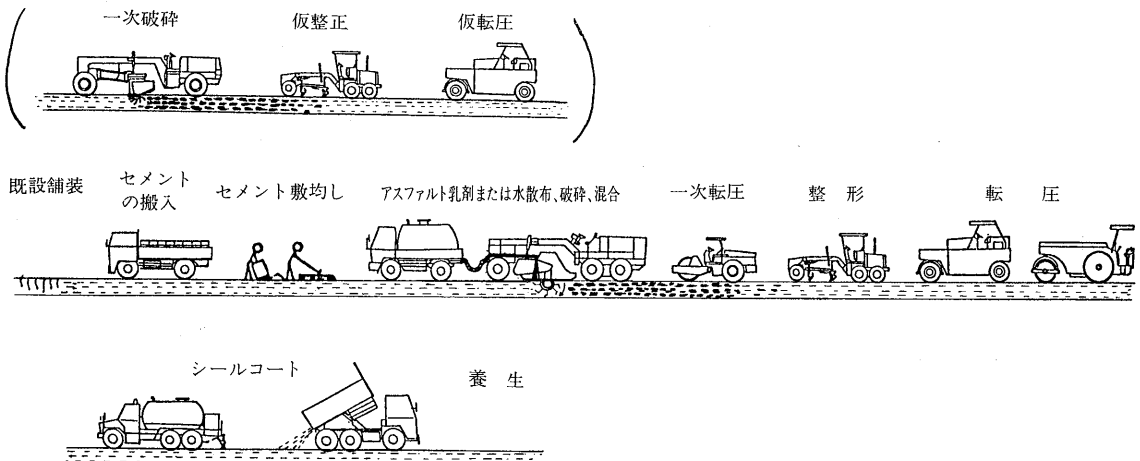


図-9 路上再生路盤工法の施工手順

ついて次に記述する。

① 準備工

路上破碎混合機の破碎能力は大きいので、地下埋設物（ガス管、水道管、消火栓、止水栓、マンホール等）が舗装表面近くにある場合は、これらを破壊することがあるので、埋設物の有無と埋設位置を確認しておく必要がある。

また、起終点のアスファルト混合物をカットで横断に切断しておくとうい。

路肩の軟弱箇所においては、路上破碎混合機の自重によって、路肩の破壊や危険がともなうので、調査し対処する。

② 一次破碎

既設アスファルト混合物が厚い場合や、新しい舗装の路面高に制限のある場合、あるいは縦横断勾配の修正を行う場合には、予め路面切削機等による破碎を行い、必要に応じて残土処理を行う。

③ セメントの散布

人力または散布機により均一に散布する。人力散布の場合、セメントの荷姿は袋詰め、バラ物のどちらでもよく、一定面積（または一定距離）当りのセメント量を計算して荷下し、敷均す。これは、混合後の抽出法によるセメント定量試験が困難なためで、十分な管理が必要である。

④ アスファルト乳剤または水散布、破碎混合

セメント系安定処理は、含水調整用の水を散布しながら破碎混合を行う。

セメントとアスファルト乳剤併用安定処理は、アスファルト乳剤供給車と路上破碎混合機をジョイントし、アスファルト乳剤を散布しながら破碎混合を行う。必要に

応じて、含水調整用の水も散布する。アスファルト乳剤を定量散布するには、前もって散布試験（キャリブレーション）を行い、ポンプ回転数と吐出量の関係を知っておく。精度の良い流量計を用いると更によい。アスファルト乳剤の抽出は、安定処理混合物中に既設アスファルト混合物が混入することから難しく、散布管理は重要である。

混合深さの調整は、ロータの上下により行われ、目盛標示に従い正しくセットする。

混合は通常一回混合で、各レーン間の重なりは約10cmとする。

市町村では、まれに転石が出てくることがあり、大きいものは取除く。

⑤ 一次転圧

混合直後にタイヤローラあるいは大型振動ローラによる締固めを行う。厚層処理のため、下部の締固めが大きな問題であり、混合直後の転圧が締固めには最も効果的である。

⑥ 整正、転圧

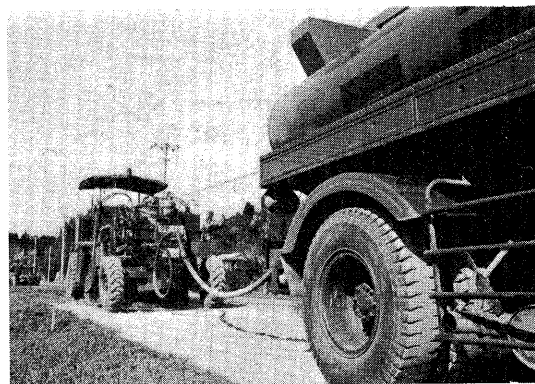
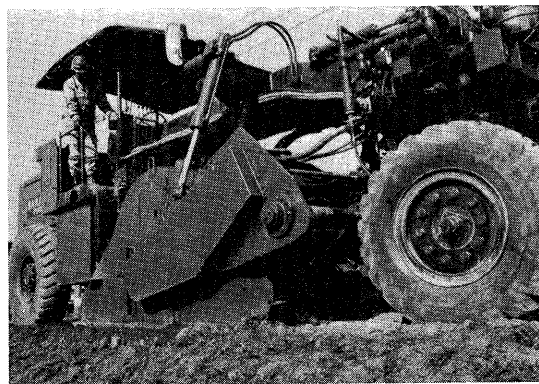
破碎混合、一次転圧が終了次第、迅速かつ十分な整正を行い、転圧も十分行う。セメントの水和反応が起き、混合物が硬化しはじめてからでは遅く、所定の密度が得にくくなる。

⑦ シールコート

転圧が終了したら必ずシールコートを行う。シールコートは、雨水の浸透防止、乾燥防止、交通による表面の荒れ防止に必要である。

⑧ 交通開放

シールコートが終了したら、直ちに交通開放してよい。



7. 品質管理

品質管理は従来の安定処理路盤の方法を準用することが多く、既設粒状路盤材の粒度・塑性指数、添加材の量、含水量、密度は殆んどの場合行われている。必要に応じて、その他の項目について管理することもある。

添加材の量については前述のように、抽出試験による方法が困難なことから、使用量で管理されることが多い。

8. 今後の検討課題

路上再生路盤工法が、県道や市町村道の修繕工法として採用されはじめてから、まだ8年と日も浅く、現在までの施工結果はおおむね良好であるが、今後とも、更に検討を必要とする点も少なくない。それらの中から特に重要と思われる点をまとめてみる。

(1) 市町村道では、一般に既設舗装は薄く、支持力不足による破損が多い。これらの既設舗装を路上再生路盤工法により修繕する際、既設舗装が薄いことから路床土の混入することがある。前述のように、路床土の混入は再生路盤の品質低下につながる心配があり、好ましいことではないが、ある一定品質を満足する路床土を混入している例も稀にある。このような路床土を混入してよいかどうかは、品質の面と再生路盤をどのように考えるかによって決ってくる。路上再生路盤を上層路盤、あるいは上層及び下層路盤として位置づけし、舗装の構成を含

めて考えるか、単に路盤工の一つとみなし、幅広く活用しようとするかによってその扱いは違ってくるので、この点の検討が必要である。

(2) 配合設計におけるセメント系の一軸圧縮試験法は、アスファルト舗装要綱に記述されているとおりであるが、セメントとアスファルト乳剤併用のマーシャル一軸圧縮試験法は、全く新しい方法であり、今後、データ等を積み重ね、見直しや確認をして行く必要がある。

また、両試験法とも、既設アスファルト混合物を含まない粒状路盤材で行われているが、安定処理混合物は、当然のことながら破砕されたアスファルト混合物を含んでおり、配合設計のときに、既設アスファルト混合物を含んで行う方法も検討する必要がある。

(3) 等値換算係数は、表-6に示したように設定されている。供用後の調査結果からその妥当性についての報告⁷⁾⁸⁾がなされているが、今後も数多くの調査を行い、その上で妥当かどうかの検討をする必要がある。

(4) 厚さの設計では、ほとんどの場合がCBR法によって行われている。しかし、この方法の難点は既設舗装を掘削して、舗装構成を調べたり路床土を採取したりするため、数多くの調査が容易ではない。この点に関しては、ベンケルマンビームによるたわみ量試験はたやすく行えるので、この方法による厚さの設計法も検討する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 竹下：乳剤による土の安定処理，土木技術資料，No.7 1961
- 2) 野村・阿部：セメント・アスファルト乳剤混合物の力学性状に関する基礎研究，土木学会第38回年次学術講演概要集第5部，1983
- 3) 召田・鈴木：セメント・アスファルト乳剤混合に対する一考察，第13回日本道路会議論文集，418，1979
- 4) 日産化学工業㈱ 技術研究所年報，1980
- 5) 召田・緑川・吉川：セメント・アスファルト乳剤混合物に関する配合設計法，第15回日本道路会議論文集，536，1983
- 6) 栃木県土木部道路維持課：路上リサイクリング安定処理工・計画・設計マニュアル，昭和57年改訂版，1982
- 7) 召田・中台・松永：セメント・アスファルト乳剤混合物の等値換算係数の推定，第15回日本道路会議論文集，532，1983
- 8) 内田：舗装リサイクリングの現時点における評価と調査方法およびその応用，道路建設，No.8，1983

再生用添加剤

坂 本 浩 行*

まえがき

アスファルト舗装廃材の再生利用は、資源の有効利用発生廃材の処理問題などが契機となって、近年、我が国では各方面で盛んに技術開発が進められている。これらの利用方法は、大別すると、舗装廃材をプラントに集めて再生加熱アスファルト混合物を製造する方式と路上で再生加熱アスファルト混合物を製造する方式に分けられる。

舗装廃材の再生利用については、日本道路協会でプラント混合方式を中心とした舗装廃材再生利用技術指針案を作成している¹⁾。この中で、再生用添加剤についてはその品質の標準が示されており、その役割は劣化したアスファルトを再生する目的で混合物に添加するもので、これには新アスファルトを含めないとしている。

本文では、舗装廃材の品質と再生用添加剤の役割、種類、添加性状などについて述べることにする。

1. 舗装廃材の品質

舗装廃材の品質は、クラック、流動などの舗装破損形態、供用年数、混合物の空隙、路面の位置および深さ、舗装廃材の発生形態などの条件によって様ではない。ここでは、舗装廃材から回収したアスファルトの組成と一般性状について述べる。

1.1 回収アスファルトの組成

アスファルトは、多種類の炭化水素およびこれらの誘導体の混合物である。従って、その組成は複雑で純粋な形で分離、同定することは不可能であるといわれている。そこで、アスファルトの組成は、一般的には化学的特性が類似の化合物に分けて、分別する分析方法が用いられている。表-1にアスファルトの組成の分類例を示す。

アスファルトの組成は、劣化するとアスファルテンが増加し、芳香族分が減少することが知られている。

表-2に舗装廃材から回収したアスファルトの組成分析の例を示した²⁾。これらを新アスファルトの組成と比べると舗装廃材から回収したものは、アスファルテンの

表-1 アスファルトの組成分類例

分類法	成 分		
2成分	アスファルテン	マ ル テ ン	
3成分		レジン	オ イ ル
4成分			芳香族分 飽和分

表-2 舗装廃材から回収したアスファルトの組成²⁾

項 目	アスファルト	新規アスファルト 80/100 (1)	普通プラントより 回収 (2)	廃棄アスコンからの 回収アスファルト			
				(3)	(4)	(5)	(6)
針入度 (25℃)		82	66	34	39	40	50
軟化点 (℃)		46.5	48.7	55.9	53.2	54.0	52.3
P. I		-0.91	-0.87	-0.68	-0.98	-0.75	-0.52
四成分	アスファルテン(%)	12.5	13.4	17.0	16.6	20.2	18.9
	レジン(%)	23.9	24.0	23.5	25.3	23.8	23.7
	芳香成分(%)	47.0	46.2	40.2	37.8	39.1	40.9
	飽和成分(%)	15.6	15.0	17.3	18.7	16.6	16.6
収 率 (%)		99.0	98.6	98.0	98.4	99.7	99.9

増加と芳香族分の減少が明らかである。

1.2 回収アスファルトの一般性状

アスファルトは製造後、流通段階、施工時のプラント混合および供用される過程において劣化することは良く知られている。この中でも、施工時における熱劣化は激しく、針入度を例にとると20~30%程度低下するといわれている。

アスファルトは供用後、漸次劣化が進行するが、これに伴って硬くて、もろい性状に移行する。しかし、この過程における劣化の現象は、長期的なものであり、短期的には特に問題にはならないといえる。

* さかもと ひろゆき 建設省土木研究所地質化学部化学研究室

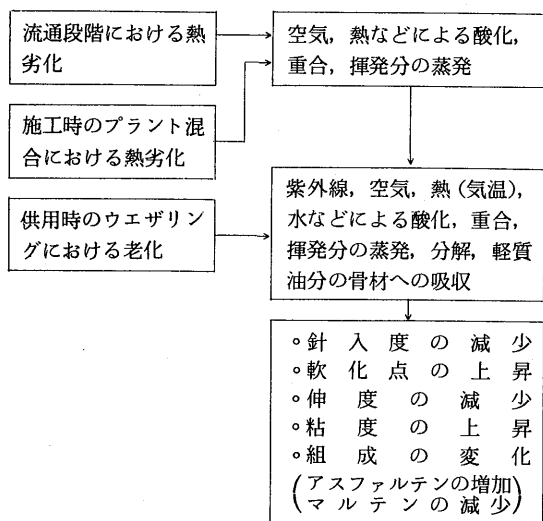


図-1 アスファルトの劣化機構

図-1 にアスファルトの劣化機構，図-2，3 にアスファルトの針入度と軟化点の経時変化の例を示す³⁾。

舗装廃材から回収したアスファルトの性状は，日本道路協会の実態調査によると，不特定発生源廃材の針入度は表-3 に示すように平均値は36 (1/10mm)である。また，特定発生源廃材の針入度の平均値は43 (1/10mm)，軟化点の平均値は54.3℃，伸度の平均値は10.5 cm であつたと報告されている⁴⁾。

一方，建設省土木研究所の実態調査によると，針入度

表-3 回収アスファルトの針入度の統計値(不特定発生源廃材)⁴⁾

区 分	工場数	ロット数 n	平 均	最 大	最 小
平均値 $\bar{x}$	6	179	$\bar{x}$ 36.4	$\bar{x}$ max 39	$\bar{x}$ min 27.6
標準偏差 $\bar{\delta}$	5	178	$\bar{\delta}$ 5.4	$\bar{\delta}$ max 7.2	$\bar{\delta}$ min 3.0

※ 計算は生産実績に応じて荷重をつけて算出

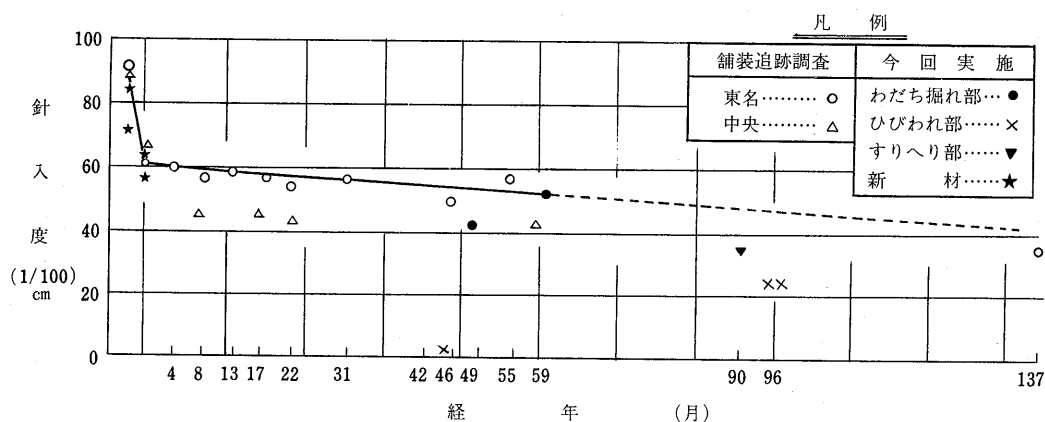


図-2 針入度の経年変化³⁾

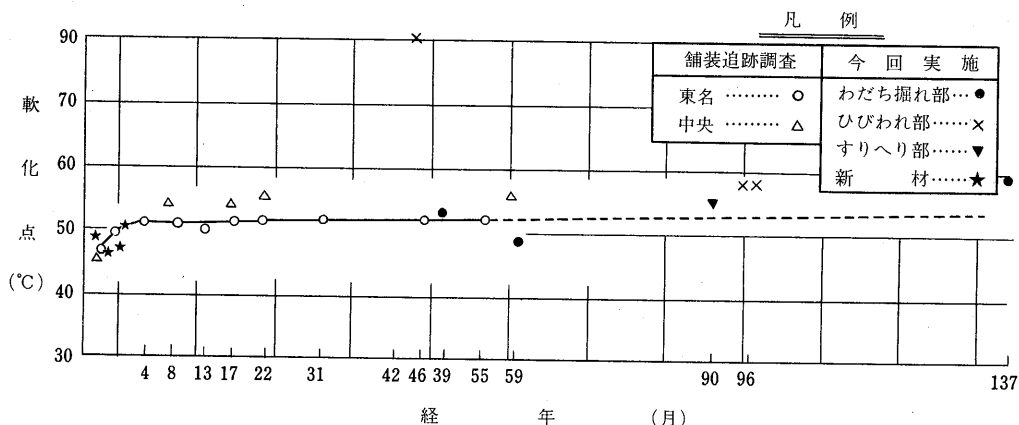


図-3 軟化点の経年変化³⁾

は 42 ± 11 (1/10mm), 軟化点は 54 ± 4 °Cの範囲であったと報告されている⁵⁾。

この他にも、舗装廃材から回収したアスファルトの性状について調査した事例は多数見受けられるが、一般的に針入度は30~50程度のものが多いようである。

2. 再生用添加剤の役割

再生用添加剤の役割は、劣化したアスファルトの機能を回復する目的で使用されるものであるが、その要求性能は施工性、供用性および取扱いの安全性から次のことがあげられる。

1) 取扱いが容易で、かつ施工時のコンシステンシーを回復する性状を有していること。

2) 劣化したアスファルトに均一に溶解し、再生舗装後の耐久性を確保するような物理化学的性状を有していること。

3) 人体に対する安全性から、有害物質を含まないものであること。

4) 加熱混合時の安全性から、引火点が高いものであること。

現在、再生舗装において、舗装廃材のアスファルトの劣化が少ない場合あるいは廃材の混入量が少ない場合などでは、再生用添加剤を用いずに新アスファルトなどの補足剤を加えることによって施工されていることも多い。

しかし、アスファルトの劣化が著しく進行している場合や、廃材混入率が多い場合などでは、施工性および供用性などの面から再生用添加剤めきでは、再生舗装が不可能になるといっても過言ではない。従って、再生用添加剤の役割は、舗装廃材がくり返し使用される可能性がある今後において、さらに重要なものになってくると思われる。

3. 再生用添加剤の種類と品質規格

3.1 再生用添加剤の種類

我が国では、再生用添加剤としてこれまでに潤滑油プロセスオイル、燃料油などの石油系あるいは脂肪酸、パイン油、トール油などの植物油系などの各種のものの開発研究が行われてきている。

表-4に現在、再生用添加剤として市販されている石油系と植物油系の品質の一例を示す。これらより石油系と植物油系の性状を比べると、動粘度、引火点、薄膜加熱、比重などの特性値には特に差異は認められない。しかし、その組成を比べると、石油系のものは飽和分と芳香族分で90%以上占めているのに対して、植物油系ではこれらの成分は0.35%と少なく、レジンが99%以上を占めており、組成には明らかな差異が認められる。

また、石油系の性状を比べると、B-1のように動粘度、引火点が極端に低いものもあるが、その他のものは、動粘度以外に差異は認められない。しかし、その組成を比べると、同じ石油系といってもB-1、C-1のように芳香族分の多いもの、C-2のように飽和分の多いもの、Dのように芳香族分と飽和分が同程度含まれるものなどかなりの差異が認められる。

以上のように、再生添加剤の品質について述べたが、一般性状については、石油系の一部に動粘度、引火点などで極端に低いものもあるが、石油系と植物油系で特に差異は認められない。しかし、組成からみると石油系と植物油系、さらには同じ石油系でも組成は大幅に変化する。このような、組成の差異が再生舗装の耐久性にどのような影響するのか関心の持たれるところである。

3.2 再生用添加剤の品質規格

我が国では、再生用添加剤の品質規格は、表-5に示すように日本道路協会でプラント混合方式を中心としたものの、品質の標準を定めている¹⁾。

表-4 市販再生用添加剤の品質の一例

会社名	区 分	動粘度 (60°C) cSt	引火点 (°C)	薄膜加熱 後の粘度比 (60°C)	薄膜加熱 質量変化率 %	比 重 (15°C/4°C)	粗 成 分 析				備 考
							アスファテン	飽和分	芳香族分	レジン	
A	石油系	157	254	1.2	-1.73	0.959	—	—	—	—	製品カタログから引用
B-1	"	19 ¹⁾	204	—	—	0.980	—	9.6	88.7	1.7	"
B-2	"	120 ¹⁾	242	—	—	1.016	—	—	—	—	"
C-1	"	320 ¹⁾	278	1.2	0.13	1.008	—	31.8	60.8	6.3	既往文献から引用
C-2	"	157 ¹⁾	238	1.2	1.73	0.957	—	72.7	23.7	1.9	"
D	"	245	285	1.1	-0.26	1.003 ²⁾	0.0	48.0	46.2	5.5	製品カタログから引用
E	"	487	236	1.4	-1.3	1.008	—	—	—	—	"
F	植物油系	188	268	1.1	-0.09	0.976	—	0.05	0.3	99.65	既往文献から引用

1) 換算値 2) (25°C/25°C)

表-5 再生用添加剤の品質¹⁾

項目	試験法	品質
動 粘 度(60℃)cSt	JIS K 2283	80~1,000
引 火 点 ℃	JIS K 2265	230 以上
薄膜加熱後の粘度比(60℃)	JIS K 2283	2 以下
薄膜加熱質量変化率 %	JIS K 2207	±3 以下
比 重	JIS K 2249	報 告
組 成 分 析	付 録-2	報 告

この品質の標準は、アスファルト系および石油潤滑油系を主体にまとめられたもので次に示す事項に配慮して定められている。

- 1) 人体に対する安全性から特定有害物質を含まないものであること。
- 2) 施工性および物性の回復を図って、60℃の動粘度を定めている。
- 3) 作業の安全性から引火点を高くしている。
- 4) 再生用添加剤自体の耐久性を見るため、薄膜加熱後の粘度比と質量変化を定めている。
- 5) 比重および組成分析は今後の検討課題としている。

4. 再生用添加剤の添加性状

4.1 組成

舗装廃材から回収したアスファルトの組成は、一般的には、アスファルテンが増加し、芳香族分が減少していることが明らかになっている。従って、新アスファルトの組成に戻すためには、アスファルテンを減じ、かつ芳香族分を補うような組成を有する再生用添加剤が望ましいといえる。

表-6 に廃材から回収したアスファルトに再生用添加剤を添加した場合の組成変化の一例を示す⁶⁾。なお、こ

表-6 再生添加剤を添加した廃アスファルトの性状および組成⁶⁾

再生添加剤		無添加	AS-1206 5.5wt・%	EX-M 5wt・%	EX-M 10wt・%
組成分析					
針 入 度(25℃)		32	60	44	60
軟 化 点 (℃)		75	61	61	55
四 成 分	アスファルテン分	17.0	14.4	16.4	15.1
	レ ジ ン 分	25.5	30.2	24.6	23.5
	芳 香 族 分	38.1	38.2	39.4	40.7
	飽 和 分	17.5	15.0	18.1	18.9
	収 率	98.0	97.8	98.3	98.2

こで用いている再生用添加剤 AS-1206 は、植物油系のものでその組成はレジン分 99.6、芳香族分 0.3、飽和分 0.05 (wt%) である。また、EX-M は、石油系のものでその組成はレジン分 5.9、芳香族分 76.2、飽和分 17.8 (wt%) である。これより、廃材から回収したアスファルトに植物油系を添加したものは、芳香族分には変化が認められないが、アスファルテンと飽和分の減少、レジン分の増加となっている。この中で、特にアスファルテンの減少率に着目すべきであるといえる。このアスファルテンの減少率は、単なる混合率から計算される値より大きく、アスファルテンと植物油系の組成が化学反応して減少率を大きくするものであると解されている⁶⁾。

一方、石油系を添加したものは、アスファルテンとレジン分が減少し、芳香族分と飽和分が増加となっている。この中で、アスファルテンは植物油系と同様減少する傾向にあるが、これは植物油系とは本質的に異なり、単なる混合率からの減少と考えられる。また、芳香族分の増加もアスファルテンと同様、混合率によるものと考えられる。

図-4 に、表-6 の組成分析の実測値およびこの表で用いている再生用添加剤と廃材アスファルトを種々の割合で混合した場合の混合率から求まる計算値の、アスファルテン、(飽和分+芳香族分)、レジンの3成分の関係を示す。これより、廃材アスファルトに再生用添加剤を添加した場合に次のことがいえる。

1) 石油系のもは、添加量を増加することによって新アスファルトの組成に戻ってくる。ただし、性状の回復面からくる5~10%の添加量では不可能で、新アスファルトの組成に戻すためにはこの例では、22wt% 添加しなければならない。

2) 植物油系のもは、その組成から見て新アスファルトの組成に戻すことは不可能である。しかし、アスファルテンの減少には効果があり劣化したアスファルトの機能を回復させる要素は含んでいるといえる。

以上のように、石油系と植物油系では、組成的に見ると全く異質のものとなっているが、これらの影響については、今後供用性試験などを通じて検討していくことが必要である。

4.2 アスファルトの性状

舗装廃材から回収したアスファルト3種類に、表-7 に示すような石油系の再生用添加剤2種類とストレートアスファルト60~80を添加した場合の針入度、軟化点、60℃粘度、および伸度(15℃)の添加性状を図-5~8 に示す。これらから、再生用添加剤とストアス60~80の

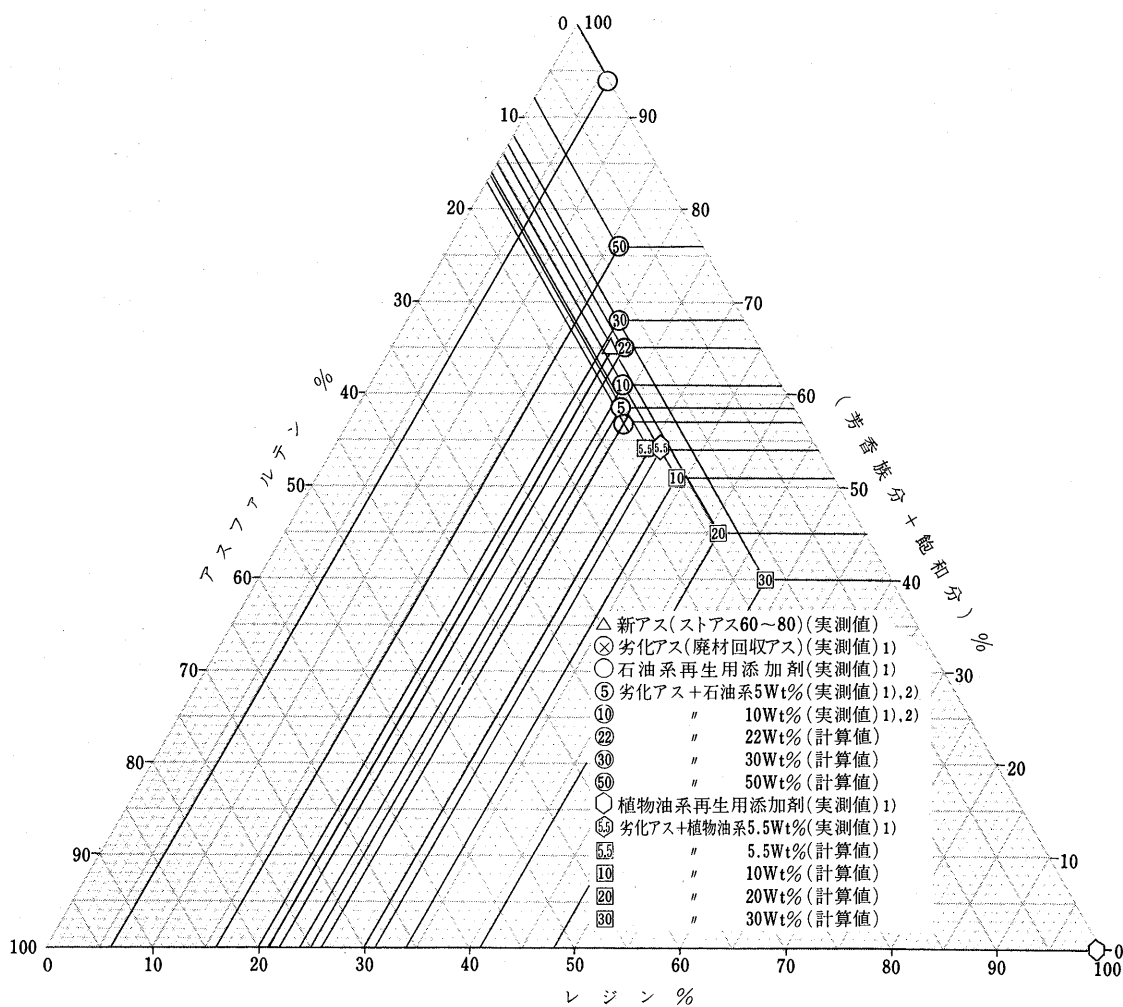


図-4 劣化アスファルトに再生用添加剤を添加した場合の組成の変化

- 1) 組成分析値は文献⁶⁾から引用，ただし，回収率は100%に補正
- 2) 計算値は図示していないが，実測値と同値

表-7 再生用添加剤の品質

添加剤種類	区 分	動 粘 度 (60℃) cSt	引 火 点 (℃)	薄膜加熱 後の粘度比 (60℃)	薄膜加熱 質量変化率 %	比 重 (25℃/25℃)
A	石 油 系	1304	271	1.1	- 0.32	1.0060
B	"	117	235	1.2	- 2.20	0.9924
C	ストアス60~80	256000	針入度：72, 軟化点：47.5℃			

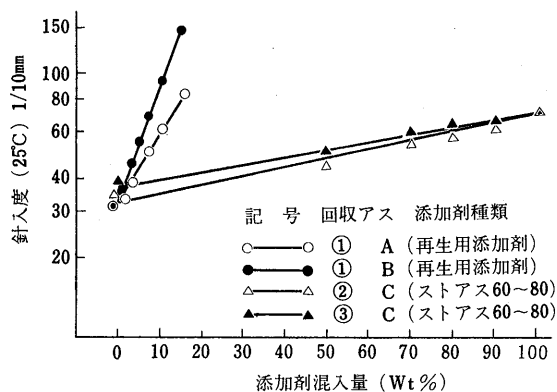


図-5 添加剤の添加性状 (針入度)

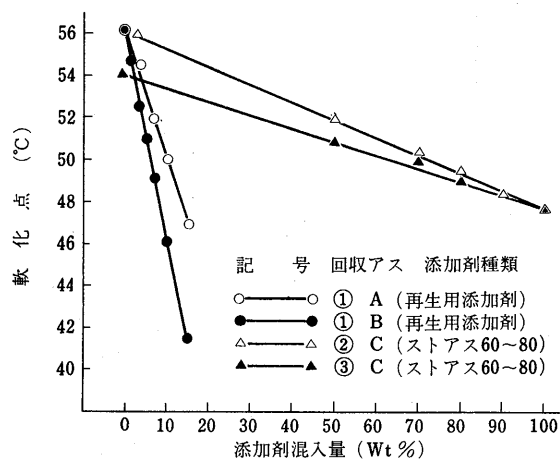


図-6 添加剤の添加性状 (軟化点)

添加性状を述べると次のとおりである。

添加効果は針入度、軟化点、60℃粘度および伸度とも、再生用添加剤を添加したものとストアス60~80を添加したものでは明らかに差が認められる。この理由は、添加剤の60℃動粘度の違い（石油系A：117cSt、B：1304cSt、ストアス60~80：256000 cSt）によるものである。すなわち、針入度、軟化点、60℃粘度および伸度とも、60℃動粘度の低いもの程少ない添加量で性状の回復が得られており、性状面での回復力を高めるためには、60℃動粘度の低いものを添加した方が有効であるといえる。しかし、60℃動粘度を極端に低下させることは作業の安全性（引火点の低下）、組成の回復および再生舗装後の耐久性の面などからおのずと制約があるものと思われる。

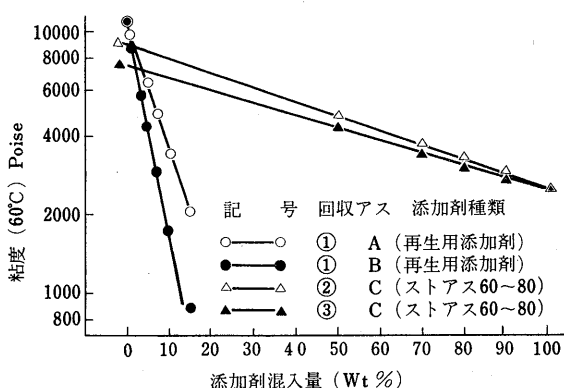


図-7 添加剤の添加性状 (粘度)

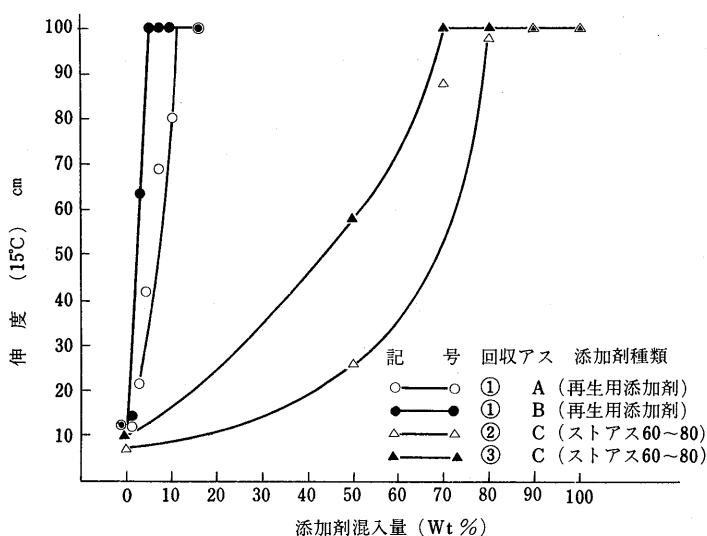


図-8 添加剤の添加性状 (伸度)

表-8に、図-5～8から求めた設定針入度に対する添加剤の添加量と各性状値を示す。これより、設定針入度50, 65に対する添加剤の添加量は添加剤の種類によって変化し、その添加性状も石油系とストアス系を添加したものでは若干の差がある。しかし、添加剤の同一系間の添加性状には差はなく、設定針入度50, 65とも、軟化点、60℃粘度はほぼ同一の値を示している。また、伸度についてもこのような傾向があるものと推定されるが、この試験結果からはあまり明確ではない。

4.3 混合物性状

舗装廃材に適切な再生用添加剤を使用した混合物の性状は、室内の混合物試験の評価ではマーシャル安定度、耐水性、耐流動性、低温脆性などの各性状とも新アスファルトを用いた混合物と同等に改良できるとしている⁷⁾。

4.4 供用性状

我が国で、再生舗装の実施例が多くなってきたのは、53年頃からといわれている⁵⁾。再生用添加剤を使用した場合の供用性は、これまでの2～3年程度の短期的な調査結果からは特に問題はないようである。今後は、さらに長期的な供用性について検討していくことが必要である。

5. 今後の課題

再生用添加剤の今後の課題として次のことがあげられる。

1) 再生用添加剤の組成の検討

米国では、再生用添加剤の品質規定は再生舗装の耐久性を考慮して、その組成を新アスファルトの組成に戻すような品質規定をしている例もある。これに対して、我が国では、日本道路協会の再生用添加剤の品質の標準

および市販の再生用添加剤とも、一応組成は、アスファルトが劣化した場合に減少する芳香族分を補っておくような考えのもとに芳香族分を多く含有したのが見受けられる。しかし、新アスファルトの組成に戻すという観点から判断すると、現行のものでは性状の回復から決定される添加量では新アスファルト組成に戻すことは不可能である。

従って、今後はこのような考えにもとづいて品質規定をするならば根本的な検討が必要である。

2) 再生舗装をくり返し行った場合に用いる再生用添加剤の検討

現在の省資源、省エネルギー、環境保全の確保などの社会的背景を考慮すると、今後、再生舗装の需要は増加することが予想される。このような情勢にあって、再生舗装は2回、3回、n回、とくり返し使用される時期が来るわけであるが、当然のことながらくり返し使用される舗装は劣化が大きくなっていくと思われる。

従って、これらのものに効率的に適用できる再生用添加剤の開発が必要である。

3) 再生工法に適応した再生用添加剤の検討

再生工法は、プラント再生方式と路上再生方式に分けられる。さらに、路上再生方式は種々の方式に分けられるが、これらの工法に効率的に適用できる再生用添加剤の開発が望まれる。

あとがき

再生舗装において、最大の着眼点は何といっても供用性の問題である。再生舗装が、再生用添加剤を用いることによって新アスファルトを用いた舗装と同等もしくはより優れた供用性状が得られるようなことになれば、再

表-8 廃材回収アスファルトに添加剤を添加したアスファルトの性状

廃材回収アスファルトの性状					廃材回収アスファルトに添加剤を添加したアスファルトの性状								
					添加剤の種類	設定針入度を50にした場合				設定針入度を65にした場合			
						添加量	軟化点	粘度	伸度	添加量	軟化点	粘度	伸度
種別	針入度 (25℃) 1/10 mm	軟化点 ℃	粘度 (60℃) Poise	伸度 (15℃) cm		(wt%)	℃	(60℃) Poise	(15℃) cm	(wt%)	℃	(60℃) Poise	(15℃) cm
①	33	56.0	10450	12	石油系 A	7	52.0	5000	69	12	49.0	3000	100*
①	33	56.0	10450	12	石油系 B	4	52.0	5000	80	7	49.0	3000	100*
②	34	56.0	8590	7	ストアス60～80	56	51.5	4500	31	90	48.5	2900	100*
③	39	54.0	7490	10	ストアス60～80	45	51.5	4600	51	87	48.5	2900	100*
再生アスファルトの品質の標準 (道路協会)							47.0～ 55.0	—	10以上		44.0～ 52.0	—	100以上

生舗装は飛躍的に進展することが期待できる。

再生用添加剤は、再生舗装において重要な役割を担っているので、今後とも幅広い研究開発を実施していくことが望まれる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：舗装廃材再生利用技術指針(案)，昭和59年9月
- 2) 雑賀，川野：再生アスファルト混合物に関する一考察，道路建設，56/11.
- 3) 日本道路公団試験所：舗装廃材のリサイクリング

試験所技術資料第504号，昭和56年7月

- 4) 藤井：舗装廃材のリサイクリングの現状，日本道路建設業協会，道路技術シンポジウム，舗装廃材のリサイクリング，1980.
- 5) 飯島，小島：再生加熱アスファルト混合物による舗装の供用性，第14回日本道路会議特定課題論文集昭和56年
- 6) 永松，島津，村上：アスファルト混合物の再生用添加剤に関する2,3の実験，舗装，18-7，1983.
- 7) 鈴木：再生アスファルト混合物の品質特性とその耐久性，道路建設，56/6

砂利道の歴青路面処理指針 (59年版)

12月発行予定 B 5 版・64ページ・実費頒価 300 円 (送料実費)

昭和49年6月の第3次案を発行して以来，当協会のアスファルト舗装技術委員会および歴青路面処理分科会において鋭意検討され，ここに「砂利道の歴青路面処理指針 (59年版)」が取りまとめられ出版することになりました。関係者必読の書としておすすめします。

目 次

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1. 総 説 | 4. 表 層 |
| 1-1 はじめに | 4-1 概 説 |
| 1-2 歴青路面処理の対象となる道路の条件 | 4-2 浸透式工法 |
| 2. 構造設計 | 4-3 常温混合式工法 |
| 2-1 概 説 | 4-4 加熱混合式工法 |
| 2-2 調 査 | 5. 維持修繕 |
| 2-3 設計の方法 | 5-1 概 説 |
| 2-4 設計例 | 5-2 維持修繕の手順 |
| 2-5 排 水 | 5-3 巡 回 |
| 3. 路 盤 | 5-4 維持修繕工法 |
| 3-1 概 説 | 付録1. 総合評価別標準設計例一覧 |
| 3-2 在来砂利層の利用 | 付録2. 材料の規格 |
| 3-3 補強路盤の工法 | 付録3. 施工法の一例 (D-2 工法) |
| | 付録4. 材料の品質，出来形の確認 |

欧米の現況について

新居英一* 米倉 健**

1. はじめに

アスファルト舗装のリサイクリングは、特に最近の考
えではなく、アメリカでは1915年に Warren Brother
の移動式プラントとして示され、ヨーロッパにおいて
も1930年代に、既設舗装を取り除き新しい材料と混合
して新たに舗装として利用したことが記録されている。
これらはいずれも今で言う加熱プラント再生の原形であ
る。しかし舗装のリサイクリングが本格的に研究される
ようになったのは、1973年の中東戦争とそれに続くエネ
ルギー危機以降で、経済不況による道路財源の減少、骨
材やアスファルトの高騰といった理由によるものである。
この経済的試練に対して、機械メーカーを含めた業界の
工夫と新技術の開発は著しく、今や舗装リサイクリン
グは舗装修繕工法の中に確実な地歩を固めつつある。以
下に筆者らが昨年道路建設業協会主催の海外技術調査団
の一員としてアメリカへ渡った時の見聞等を中心に欧
米の舗装リサイクリングについて述べる。

2. アメリカにおける舗装リサイクリングの現況

2.1 舗装リサイクリングの背景と現状

アメリカの総道路延長は約640万kmに及ぶといわれる。
特に全アメリカに張り巡らされたインターステートハイ
ウェイは延長34万kmに達し幅員も広く片側3車線が普通
で、都市近郊では5車線、6車線もざらである。ただこ
れ等幹線道路も建設後20～30年経過しており、その老朽
化とそれに対する維持修繕が連邦道路局にとっての最大
の問題となっている。はじめに述べた通り1973年の第一
次オイルショック以降の経済不況と資源の高騰はこの問
題を更に困難なものとしており、このような時にプラ
ントメーカーを中心に研究が進められた舗装のリサイクリ
ングは正に連邦道路局にとって時宜を得た工法であったこ
とから、連邦道路局においては、技術的な面は勿論のこと、
資金的な支援までもデモンストレーションプロジェクト
を通じて行った。プロジェクトの数は50を超え、こ

れ等プロジェクトで製造された再生混合物の量は200万
tにもなった。なお技術的には、連邦道路局の研究機関
である交通研究所（ターナフェアバンクリサーチセンタ
ー）が中心となり、

- ・配合設計法の確立
- ・品質管理手法の確立
- ・再生添加剤使用基準の確立
- ・再生混合物の耐久性と2次再生に関する問題
- ・在来工法との経済比較

等の課題について調査・研究されている。現在のところ
プロジェクトの結果は非常に良好であり、経済性の面か
ら舗装リサイクリングは標準的な維持修繕工法として
見做されるようになった。

2.2 舗装リサイクリングの分類

舗装のリサイクリングは次の3工法に分類されている。

- ① ホットミックスリサイクリング (Hot Mix Recycling)
- ② コールドリサイクリング (Cold Recycling)
- ③ ホットサーフェスリサイクリング
(Hot Surface Recycling)

①は我が国の加熱プラント再生に当り、アメリカにお
ける舗装リサイクリングの主流をなしており、次の特徴が
挙げられる。

- ・指定された混合物が製造できる。
- ・再生骨材の混入率の変更が自在である。
- ・劣化の程度に応じて一様品質の混合物が製造できる。
- ・環境基準を満たす。
- ・生産性が高い。
- ・リサイクリングから通常の工程に、又はこの逆に簡単
に切り変えられる。

本工法は主にインターステートハイウェイ等幹線道路の
施工に適用される。

②のコールドリサイクリングは、我が国の再生路盤工法
に当り、プラントで混合するプラント式コールドリサ

* あらい えいいち 大成道路㈱取締役

** よねくら けん ㈱渡辺組技術開発部開発課長

イクリングと表層の破碎から粉碎、路盤材料との混合、敷均し転圧までを現位置にて行う現位置コールドリサイクリングとがあり、次の特徴が挙げられる。

- ・構造的改善ができる。
- ・舗装の損傷の形態、程度に関係なく処理できる。
- ・路床及び下層路盤の凍結性の改善ができる。

本工法は主に交通量の少ない、薄層の地方道での施工が多い。

③のホットサーフェスリサイクリングは、我が国の路上表層再生工法に当り、舗装表面下25mm以内の表層を現位置にて、加熱、かきほぐし、敷均し、転圧する工法でヒータスカリファイ工法と呼ばれることもある。その特徴は次の通りである。

- ・わだち掘れ等表層の種々の損傷に対応できる。
- ・リフレクションクラックを消すことができる。
- ・既設舗装と新しい層がしっかりと結びつけられる。
- ・より薄いオーバーレイが可能となりコストの削減ができる。

本工法は主に都市内道路や地方道に適用されている。

2.3 工法別施工実績

1983年のアメリカのアスファルト混合物の総生産量は3億5千万tと推定され、その内10%程度が再生混合物といわれている。連邦道路局や各州政府とも今後再生混合物の生産量は増加することを予測しており、将来は全アスファルト混合物の20%は再生混合物になるといわれている。

次に舗装リサイクリングについて工法別、地域別に1983年とそれ以降の予測をしたARRA(Asphalt Recycling and Reclaiming Association)の資料を図

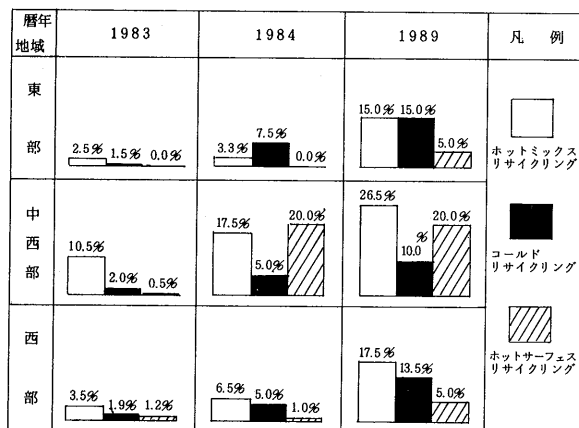


図-1 アスファルト混合物総生産量に対する舗装リサイクリングの地域別工法別占有率

-1に示す。

1983年の実績、及び今後の推移を見ると、地域によって夫々の工法の占有率は異なるが、全体的には舗装リサイクリングは伸びることを示している。

地域によって工法別の伸び率が違うのは、道路の種別毎の構成比率の違い、気候、骨材状況等の違いによるもので、中西部は特に骨材事情が悪く舗装リサイクリングが普及すると予測されている。

2.4 ホットミックスリサイクリング

ホットミックスリサイクリングの工程は概ね次の通りである。

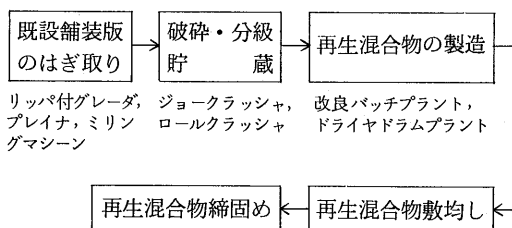


図-2 ホットミックスリサイクリングの製造に至る工程

(1) 既設舗装のはぎ取り

既設舗装のはぎ取りはアスファルト舗装の全厚を特殊なリッパを取り付けたブルドーザやグレーダではぎ取る方法とミリングマシンを用いて舗装の一部を切削する方法とがある。後者のうち最近では常温で切削から積み込みまでを1台の機械で行なうコールドミリング方式が主流となっている。このコールドミリングマシンのメーカーとしては、Barber-Greene, Cmi, Galion, Gomaco等があり、その性能は切削深さ7cm、幅員3.6mを毎分6~7mで処理することができる。

(2) 破碎、分級、貯蔵

はぎ取られたアスコン塊はジョークラッシャとロールクラッシャにて破碎されるが、その大きさは一般に最大粒径50mm程度とされている。従って切削材の場合は破碎の必要はない。分級は破碎材、切削材とも行なわれる。ストックヤードの広さは我が国のそれとは比べようもなく広い。貯蔵においては、含水比が高くないよう屋根を付ける等の措置を取っている。

ストック材の粒度とアスファルト量の測定は、ストックパイル毎か、500t毎に定期的に試料を採取して実施しており、必要に応じてアブソン法でアスファルトを抽出し針入度と粘度を確認する。

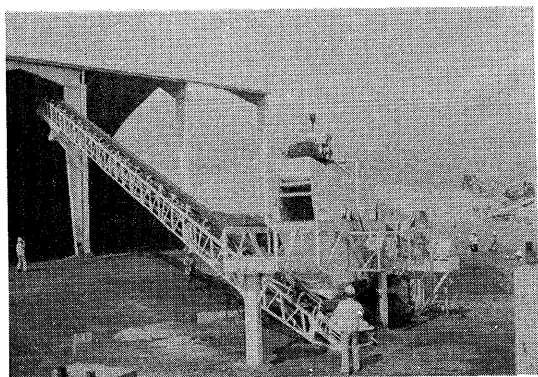


写真-1 再生骨材の分級と貯蔵

(3) アスファルトプラント

アスファルトプラントは全米に4000基あり、その内訳を型式別に見ると、バッチ式が85%、ドラムミキシング式が15%である。しかし1980年以降製造されるプラントは、その95%以上がドラムミキシング式である。

アメリカでは、バッチ式は過去のもので、今後は、殆んどドラムミキシング式、中でもセンターフィード型ドラムミキシングプラントになるとのことである。

次にバッチ式を改良して再生用プラントとしている、改良型バッチプラントとドラムミキシングプラントについて述べる。

改良型バッチプラントは「ミキサ熱交換法」によるもので1976年ミネソタ州メープルウッドで最初に行なわれたことから「ミネソタ方式」とも呼ばれている。再生骨材は、ストックパイルからコンベアを通り、計量槽に入る。一方新規骨材はプラントの通常設備に従って、ドライヤで過加熱されホットビンに入り計量される。加熱は最高260℃まで過加熱され、ミキサ内で常温の再生骨材と混合され熱交換される。この方式はブルースモーク等の発生はないが再生骨材の混入率は最大で50%とされている。混入率は次の要因で決まる。

- ・再生骨材の水分含有量
- ・新規骨材の過加熱温度
- ・再生混合物のミキサ排出時の温度
- ・貯蔵されていた再生骨材の温度
- ・ドラムミキシングプラントは再生骨材を新規骨材と新規アスファルト、改良用添加剤と一諸にドラムミキサ内で混合される。このプラントの欠点は、ブルースモークの発生とドラム内に材料が付着する点にある。この問題を解決するために多くの工夫がされ次に述べる各種の方式が開発された。

・通常のドラムミキシング方式

ラスベガス社の分離供給方式は後にセンターフィード方式として完成されるものの基本となる方式で、再生骨材は大きさ別に分けられ、大きなものはバーナ近くに、細粒分は遠くにと、材料の粒径に応じてドラムへの投入位置を変える方式である。

・パイロコン方式

ボーイング社で開発された方式で、パイロコンがバーナの直前に設置されるもので炎の均一な広がりや緩い温度低下、再生骨材への散水等から再生骨材の高い混入率という利点はあったが、熱効率の悪さから今では余り行なわれていない。

・ドラムインドラム方式

アイオワ社で開発された方式で、通常のドラムミキサの材料投入口に更に第2の小さなドラムを挿入する方式で、新規骨材は内側のドラムに投入され、この内側のドラムだけを通る高温のガスによって加熱される。一方再生骨材は、別のシュートから外側のドラムに投入され内側ドラムの排出端で新規骨材と混合される。

・2本ドラム方式

骨材乾燥機と直列に並べられた2本のドラムミキサからなる方式で、骨材乾燥機で加熱された新規骨材は最初のドラムミキサ内で再生骨材と混合され熱交換される。更に次のドラムミキサ内で、再び加熱混合される。

・熱交換チューブ方式

Mendenhallによって開発された方式で、ドラム内に沢山の細い管を取り付け、再生骨材と新規骨材が同時に処理される。

・センターフィード方式

1976年に最初に行なわれた方式で、今やアメリカではドラムミキシング方式としては最も完成されたものでBarber-Greene社のジュアルブーンサーモドラム、Cmi社のベンチュリミキサ、Standard Heaven社のコーンフライト、Astec Industries社のエアヒータとして知られ、ブルースモークの発生も少なく、熱効率も良く、再生骨材の混入率も70%まで可能である。もう一つの特徴は機構が非常にシンプルで、輸送コストも含めてバッチ式に比べて仮設費用は1/4で済むことである。装置は、コールドビン、骨材をドラムに投入するコンベア、ドラムミキサ、再生混合物貯蔵ビン、ダストコレクタから成り、コールドビンから供給される新規骨材は集合ベルコンに集められ、ベルコン上で計量される。ドラムの内部は図-3に示す通りで、新規

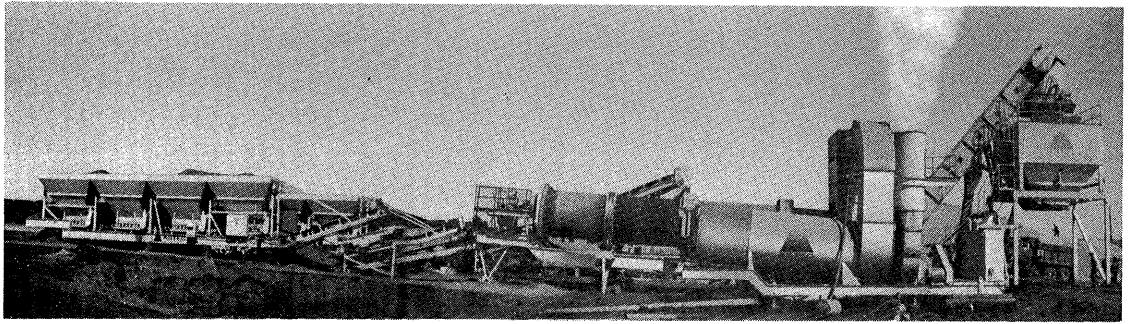


写真-2 ドラムミキサ全景

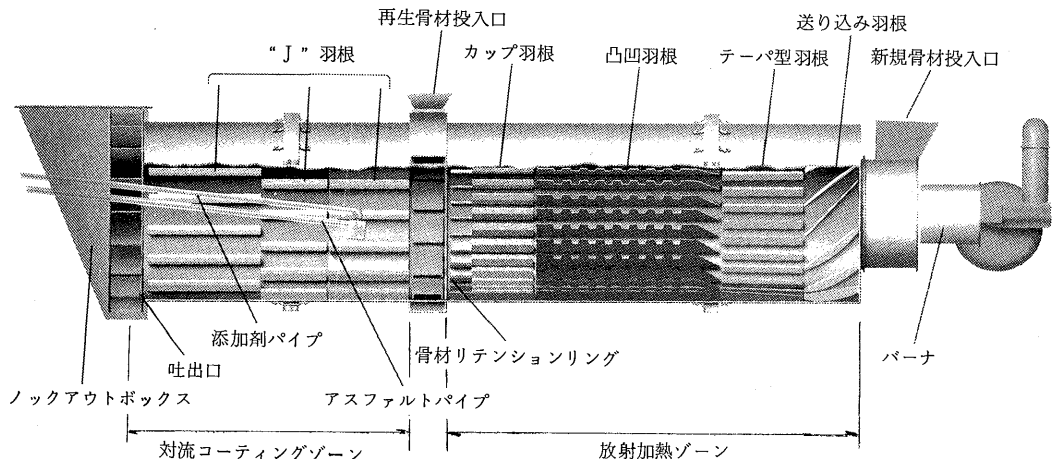


図-3 センターフィード方式ドラムミキシング用ドラムの内部（バーバーグリーン社製サーモドラム）

骨材はドラムのバーナ側上部に取り付けられた新規骨材投入口から投入され、前半分の放射加熱ゾーンで加熱される。再生骨材は、ドラムの中程にある再生骨材投入口から投入され、後半分の対流コーティングゾーンで、新規骨材とここに噴射される新規アスファルト等と混合される。再生混合物はコンベアで再生混合物貯蔵ビンに運ばれる。

(4) 再生骨材の混入率

再生骨材の混入率は100%が最も経済的であると考えられていた。ところがブルースモークの発生等大気汚染の問題から混入率を上げるとはプラント能力を大幅に下げる結果になること及び品質上も混入率の上昇は再生用添加剤の使用が多くなり却って不経済になることが分

った。プラント型式別再生骨材の混入率の可能最大値と実用値は表-1の通りである。

(5) 再生用添加剤

再生骨材中の酸化したアスファルトを若返らせる方法は2つある。1つは追加する新規アスファルトとして軟質アスファルトを用いる方法であり、他の方法は再生用添加剤として軟化剤を用いる方法である。現在は前者の軟質アスファルト（針入度200～500）を用いる方法が一般的である。軟化剤はそれが古いアスファルトに対してどのように作用するか不明な点があるとされている。しかし西海岸グループを中心に研究されており、再生骨材の混入率が40%を超える場合は実際に使用され、軟化剤を用いた再生混合物の工事報告書は数多く報告されている。

(6) 再生混合物の評価と将来性

以上述べてきた通りアメリカにおけるホットミックスリサイクリングによる再生混合物は次の条件を満たし新規混合物と同等であり、インターステートハイウェイ等幹線道路の舗装材料としても十分に使用できるとさ

表-1 プラント型式別再生骨材混入率(%)

	最 大	実 用
バ ッ チ 型	50	30～40
ドラムミキサ型	70	40～50

れる。その条件とは以下に示す通りである。

- ・再生骨材の発生工程と品質の正しい管理
- ・プラントの適切な選定
- ・製造過程（配合設計、プラント）の正しい管理
- ・全体のマネージメント

なお耐久性については本格的になってまだ10年しか経過していない（アメリカにおけるアスファル舗装の寿命は15～25年と長い）ために結論を出すには至っていないが、特に問題はないとのことであり、その将来性についても若干の検討課題（再生添加剤やブルースモーク）は残るものの冒頭の将来予測でも述べた通り1980年代の後半には生産される全加熱混合物の20%以上が再生混合物が占めるであろうと推定されている。

2.5 コールドリサイクリング

コールドリサイクリングは薄層のアスファルト舗装及びアスファルト系材料で表面処理された、いわゆる2級道路の維持修繕工法として発達してきた。

(1) 安定処理機

1940年代初頭コールドリサイクリングが始まって以来、アスファルトとポルトランドセメントは安定処理材料として使われてきた。当時古いアスファルト表層は機械で破砕され、その破砕材は安定処理されていない路盤の一部と新規骨材と混合され再生路面を作った。現在では、アスファルトやポルトランドセメントの他に石灰、フライアッシュ、乳剤が広く使われている。

アスファルトは、滑らから粒度の材料に適し、乳剤は、処理される材料に水分が含まれる場合に適している。セメントを用いる場合は、処理層の中の有害な有機物の含有率や有害な硫化物の量を事前に調べておかなければならない。

(2) 施工方式と施工機械

中央プラント式コールドリサイクリングは、現位置コールドリサイクリングに比べ次の利点があるとされる。

- ・粒度分布、結合材の量、混合物の均一性に優れている。
- ・舗装のあるゆる損傷に対応できる。
- ・配合上の副産物が、他の工程の骨材やフィラーとして使用できる。

現位置コールドリサイクリングに用いられる施工機械は通常の安定処理工法に用いられるものとは同じで、固定タイン付きローラ、ブルドーザ、スカリファイヤ、粉碎機、切削機、回転式ミキサ、モータグレーダ、ウィンドロウ、パワーショベル、自動式バイブレータ、ロードローラ、タイヤローラ、散水車等であり、加えられる機械は、既存のアスファルト表層を粉碎する機械で、パルパライザ、移動式ハンマーミル等である。なお最近では、コールドブレーナ等常温切削機が広く使われるようになり、表層の破砕から路盤材との混合、あるいは安定処理材料の添加混合までを1台の機械で施工することが可能になった。

図-4に一般的な施工の機械編成を示す。

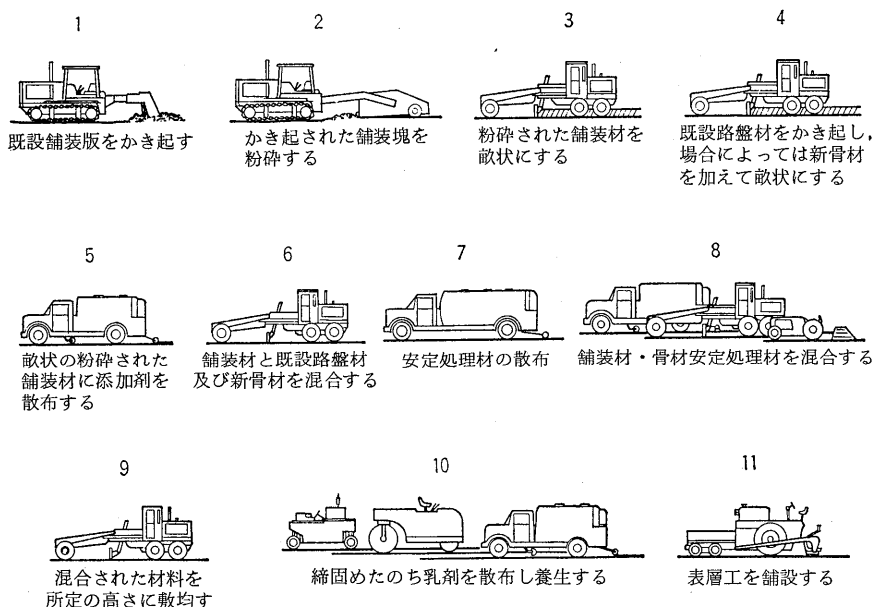


図-4 安定処理材を加える場合の常温混合リサイクリングの施工法

2.6 ホットサーフェスリサイクリング

本工法はアスファルト舗装路面の小規模な維持工事から起った工法で、コブ取りや小さな穴の修繕の際コブや穴の周辺を加熱して、既設舗装を削り取ることから始まった。まず1930年代に簡単なヒータプレーナが開発されて以来、種々のホットサーフェスリサイクリングが施工されてきた。加熱削り取り、(Heater Planing, Heater Milling) 加熱かき起し (Heater Scarifining) 等で、かき起された舗装材と新しい混合材を適当な割合で混合したり、改良用添加剤を用いたり、不足分の混合物を補充するといったことが可能となり、舗装の損傷が摩耗層に限定される場合にはその舗修工法としては極めて望ましい工法と見られるに至った。

一般にアスファルトの酸化による劣化は、表面から3mmまでが最もひどく、表層の中でもこの部分の舗修は特に必要とされる。

さてホットサーフェスリサイクリング工法について述べるとアメリカには図-5に示すように約20種類の工法がある。

施工機械及びその編成は図-6に示す通りで、ホット

サーフェスリサイクリング専用機械はヒータ、ヒータスカリファイヤ、シングルパス機等であってその他の機械は他の工法にも利用されている機械である。シングルパス機はCutler社で製作されており、ヒータスカリファイヤは、Jackson社、Payne社、Moench社等がある。なおヒータ燃料は、LPGかジーゼル油で直接加熱型もあれば間接加熱型もある。

3. ヨーロッパにおける舗装リサイクリングの現況

ヨーロッパの舗装リサイクリングについては、余り文献もなく詳しくは分らない。詳細は今年の道路建設業協会主催の海外技術調査団 (ヨーロッパの舗装リサイクリング調査) に譲り本章では簡単に述べる。

3.1 概説

舗装リサイクリングに関するヨーロッパからの情報は主に西ドイツを中心とした、路上表層再生工法に関するものが多く、路上表層再生工法に関しては、アメリカに比べ工法の研究開発、実績とも、相当に進んでいるように見受けられる。一方加熱プラント再生に関しては、西ドイツ、フィンランドでの実施例が若干伝えられる程

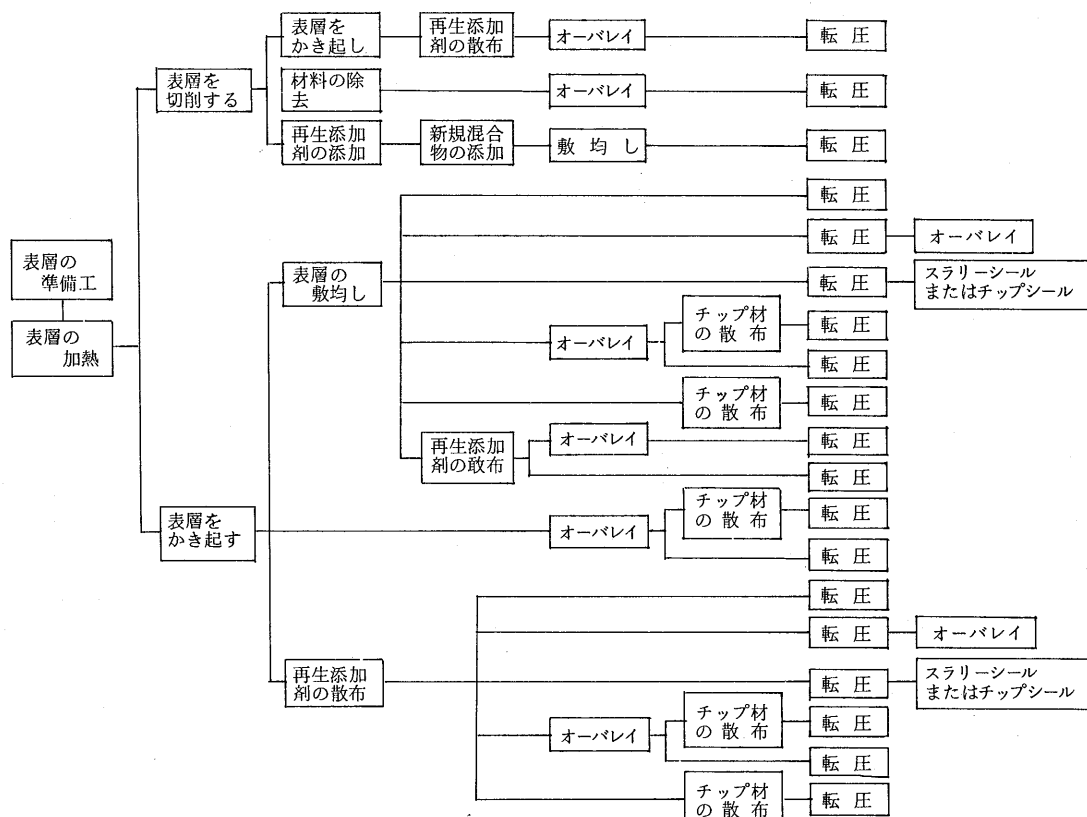


図-5 ホットサーフェスリサイクリング工法の分類

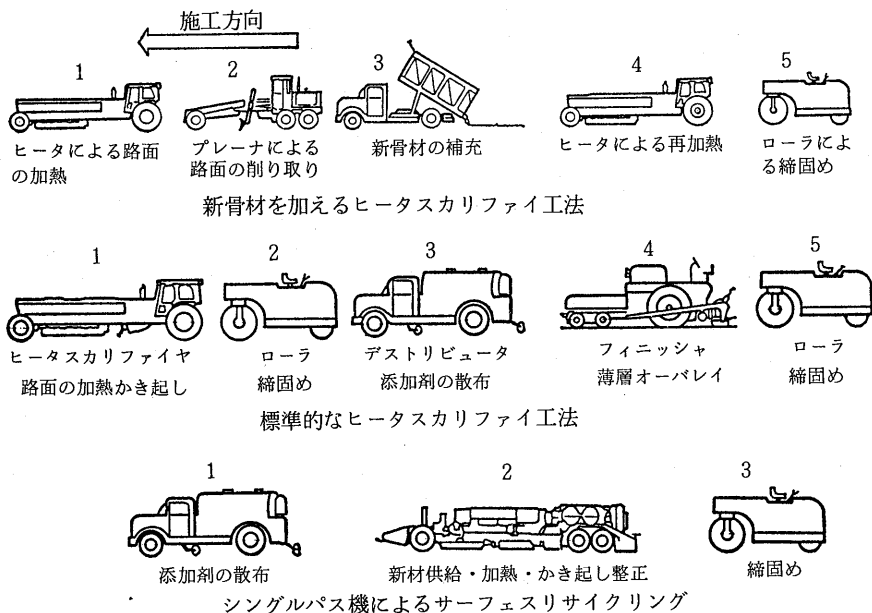


図-6 施行機械及びその編成

度でアメリカに比べればまだまだといったところである。

3.2 加熱プラント再生

ヨーロッパにおける加熱プラント再生は考え方としては古くからあったようであり西ドイツでは、1978年ギーセン近郊のフランクフルト～ハノーヴァー線で試験施工を実施した例がグラッガー教授の論文⁵⁾に見られる。それによると、はぎ取られた古いアスファルト混合物は、プラントに運ばれ最大粒径32mmに破碎された後、再生骨材2に対し新規骨材1の割合（再生骨材混入率67%）でドラムミキサで混合され、ベースコース材料として再生された。この工法はアメリカのホットミックスリサイクリングの多くのプロジェクトと全く同じ方法で、技術的、経済的、環境上の問題があったとされ、技術的には新規骨材に比べ破碎された再生骨材の処理の難かしさを、経済的には、通常の修繕工事費より30%割高だった点を、環境上の問題としては、ブルースモークの問題を挙げている。無論この工法は、大量の古いアスファルト混合物の再生が可能で有利であることは認めている。しかし加熱プラント再生工法と路上表層再生工法を比較すれば、後者に歩があるとするのが現在の西ドイツの考え方ではないかと推察される。ヨーロッパの中で、フィンランドは加熱プラント再生に積極的に取り組んでいるようである。

1974年以降研究⁶⁾が進められ、1981年には、主要な都市でのアスコン廃材が、常温切削機により発生し、この年

の再生混合物の生産量は7万tであった。

プラントの形式はドラムミキシング式が主で改良バッチ式も研究されている。軟化剤は使用せず、軟質アスファルト（針入度160～200）を用いている。適用道路は1981年現在自転車道や歩道であった。

3.3 路上再生路盤

路上再生路盤はヨーロッパでも古くから行なわれていた。第2次大戦直後にはオランダで行なわれたのをはじめ、イギリスではRetread工法⁷⁾として過去30年に亘って行なわれてきた。この工法は既設表層下8cmまでをタイン付ローラでかき起し、続いてハローでならし、場合によっては新骨材を補充し、乳剤を5.5ℓ～6.5ℓ/m²散布して、よく混合するように更にハローでならされる。次に8～10tローラで締め固め、仕上げにシールコートを施工する。この工法は主に交通量の少ない県道に適用される。

3.4 路上表層再生工法

路上表層再生工法についての明確な定義づけと分類は西ドイツのグラッガー教授が1981年9月ロンドンにおける、路上表層再生工法の国際会議の発表論文で行なっている。この結論の要約⁸⁾だけを記述する。

- ・技術的、経済的、環境上の理由により、アスファルト舗装のリサイクリングは今後必要となるであろう。
- ・アスファルト舗装のリサイクリングは、次の2つに分類される。それは「プラントにおけるリサイクリン

グ」と「路上表層再生工法」である。

「路上表層再生工法」は更に次の方式に分類される。

「リシェイプ」、「リグリップ」、「リペーブ」、「リミックス」である。

- ・路上表層再生工法は一般に2つの条件が具備されなければならない。再生される層の厚さは、4 cmを超えてはならない、そして再生層の下全体の構成は以後の供用のために、安定でなければならない。これらの条件が満足されているかどうかは、注意深く調査されなければならない。

この一般的条件に加えて更に、「リシェイプ方式」と「リグリップ方式」は2つの特別な条件が満足されなければならない。

再生される層の厚さは十分であること、そしてアスファルト混合物の性状が適切であること。

「リペーブ方式」では唯一の特別な条件が満たされなければならない。再舗装されるアスファルト混合物は適切で安定していること。ドイツでは、この方法はスパイクタイヤによる損傷すなわち摩耗によるわだち掘れ対策には非常に有効であった。

劣化した既設混合物と追加補充される新規混合物を十分にバクミルの中で混合する「リミックス方式」は、路上表層再生工法の中で最も進歩した方式で、この場合は特別な条件はない。従ってこの方式は摩耗による表層の補修に有効であり、特に塑性流動による表層に有効である。

- ・路上表層再生工法が要求する一般条件及び特殊条件が満たされる限り、この工法は技術的、経済的、環境的に見て非常に優れた結果をもたらすものである。次に路上表層再生工法の施工実績について述べる。

施工機械の開発は主に西ドイツを中心になされており、機械メーカーとしては、Wirtgen 社、Vögele 社、Strabag 社がある。施工時の機械編成は図-7のように、ヒートリフォーマとアスファルトフィニッシャの組合せや、加熱し、かき起し、敷均らし、新規混合物の供給と敷均らしを1台の機械で可能な施工機械（Cutler 社のシングルパス機と同じで西ドイツではリペーバと呼ぶ）による組合せ、更にはこのリペーバ（本体に3,700,000 KCal/hr の加熱能力を有す）にプレヒータを組合せた機械編成である。

Wirtgen 社のヨーロッパにおけるリペーブ方式の施工実績は表-2の通りである。

リミックス方式については、1979年に Wirtgen 社でリミキサが開発され、その施工実績は表-3の通りである。

次にVögele 社では西独、ソ連、イタリア、フランス等で施工したとあるが詳細は分らない。またStrabag 社については、リペーブ方式の施工実績は表-4の通り示されているが、国名は不明である。

なおヒータ燃料は西ドイツの場合ほとんどLPGを用いている。そして再生施工機械は大型で、長さは10~15 m、重さは20~40 t 程度である。

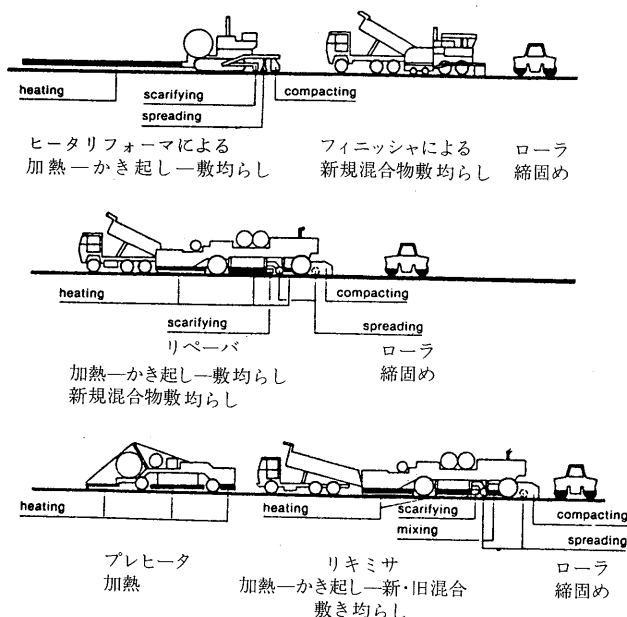


図-7 西ドイツの路上表層再生工の機械編成

表-2 ヴィルトゲン社・リペープ方式の施工実績⁹⁾

年 国	1976 (S51)	1977 (S52)	1978 (S53)	1979 (S54)	1980 (S55)	1981 (S56)
西 ド イ ツ	294,201	567,738	324,300	280,997	17,000	119,050
フ ラ ン ス	13,900	484,500	770,160	969,975	583,500	312,665
イ タ リ ア	80,000	330,000	70,000	—	—	—
イ ギ リ ス	—	—	—	76,000	100,000	206,000
オ ラ ン ダ	—	—	—	16,000	12,000	40,000
ス イ ス	20,000	37,500	7,200	43,100	33,500	11,100
デ ン マ ー ク	—	53,779	55,999	44,744	31,684	—
ノ ル ウ ェ ー	—	63,628	84,488	180,000	—	—
ベ ル ギ ー	—	—	—	12,500	27,000	31,000
オーストリア	6,000	17,000	—	—	—	99,000
ユーゴスラビア	—	—	—	—	—	—
合 計	414,101	1,548,145	1,313,147	1,802,316	810,984	818,815

表-3 ヴィルトゲン社・リミックス方式の施工実績⁹⁾

年 国	1979 (S54)	1980 (S55)	1981 (S56)
西 ド イ ツ	98,849	30,600	40,000
フ ラ ン ス	10,550	71,650	196,587
イ ギ リ ス	—	10,000	25,000
イ タ リ ア	122,000	152,000	237,000
ス ペ イ ン	—	77,500	—
ス イ ス	—	16,500	62,600
デ ン マ ー ク	15,176	32,132	163,000
ノールウェー	—	—	36,500
スウェーデン	—	—	20,000
ベルギー	—	12,000	14,400
オーストリア	—	19,000	20,000
ユーゴスラビア	95,000	—	—
合 計	341,575	421,380	815,087



写真-3 リミックス工法施工全景 (Wirtgen Remixer)

表-4 ストラバーク社
施工実績表¹⁰⁾

年	施工面積(㎡)
1977 (S52)	50,000
1978 (S53)	227,000
1979 (S54)	300,000

〔参考文献〕

- 1) 社道建協第1回海外技術調査団報告書 (1983)
- 2) 社道建協第2回海外技術調査団報告書 (1984)
- 3) 財高速道路技術センター：舗装のリサイクリング P8
- 4) N. C. HR. P 224: Guide Line For Recycling Pavement Materials P27, P29
- 5) Construction Industry Internationae Conference: By Dr. Fritz Gragger P25
- 6) Construction Industry Internationae Conference: By Arvo Kaksonen P47
- 7) Construction Industry Internationae Conference: By Vladis P. Servas P11
- 8) Construction Industry Internationae Conference: By Dr. Fritz Gragger P27
- 9) 財高速道路調査会：サーフェスリサイクリングに関する研究報告書：P19
- 10) 財高速道路調査会：サーフェスリサイクリングに関する研究報告書：P20

「アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議（6）」

第18回研究報告をお届けする。今回の担当者、羽山さんも本欄では初めての登場である。日常は研究よりもむしろ工事にたずさわっていることが多いと聞く、研究職の多い当グループにとっては貴重な存在である。

恒例の夏期合宿を本年は9月14、15日にかけて湯河原で行なった。参加者は24人。まず、第一陣は、14日の午前11時半、湯河原駅に集合し前もって予約してあったテニスコートに直行。数時間汗を流した後、ホテルで第二陣と合流、ひき続き勉強会を開いた。今回の講師は、井上、古財、羽山の3氏。最近視察してきた海外の状況について報告があり、討論に移った。勉強会の後はアルコール付きの夕食、宴会があり8時頃に自由解散となった。

しかし、いつのまにか談話室に全員が集合し、二次会となり、談話室の閉鎖時刻11時までこれが続いた。その後、三々五々、部屋にもどっての三次会が始まり、午前2時頃就寝。次の朝、会計にあたって幹事が頭をかかえてしまった。アルコール類の出費が予想を大幅に上まわり、かなりの赤字となってしまったとのこと。再徴収。

ホテルを後にして、またテニス。コート2面を半日借りて26,000円は高かった。

当グループは、この11月から発足以来8年目に入った。10周年記念は、家族ぐるみの旅行にしようなどと気の早い話も出はじめている。
(阿部頼政)

アスファルト舗装技術研究グループ

阿 部 頼 政	日本大学理工学部土木工学科	滝 瀬 稔	日本大学理工学部土木工学科
秋 本 隆	日産化学工業㈱業務技術課	竹 田 敏 憲	東京都第二建設事務所
阿 部 忠 行	東京都第二建設事務所	田 中 輝 栄	東京都土木技術研究所
荒 井 孝 雄	日本舗道㈱技術研究所	谷 口 豊 明	大林道路㈱技術研究所
安 崎 裕	建設省大臣官房技術調査室	丹 羽 和 裕	㈱パスコ道路調査部
飯 田 章 夫	日本道路公団名古屋建設局企画調査課	栃 木 博	日本道路公団試験所土工試験室
池 田 拓 哉	建設省土木研究所舗装研究室	中 村 州 章	日本道路公団試験所舗装試験室
井 上 武 美	日本舗道㈱技術研究所	西 沢 典 夫	大成道路㈱技術研究所
大久保 高 秀	首都高速道路公団湾岸線設計課	野 村 健一郎	大成道路㈱技術研究所
太 田 健 二	日産化学工業㈱技術課	野 村 敏 明	日産化学工業㈱技術研究所
大 坪 義 治	日産化学工業㈱関東営業所	林 誠 之	日本石油㈱中央技術研究所
亀 田 昭 一	日本大学理工学部土木工学科	八 谷 好 高	運輸省港湾技術研究所滑走路研究室
栢 野 宏	日本大学理工学部土木工学科	羽 山 高 義	日本舗道㈱工事開発部
古 財 武 久	大成道路㈱技術研究所	姫 野 賢 治	東京工業大学工学部土木工学科
児 玉 充 生	シェル石油㈱技術研究所	福 手 勤	運輸省第三港湾建設局海域整備課
佐 藤 喜 久	鹿島道路㈱東京支店技術部	吉 川 文 夫	日産化学工業㈱技術研究所
東海林 更二郎	日本舗道㈱工事開発部	吉 村 啓 之	前田道路㈱技術研究所
田 井 文 夫	日本道路㈱技術研究所		

セッションV：修 繕

羽 山 高 義*

1. まえがき

舗装は、ある供用期間のうちに何らかの損傷を受け、維持または修繕によって路面性状の改善や舗装構造の補強がはかられる。こうした維持修繕の必要性は、舗装延長の伸展に伴い必然的に増大するものであるが、すでに道路整備が一定の水準に達した国々にとって、既設舗装の機能をいかにして保持してゆくかは、今日、極めて重要な課題となってきた。このような時代背景のもとで、新しい施工方法、施工機械、および使用材料の開発が続けられてきているが、他方、測定装置や電子計算機の発達、普及に裏うちされながら、より合理的なオーバーレイ厚設計法や、維持修繕のシステム化の検討が行なわれ、舗装の分野に新しい道を開きつつある。

「第5回アスファルト舗装の構造設計に関する国際会議、セッションV：修繕」には、合計10編の論文^{1)~10)}がまとめられているが、それらは、

- ① オーバーレイ厚の設計法に関するもの——4編^{7)~10)}
- ② 維持修繕の計画、実施を最適に行うためのシステム開発に関するもの——5編^{1)~5)}
- ③ ①、②の両方を含むもの——1編⁶⁾

に大別できる。

以下、本稿では、維持修繕の定義について述べたあと、このセッションに含まれる論文を中心に、オーバーレイ厚設計法と、維持修繕のシステム化とに分けて述べてゆく。

2. 維持修繕の定義

維持 (maintenance)、および修繕 (rehabilitation) についての定義は、まだ国際的には統一がなされていない。¹¹⁾例えば、本セッションは「修繕」と題されているが、日常的な管理や維持を含んでいるし、逆に、「維持」という言葉で全てを含める場合もある (例・maintenance system)。

Epps らは、本セッションを要約するにあたり、「維

持とは、舗装構造をあまり変えることなく予防 (preventive) または修正 (corrective) の措置を講ずること。修繕とは、改築 (reconstruction)、オーバーレイ、リサイクリング、およびこれらの組み合わせにより舗装の供用性や構造機能を回復または改善すること」と定義づけている。¹¹⁾この定義は、本誌139号で八谷が紹介している Monismith らの工法分枝図¹²⁾とも対応しており、AI (米国アスファルト協会) の Manual Series No.16¹³⁾、No.17¹⁴⁾や、わが国の「道路維持修繕要綱」¹⁵⁾の定議と、基本的には差異のないものである。

3. オーバーレイ厚設計法

修繕工法のうち最もポピュラーな工法がオーバーレイ工法であるが、この章では、オーバーレイ厚の設計法について述べる。

現在、各国で用いられているオーバーレイ設計法は、経験的手法と、理論的手法に大別される。「セッションV：修繕」には、オーバーレイ設計法に関し5つの論文が発表されているが、そのうち1点だけがTRRL (英国道路研究所) の経験的手法にもとづくもので、他の4点は全て弾性理論にもとづくものとなっている。

なお、諸外国のオーバーレイ設計法については、栃木、福手、井上らの報告が参考¹⁶⁾¹⁷⁾となる。

3-1 経験的方法

経験的なオーバーレイ厚設計法には、PSI (present serviceability index : 測定時サービス指数) の概念にもとづく T_A 法と、たわみ-疲労の関係にもとづくたわみ法とがあり、AI やわが国では、その両方式を導入している。ここでは、 T_A 法とたわみ法について簡単に述べたあと、本セッションに報告されたTRRLのたわみ設計法を紹介する。

(1) T_A 法とたわみ法

T_A 法は、供用性や構造機能の低下を、 T_A の減少または不足とみなす考えにもとづいており、既設舗装の残存 T_A (T_{A0}) と必要な T_A との差 $t = T_A - T_{A0}$ (km) をオーバーレイ厚として求める方法である。既設舗装の

*はやま たかよし 日本舗道工事開発部

残存T は、新設時の設計と同様にして算出するのであるが、計算に用いる係数は、等値換算係数の代りに破損の状況に応じた係数が用いられる。AIの方法¹⁴⁾では、PSIにもとづき係数を決める方式(図-1)と、これをベースとして作成した表から求める方式との2つの方式が採られているが、わが国では、後者の方法のみが採用されている。

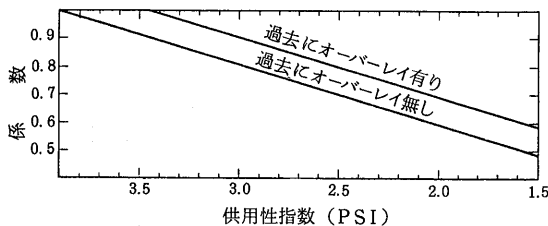


図-1 T_{A0} 計算に用いる係数 (AI)¹⁴⁾

T法の考え方は、AASHOによって最初に提案されたもので、比較的容易にオーバーレイ厚が求められるが、路面での供用性や破損の外観といった表面的な因子から、構造的な解を求めようとする点に飛躍があるのと、換算係数の採り方に個人差が出やすい欠点があるとされる。

たわみ法は、構造機能の低下に伴い路面のたわみ量が大きくなるという疲労の考え方をもとにしており、TRRL、カリフォルニア州等がこの方法を採用しているほか、前述のとおりAIやわが国の要綱も T_A 法と二本立てで利用している。

この方法は、既設舗装のたわみ量を温度補正したあと、図表などから直接オーバーレイ厚を求めるか(図-2)、

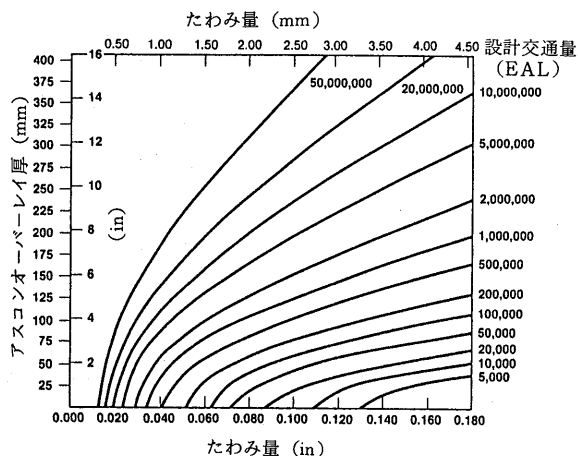


図-2 オーバーレイ厚設計曲線 (AI)¹⁴⁾

または設計たわみ量との関係からオーバーレイ厚を決定する方法である。疲労寿命の考えを導入している点ではやや理論的な面もあるが、オーバーレイ厚とたわみ量低減の関係や、たわみ量と寿命の関係などベースとする実績を数多く必要とするため、従来と異なる材料や断面が採られている舗装に対しては適用に難が多い。

(2) 新しいTRRLの設計法

Listerらは、以前からTRRLのオーバーレイ設計法開発に携わっているが¹⁸⁾、今回は、交通履歴とたわみ量における限界状態 (critical condition) を、確率的に整理した方法を発表している。⁹⁾ 以上に、その概要を示す。

舗装の変化は、次の3期に分けることができる。

- ① 初期：建設後1年間、たわみ量と変形の変化が早い
- ② 中期：安定期で徐々に変化し、最後に破損が始まる
- ③ 終期：破損の進行が早くなり、その変化は予測困難で、最後に破壊に至る。

従来、③の期間にオーバーレイを行っていたが、時期さえ判れば②の末期に行うのが経済的に得策である。①～③の変化はたわみ量の変化に対応しており、図-3のようにたわみ量が限界状態を越えると破壊に至る。限界状態は、過去の実績から図-4のように確率的に整理できる。こうした舗装の疲労特性は、路床の種類や支持力(ただし、CBR=2.5~15%)、あるいは表・基層の厚さや種類からは独立しており、路盤のタイプにのみ依存するとされる。このようにして、路盤のタイプ、過去の累積交通量、およびたわみ量(デフレクトグラフ deflectograph 使用)が判れば、残存寿命を適格に予測でき、適時のオーバーレイが可能となる。一方、オーバーレイの厚さについては、厚さとたわみ量低減の関係、および図-4の疲労特性より、図-5の設計曲線が用意される。

以上の方法は、英国ではオーバーレイの計画、設計に用い始めており、電算機処理が行えるようになっていて、プロジェクトレベルばかりでなく、ネットワークレベルでの計画検討にも利用できる。また、従来法との比較において、3~40%の経費節約が可能となったとしている。

3-2 弾性理論による方法

舗装を構成する各層の材料は、実際には弾性体ではなく、粘弾性的、あるいは弾塑性的挙動を示すものである。しかし、通過交通の動荷重に対しては弾性的挙動を示すと考えても差し支えなく、今では多くの研究者や機関が弾性理論にもとづく舗装の構造設計法を扱っており、「セッションI」、「セッションII」にもみられるとおりであ

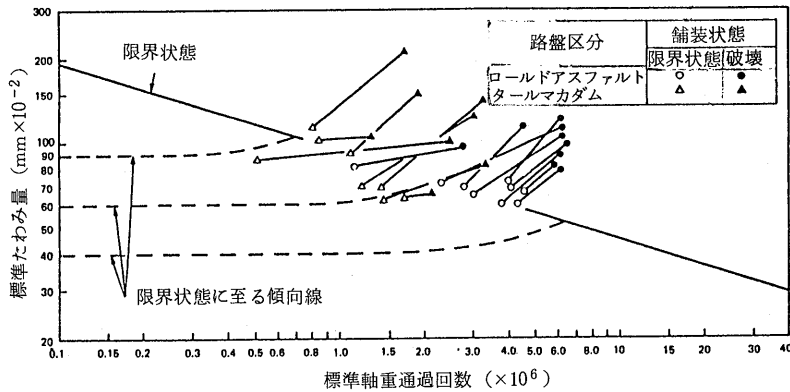


図-3 舗装の限界状態から破壊への変化(路盤: 歴青系路盤)⁹⁾

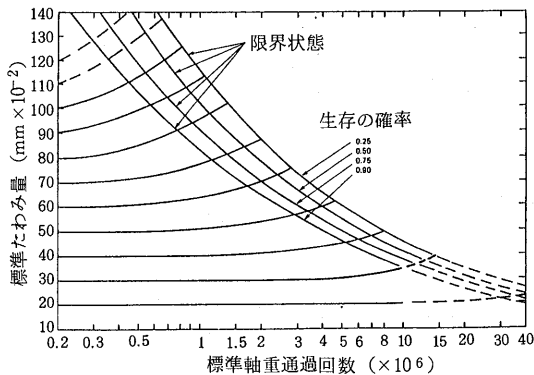


図-4 たわみ量と寿命(路盤: 自硬性粒状路盤)⁹⁾

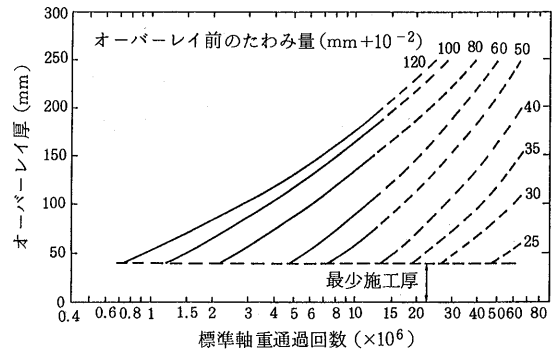


図-5 生存確率50%時のオーバーレイ厚
(路盤: 歴青系路盤)⁹⁾

る。

弾性理論にもとづくオーバーレイ厚の設計手順は、一般には、次の手順による。

- ① 既設舗装の力学的挙動の評価、力学特性値の堆定
- ② 所定の寿命や供用性を満足させる許容値の設定
- ③ 許容値を満すオーバーレイ厚の算出

以下、本セッションに報告された Ullidtz et al⁶⁾ de la Taille et al⁷⁾, Veverka et al⁸⁾, および Medina et al¹⁰⁾ の報告を中心に論を進める。なお、これらの論文の概要についてはあらかじめ表-1に整理しておく。

表-1 理論的設計法(4報告)の概要

報告者	設計法区分	各層の評価方法			クリティカルなパラメーター	計算層数 (オーバーレイ層含む)
		路床	路盤	表層		
Ullidtz et al ⁶⁾	理論的	FWD	FWD	FWD	路床路盤の垂直応用力 σ_z または垂直ひずみ ϵ_z	4層
de la Taille et al ⁷⁾	理論的	$E_3=f(\text{CBR})$	$E_2=k(E_3)$	デフレクトグラフ	既設表層下面の引張りひずみ ϵ_r	4層
Veverka et al ⁸⁾	理論的 (実用上: たわみ法)	デフレクトグラフ (既設舗装を1層と考える)			オーバーレイ層下面の引張りひずみ ϵ_r	2層
Medina et al ¹⁰⁾	理論的	室内試験	室内試験	室内試験	各層材料の引張り応力 σ_t	(有限要素法)
(参考) Lister et al ⁹⁾	経験的 (たわみ法)	デフレクトグラフ (路面たわみ量)			—	—

(1) 力学特性値の推定

既設舗装および構成材料の力学特性値は、非破壊試験または採取試料の室内試験により求められ、必要に応じて温度補正等が行われる。弾性計算に必要な材料特性値は、計算プログラムによって異なるが、通常、各層の層厚、弾性係数、およびポアソン比である。層厚は、施工台帳もしくはコアボーリング等によって求められ、ポアソン比は今までの経験値を利用することが多い。一方、各層の弾性係数の決定方法は研究者によって相違がみられる。

サンプリング試料の室内試験により弾性係数を求める方法としては、路床、路盤については動的載荷試験による方法があり、Medina ら¹⁰⁾はTRBの繰返し三軸試験を用いている。しかし、こうした方法は迅速性と経済性に欠けるため、実用的には路床土のCBRより推定されることが多く、de la Taille ら⁷⁾もこの方法によ

路床 : $E_3 = 10 \text{ CBR (MN/m}^2\text{)}$

粒状路盤 : $E_2 = K_2 E_3$

ここで $1.5 \leq K_2 \leq 4$

一方、アスファルト混合物の弾性係数（またはスティフネス）も動的載荷試験によって求められるが、載荷条件、温度条件、および混合物の組成や空隙率により大きく変化するため、補正した値の使用が必要となる。最も簡単には、Medina ら¹⁰⁾のようにアスファルトの針入度だけで使い分ける場合もあるが、下記に示す Veverka ら⁸⁾のように、より以上の因子を考慮して補正すること

もある。

$$[E^*] = E \cdot [R^*]$$

ここに $[E^*]$: アスファルト混合物の弾性係数

E : アスファルト量と空隙率の関数

$[R^*]$: 温度、載荷速度、粘度の関数

非破壊試験による方法は、そのほとんどがたわみ量から弾性係数を推定する方法であるが、迅速性に富むため、疲労に伴う力学的挙動の変化を経時的に観測する際にも利用でき、今では重要な手法となりつつある。非破壊試験測定装置の分類例を表-2¹⁹⁾として示すが、そのうちデフレクトグラフについては、de la Taille et al.⁷⁾ Veverka et al.⁹⁾ Lister et al. が利用しており概要を図-6に示しておく。

de la Taille らは、路床、路盤については上述のとおりCBRより弾性係数を推定するが、アスファルト混

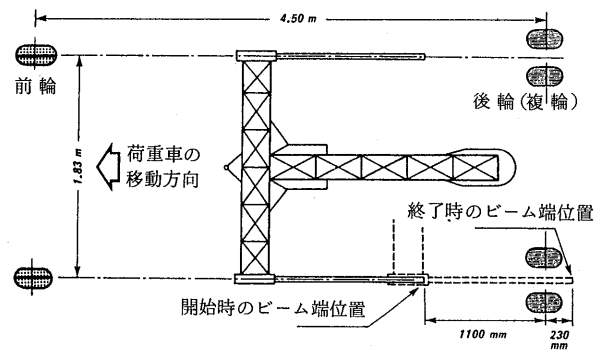


図-6 デフレクトグラフの概要²⁰⁾

表-2 測定装置の分類例¹⁹⁾

測 定 法		代表的装置名	測定数／日	主 な 特 徴
移 動 式		ベルケルマンビーム	250	●簡易な装置であるが、多くの人員を要し、非能率的。 ●荷重の影響が支持脚まで及び真の値を得られない。
		トラベリング デフレクトメータ	2,000	●多くのデータが得られる。 ●真の値より小さ目に測定される。 ●測定間隔が固定している。
		デフレクトグラフ	2,500 ～ 4,000	●得られたデータを迅速処理、蓄積、表示するシステムの開発も必要。
定 置 式	静 的	平 板 載 荷 試 験	数 点	●層の弾性係数を推定することによって舗装構造の強さに関する情報を得ることが出来る。 ●測定が遅く、収集するデータが少ない。舗装の均一性を評価するのに不十分。
		動 的	ダイナフレクト	50～100
	ロ ー ド レ ー タ		300	●広範囲に測定出来る。
	F W D		200	●構造のレスポンスは軽い荷重では得られにくい。
	インパルス装置		数 点	●絶対的なたわみの尺度とならない。 ●データは安定している。
		弾 性 波 伝 播 法	数 点	●測定が遅い。 ●舗装の疲労を検討したり、セメントベース層のクラックを発見するのに便利。主に研究用の道具。

合物層の弾性係数については非破壊試験によっている。デフレクトグラフより求めたたわみ量を10℃に換算し、この値と理論たわみ量とが一致するようにアスファルト混合物層の弾性係数を設定するものである。Veverka らもデフレクトグラフによっているが、特に、簡便設計法では既設舗装を1層体とみなし、次式で弾性係数を与えている。

$$E = 11000 / dc \quad (\text{mPa})$$

ここに dc : 代表的なたわみ量 (0.01 mm)

一方、Ullidtz らの方法は、FWD (falling weight deflectometer) により路床から表層まで全ての弾性係数を推定するものである。FWDは、任意の地点に平板を介して衝撃荷重を加え、半径0, r_1 , r_2 におけるたわみ量 $d(0)$, $d(r_1)$, $d(r_2)$ を測定する方法であり、「セッションⅢ」では Pronk and Buiters²¹⁾ がその利用を検討している。Ullidtz らの場合、彼らの開発したたわみプログラムによりFWDの結果から各層の弾性係数を推定するが、最終的には層厚、上下層の弾性係数の比等を考慮して、繰返し計算して決められる。また、こうして得られた弾性係数のうち、アスファルト混合物層については、次式により温度補正、または載荷条件による補正が行われる。

$$S_T / S_{15} = 1 - 1.384 \log (T / 15)$$

$$\log (S_T / S_{0.012}) = -0.227 \log t - 0.434$$

ここに S_T : 気温 $T^\circ\text{C}$ ($T > 1^\circ\text{C}$) におけるステイフネス

S_{15} : 気温 15°C , 載荷時間 t 秒におけるステイフネス

(2) 許容値の設定とオーバーレイ厚設計

弾性理論にもとづく方法では、舗装のクリティカルな箇所における力学特性値と、累積交通量との関係が求められ、この関係にもとづき疲労の状態や破損の程度が判定され、かつ許容値との関係が把握される。

Ullidtz ら⁶⁾ の場合には、路床、路盤の垂直応力(または垂直ひずみ)を基準としており、許容応力 σ_z は、累積交通量 N との関係において次式で与えられる。

$$N = 500 (\sigma_z / 1 \text{ MPa})^{-3.26} \times (E / 160 \text{ MPa})^C \times (P_I - P_T)$$

$$\text{または } N = 500 (\sigma_z / 1 \text{ MPa})^{-3.26} \times (\text{CBR} / 16)^C \times (P_I - P_T)$$

ここに P_I : 始めの PSI

P_T : 終りの PSI

$C : 3.78 - E \leq 160 \text{ MPa}, \text{ CBR} \leq 16$

$C : 3.26 - E > 160 \text{ MPa}, \text{ CBR} > 16$

垂直応力 σ_z の代りに垂直ひずみ ϵ_z を用いる場合には、次の換算式によっている。

$$\sigma_z = \epsilon_z \times \frac{E}{(1 + \nu)(3 - 2\nu)}$$

ここに ν : ポアソン比

オーバーレイ厚の計算は、4層構造(オーバーレイ層含む)に近似させた Ullidtz らのプログラムによる。計算例では、 $P_I = 3.0$ の道路を $P_T = 2.5$ まで放置しておけば、路盤は2.7年、路床は3.9年の残存寿命しかないが、30mmのオーバーレイによってPSI (P_I') を3.8に上げれば、寿命は16.6年まで伸びるとしている。

de la Taille ら⁷⁾ は、既設アスファルト混合物層下面の引張りひずみ ϵ_r をクリティカルなパラメータと考え、French Road Research Laboratory (フランス道路研究所) のデータより $\epsilon_r = 1.2 \times 10^{-4}$ を基準値として採っている。計算は、既設舗装を3層構造に近似させ、ESSOのオーバーレイ設計プログラムによっているが、このプログラムにはオーバーレイ層の疲労(クラック)と変形(わだち堀れ)とが考慮されている。すなわち、オーバーレイ設計の条件として、次の2点を上げている。

- ① オーバーレイによって、既設舗装が舗強されること
- ② オーバーレイ層自体、疲労またはわだち堀れに対して抵抗性が高いこと

以上のことから、オーバーレイ属の材料も良く吟味する必要があるとしており、検討別では6種類(ホットローランドアスファルト、アスファルトコンクリート、およびデンスピチュメンマカダム——各2種類)の混合物について疲労試験とクリープ試験とを実施している。試験結果の1例を図-7として示すが、適用例では、疲労抵抗性、耐流動性に優れたアスファルトコンクリート10

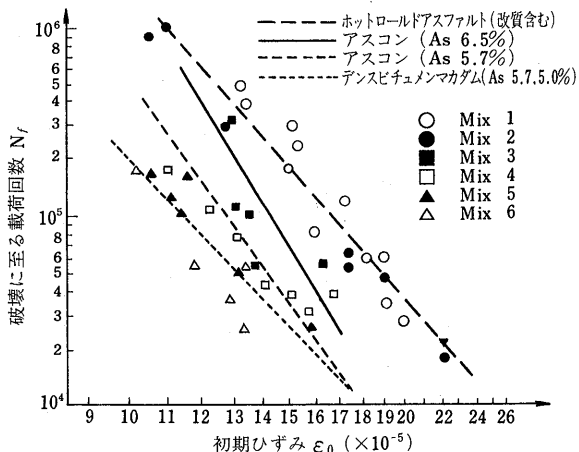


図-7 オーバーレイ混合物の疲労特性⁷⁾

cmの上に、ウェアリング層としてスベリ抵抗性など優れたホットロールダスファルト4cmを設ける合計14cmのオーバーレイを最適解として得ている。

Veverka ら⁸⁾ も引張りひずみをパラメータとしているが、de le Taille らと異なり、オーバーレイ層下面の引張りひずみをクリティカルとしている。

Veverka らは、クラック+パッチング率(C+R)、およびわだち堀れ量(RD)を予測する各モデルを開発し、その妥当性を確認している。クラックモデルの概念図を図-8に示す。これらのモデルにより、既設舗装の

(C+R)または(RD)を求め、期待できる寿命Nを予測することができるが、実際の累積交通量N'との比較において、 $N' > N$ の時オーバーレイの必要があると判断する(図-9)。同様に、(C+R)または(RD)の観察値(obs)と計算値(cal)との比較において、 $obs > cal$ の場合にオーバーレイを行うものとしている。

上記のようにしてオーバーレイの時期を判断するわけであるが、オーバーレイ厚の設計については、既設舗装を半無限体と考える簡便法を提唱している。設計に用いるクリティカルなパラメータは、前述のとおりオーバーレイ層下面の引張りひずみ ϵ_r で、その許容値 ϵ_{max} は次式

$$\epsilon_{max} = CN^{-0.21}$$

ここにC:オーバーレイ混合物の特性

で与えられるが、実用上の設計曲線としては、図-10が用いられ、たわみ量から厚さを求めるようになっている。なお、簡便法は複雑な断面を持つ舗装への適用には難があり、その場合には多層弾性理論によるプログラムが使用される。

Medina ら¹⁰⁾は、ブラジルのオーバーレイ設計法に、疲労の考えを導入

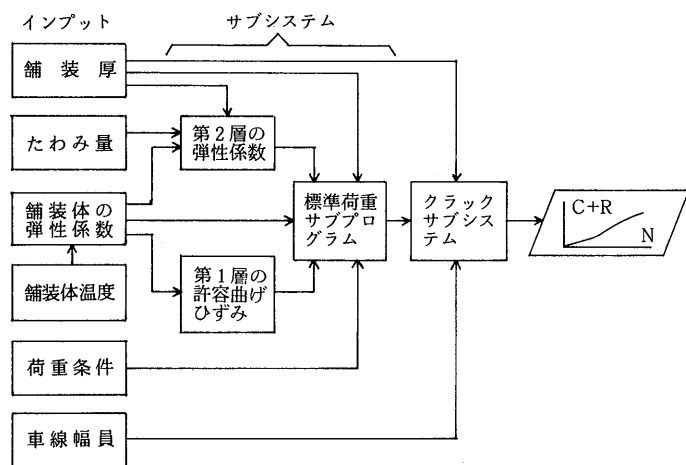


図-8 クラック予測モデルのブロックダイアグラム⁸⁾

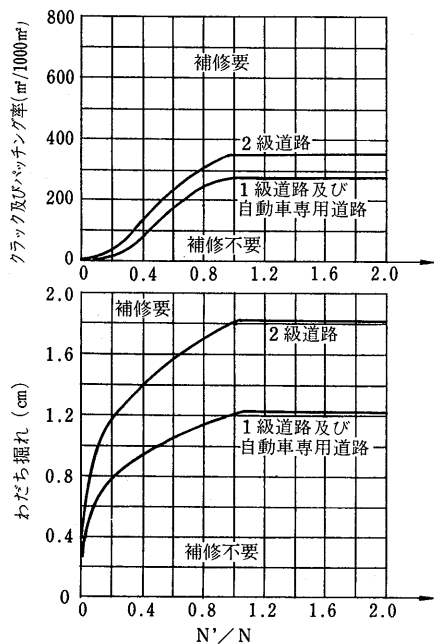


図-9 補修実施の判断図⁸⁾

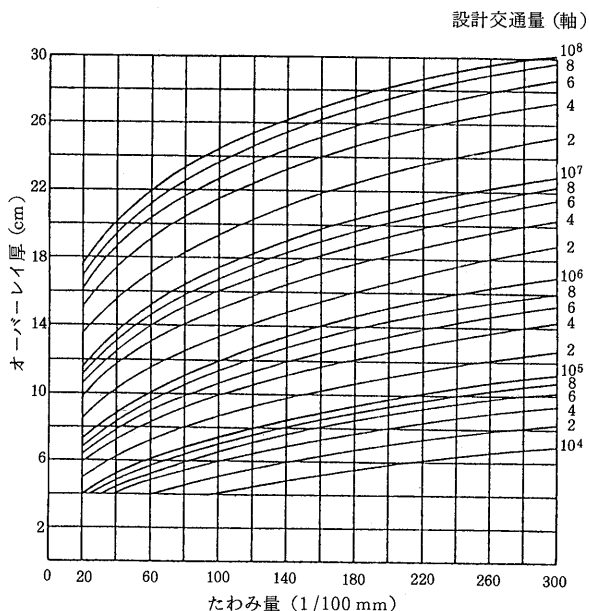


図-10 オーバーレイ厚設計曲線⁸⁾

すべく、250 kmの舗装の13断面について検討を行っている。各層材料の力学特性値は全て室内試験により求め、次の結果を得ている。

$$N = K (1/\sigma_t)^n$$

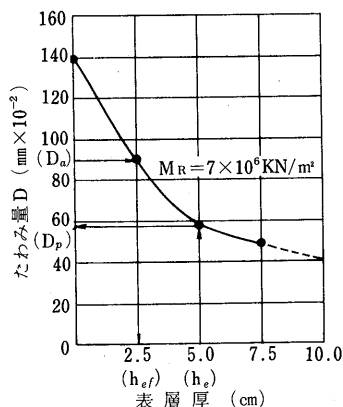
または $N = K' (1/\Delta\sigma)^n$

ここに σ_t : 引張り応力

$\Delta\sigma$: 主応力差

K, K', n : 回帰定数

California 大学の有限要素法によるプログラム FEPAVE は、上式の主応力差と疲労との関係を導入しており、FEPAVE によって、疲労と許容たわみ量の関係が、図-11 のように求まる。オーバーレイ厚の決め方は、2 連ベンケルマンビームより求めた実測たわみ量から、既設舗装の有効厚 h_{ef} を求め、実際の表層厚 h_e と比較して、 $h_{ef} < h_e$ の時



D_p : $h_e = 5\text{cm}$ の予測たわみ量 h_e : 既設表層厚

D_a : 実測たわみ量 h_{ef} : 有効表層厚

図-12 表層厚とたわみ量の関係¹⁰⁾

オーバーレイを行うものとし、 h_{ef} とオーバーレイ厚 h_{ov} の合計厚 h_t を図-11 にあてはめチェックする方法による。 h_{ef} の求め方は、例えば図-12 による。

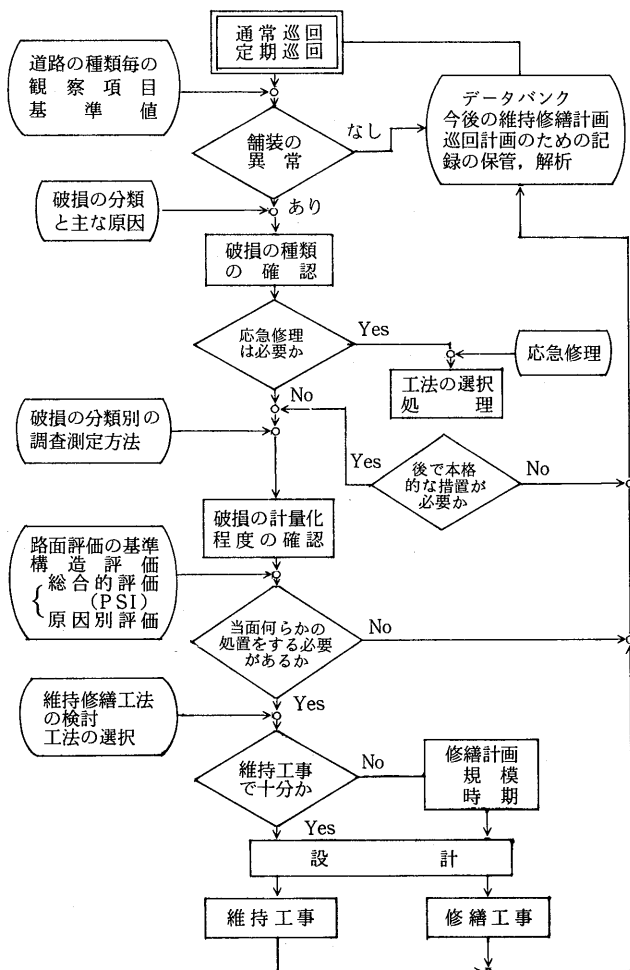


図-13 舗装の維持修繕のフローチャート¹⁵⁾

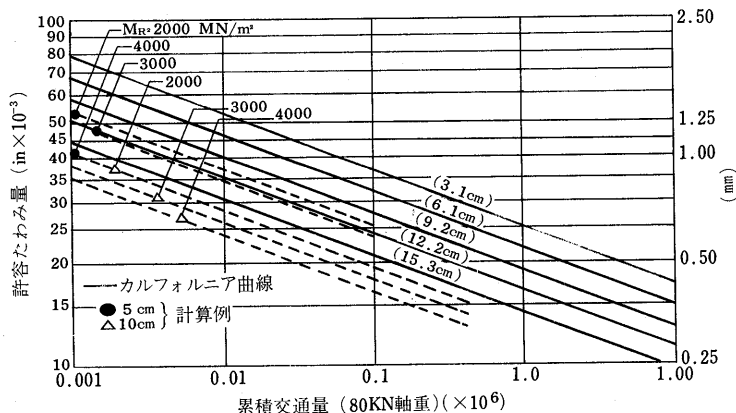


図-11 許容たわみ量 (カリフォルニア法)¹⁰⁾

4. 維持修繕のシステム化

舗装の維持修繕の手順は、例えば図-13のようなフローチャートで示されるが、この流れの中で最適な工法を選定するという作業は、実際には容易な作業ではない。何故なら、予算という枠の中で、道路網全体のバランスを保ちつつ、かつ将来のことも考慮しながら、破損の状況に応じた適切な判断が必要とされるためである。こうした複雑な条件下で、最少費用で最大便益を与えるような計画を、より合理的に、しかも短時間で得ようとするのが維持修繕のシステム化の目的である。維持修繕システムは舗装管理システム（PMS, pavement management system）のサブシステムにすぎない²⁰⁾が、一旦建設された道路は、半永久的に維持修繕され続けるものと考えれば、PMSに占める維持修繕サブシステムの役割は大きいといえる。

本セッションには、維持修繕のシステム化に関する論文が合計6件報告されている。まだ新しい分野でもあり、研究者によってシステムの幅と内容に相当の開きがあるが、以下、システムの概要、必要なデータと工法の種類、およびシステムの実行とに分けて述べるものとする。

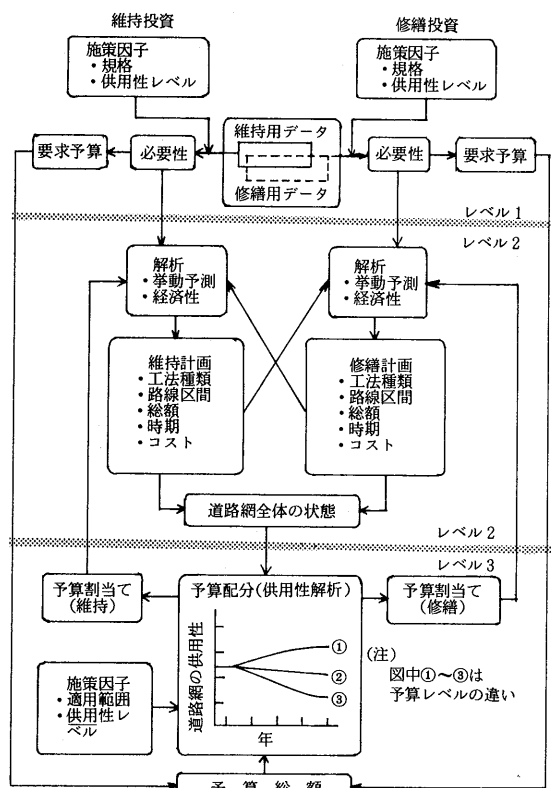


図-14 維持修繕計画と予算配分の関係³⁾

4-1 システムの概要

総合的なシステムを指向している Haas ら³⁾のものから説明を始める。

Haas らのシステムは、図-14の枠組みで構成され、工法選定と予算配分とが検討されるが、それらは、

- ① 維持修繕の必要性の判定
 - ② 維持修繕代替案と実施時期の検討
 - ③ 計画期間内の全体予算および予算配分の決定
- の3段階のレベルからなり、予算枠の変更に応じた対応は、繰り返し計算することによって導くことができる。システムは維持、および修繕についての専用のプログラミングサブシステムを有しているが、そのうち、たわみ性舗装の維持解析に用いるサブルーチンを、図-15に示す。

以上のようなシステムをネットワークレベルで運用していくには、実際には中央と出先とのやり取りが不可欠なわけで、Lyttton ら²⁾が Texas 州交通省のために開発した、テキサス維持修繕システム（The Texas Rehabilitation and Maintenance System, RAMS）では、州政府→地区事務所→駐在所でのやり取りに7つのサブプログラムが用いられるようになっている（表-3）。

同じく総合的なシステムであるが、Koning ら⁵⁾は、オランダが行ってきている自治体（市）向けのシステムの開発について報告している。このシステムは、長期（0～20年）、中期（0～5年）、短期（0～2年）の3つの期

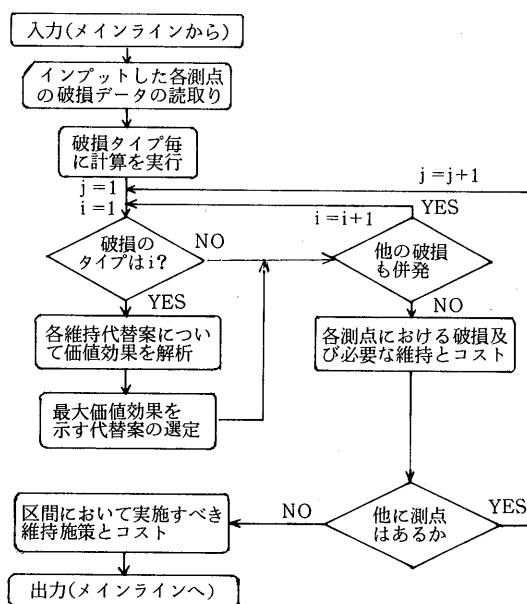
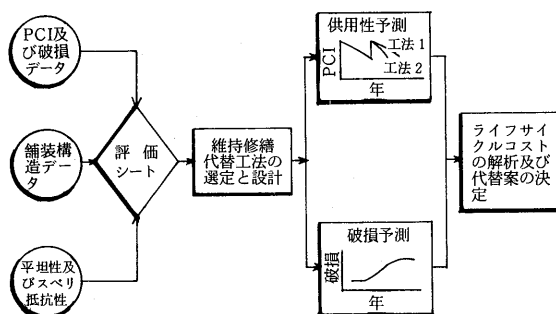


図-15 たわみ性舗装の維持サブルーティン³⁾

表-3 RAMSプログラムの連携利用²⁾

実施項目	データの送り先			使用するRAMSプログラム
	地区→州	州→地区	地区→駐在所	
各地区の現況調査 調査データの入力 データのチェックと検証	地区の現況データ			DCV
州全体のコスト予測		予算の上限・下限 区間毎の調査計画		SCE
年間の維持修繕代替案の選択	各地区の予算と便益レベル			DO-1
州全体の財源割当て		地区の予算		SOFA-1
州際道路及び幹線網に対する州全体の実施方法と財源割当て		州際道路及び幹線網の特定計画		SOFA-2
駐在所に対する区の実施計画と財源割当て			街区予算での工事計画	DO-2
5年後及び10年後の計画	予想される将来の工事			DTO-1

図-16 維持修繕工法最適案の決定手順⁴⁾

間について検討が行えるようになっている。

一方、いかに総合的なシステムであったとしても、それらはプロジェクトレベルでの適用が原点となる。Shahin⁴⁾のものは、米国空軍のために開発した空港舗装の維持修繕システムであるが、プロジェクトレベル専用のもので、そのフローシートは図-16のように示される。

Ullidtz⁶⁾のシステムには、プログラム電卓でも実行できるように開発された Pavement Management Program が用いられる。このシステムも、どちらかといえばプロジェクトレベルでの適用を指向しているが、以下のステップで実行され、③の段階ではプロジェクトレベルでの最適解が、④の段階ではネットワークレベルでの最適解が得られるようになっている。

- ① 既設舗装の残存寿命の計算
- ② 維持修繕実施後の延長寿命の算出
- ③ プロジェクトレベルでの維持修繕代替案の経済比較
- ④ ネットワークレベルでの維持修繕代替案の経済比較

Potter¹⁾の論文は上記の5報告と若干趣を別にしており、すでに存在するシステムのうちより、Moavenza-dehらのシステム(HDM)を採用し、舗装の維持修繕

費(operation cost)を、利用者側費用(user cost)と、当局者側費用(maintenance cost)との両面から検討したものである。詳しい説明はないが、HDMを採用するにあたり検討した既存のシステムは、次のとおりである。

- ① Flexible Pavement Systems (FPS)
- ② System Analysis Model for Pavements (SAMP)
- ③ Low Volume Roads (LVR)
- ④ Ontario Pavement Analysis of Costs (OPAC)
- ⑤ Road Transport Investment Model (RTIM)
- ⑥ Highway Design Model (HDM)

4-2 必要なデータと代替案の種類

システムを実行するのに必要なデータと、検討の対象とする工法の種類は、研究者によって差異がみられる。

インプットするデータは、システムの種類によって異なるが、概して多種類のデータを必要とする。逆にとらえれば、多種類のデータを有機的、かつ合理的に処理することがシステム開発の目的とするところでもある。具体的な例として、Potter¹⁾の報告より表-4、5を引用しておくが、表-4の20因子については条件固定、表-5の10因子については各々3水準の条件で検討を行っている。実際には、これに費用の因子(各工法の単価、予算枠等)や維持修繕の目標値などが加わり、さらにネ

表-4 システム実行に用いたデータ例(1)¹⁾

地域	
地勢	起伏平原
表土厚	薄い
標高(m)	200
土質	
土質種類	粘土
路床土CBR(%)	8
気象	
年間降雨量(mm)	750
乾期(月数)	9
雨期(月数)	3
地域ファクター	1.0
設計基準	
延長(km)	1.0
表層幅員(m)	7.0
路肩幅員(m)	2.0
上り勾配(mm/m)	15.0
下り勾配(mm/m)	15.0
曲線部曲率(mm/m)	36
表層規格	AC
表層材料	AC
表層厚さ(mm)	50
路肩材料	シール
路肩厚さ(mm)	25

表-5 システム実行に用いたデータ例(2)¹⁾

項 目	水 準		
	1	2	3
解析期間(年)	26	15	4
割引率(%)	15	7.5	0
現在交通量(年平均, 両方向)	2500	1400	300
交通増加率(%)	6	3	0
現在の舗装構造(AASHO SN)	5.4	3.6	1.8
現在の舗装状態(PSI)	4.2	3.0	1.8
年間パッチング量(%)	80	40	0
表面処理済の合計量(%)	85	45	5
オーバーレイ後予測平坦性(mm/m)	5	3.5	2
オーバーレイ厚(mm)	150	100	50

ットワークレベルでの検討では、対象とする全ての道路(または区間)のデータが必要なわけで、多岐に渡っている。

なお、Lyttonら²⁾のシステムのように、使用するサブプログラム(7種類、表-3参照)毎にインプットデータが決められている場合や、Koningら⁵⁾のように解析期間や道路種別によって変える場合もある。

一方、舗装は、国、地域、あるいは道路のクラスによって、舗装構造そのものと、それをとりまく環境とが異なるため、破損の形態と程度に差がみられる。従って、国によって工法の種類や重要度に差異がでてくるのは当然である。こうしたことから、検討の対象とする維持修繕工法の種類も、システムによって相違がみられる。

Potter et al.¹⁾や Ullidtz et al.⁶⁾のシステムは、対象とする工法の数はいくつか、後者の場合、スラリーシー、表面処理、およびオーバーレイとなっている。逆に、工法の数が多い例としては Shahinら⁴⁾のものがあげられ、14種類を数えている。この中にはリサイクリング工法も含まれているが、Monismith らの工法分枝図¹²⁾や AI のマニュアル¹⁴⁾にもみられるように、リサイクリング工法がすでに修繕工法としての地位を認められている点は注目に値する。

4-3 システムの実行

維持修繕システムでは、例えば次のような手順で舗装の評価と、工法の検討が行われる。²⁾

<第1段階>

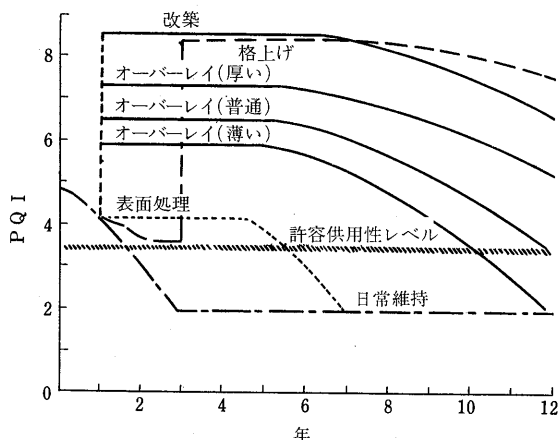
- ① 道路網の範囲決定
- ② 検討の対象とする工法の選択
- ③ 舗装状態の測定結果入力
- ④ 解析期間の決定

<第2段階>

- ① 既設舗装の評価とランク付け
- ② 各維持修繕工法による改修効果の堆定

- ③ 維持修繕による寿命延長の堆定
- ④ 各道路(区間)毎の最低許容値の設定
- ⑤ 各時点における所要ランクの設定

さらに、ライフサイクルコストの解析など経済的な面からの吟味が行われ、最適な対策が立てられる。こうした操作の中で、PSIなどが評価、判断の指標として用いられることが多い。

図-17 各工法の供用性曲線³⁾

Haasら³⁾の修繕プログラムでは、指標として PQI (pavement quality index) が採られている。修繕による改善効果は PQI の上昇として捉えられ、時間との関係において図-17のように示される。便益 (benefit) は、図17の2つの曲線(1つはある工法の曲線、もう1つは日常管理だけの曲線)間の面積として現わされるが、この便益を現在価値費用で割った値 (benefit / cost) が、その工法の価値効果 (cost-effectiveness) として求まる。予算の制限がないかぎり、価値効果を最大とする方策が、プロジェクトレベルでの最適解となる。

Ullidtzら⁶⁾のシステムも、Haas らの方法と同様にして便益と価値効果を求めるが、指標としては、PSI と PSR (present serviceability rating) の比が用いられている。アウトプットの例を、表-6、7として示す。表-6はプロジェクトレベルにおける検討結果を示すもので、予算の制限がなければ便益/価格の値を最大とする代替案が最適解である。一方、表-7はネットワークレベルでの検討結果を示すもので、120,000 ポンドという予算枠内でのネットワーク全体の便益/価格を最大とする工法の組み合わせが最適解となる。すなわち、予算を考えなければ 14+28+37+41+55 (注・14とは No.1

表-6 プロジェクトレベルでのアウトプット例⁶⁾

路線区間	残存寿命(年)	項 目	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	工法区分	1	2	2	2				
		施工厚(mm)	—	30	35	40				
		寿命(年)	0.4	6.6	6.7	9.5				
		価格(1000 ポンド)	2.4	9.0	10.5	12.0				
		便益/価格	9.1	28.8	37.1	47.0				
2	0.03	工法区分	1	2	2	3	3	3	3	3
		施工厚(mm)	—	40	50	40+30	40+40	40+50	40+60	40+70
		寿命(年)	0.07	0.7	1.2	3.0	4.3	5.7	7.6	10.0
		価格(1000 ポンド)	4.7	23.4	29.3	35.1	39.0	42.9	46.8	50.7
		便益/価格	2.3	7.5	10.6	23.6	30.3	37.0	44.9	54.4
3	0	工法区分	1	2	2	3	3	3	3	
		施工厚(mm)	—	40	50	40+25	40+35	40+45	40+55	
		寿命(年)	0	0.7	1.5	3.9	6.7	10.8	16.9	
		価格(1000 ポンド)		12.6	15.8	17.8	20.0	22.0	24.2	
		便益/価格		4.5	8.3	20.2	32.2	46.0	46.7	
4	0	工法区分	1	2						
		施工厚(mm)	—	30						
		寿命(年)	6.5	27.5						
		価格(1000 ポンド)	1.4	6.3						
		便益/価格	56.4	48.1						
5	0.44	工法区分	1	2	2	2	2	3		
		施工厚(mm)	—	30	35	40	45	40+25		
		寿命(年)	0.9	4.1	5.6	7.8	10.8	36.5		
		価格(1000 ポンド)	8.0	29.9	34.9	39.9	44.9	56.5		
		便益/価格	16.5	37.0	46.4	58.4	69.4	60.4		

(注) アンダーラインで示す工法、断面が最適解

表-7 ネットワークレベルでのアウトプット例⁶⁾

工法組合せ	便 益	価 格	便益/価格
14+28+37+41+52	5621	117.9	47.7
14+28+35+41+53	5664	119.0	47.6
14+27+37+41+53	5494	119.3	46.1
14+26+36+41+54	5572	118.2	47.1
14+25+36+41+55	5883	119.3	49.3 (最適解)
13+28+36+41+53	5858	119.5	49.0
13+26+37+41+54	5516	118.9	46.4
13+27+35+41+54	5543	118.6	46.7
13+26+35+41+55	5816	119.7	48.6
13+25+37+41+55	5896	120.0	49.1
12+28+37+41+53	5728	118.0	48.5
12+27+36+41+54	5781	119.1	48.5
12+25+37+41+55	5766	118.5	48.7
12+26+35+41+55	5685	118.2	48.1

の路線に、4番目に検討した工法・断面を適用すること、表6参照)が最適解であるが、予算制約下では、14+25+36+41+55の組み合わせが最も望ましいプランとなる。

Shahinら⁴⁾の方法は、最終的には現在価値法(present worth method)を導入したライフサイクルコスト解析によって経済比較が行われるが、詳しくはShahinの別の報告によるとしている。指標としては、P C I (pavement condition index)が用いられており、解析期間(例えば20年間)終了時において、各代替案のP C Iが等しくなるように計画を組み、比較検討が行われる。なお、P C Iについては、37の舗装から回帰式を得ており、予測モデルに利用している。

Lyttonら²⁾は、Haas et al., Ullidtz et al. と同様、に、制約された財源内で、道路網全体の便益を最大化する、便益最大化法(Benefit Maximization Method)を採用している。指標としてはPotential Gain of Rating や Pavement Survival Rate が用いられ、路線(区間)を*i*、代替工法を*j*、破損の種類を*k*、期間を*t*、および舗装のタイプを*n*とすれば、維持修繕の効果(仮にMEとする)および便益の合計(仮にTBとする)は、次式のとおり表わすことができるとしている。

$$ME = \sum_{t=1}^{N_T} \text{dijk pijkt}$$

$$TB = \sum_{k=1}^{N_D} \sum_{t=1}^{N_T} \text{Dnjk} \cdot \text{Max}\{(1-aibici(1 -$$

$$\text{Pijkt})) R_{\text{max}}(k), 0\}$$

ここに*d*, *D*: Potential Gain of Rating
p, *P*: Pavement Survival Rate
a, *b*, *c*: 調整指数(交通量, 気象, 路床)

R_{max}(k): 破損*k*に対する最大可能な rating

N_T: 解析期間年数

N_D: 破損の数

検討例では、テキサス州の現行方式とRAMSとの比較とを行っているが、RAMSにより2~27%の便益上

昇が期待できるとしている。

Koning⁵⁾は、彼らのシステムのうち挙動予測に関する研究が不十分であるとしているが、現在のところ、Panel rating 法によって求めたモデルを、中長期計画の検討に用いている。手順の詳細は不明だが、アウトプットとしては、採用すべき工法の種類、実施予定年度、優先順番、および価格等が路線別に求まるようになっていく。

Potter¹⁾は、システムとしてHDM、疲労モデルとしてAASHOのモデルを用い、利用者側費用の導入を検討しているが、上述のLytton et al.²⁾、Haas et al.³⁾、Ullidtz et al.⁶⁾らと異なり、コスト最小化法(Cost Minimization Method)²⁰⁾によって最適解が得られるようになっている。試算結果では大幅な費用節減が可能としているが、割引率(discount rate)がコストに及ぼす影響は大きく、この値の適切な決定が重要であると指摘している。

5. あとがき

「第5回国際構造会議、セッションV：修繕」に報告された合計10編の論文を中心に、オーバーレイ設計法と、維持修繕のシステム化とについてみてきた。これらの報告は、一部の例を除き、

- ① 理論的展開により最適解を得ようとしていること
- ② 同時多発性を考慮して、体系的、有機的な解決を模ろうでいること
- ③ ①、②の手段として電子計算機の使用を前提としていること等

共通した指向にある。しかし、個々の手法と、求める解の種類やレベルにおいては、国、または研究者によって相当な開きがみられる。また、大半のものが試用の段階にあり、日常的に使用されるには至っていない。こうしたことから、当分の間は計算プログラムの改良など試行錯誤が続けられてゆくものと思うが、合理的なオーバーレイ設計法や維持修繕のシステム化に対する全体的な要求は高く、割合早い時期に実用化してゆくものと推察される。

舗装の維持修繕は、供用履歴といった時間的因子を含んだ上、道路の種類や地域によって破損の形態が異なるため、各路線、各現場の独立性が強い。従って、実用化の観点からは、計算プログラムやシステムの理論的な妥当性もさることながら、データの収集とその処理に、より以上の注意を払う必要がある。前者については、迅速かつ高性能の測定装置の開発や、膨大な情報を処理す

るためにデータバンクの利用が望まれ、後者については、既設舗装を評価するための適切な指標の導入と、より正確な挙動予測モデルの採用が、信頼性の高い結果を得るうえで不可欠である。最終的には、現場技術者でも容易に取り扱えるような、小型計算機のプログラム開発によって、初めて普遍化してゆくものと思われる。いずれにしても、早目に計算プログラムやシステムを作り出し、試用を通じて運用精度を高めてゆくのが早道かと思われる。

最後に、本稿を取りまとめるにあたり御指導をいただいた日本大学阿部頼政助教授に、厚く御礼申し上げます。

参考文献

1. D.W.Potter and W.R.Hudson, Optimization of Highway Maintenance and Structural Rehabilitation, Proc.of 5th International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements (以下ICSAPと略す), Vol.1,1983, pp.601~612.
2. R.L.Lytton,D.T.Phillips and C.V.Shanmugham, The Texas Rehabilitation and Maintenance System,Proc.of 5th ICSAP,Vol.1, 1983, pp.613~625.
3. R.Haas,A.Cheetham and M.A.Karan, A Method for Integrated Priority Programing and Budget Level Analysis for Pavement Maintenance and Rehabilitation,Proc.of 5th ICSAP,Vol.1, 1983, pp.626~636.
4. M.Y.Shahin and S.D.Kohn, Airfield Pavement Performance Prediction and Determination of Rehabilitation Needs,Proc.of 5th ICSAP,Vol.1, 1983, pp.637~652.
5. P.C.Koning et al,Development of A System for Efficient Pavement Management for Municipalities,Proc.of 5th ICSAP,Vol.1, 1983, pp.653~670.
6. P.Ullidtz and K.R.Peattie,Programmable Calculators in the Assessment of Overlays and Maintenance Strategies,Proc.of 5th ICSAP,Vol.1, 1983, pp.671~681.
7. B.de la Tailla,P.Schnek and F.Boudeweel, ESSO Overlay Design System,Proc.of 5th ICSAP,Vol.1, 1983, pp.682~694.
8. V.Veverka and J.Romain, Pavement Evalua-

- tion and Overlay Design Practical Method of the Belgian Road Research Center, Proc. of 5th ICSDAP, Vol. 1, 1983, pp. 695~708.
9. N.W.Lister, C.K.Kennedy and B.W.Ferne, The TRRL Method for Planning and Design of Structural Maintenance, Proc. of 5th ICSDAP, Vol. 1, 1983, pp. 709~725.
 10. J. Medina, E.S.Preussler, S.Pinto and L. Motta, A Study of Resiliency for Pavement Design in Brazil, Proc. of 5th ICSDAP, Vol. 1, 1983, pp. 726~737.
 11. J.A.Epps and R.G.Hicks, Moderator's Summary/Papers in Session V/Rehabilitation of Pavements, Proc. of 5th ICSDAP, Vol. 2, 1983, pp. 180~216.
 12. C.L.Monismich and F.N.Finn, Conference Summary, Proc. of 4th ICSDAP, Vol. 2, 1977, pp. 267~280.
 13. Asphalt in Pavement Maintenance, The Asphalt Institute, MS-16, Mar., 1983.
 14. Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation, The Asphalt Institute, MS-17, June, 1983.
 15. 道路維持修繕要綱, 日本道路協会, 昭和53年7月.
 16. 栃木, 福手, 井上, アスファルトコンクリート舗装上のオーバーレイ (経験に基づいた設計法), アスファルト, No. 131, 1982, pp. 35~47.
 17. 福手, 井上, 栃木, アスファルトコンクリート舗装上のオーバーレイ (弾性理論に基づいた設計法), アスファルト, No. 132, 1982, pp. 42~52.
 18. N.W.Lister, Deflection criteria for flexible pavements and the design of overlays, Proc. of 3rd ICSDAP, Vol. 1, 1972, pp. 1206~1226.
 19. 竹田, 舗装の支持力に関する海外の研究の動向/セッションIV測定装置, アスファルト, No. 134, 1983, pp. 36~40.
 20. R.Haas and W.R.Hudson, Pavement Management Systems, McGraw-Hill, 1978.
 21. A.C.Pronk and R.Buiter, Aspects of the Interpretation and Evaluation of Falling Weight Deflection (FWD) Measurements, Proc. of 5th ICSDAP, Vol. 2, 1983, pp. 461~474.

最近のアスファルト事情 1984年版

B5・48ページ・¥500 (送料は実費)

当面するアスファルト事情を
わかりやすく解説した資料です。
広くご利用いただけるよう編
纂致しました。

ハガキにてお申込み下さい。
申込先 105 東京都港区虎ノ門2丁目6番7号
和孝第10ビル
日本アスファルト協会

目次

★需要	★課題	臨時石油アスファルト需給等対策会議
用途	★参考資料	道路予算
需要の推移	品質規格	世界の原油確認埋蔵量
★供給	試験法	原油輸入量の推移
生産	品質管理	原油価格
流通	アスファルト舗装の特長	石油需給計画
施策		

舗装の維持管理システムに関する研究 第二回

阿部 頼 政*

1. まえがき

コンピュータの演算は二進法である。“YES”と“NO”しかない。したがって、コンピュータを活用したシステムにおいては曖昧な表現は許されず、細部にわたる厳密な記述と論理性が要求される。

維持管理システムに対する関心は最近とみに高まっており、多くの技術者によってその重要性が強調されているが、システムを作成し運用する目的については明確な見解が少ないように思える。目的が曖昧でシステムが作れるか、答は言うまでもなく否であろう。今回はこの問題を中心に模索し、あわせてシステムの組立て方を概念的に考察してみることにする。

2. システムの目的

システム概念図である図-1において、入力、出力、システムはそれぞれ次のような性質を有する

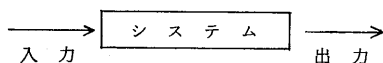


図-1 システムの概念図

- (1) 入力：入手できる情報
- (2) 出力：入手したい情報
- (3) システム：入力をもとにして出力を得るための計算法を内蔵したもの

舗装の維持管理システムを設計するにあたっては、以上の3項目のうち、まず“入手したい情報”を明らかにする必要がある。これがあって初めてシステムが設計でき、システムに入力すべき情報も選択できるからである。単純な例から考察を進めてみよう。

維持管理システムの“出力”は、一般に「管理区間内の維持修繕の優先順位の決定」である。これには、補修工法、数年先の計画まで含まれる場合が多い。

優先順位の決定にあたって、「損傷の激しい個所から順に補修を行なう」という考え方をとれば、解決は比較

的簡単である。路面調査をもとに、序列をつけ予算の限界まで施工を実施すればよいからである。しかし、はたしてこの方法は合理的と言えるであろうか。いくつかの問題点を指摘してみよう。

図-2で、曲線A、Bは、供用性指数(PSI, MC Iなど)を模式化したものである。現時点(I)での判断によれば、損傷の激しいAがBよりも優先される。

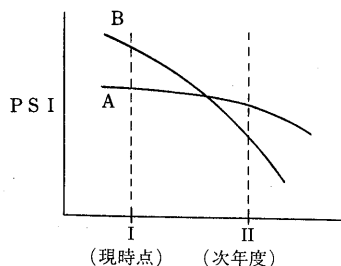


図-2 供用性の比較(1)

しかし、両者とも補修しなかった場合、次年度(II)にはこの順位が逆転する。とすると、現時点の判断でAを優先することは問題であろう。現時点でBに投資した方が合理的かも知れないからである。

図-3は、A、Bとも補修の対象となるほど路面は損傷を受けており、交通量は $B \gg A$ とする。現時点でも次

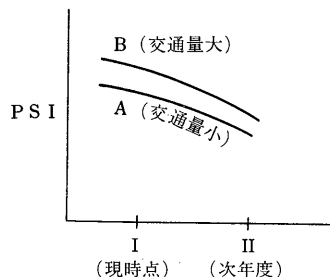


図-3 供用性の比較(2)

*あべ よりまさ 日本大学理工学部助教授

年度も優先順位はAの方が先であるが、Aの交通量100台/日、Bの交通量1000台/日とすれば、Bを先に補修した方が多くの利用者のプラスになる。

図-4の例は、Aはわだち掘れ、Bはクラックが卓越している場合を想定している。総合評価ではAが優先されるが、路盤への雨水の滲透を考慮するとBを優先させたくなるのではないだろうか。

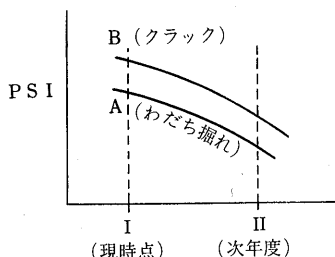


図-4 供用性の比較(3)

図-5のAとBでは供用性指数に格段の差がある。しかし、Bの路面がすべりやすく事故発生の可能性が高かったらどうであろうか。Bの補修を優先させる管理者が多いかも知れない。

以上、いくつかの問題点をあげてきた。技術者によ

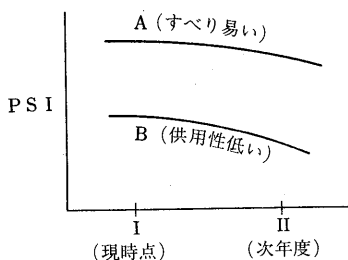


図-5 供用性の比較(4)

ては、すぐ判断のつく項目もあり、また大に迷う項目もあると思う。また、この他に数多くの問題点を指摘される方もあるだろう。現実には、過去数十年間誰かがこのような問題に判断を下してきているわけである。その場合の判断基準は、個々によっておそらく異っているであろうが、判断にあたって考慮する要素は膨大な数にのぼるものと思われる。単に「損傷の激しい箇所から順に」というようなものではなく、あらゆる角度から検討するためである。

維持管理システムの設計にあたっては、人間が技術的に、経験的にあるいは感覚的に判断してきた問題につい

て、これを数量化し、機械的に判断のできるようなプログラムを作成しなければならない。そのためには、これまで漠然と認識してきた事柄を明確に定義することが最も重要となる。

舗装の維持管理システムの目的はそもそも、どこにあるのだろうか。一般には「限られた予算を最も効果的に使用して舗装の維持管理を行なう手法」と解釈されている。しかし、「最も効果的な使い方」とは具体的に何を意味するのか明確ではない。これは、舗装の維持(修繕を含む)管理の目的そのものが多種多様なためでもあるが、「いかなることが達成されれば、予算を効果的に使用したことになるのか」、いくつかの例をあげて考えてみよう。

- ① 路面性状に起因する事故を最小にする
- ② 沿道住民の苦情を最小にする
- ③ 補修の頻度を最小にする
- ④ ユーザーの便益を最大にする
- ⑤ 維持修繕に要する費用を最小にする

この他にも考え方は色々あると思うが、ここでは上記の5項目について考察をすすめる。

(1) 事故を最小にする

最近、特に管理瑕疵の問題が大きく取り上げられている。道路管理者にとって路面性状に起因する事故は最も注意すべき問題の一つであろう。事故の発生原因となる路面の因子には次のようなものがある

- ① すべり抵抗値の不足
- ② ポットホール
- ③ 段差
- ④ わだち掘れ
- ⑤ 路面の排水性能の不足

したがって、「事故の発生を最小にする」ための「補修の優先順位」は上記①～⑤それぞれに起因する事故の調査、解析などをもとに決定されることになる。

(2) 沿道住民の苦情を最小にする

東京都、大阪市などの都市内道路や国道一号線のように人家密集地帯を通る道路では、沿道住民からの騒音、震動等に対する苦情を重要視しなければならない場合が多い。これに関する因子としては次のようなものがあげられる。

- ① 段差：騒音、震動
- ② 路面の粗さ：騒音
- ③ わだち掘れ：車線変更時の震動

④舗装構造：震動の伝播距離に関係

⑤補修工法

以上のような因子につき、“沿道住民の苦情を最小にする”ための“優先順位”は、事故の場合とかなり異なったものになるはずである。

(3) 補修の頻度を最小にする

四六時中、交通量の多い道路あるいは代替路線のない道路では、補修による交通ストップを極力避けたい場合がある。また、道路管理者の人員制限などを考慮するとメンテナンス・フリーの舗装が望ましい場合もある。このように、将来、補修の頻度を少なくすることを最優先させれば、予算の使用法は大きく変わってくる。

(4) 道路利用者の便益を最大にする

現代の道路は、人と貨物を輸送する自動車を対象として作られている。舗装は、その自動車に安全で快適な走行性を提供するものであろう。この観点から維持修繕をとらえれば、“道路を利用する者（ユーザー）に最大の便益を与える”ように“優先順位を決定する”ことが、予算の最も効果的な使い方ということになる。この問題については、次章でさらに検討する。

(5) 維持修繕に要する費用を最小にする

(1)～(4)では、与えられた予算を消化するにあたって、何を重視すべきかという設定であった。しかし、道路全体の予算配分あるいは他の公共事業とのかねあひもあって、維持修繕費をできるだけ安価にすることが至上命令となる場合も考えられよう。乗心地、スピードの低下などを我慢し、道路として最低の機能、すなわち車両を通行させることだけ確保すればよいという状態である。今後の日本経済、道路投資額の動向によっては、このような事態が起らないとも限らない。システムは、“舗装のレベルを限度内に抑えながら、費用を最も少なくするための優先順位を決定する”ように設計することになる。

以上、いくつかの例について簡単に考察してきた。出力として得られるものは、いずれの場合も“対象とする道路網のうち、当該年度に維持修繕すべき区間の優先順位”である。しかし、同一の道路網を対象としても、システムの目的の与え方によって、優先順位は大きく変わることが明らかになったと思う。“システムの目的”は、(1)～(5)の他にも数多く考えられる。また、いずれにすべきかということも優劣はつけ難い。対象とする道路網の

道路種別、地域、交通量、予算など、様々の要因を考慮して判断すべき性質のものであろう。

システムの設計にあたって、まず最初に、また最も重要なものとして設定すべきことは、以上に述べた“システムの目的”である。これを曖昧にして設計は不可能であるし、また仮に設計できたとしても出力は何のための優先順位か不明確になってしまう。舗装の維持管理、またそのシステムに対する道路管理者の“哲学”の確立が特に要求される所以である。

3. システム設計に考慮すべき要因

本章では、システムの目的を具体的に「道路利用者の便益を最大にすること」と設定し、設計にあたって考慮すべき要因を簡単に分析してみる。

(1) 対象とする道路の選定

まず、当然のことながらシステムを適用する道路網を選定する必要がある。一般には、この道路網を100～200m（維持修繕の最小単位）に分割して考える。すなわち、対象とする道路延長が100kmあれば500～1000個の要素となり、これらに優先順位をつけることになるわけである。

(2) 解析期間の設定

与えられた予算を使用して1年間だけ利用者の便益を大きくすることは比較的簡単である。表面処理や薄層オーバーレイが有利であろう。しかし、3年後、5年後を考えたこれらの投資方法は必ずしも有利とは言えなくなる。このように、システムが対象とする期間を何年にとるかによって優先順位も変わってくる。システムの設計にあたっては、この解析期間を定めておく必要がある。なお、便益の大きさは解析期間全体のトータルとして算定されることは言うまでもなく、優先順位も各年度ごとに出力されることになる。

(3) 予算の予測

解析期間中の各年度における予算がいくらかによって優先順位は変る可能性がある。精度よく予算を推定することはなかなか困難であろうが、大まかな数値を与えておき、後に実態に即して計算しなおすことも考えられよう。

(4) 利用者の便益の計算

AASHOの道路試験においては、運転者の乗心地を

評価項目とし、5段階で採点した。これは、乗心地という利用者の便益を数量化したものである。その結果、各種の設計法にこの考え方が取り入れられたことは周知のとおりである。利用者の便益は乗心地以外に各種の指標がある。いまA（良い舗装）、B（かなり傷んでいる舗装）2種類の舗装を例にとり考えてみることにする。まず、スピードの面からみると、Aでは制限速度で走行できるが、Bでは多少スピードを緩める必要があろう。したがってAとBでは同一距離を走行するのに時間の差ができる。たとえば、対象区間を100kmとし、Aは50km/時、Bは40km/時で走行できるとすると、Aでは2時間かかりBでは2.5時間かかることになる。わずかに0.5時間の差であるが、この価値は金額に換算するとどのぐらいになるだろうか。

一例として、あるサラリーマン（40才程度）が1日8時間の割で年間250日働らき500万円の年収があったとしよう。労働時間は年に2000時間、したがって時間当りの単価は2500円、すなわち0.5時間の価値は1250円と解釈できる。

この値を使用し、日交通量10,000台の道路でAとBの年間の便益差を計算すれば次のようになる。

$$1250 \text{ 円} \times 10,000 \times 365 = 456,000,000 \text{ 円}$$

約46億円となる。鮮魚や野菜などの輸送を考えればさらに大きな差が生じよう。

わが国の道路延長は約110万kmあるから、日本全体でみると上記の例の約10,000倍、すなわち数十兆円と気の遠くなるような便益差となる。

次にガソリン消費の問題がある。Aの舗装とBの舗装を比べれば、当然Aの方がガソリン消費は少なく済むはずである。これは舗装道路と砂利道の極端な比較から容易に推定できることであろう。

同様に、車両の減価償却の問題がある。車両の購入費用からみて、この便益差もかなり大きくなるものと思われる。

以上、時間短縮、ガソリン消費、減価償却の3項目をあげたが、この他にも運転者の疲労度、事故の可能性さらには修繕工事によるマイナスの便益など考慮すべき因子は多い。システムの設計にあたってはこれらを数量化し、次節に述べる路面性状との関係を適確に把握する必要がある。

(5) 路面性状の数量化

路面性状に関する因子としては、一般に次の項目があげられる。

- ① クラック（率：C %）
- ② わだち掘れ（深さの平均：D cm）
- ③ 縦断方向の凹凸（標準偏差：σ mm）
- ④ 段差
- ⑤ すべり摩擦抵抗
- ⑥ ポットホール

路面を総合的に評価する供用性指数PSIは、上記のうち、①～③の指標を採用して次のように定義されている。

$$PSI = f(C, D, \sigma)$$

海外の諸機関においても、供用性指数は上式とほぼ同様の因子をとりあげており、供用年数によるその変化は図-6のような模式図で表現されることが多い。すなわち、図のAで新設された舗装はPSI=5.0に近い値を有するが、車両の通行とともにその機能が低下し、Bを経て修繕を必要とする2.0以下の点Cに至る。ここで修繕された舗装はDの位置にある指数を持つことになるが、これもいずれEを経てFに至り、修繕が必要となる。

A、B、CあるいはD、E、Fにおける指数の差は、前節で述べた便益に直接影響するため、正確な指数の動

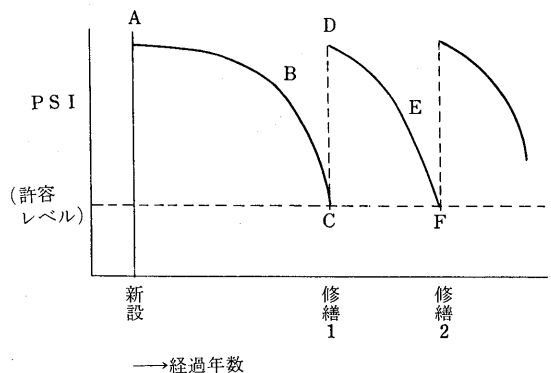


図-6 供用性推移の概念図

き（図の曲線の形）をとらえる必要がある。この課題は次のように換言できよう。

「舗装新設後および修繕後の供用年数によるPSIの変化を図化（あるいは数式化）する」

PSIの変化は、大型車交通量、環境、舗装構造など多くの因子に左右されるため、日本全国すべての路線に適用できる数式を作成することは困難であろうが、対象とする道路網が比較的小さければ、過去の経験、今後の調査などによりかなりの精度で推定することは可能であろう。

一方、PSIを決定するわだち掘れ、クラックなどに関する予測法はいくつかの機関から発表されている。また、研究的すぎて実用には無理な点も多いが、これらの手法を参考にしながら、当該路線のわだち掘れ、クラックの動きを把握しておくことは、将来、大いに役立つものと思われる。

4. あとがき

今回は、システムの目的設定の重要性和、システムの

大枠の組立て方について述べた。出力として“入手したい情報”を何に選ぶかによって、人力の“入手できる情報”の集め方も大きく異なってくることが御理解いただけたと思う。

舗装の維持管理システムは、日本全国同一のものである必要はない。むしろ、国、県、市、町村あるいはそれらの出張所ごとにそれぞれの目的に応じて設計されるべきものであろう。道路担当者各位の熱意を期待したいところである。

重交通道路の舗装用アスファルト 「セミブローンアスファルト」の開発

B 5 版・132 ページ・実費頒価 3000 円（送料実費）

当協会において、昭和50年の研究着手以来、鋭意検討されてきた重交通道路の舗装用アスファルトについての研究の集大成です。本レポートが、アスファルト舗装の耐流動対策の一助となれば幸いです。

目

1. 研究の概要
 - 1.1 文献調査
 - 1.2 室内試験
 - 1.3 試験舗装
 - 1.4 研究成果
2. 舗装の破損の原因と対策
 - 2.1 アスファルト舗装の破損の分類
 - 2.2 ひびわれ (Cracking)
 - 2.3 わだち掘れ (Rutting)
3. セミブローンアスファルトの開発
 - 3.1 概 説
 - 3.2 市販ストレートアスファルトの60℃粘度調査
 - 3.3 製造方法の比較
 - 3.4 セミブローンアスファルトの試作
 - 3.5 試作アスファルトの特徴
 - 3.6 60℃粘度と他の物理性状の関係
 - 3.7 薄膜加熱による性状変化
4. セミブローンアスファルトを用いた混合物の性状
 - 4.1 概 説
 - 4.2 マーシャル安定度試験
 - 4.3 ホイールトラッキング試験

次

- 4.4 高速曲げ試験
 - 4.5 水浸マーシャル安定度試験
 - 4.6 試験結果のまとめ
 - 4.7 品質規格の設定
 5. 試験舗装による検討
 - 5.1 概 説
 - 5.2 実施要領
 - 5.3 施工個所と舗装構成
 - 5.4 追跡調査の方法
 - 5.5 使用アスファルトの性状
 - 5.6 アスファルト混合物の性状
 - 5.7 第1次および第2次試験舗装の供用性状
 - 5.8 第3次試験舗装の供用性
 - 5.9 アンケート調査
 - 5.10 試験舗装のまとめ
 6. む す び
- 資 料
1. セミブローンアスファルトの規格 (案)
 - 2.1 石油アスファルト絶対粘度試験方法
 - 2.2 60℃粘度試験の共通試験
 3. 舗装用セミブローンアスファルトの舗装施工基準

川崎国道工事々務所の概要

松本 敦 義

建設省関東地方建設局川崎国道工事々務所長

☆ 名は体を表わさない

「我々の事務所は川崎国道工事々務所といいますが、我々の行う事業は川崎市内に限られている訳ではなく、首都圏の南西部に渡っています。現在は都内での事業のウェイトが一番大きいのですが、事務所の所在地が川崎市ということで事務所の名前がつけられたようです。」

都内での仕事に関して、我々とあまり馴染みの無い人と名刺の交換をすると必ず怪訝な顔をされてしまう。仕方なく本題に入る前に事務所の名前の言訳をすることになる。

これは、相手が建設省の道路関係以外のお役人なり一般住民の方々であれば納得も出来るのだが、驚いたことには、本省の道路関係の技術屋さんの中にも同程度の認識の人が結構居ようである。

「えっ、あそこは川崎国道の担当ですか。知らなかったなあ。」

東京都内の外環の話をしていて同じ技術屋仲間から何度も耳にした台詞である。

☆ PRは必要か

外環の都内部が都市計画決定されたのが昭和41年、川崎国道が設置されたのが昭和45年で、以降残念ながら目に見える進展が無いまま現在に至っている訳だから、川崎国道という名前と都内部の外環とが頭の中で結びつかない人が多いのは無理もない話ではある。

しかしながら、最近では地方自治体でも、民間のC I（コーポレート・アイデンティティー）とやらにあやかってかどうか、同じC I（こちらはコミュニティー・アイデンティティー）に取り組んでいるそうである。難かしい話は判からないが、要は、以前は製品の質が勝負の分かれ目だったが、現在はそのような面ではほとんど差が無くなってしまったので、企業なり自治体は他に対して差をつけるための方法として独自性を打ち出すことによってイメージアップを図るのに苦労しているというのである。イメージアップに成功すれば、やる気のある優秀

な人材も容易に集めることが出来るようになるのである。

何かの新聞で読んだが、東京都の墨田区では、行政は総合サービス業であって、職員は総合サービスを売るセールスマンだという言い方で職員を教育しているそうである。考えてみると、このようなことは我々の事務所についてもあてはまりそうである。特に川崎国道のような改築の事務所は管理を行っていないから、国民との関係では法に基づく権限の行使といったことはまず無い。また事務所の中でも調査関係の職員は、地域の需要マーケットの現状、将来の需要動向等を的確には握し、住民に受け入れられ易くかつ商売として成り立つ（役所として許容し得る）ような魅力ありかつお買得な道路交通イメージを売るセールスマンであるという言い方も出来ようか。

こんな風に考えてみると、道路交通イメージの販売実績を上げるには、対外的に事務所のイメージを良くする（結局は建設省全体のイメージを上げるのだが、）のが大事ではあるが、その前に、建設省内でのイメージアップを図り、優秀な職員が集まり易くして、活気のある事務所にするというのがどうも事務所の立場でのC Iの教えるところのようである。

こんな訳で、折角の機会でもあるので、この紙面をお借りして川崎国道のPRをさせていただこうと思う。また本紙の主要テーマである舗装に関しては、国道357号（湾岸道路）でリサイクリングの試験舗装を昭和57年に施工しているので、その結果を簡単に報告する。

☆ 事務所の概要

事務所の紹介をするときには所在地の歴史から入ることが多いが、川崎国道の場合は都県境と担当地域の境界が合っていないため何となくしっくりこない。それでも所長として赴任した直後は「川崎市の歴史」といった本を読み始めることは読み始めたのだが長続きせずに本棚の隅でほこりをかぶっている。

地方部の事務所だと、訪ねた人から「ここは昔の何藩ですか。」とか「何万石ですか。」とかの質問が出る事が多いのだが、川崎国道に来てからそれらしき質問をされたことが無いのを考えると、矢張私の感覚が他の人達と特に違っているという訳でもないんだなと安心したり、または管理を持っていないので矢張地域との密着度が薄いせいかなと反省したりもしている。

川崎国道は昭和45年度に設置された。聞くところによれば外環の推進を主要な業務として新設されたとのことである。昭和45年と言えば高度成長期のまっただ中で、道路予算はグングン伸び、外環の都内部は環境問題で大ゆれにゆれており、当時の根本建設大臣がいわゆる「凍結宣言」をした年にあたっている。

このような状況の中で、事業所の事業は国道246号の改築と国道357号の新設にしばられた形となった。国道246号については、環八交差の瀬田立体、玉川高島屋駐車場の上を区分地上権で通過する玉川高架、玉川大橋それと川崎側に入ってから津田山陸橋、馬絹陸橋等を含む東京-横浜バイパス（延長約8.2km）を完成させた。国道357号については、荒川以南の四種道路の大田区京

浜島までの間約10km強を供用した。この区間には、新聞紙上でも良く取り上げられた東雲ゴルフ場区間が含まれている。

☆ 主要事業と問題点

現在の主要事業は以下のとおりである。

- ・京浜大橋 国道357号の大井ふ頭と京浜島を結ぶ海側四種橋の新設、橋長約390m、2車線、総事業費約30億円、昭和60年供用予定
- ・六郷橋架替 国道15号の多摩川を渡る六郷橋（大正14年架設）を震災対策として架替え、橋長約440m、取付高架約450m、巾員6車線、総事業費約175億円、上り線の一部は昭和59年8月1日供用、当面の事業完了予定は昭和62年度
- ・大和厚木BP 国道246号の、国道16号および小田急線平面交差付近の延長7kmのバイパス事業、うち東京側2.5kmが川崎国道担当で昭和59年末で用地約5割（横浜側3.5kmは相武国道担当）

これら以外に現在はまだ事業となっていないものの、川崎国道としての最大のテーマは外環（東京埼玉県境一放射7号間約1.5km）と羽田沖（国道357号羽田空港に係わる部分）であるので、この二つについて簡単に紹介する。

・外環

外環は図-1に示すように、都内の西部については、昭和41年に埼玉県境から東名までの間約20kmについて都市計画決定がなされている。断面構成は図-2に示すように標準部では総巾員40m、占用部（高架）4車、街路

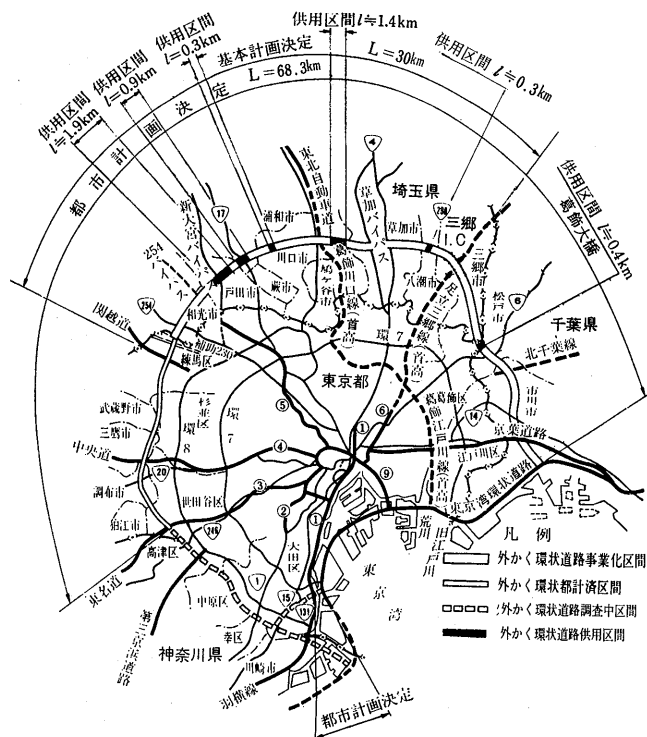


図-1 東京外かく環状道路事業概要図

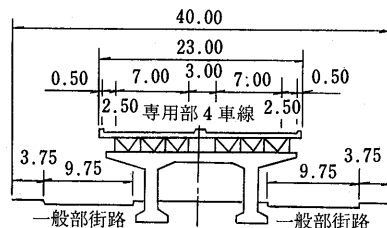


図-2 現在の都市計画

部6車となっている。しかしながら前述したように、現在の都計済案では住民の方々の理解を得られる見通しは無い。これに対して、埼玉県内では、都市計画決

しかしながら、都計後18、9年を経過し、大変長く複雑な過去の経緯もあるので、このような面に対してどのような配慮をし、どのように対処するかが大きな問題である。

・ 357号羽田沖

国道357号(湾岸道路)については、現在事業を実施している京浜大橋が昭和59年度に完成することにより、一般道路部分は主として四種道路部分だけであるが京浜島までの都内全域が供用されることになる。今後は、昭和65年度と言われている羽田空港の拡張計画のうちの山側ターミナルの供用時に合わせて空港内の湾岸道路の整備は進められることになる。

この区間の断面構成は図-4に示すように、首都高速道路が往復6車線、その両側に国道357号が往復6車線、更にこれに共同溝がついた断面となっている。

空港内の道路の供用は首都高速を優先的に考えているが、上に述べたような断面構成のために首都高速だけを単独で施工することは出来ないため、交通量の推移を見ながら若干首都高速よりは遅れた形で国道としても事業を実施してゆくこととなると思われる。

湾岸道路の計画は羽田空港の拡張計画に合わせて、平面、縦断線型を変えたため、事業実施にあたっては空港サイドと事業費のアロケーションの問題を詰めなければならない。また、上述したように、首都高速と国道との間でも費用の負担および施工区分等の調整が必要となっている。

これらに関しては完全に調整がなされた訳ではないが、一応、川崎国道としては、現在のB滑走路から将来のターミナルビルの中央あたりまでの約2.3kmを施工することになる予定であり、総事業費は約600億円弱となっている。

今年度は、B滑走路付近延長約330mの詳細設計を行っているが、現在使用中の空港内であり、工事の進

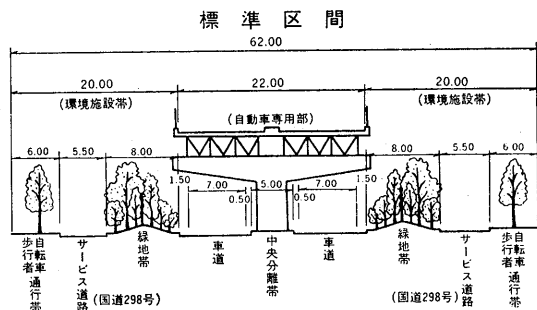


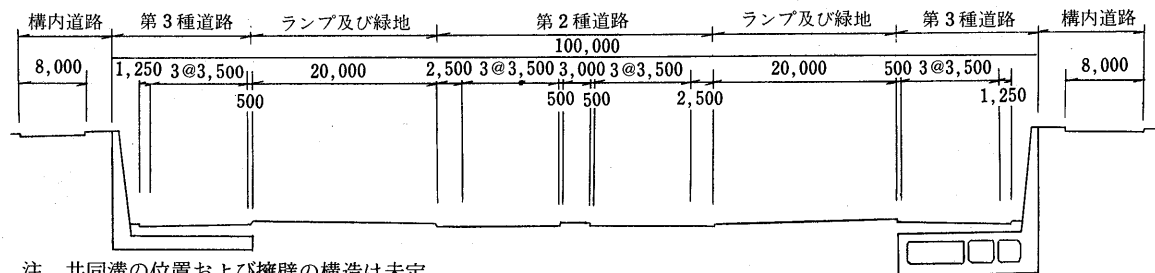
図-3 埼玉県内標準横断面

定は東京都と同じく40mでかけられているが、変更案の図-3の中員で国道298号として既に事業を一部行っている。

昭和57年1月に、国土開発幹線自動車道建設法に基づく基本計画が外環の常盤道から関越道までの間約30kmについて出された。高速国道として事業を行うためには続いて整備計画、施工命令へと移行する訳であるが、そのためには、その前提として都市計画の変更が必要となっている。その理由は次の二点である。

- 1 現在の都計は旧都市計画法時代であり、高速道路として施工するには、都計での路線の種類を専用道とする必要がある。
- 2 特に都内部については、住民に受け入れられるような案にしない限り都計変更は不可能である。

このような状況から、川崎国道としては、都内部の外環のうち基本計画が出されている埼玉県境から関越道(都計としては放7まで)間約1.5kmについて、住民に受け入れられるような案を作成すべく鋭意努力中である。



注 共同溝の位置および擁壁の構造は未定

図-4 羽田空港内湾岸道路標準横断面

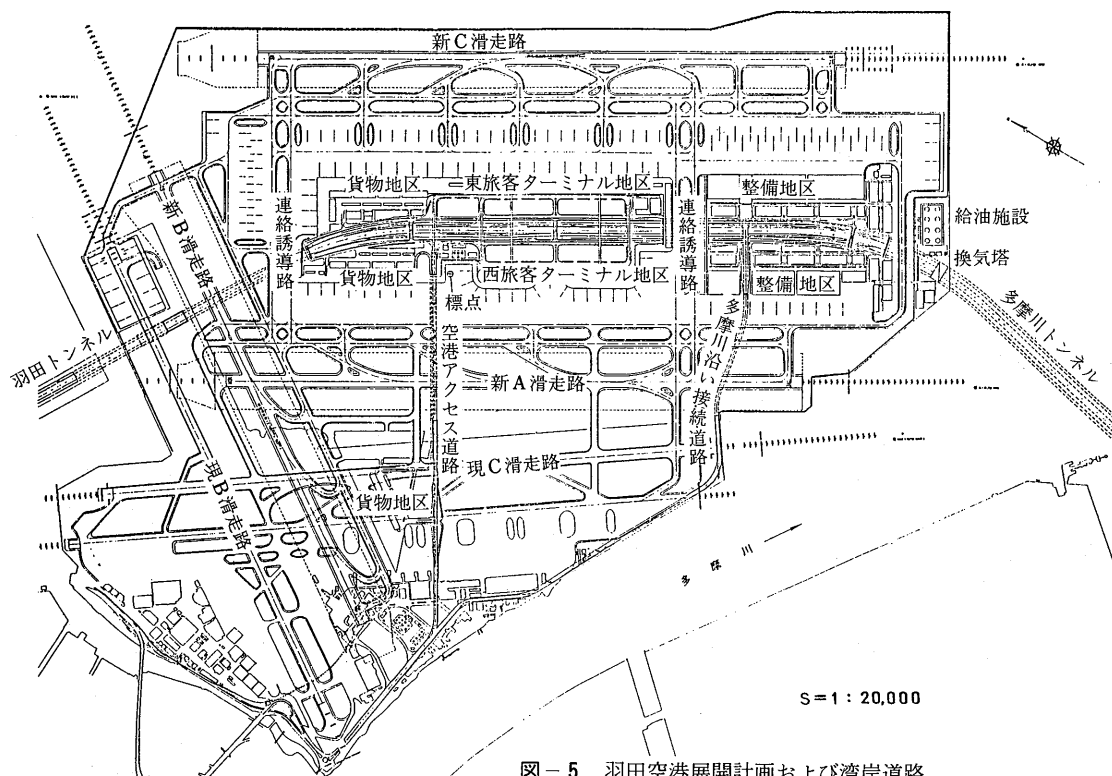


図-5 羽田空港展開計画および湾岸道路

め方、工法、使用建設機械等に関して非常に厳しい注文がつくことが予想される。

☆ 東雲リサイクリング舗装の中間報告

再生混合物の利用に関しては、地建内に設置された技術管理協議会に省資源分科会を設けて検討を行っているが、その検討の一環として地建内の工事をいくつか取り上げ試験施工を行っている。当事務所担当の国道357号東雲地区も共同溝を施工する間の仮道路ということで、その一つとして、取り上げられ昭和57年度に施工し、追跡調査は昭和60年度まで継続することになっている。従って現地点の報告は中間報告という性格のものである。なお、調査の実施にあたっては、土木研究所舗装研究室、関東技術事務所に指導いただくとともに、施工を担当した日本道路㈱にご協力いただいた。

1) 試験舗装の概要

調査区間 1,840 m

舗装構成

山側(下り線)表層(5cm)と基層(10cm)に再生混合物を用いている。出荷

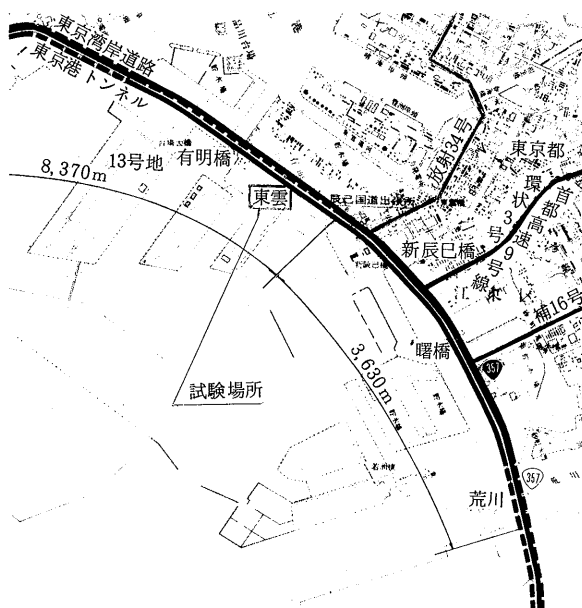


図-6 東雲舗装位置図

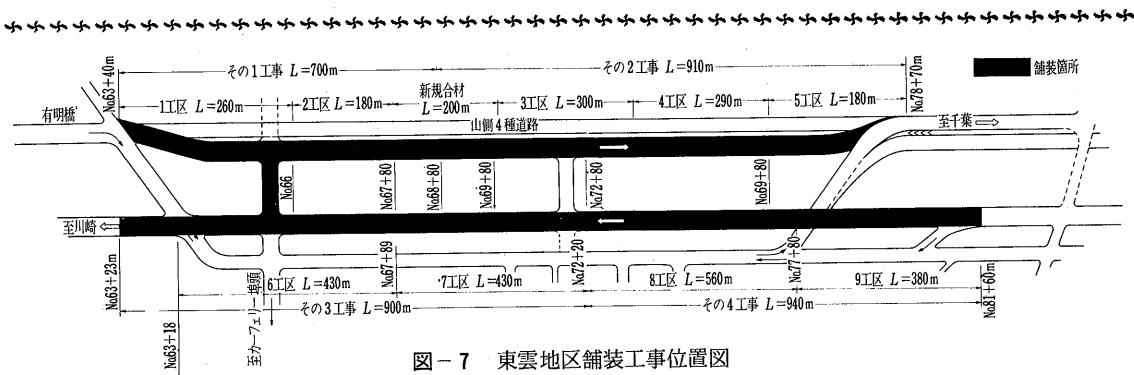


図-7 東雲地区舗装工事位置図

したプラント別に5工区に分けており、第2工区と第3工区との間に比較のために新規混合物の区間を200m設けている。

海側（上り線）上層路盤にアスファルト安定処理の再生混合物が用いられており、出荷した再生プラント別に4工区に分けている。

2) 調査内容

- ・ 交通量
- ・ 路面状況
- ・ 建設時のバインダー性状
- ・ 供用1年後の混合物と回収アスファルトの性状

3) 調査結果

(イ) 交通量および路面状況調査

- ・ 累積大型車交通量は約100万台程度であり、MC Iは新材工区で7.9、再生材工区6.9となり、新材工区の路面性状が勝っている。
- ・ ひびわれ率は再生材工区で0～3%程度であり、新材工区では0%である。
- ・ わだち掘量は、両混合物工区とも7～9.5mm程度であるが、再生材ではフレットング、新材では建設時の締固め不足による供用時の圧密がいくぶん寄与しているものと思われる。
- ・ たわみ量はどちらも漸減する傾向にあり、1年後で0.1～0.3mm程度である。
- ・ 縦断凹凸量は3、4、5、工区でやや大きくなる傾向がある。

(ロ) 切取コアの調査結果

- ・ 空ゲキ率および締固め度の経時変化をみると、表層基層ともに新材の方が交通圧密を受け易い傾向にある。

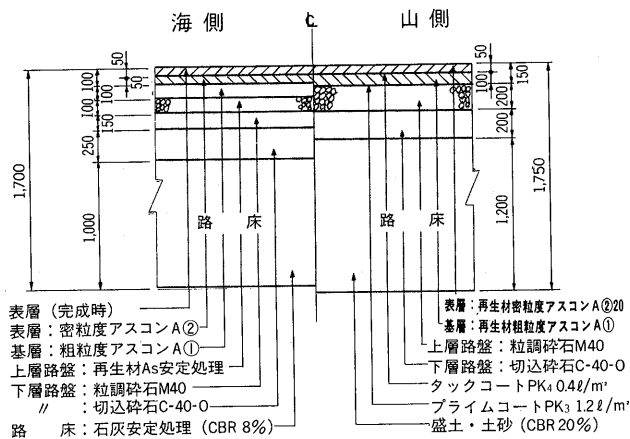


図-8 舗装の構成

- ・ コア採取時の目視観察では再生材の基層の一層目と二層目で付着の悪いものがあり、はく離現象やクラックが発生している箇所もみられた。

(ハ) 回収アスファルト物性の調査結果

- ・ 表層については、再生材からの回収アスファルト物性値は、新材からのものよりも老化の程度が大きい。
- ・ 廃材の破砕方法で比較すると、スチーム熱湯解砕の方が機械破砕よりもアスファルトの老化は進み易い傾向にある。
- ・ 組成分析の結果からみると、アスファルトの老化が進む程、アスファルテンと飽和分が増加する傾向にあり、再生材においては芳香族分の減少、飽和分の増加が顕著である。
- ・ 使用した再生添加剤の成分は飽和分および芳香族分でおよそ93%を占めている。
- ・ 回収アスファルト物性間の相関関係では、針入度軟化点、60℃粘度の相互に比較的良好な相関関係が見られた。

再生舗装 (Recycled Pavement)

建設工事にともなって舗装から発生する廃材を再生利用を行って舗装を構築することを、再生舗装という。再生舗装は、表-1に示すように、材料、工法等の組合せによって、16通りのものが考えられるが、このうち、舗装としての性能が期待され、同時に実績があるものとして図-1のものがある。

代表的な4つの工法の主な内容は次のとおりである。

① 再生路盤プラント方式

舗装廃材から再生骨材を製造し、これに必要なに応じて補足材(再生骨材や路盤廃材の品質を改善するために加えるアスファルト、セメント、碎石等をいう)を添加して路盤材としての品質が得られるように調整して用いる方式。

② 路上再生路盤方式

簡易舗装等比較的薄い舗装を対象に、表層(アスファルト混合物)と路盤を同時に破碎、混合し、セメント等で安定処理して、新しい路盤をつくり、新たに表層を設ける方式。

③ 再生加熱プラント方式

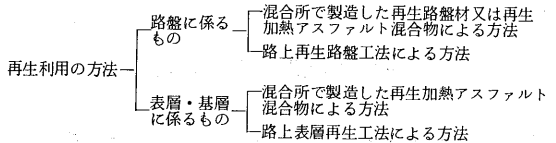
アスファルトコンクリート廃材から製造した再生骨材を、再生プラントで加熱混合し、これを表層、基層、上層路盤(歴青安定処理)の品質に適合するように調整して舗装に用いる方式。

④ 路上表層再生方式

既設舗装の、アスファルトコンクリート層を破碎し、必要に応じて新規混合物や再生用添加剤等を混合して、アスコンの所要の品質が得られるようにして用いる方式。工法として、リベープ工法(既設舗装を加熱かき起こし、その上に新規混合材を敷均し、2層を同時転圧するタイプ)、リミックス工法(既設舗装を加熱、かき起こし、新規混合物と同時混合して敷均し、転圧するタイプ)、および、リフォーム工法(既設舗装を加熱、かき起こし、そのまま敷均し、転圧するタイプ)がある。

表-1 再生舗装の組合せ

対象とする廃材	(路盤廃材, アスファルトコンクリート廃材)
再生する場所	(現場(路上), 混合所)
再生する方法	(常温方式, 加熱方式)
適用層	(路盤関係, アスファルトコンクリート層)



注 簡易な舗装の表層・基層に係るものには、この他混合所で再生常温アスファルト混合物を製造して利用する方法や可搬式の簡易な装置を利用した現場再生方式等がある。

図-1 再生舗装の分類 (日本道路協会)

再生用添加剤 (Recycling Agents)

再生加熱プラント方式によって再生加熱アスファルト混合物を製造する場合、劣化したアスファルトを再生する目的で、混合物に添加するものを、再生用添加剤という。

再生用添加剤は、労働安全衛生法施工令(昭和47年6月)に規定されている特定有害物質を含まないものであって、その品質は表-1を標準とするとしている。これらの品質は、アスファルトの再生にふさわしくない廃油、重油等を排除する目的で、①アスファルト系、②石油潤滑油系、を主体にまとめたものであり、植物油系、アスファルト乳剤系等今後さらに開発の余地を残しているものについては、それらの性状を調査して使用することとしている。

第36回建設省技術研究会の調査によれば、現状では、再生用添加剤の選択にあたっては、①アスファルト混合物とのぬれ性状、混合性が良いもの、②アスファルト量に対して8%程度配合されている例が多いとしている。

表-1 再生用添加剤の品質 (日本道路協会)

項目	試験法	品質
動粘度(60℃) cSt	JIS K 2283	80~1,000
引火点 ℃	JIS K 2265	230以上
薄膜加熱後の粘度比(60℃)	JIS K 2283	2以下
薄膜加熱質量変化率 %	JIS K 2207	±3以下
比重	JIS K 2249	報告
組成分析	指針(案)付録-2	報告

- 注1 動粘度(60℃)は、現況調査結果(平均230 cSt, 範囲10~1200 cSt)をもとに、旧アスファルトの針入度等の性状を回復できることと引火点等の性状も考慮して定めたものである。しかし低粘度のもの使用例もあるので、このような場合は実績を参考にしながら使用する。とよい。
- 注2 引火点については、再生用添加剤として低粘度で芳香族成分の多いものが望ましいので、ここではこれに作業の安全性や現況調査結果も配慮して定めたものである。
- 注3 薄膜加熱後の粘度比、薄膜加熱質量変化率は、再生用添加剤そのものの耐久性を評価するため現況調査結果から定めた項目である。
- 注4 比重および組成分析については、今後も検討を要することがあるので、データを集める意味からも報告しなければならないものとした。

[小島逸平 熊谷道路(株)技術研究所]

トリニダッドアスファルト (Trinidad asphalt)

トリニダッドアスファルトは南米東北部カリブ海のトリニダッド島で産出する天然アスファルトで、アスファルトが湖のような形で地表面に露出しているため、レイクアスファルト (lake asphalt) とも呼ばれている。露天掘で採掘されるクルードアスファルトを現地工場で精製し水分、ガス、植物質等を取り除く。この精製アスファルトをエピューレ (Epure) と呼び、ビチューメンを約54%、微粒鉱物質を約36%含有している。トリニダッドエピューレ (精製トリニダッドアスファルト) は非常に硬く、25℃の針入度が1~4、軟化点は93~98℃程度で、比重は1.38~1.42である。

このエピューレは、舗装、防水、塗料、コーキング材等の性能や作業性を改善する目的で、一般に石油アスファルトに適量混合して用いられる。

舗装関係では、グースアスファルトの作業性 (流動性) や安定性 (貫入量、動的安定度) 等を改善することが経験的に認められており、本州四国連絡橋の橋面舗装基準の中で、グースアスファルトに用いるバインダーとして針入度20~40の石油アスファルトとトリニダッドエピューレを75:25 (重量比) の割合で混合した硬質アスファルトを用いることを規定している。この他に、英国で主として用いられているホットロールアスファルトのバインダーに石油アスファルトとエピューレを50:50の比率で混合したものが用いられることもある。これは、エピューレが空气中で酸化されやすいため、アスファルトモルタル分の老化した表面が、重交通により適度に摩耗し、常に舗装表面が粗面となり、すべり抵抗性を改善する効果があると言われている。

トリニダッドエピューレの代表性状を表-1に示す。

表-1 エピューレの代表性状

色 相 (粉末)		暗青色
二硫化炭素可溶分	%	54.0
鉱物質 (灰分)	%	36.5
アスファルテン	%	11.9
比 重 (25℃)		1.40
針入度 (25℃)		2
軟化点	℃	95
フラスコゼ化点	℃	14
固定炭素	%	11.0
硫 黄	%	6.0

(井町弘光 シェル石油(株)中央研究所)

ギルソナイト (Gilsonite)

ギルソナイトは、米国ユタ州で産出する天然アスファルトで、シルトや粘土、塩分等を全く含まず、二硫化炭素にはほぼ完全に溶解する。この様に鉱物質を含まず、天然でほぼ純粋な形で得られるビチューメンをアスファルタイト (asphaltite) と呼ぶ。アスファルタイトは、原油が地層の割れ目や、岩石の裂け目から浸出した後、長い間に自然にその軽質油分が蒸発し、あるいは地熱や日光空気等の作用で酸化重合等の化学反応をおこし、アスファルト化したものである。これらの代表的なものにギルソナイト、グラハマイト (grahamite)、グランスピッチ (glance pitch, manjak) 等がある。ギルソナイトの呼称は、この天然アスファルトの利用を最初に手がけたS. H. Gilson氏の名前から取られたものである。

ギルソナイトは、黒色又は黒褐色で光沢があり、もろく、針入度0~3、軟化点130~200℃、比重1.03~1.10である。非常に硬いアスファルトであるが、色相がやや明るいので、顔料により着色しやすい特徴をもつ。

一般にアスファルト塗膜の硬度を高め、耐流動性を向上するための改質剤として石油アスファルトやカットバックアスファルトに混合して用いられる。

主な用途の一つに、硬質の石油アスファルトにギルソナイトと細骨材及び顔料を加えたマスチックタイプの着色床舗装がある。この工法は日本では一般的でないが、主として欧州で用いられている。その他、防水・防湿塗料、耐酸ライニング材、防錆塗料、防音塗料、鋳物モールド用バインダー、印刷インク等特殊な分野で少量ではあるが広く利用されている。しかし、最近では針入度0~5程度の硬質石油アスファルト (Hard grade bitumen) もこの分野で利用されており、また米国では産出されたギルソナイトは熱分解装置で分解され、分解油はガソリンの原料にもなっている。

ギルソナイトの代表性状を表-1に示す。

表-1 ギルソナイトの代表性状

	セレクト	スーパーニング ブラック
色 相 (塊)	黒	黒
色 相 (粉末)	褐色	褐色
二硫化炭素可溶分	%	99.8
比 重 (25℃)		1.035
針入度 (25℃)		0
軟化点	℃	138
固定炭素	%	13.5
硫 黄	%	0.3

＜石油アスファルト需給統計資料＞ その1

石油アスファルト需給実績（総括表）

（単位：千t）

項目 年度	供 給					需 要					
	期初在庫	生 産	対前年 度 比	輸 入	合 計	内 需	対前年 度 比	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
52 年 度	256	4,790	(115.3)	0	5,046	4,765	(116.2)	0	4,765	287	5,052
53 年 度	287	5,229	(109.2)	0	5,516	5,218	(109.5)	0	5,218	297	5,515
54年度上期	297	2,624	(98.6)	0	2,921	2,576	(97.7)	0	2,576	348	2,924
54年度下期	348	2,440	(95.0)	1	2,789	2,562	(99.2)	2	2,564	236	2,800
54 年 度	297	5,064	(96.8)	1	5,362	5,138	(98.5)	2	5,140	236	5,376
55年度上期	236	2,374	(90.5)	0	2,610	2,323	(90.2)	12	2,335	278	2,613
55年度下期	278	2,346	(96.1)	1	2,625	2,380	(92.9)	9	2,389	240	2,629
55 年 度	236	4,720	(93.2)	1	4,957	4,703	(91.5)	21	4,724	240	4,964
56年度上期	240	2,244	(94.5)	0	2,484	2,215	(95.4)	5	2,220	266	2,486
56年度下期	266	2,354	(100.3)	0	2,620	2,347	(98.6)	14	2,361	226	2,587
56 年 度	240	4,598	(97.4)	0	4,838	4,562	(97.0)	19	4,581	226	4,807
57年度上期	228	2,149	(95.8)	0	2,377	2,130	(96.2)	8	2,138	240	2,378
1 月	172	309	(105.1)	0	481	263	(115.4)	1	264	217	481
2 月	217	360	(116.9)	0	577	326	(103.5)	0	326	251	577
3 月	251	499	(99.3)	0	750	529	(96.8)	7	536	213	749
1～3月	172	1,167	(105.7)	0	1,339	1,118	(102.7)	8	1,126	213	1,339
57年度下期	240	2,466	(104.8)	0	2,706	2,471	(105.3)	10	2,481	213	2,694
57 年 度	228	4,561	(99.2)	0	4,789	4,545	(99.6)	18	4,563	213	4,776
58. 4 月	213	426	(105.4)	0	639	368	(117.6)	0	368	271	639
5 月	271	342	(108.2)	0	613	339	(113.0)	0	339	277	616
6 月	277	329	(104.1)	0	606	379	(105.9)	0	379	232	611
4～6月	213	1,097	(105.9)	0	1,310	1,086	(111.8)	1	1,087	232	1,319
7 月	232	410	(107.6)	0	642	410	(104.1)	1	411	229	640
8 月	229	463	(130.1)	0	692	425	(111.8)	1	426	259	685
9 月	259	418	(111.2)	0	677	435	(113.0)	0	435	241	676
7～9月	232	1,291	(116.0)	0	1,523	1,271	(109.7)	2	1,273	241	1,514
58年度上期	213	2,388	(111.1)	0	2,601	2,581	(108.6)	3	2,584	241	2,825
10月	241	465	(100.6)	0	706	472	(103.1)	0	472	238	710
11月	238	456	(110.4)	0	694	489	(113.7)	0	489	205	694
12月	205	485	(114.7)	0	690	469	(100.9)	0	469	220	689
10～12月	241	1,406	(108.3)	0	1,647	1,430	(121.7)	0	1,430	220	1,650
1 月	220	313	(101.3)	0	533	248	(94.3)	0	248	281	529
2 月	281	314	(87.2)	0	595	302	(92.6)	0	302	289	591
3 月	289	522	(104.6)	0	811	585	(110.6)	1	586	226	812
1～3月	220	1,149	(98.5)	0	1,369	1,135	(101.5)	1	1,136	226	1,362
58年度下期	241	2,555	(103.6)	0	2,796	2,565	(103.8)	1	2,566	226	2,792
58 年 度	213	4,943	(108.4)	0	5,156	5,146	(113.2)	4	5,150	226	5,376
4 月	226	483	(113.4)	0	709	425	(115.5)	0	425	288	713
5 月	288	395	(115.5)	0	683	365	(107.7)	0	365	319	684

〔注〕 (1)通産省エネルギー統計月報 59年5月確報
(2)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

石油アスファルト内需実績 (品種別明細)

(単位: 千t)

項目 年月	内 需 量					構 成 比					対 前 年 度 比				
	ストレート・アスファルト			ブロー ンアス ファルト	合 計	ストレート・アスファルト			ブロー ンアス ファルト	合 計	ストレート・アスファルト			ブロー ンアス ファルト	合 計
	一般用	工業用	計			一般用	工業用	計			一般用	工業用	計		
52 年 度	4,242	235	4,477	288	4,765	89.0	4.9	93.9	6.1	100.0	116.9	112.4	116.6	109.1	116.1
53 年 度	4,638	267	4,905	313	5,218	88.9	5.1	94.0	6.0	100.0	109.3	113.6	109.6	108.7	109.5
54年度上期	2,309	100	2,409	167	2,576	89.6	3.9	93.5	6.5	100.0	98.0	74.3	96.7	115.2	97.8
54年度下期	2,311	75	2,386	176	2,562	90.2	2.9	93.1	6.9	100.0	101.2	57.3	98.8	104.8	99.2
54 年 度	4,620	175	4,795	343	5,138	89.9	3.4	93.3	6.7	100.0	99.6	65.5	97.8	109.6	98.5
55年度上期	2,099	87	2,186	137	2,323	90.4	3.7	94.1	5.9	100.0	90.9	87.0	90.7	82.0	90.2
55年度下期	2,134	96	2,230	150	2,380	89.7	4.0	93.7	6.3	100.0	92.3	128.0	93.5	85.2	92.9
55 年 度	4,233	183	4,416	287	4,703	90.0	3.9	93.9	6.1	100.0	91.6	104.6	92.1	91.5	91.5
56年度上期	1,977	103	2,080	135	2,215	89.3	4.7	93.9	6.1	100.0	94.2	118.4	95.2	98.5	95.4
56年度下期	2,105	103	2,208	139	2,347	89.7	4.4	94.1	5.9	100.0	98.6	107.3	99.0	92.7	98.6
56 年 度	4,082	206	4,288	274	4,562	89.5	4.5	94.0	6.0	100.0	96.4	112.6	97.1	95.5	97.0
57年度上期	1,867	140	2,007	123	2,130	87.7	6.5	94.2	5.8	100.0	94.4	135.9	96.5	91.1	96.2
1 月	197	43	240	23	263	74.9	16.4	91.3	8.7	100.0	106.5	226.3	117.6	95.8	115.4
2 月	260	44	304	22	326	79.8	13.5	93.3	6.7	100.0	94.2	275.0	104.1	95.7	103.5
3 月	470	39	509	20	529	88.8	7.4	96.2	3.8	100.0	93.6	177.3	97.1	90.9	96.9
1～3月	927	126	1,053	65	1,118	82.9	11.3	94.2	5.8	100.0	96.3	221.1	103.2	106.2	102.7
57年度下期	2,104	231	2,335	135	2,470	85.2	9.3	94.5	5.5	100.0	100.0	224.3	105.8	97.1	105.2
57 年 度	3,971	371	4,342	258	4,600	86.3	8.1	94.4	5.6	100.0	97.3	180.1	101.3	94.2	100.8
58. 4 月	304	44	348	19	367	82.8	12.0	94.8	5.2	100.0	113.0	183.3	118.8	95.0	117.3
5 月	274	45	319	19	338	81.1	13.3	94.4	5.6	100.0	107.0	180.0	113.5	100.0	112.7
6 月	307	52	359	20	379	81.0	13.7	94.7	5.3	100.0	96.8	236.4	105.9	105.3	105.9
4～6月	885	142	1,027	59	1,086	81.5	13.1	94.6	5.4	100.0	105.1	200.0	112.5	101.7	111.8
7 月	341	50	391	20	411	83.0	12.2	95.1	4.9	100.0	98.3	200.0	105.1	90.9	104.3
8 月	344	61	405	20	425	80.9	14.4	95.3	4.7	100.0	101.8	277.3	112.5	100.0	111.8
9 月	347	66	413	22	435	79.7	15.2	94.9	5.1	100.0	102.1	300.0	114.1	95.7	113.0
7～9月	1,032	177	1,209	62	1,271	81.2	13.9	95.1	4.9	100.0	100.7	256.5	110.5	95.4	109.7
58年度上期	1,917	319	2,236	121	2,357	81.3	13.6	94.9	5.1	100.0	102.7	227.9	111.4	98.4	110.7
10月	394	56	450	22	472	83.4	11.9	95.3	4.7	100.0	97.8	180.6	103.7	91.7	103.1
11月	412	52	464	25	489	84.3	10.6	94.9	5.1	100.0	109.6	167.7	114.0	108.7	113.7
12月	369	77	446	23	469	78.7	16.4	95.1	4.9	100.0	92.7	179.1	101.1	100.0	101.1
10～12月	1,175	185	1,360	70	1,430	82.2	12.9	95.1	4.9	100.0	99.8	176.2	106.1	100.0	105.8
1 月	156	71	227	21	248	62.9	28.6	91.5	8.5	100.0	79.2	165.1	94.6	91.3	94.3
2 月	213	67	280	21	301	70.8	22.2	93.0	7.0	100.0	81.9	152.3	92.1	95.5	92.3
3 月	489	75	564	21	585	83.6	12.8	96.4	3.6	100.0	104.0	192.3	110.8	105.0	114.9
1～3月	858	213	1,071	63	1,134	75.7	18.8	94.5	5.5	100.0	92.6	169.0	101.7	96.9	101.4
58年度下期	2,033	398	2,431	133	2,564	79.3	15.5	94.8	5.2	100.0	96.6	172.3	104.1	98.5	103.8
58 年 度	3,950	717	4,667	254	4,921	80.3	14.5	94.8	5.2	100.0	99.5	193.3	107.5	98.4	107.0
4 月	322	84	406	19	425	75.8	19.7	95.5	4.5	100.0	105.9	190.9	116.7	100.0	115.8
5 月	276	69	345	20	365	75.6	18.9	94.5	5.5	100.0	100.7	153.3	108.2	105.3	108.0

(注) (1)通産省エネルギー統計月報 59年5月確報

(2)工業用ストレート・アスファルト, ブローンアスファルトは日本アスファルト協会調べ。

(3)一般用ストレート・アスファルト=内需量合計-(ブローンアスファルト+工業用ストレート・アスファルト)

(4)工業用ストレート・アスファルトに燃焼用アスファルトを含む。

(5)四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
〔メーカー〕		
ア ジ ア 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区芝浦 1-1-1	03 (798) 3 4 5 0
大 協 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区芝浦 1-1-1	03 (798) 3 5 0 0
エ ッ ソ 石 油 株 式 会 社	(107) 東京都港区赤坂 5-3-3	03 (585) 9 4 3 8
富 士 興 産 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区永田町 2-4-3	03 (580) 3 5 7 1
富 士 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町 1-2-3	03 (211) 6 5 3 1
出 光 興 産 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内 3-1-1	03 (213) 3 1 1 1
鹿 島 石 油 株 式 会 社	(102) 東京都千代田区紀尾井町 3-6	03 (265) 0 4 1 1
興 亜 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町 2-6-2	03 (270) 7 6 5 1
共 同 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区永田町 2-11-2	03 (593) 6 1 1 8
極 東 石 油 工 業 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町 1-7-2	03 (270) 0 8 4 1
丸 善 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区芝浦 1-1-1	03 (798) 3 8 4 2
三 菱 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区虎ノ門 1-2-4	03 (595) 7 4 1 2
モ ー ビ ル 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町 1-7-2	03 (244) 4 3 5 9
日 本 ア ス フ ァ ル ト 株 式 会 社	(102) 東京都千代田区平河町 2-7-6	03 (234) 5 0 2 1
日 本 鉱 業 株 式 会 社	(105) 東京都港区虎ノ門 2-10-1	03 (582) 2 1 1 1
日 本 石 油 株 式 会 社	(105) 東京都港区西新橋 1-3-12	03 (502) 1 1 1 1
日 本 石 油 精 製 株 式 会 社	(105) 東京都港区西新橋 1-3-12	03 (202) 1 1 1 1
三 共 油 化 工 業 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内 1-4-2	03 (284) 1 9 1 1
西 部 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区大手町 1-1-3	03 (215) 3 0 8 1
シ ェ ル 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区霞が関 3-2-5	03 (580) 0 1 1 1
昭 和 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区丸の内 2-7-3	03 (231) 0 3 1 1
昭 和 四 日 市 石 油 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区有楽町 1-12-1	03 (211) 1 4 1 1
東 亜 燃 料 工 業 株 式 会 社	(100) 東京都千代田区一ツ橋 1-1-1	03 (213) 2 2 1 1
東 北 石 油 株 式 会 社	(985) 宮城県仙台市港 5-1-1	02236 (5) 8 1 4 1

〔ディーラー〕

● 北 海 道

アサヒレキセイ(株)札幌支店	(060) 札幌市中央区大通西10-4	011 (281) 3 9 0 6	日 ア ス
中西瀝青(株)札幌出張所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (231) 2 8 9 5	日 石
(株)南部商会札幌出張所	(060) 札幌市中央区北2条西2-15	011 (231) 7 5 8 7	日 石
レキセイ商事株式会社	(060) 札幌市中央区北4条西12	011 (231) 5 9 3 1	出 光
株式会社ロード資材	(060) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (281) 3 9 7 6	丸 善
東光商事(株)札幌営業所	(060) 札幌市中央区南大通り西7	011 (261) 7 9 5 7	三 石
(株)トーアス札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (281) 2 3 6 1	共 石
蔦井石油株式会社	(060) 札幌市中央区南4条西11-1292-4	011 (518) 2 7 7 1	丸 善

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
● 東 北		
アサヒレキセイ(株) 仙台支店	(980) 宮城県仙台市中央3-3-3	0222 (66) 1101 日 アス
(株) 木畑商会 仙台営業所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-17	0222 (22) 9203 共 石
株式会社 亀井商店	(980-91) 宮城県仙台市国分町3-1-18	0222 (64) 6077 日 石
宮城石油販売株式会社	(980) 宮城県仙台市東7番丁102	0222 (57) 1231 三 石
中西瀝青(株) 仙台営業所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-30	0222 (23) 4866 日 石
(株) 南部商会 仙台出張所	(980) 宮城県仙台市中央2-1-17	0222 (23) 1011 日 石
有限会社 男鹿興業社	(010-05) 秋田県男鹿市船川港船川字化世沢178	01852 (3) 3293 共 石
菱油販売(株) 仙台支店	(980) 宮城県仙台市国分町3-1-1	0222 (25) 1491 三 石
正興産業(株) 仙台営業所	(980) 宮城県仙台市国分町3-3-5	0222 (63) 5951 三 石
竹中産業(株) 新潟営業所	(950) 新潟市東大通1-4-2	0252 (46) 2770 シェル
常盤商事(株) 仙台支店	(980) 宮城県仙台市上杉1-8-19	0222 (24) 1151 三 石
● 関 東		
アサヒレキセイ株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03 (551) 8011 日 アス
朝日産業株式会社	(103) 東京都中央区日本橋茅場町2-7-9	03 (669) 7878 日 アス
アスファルト産業株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀4-4-13	03 (553) 3001 シェル
富士興産アスファルト株式会社	(107) 東京都港区赤坂1-5-11	03 (585) 7601 日 アス
富士鉱油株式会社	(105) 東京都港区新橋4-26-5	03 (432) 2891 丸 善
富士石油販売株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-13-12	03 (274) 2061 共 石
富士油業(株) 東京支店	(106) 東京都港区西麻布1-8-7	03 (478) 3501 日 アス
パシフィック石油商事株式会社	(103) 東京都中央区日本橋砺殻町1-17-2	03 (661) 4951 モービル
伊藤忠燃料株式会社	(107) 東京都港区赤坂2-17-22	03 (584) 8555 共 石
関東アスファルト株式会社	(336) 浦和市岸町4-26-19	0488 (22) 0161 シェル
株式会社 木畑商会	(104) 東京都中央区八丁堀4-2-2	03 (552) 3191 共 石
国光商事株式会社	(165) 東京都中野区東中野1-7-1	03 (363) 8231 出 光
丸紅石油株式会社	(102) 東京都千代田区九段北1-13-5	03 (230) 1131 モービル
三菱商事株式会社	(100) 東京都千代田区丸の内2-6-3	03 (210) 6290 三 石
三井物産石油株式会社	(101) 東京都千代田区神田駿河台4-3	03 (293) 7111 極 東石
中西瀝青株式会社	(103) 東京都中央区八重洲1-2-1	03 (272) 3471 日 石
株式会社 南部商会	(100) 東京都千代田区丸の内3-4-2	03 (213) 5871 日 石
日東石油販売株式会社	(104) 東京都中央区新川2-8-3	03 (551) 6101 シェル
日東商事株式会社	(170) 東京都豊島区巣鴨3-39-4	03 (915) 7151 昭 石
瀝青販売株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-16-3	03 (271) 7691 出 光
菱東石油販売株式会社	(104) 東京都中央区八重洲2-7-16	03 (281) 2030 三 石
菱洋通商株式会社	(104) 東京都中央区銀座6-7-18	03 (571) 5921 三 石
菱油販売株式会社	(160) 東京都新宿区西新宿1-20-2	03 (348) 6241 三 石
三徳商事(株) 東京支店	(101) 東京都千代田区神田紺屋町11	03 (254) 9291 昭 石
(株) 澤田商行 東京支店	(104) 東京都中央区入船1-7-2	03 (551) 7131 丸 善
新日本商事株式会社	(101) 東京都千代田区神田錦町2-7	03 (294) 3961 昭 石
住商石油アスファルト株式会社	(160-91) 東京都新宿区西新宿2-6-1	03 (345) 3904 出 光
大洋商運株式会社	(103) 東京都中央区日本橋本町3-7	03 (245) 1632 三 石
竹中産業株式会社	(101) 東京都千代田区鍛冶町1-5-5	03 (251) 0185 シェル
東光商事株式会社	(104) 東京都中央区京橋1-6	03 (274) 2751 三 石
株式会社 トーアス	(160) 東京都新宿区西新宿2-7-1	03 (342) 6391 共 石

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
東京富士興産販売株式会社	(105) 東京都港区虎ノ門1-13-4	03 (591) 3401 日 アス
東京レキセイ株式会社	(150) 東京都渋谷区恵比寿西1-9-12	03 (496) 8691 日 アス
東新瀝青株式会社	(103) 東京都中央区日本橋2-13-5	03 (273) 3551 日 石
東洋国際石油株式会社	(104) 東京都中央区八丁堀3-3-5	03 (552) 8151 日 アス
東和産業株式会社	(174) 東京都板橋区坂下3-29-11	03 (968) 3101 三共油化
梅本石油株式会社	(162) 東京都新宿区湯場町9	03 (269) 7541 丸 善
ユニ石油株式会社	(100) 東京都千代田区霞ヶ関1-4-1	03 (503) 4021 シェル
渡辺油化興業株式会社	(107) 東京都港区赤坂3-21-21	03 (582) 6411 昭 石
● 中 部		
アサヒレキセイ(株)名古屋支店	(466) 名古屋市昭和区塩付通4-9	052 (851) 1111 日 アス
丸 福 石 油	(933) 富山県高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2860 シェル
松村物産株式会社	(920) 石川県金沢市広岡町ト25	0762 (21) 6121 三 石
三谷商事株式会社	(910) 福井県福井市中央3-1-5	0776 (20) 3111 モービル
名古屋富士興産販売(株)	(451) 名古屋市西区城西4-28-11	052 (521) 9391 日 アス
中西瀝青(株)名古屋営業所	(460) 名古屋市中区錦町1-20-6	052 (211) 5011 日 石
三徳商事(株)名古屋支店	(453) 名古屋市中村区則武1-10-6	052 (452) 2781 昭 石
株式会社 三 油 商 会	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	052 (231) 7721 日 アス
株式会社 沢 田 商 会	(454) 名古屋市中川区富川町1-1	052 (361) 7151 丸 善
新東亜交易(株)名古屋支店	(450) 名古屋市中村区名駅3-28-12	052 (561) 3514 三 石
静岡鉱油株式会社	(424) 静岡県清水市袖師町1575	0543 (66) 1195 モービル
竹中産業(株)福井営業所	(910) 福井県福井市大手2-4-25	0766 (22) 1565 シェル
株式会社 田中石油店	(910) 福井県福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1721 昭 石
富安産業株式会社	(930-11) 富山市若竹町2-121	0764 (29) 2298 共 石
● 近 畿		
赤馬瀝青工業株式会社	(531) 大阪市大淀区中津3-10-4-304	06 (374) 2271 モービル
アサヒレキセイ(株)大阪支店	(550) 大阪市西区南堀江4-17-18	06 (538) 2731 日 アス
千代田瀝青株式会社	(530) 大阪市北区東天満2-8-8	06 (358) 5531 三 石
飯野産業(株)神戸営業所	(650) 神戸市中央区江戸町98	078 (391) 8965 共 石
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西区京町堀2-3-19	06 (441) 5195 日 アス
平和石油株式会社	(530) 大阪市北区中之島3-6-32	06 (443) 2771 シェル
平井商事株式会社	(542) 大阪市南区長堀橋筋1-43	06 (252) 5856 日 アス
木曾通産(株)大阪支店	(550) 大阪市西区九条南4-11-12	06 (581) 7216 日 アス
株式会社 松 宮 物 産	(522) 滋賀県彦根市幸町32	07492 (3) 1608 シェル
丸和鉱油株式会社	(532) 大阪市淀川区塚本2-14-17	06 (301) 8073 丸 善
三菱商事(株)大阪支社	(530) 大阪市北区堂島浜1-1-5	06 (343) 1111 三 石
株式会社 ナカムラ	(670) 姫路市国府寺町甲14	0792 (85) 2551 共 石
中西瀝青(株)大阪営業所	(532) 大阪市淀川区西中島3-18-21	06 (303) 0201 日 石
大阪アスファルト株式会社	(531) 大阪市大淀区豊崎5-8-2	06 (372) 0031 出 光
株式会社 菱 芳 砒 産	(671-11) 姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1344 共 石
菱油販売(株)大阪支店	(550) 大阪市西区新町1-4-26	06 (534) 0141 三 石
三徳商事株式会社	(532) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (394) 1551 昭 石
正興産業株式会社	(662) 兵庫県西宮市久保町2-1	0798 (22) 2701 三 石
(株)シェル石油大阪発売所	(552) 大阪市港区南市岡1-11-11	06 (584) 0681 シェル
梅本石油(株)大阪営業所	(532) 大阪市淀川区宮原4-4-64	06 (394) 2441 丸 善

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
横田瀝青興業株式会社	(672) 姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0555 共 石
アサヒレキセイ(株)広島支店	(730) 広島市田中町5-9	0822 (44) 6262 日 アス
富士商株式会社	(756) 山口県小野田市稲荷町6539	08368 (3) 3210 シェル
共和産業株式会社	(700) 岡山県岡山市蕃山町3-10	0862 (33) 1500 共 石
中国富士アスファルト株式会社	(711) 岡山県倉敷市児島味野浜の宮4051	0864 (73) 0350 日 アス
● 四 国・九 州		
アサヒレキセイ(株)九州支店	(810) 福岡市中央区鳥飼1-3-52	092 (771) 7436 日 アス
畑 礦 油 株 式 会 社	(804) 北九州市戸畑区牧山新町1-40	093 (871) 3625 丸 善
平和石油(株)高松支店	(760) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7255 シェル
今別府産業株式会社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111 共 石
入交産業株式会社	(780) 高知市大川筋1-1-1	0888 (22) 2141 三 石
伊藤忠燃料(株)福岡支店	(812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (444) 8353 共 石
株式会社 カ ソ ン ダ	(892) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5111 シェル
丸 菱 株 式 会 社	(812) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7561 シェル
中西瀝青(株)福岡出張所	(810) 福岡市中央区天神4-1-18	092 (771) 6881 日 石
(株)南部商会福岡出張所	(810) 福岡市中央区舞鶴1-1-5	092 (721) 4838 日 石
西岡商事株式会社	(764) 香川県仲多度郡多度町家中3-1	08773 (3) 1001 三 石
菱油販売(株)九州支店	(805) 北九州市八幡東区山王1-17-11	093 (661) 4868 三 石
三協商事株式会社	(770) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131 日 アス
三陽アスファルト株式会社	(815) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615 日 アス

編集顧問

多田宏行
萩原 浩
松野三朗

編集委員

阿部忠行	太田健二	戸田 透	真柴和昌
荒井孝雄	河野 宏	中島守博	吉兼秀典
飯島 尚	小島逸平	南雲貞夫	
今井武志	真山治信	林 誠之	
井町弘光	白神健児	藤井治芳	

アスファルト 第141号

昭和59年11月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 TEL 03-502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

〒104 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-571-0997(代)

ASPHALT

Vol. 27 No. 141 NOVEMBER 1984

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION