

アスファルト

第43巻 第205号 平成12年10月発行

205

特集・現場を支える舗装技術者

特集にあたって

バイパス等の大型工事と外構等の小規模工事を経験して

高速道路の新設舗装工事を終えて

空港舗装工事を経験して

性能規定方式による低騒音舗装の施工

都市内道路の夜間補修工事に従事して

補修工事—高速道路の集中工事—

景観舗装の今後のあるべき姿を思う

はじめて経験した橋面舗装の思い出

斜面舗装に従事して

アスファルト合材工場の品質管理

アスファルトフィニッシュと

マルチアスファルトペーパーの両方を体験して

アスファルトプラントの移り変わり

改質アスファルトの現状と今後の課題

マイクロサーフェシング工法の実態と今後のあるべき姿

河野 宏 1

中村 則義 2

西川 毅 3

南真木 夫 5

渡辺 裕貴 6

後藤 聡 8

岸 勝也 10

安芸 昇 12

山下 宏 15

唐仁原正倫 17

今井 寿男 19

野々口辰美 20

一場 英司 22

羽入 昭吉 24

荒尾 慶文 26

<第10回論文賞入選第2席>

ブローンアスファルトの原料組成と反応性に関する研究

三谷 治郎・中村 好和 28

<第10回論文賞佳作>

アスファルトの耐劣化性の向上に関する一検討

紺野 路登・鈴木 秀輔・野村 健一郎 35

<アスファルト舗装技術研究グループ・第38回報告>

峰岸 順一 42

第5回道路・空港舗装の支持力に関する国際会議

アスファルト舗装技術研究グループ

<用語の解説>

排水性舗装清掃要領

小島 逸平 62

明色マイクロ・サーフェシング

瀬尾 彰 64

<統計資料>石油アスファルト需給統計資料

65

ASPHALT

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

第79回 アスファルトゼミナール開催のご案内

社団法人 日本アスファルト協会

拝啓 時下ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。
さて、恒例の当協会主催の「アスファルトゼミナール」を下記要領にて開催致します。
内容等参考の上、奮ってご参加くださいますようご案内申し上げます。

敬 具

記

1. 主 催

2. 協 賛

3. 後 援

4. 開催月日

5. 開催場所

6. 内 容

7. 申込方法

8. 申 込 先

9. 参 加 費

10. 参加人数

11. そ の 他
- 社団法人 日本アスファルト協会

社団法人 日本アスファルト乳剤協会、日本改質アスファルト協会

建設省（申請中）、社団法人 日本道路建設業協会、社団法人 日本アスファルト合材協会

平成13年 2月15日（木）～2月16日（金）

京都市 からすま京都ホテル 3F「瑞雲」（案内図参照）
京都市下京区烏丸通綾小路下ル ☎075-371-0121

裏面「プログラム」参照

(1)平成13年 1月15日までに、下記参加申込書に必要な事項をご記入のうえ、下記申込先へ郵送またはFAXでお申し込み下さい。なお、FAXでお申し込みされた方は、必ず電話でFAXが届いているか事務局へご確認ください。

(2)官公庁の方で、事務の手続き上参加費を事前に納入できない場合は、後日振込となりますので、申込書の空欄にその旨を明記して下さい。

社団法人 日本アスファルト協会 アスゼミ係
〒100-0014 東京都千代田区永田町2-10-2
秀和永田町TBRビル514号室
☎03-3502-3956 FAX 03-3502-3376

6,000円

(1)参加費は、請求書が届き次第、右記口座へお振り込み下さい。なお、振込手数料は、申し込み者のご負担となります。

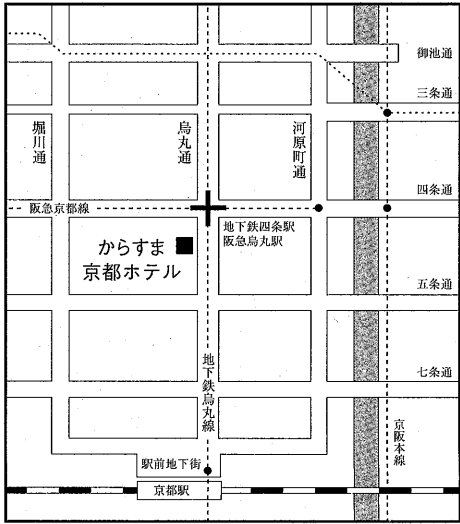
(2)納入された参加費は、ゼミナールに欠席された場合でも返金致しません。
ただし、後日テキストを送付いたします。

(1)300名（締切日以前でも定員になり次第締め切らせていただきます。）
(2)参加券の送付 参加券は、参加費の納入が確認されしだい送付致します。
参加券は、当日受付でテキストと引き換えになります。

(1)当日申込受付はできませんので、必ず上記方法でお申し込み下さい。

(2)宿泊のあっ旋は致しませんので、各自にてお願いします。

会場案内図



地下鉄四條駅下車（南出口6）、阪急烏丸駅下車（西出口23）

小松ビル内郵便局
口座番号 00150-2-163265
社団法人 日本アスファルト協会

第79回 アスファルトゼミナール 参加申込書

勤 務 先			
所 在 地			
T E L			
連絡先部課・氏名			
参 加 者 氏 名	役 職 名	参 加 者 氏 名	役 職 名

プログラム

開催日時 平成13年 2月15日(木) ～ 2月16日(金)

開催場所 京都市からすま京都ホテル 3F「瑞雲」
京都市下京区烏丸通綾小路下ル ☎075-371-0121

第1日目 平成13年 2月15日(木) 10:30～16:05

(敬称略)

- | | |
|-------------------------|-------------|
| 1. ストレッチングとその効用 | 10:30～11:30 |
| 京都大学体育指導センター 助教授 | 井 街 悠 |
| 2. 舗装技術の流れ | 11:30～12:40 |
| (財)道路保全技術センター 理事長 | 多 田 宏 行 |
| (昼食休憩 12:40～13:40) | |
| 3. 海外の実態からみた性能発注の動向 | 13:40～14:50 |
| (財)日本建設情報総合センター 研究第二部長 | 吉 兼 秀 典 |
| (休憩 14:50～14:55) | |
| 4. 舗装用アスファルトの製造と流通 | 14:55～16:05 |
| 日石三菱(株)技術開発部燃料技術グループ 参事 | 長谷川 宏 |

第2日目 平成13年 2月16日(金) 9:30～12:40

- | | |
|----------------------------|-------------|
| 1. 平成13年度道路予算(案) | 9:30～10:30 |
| 建設省 道路局企画課道路経済調査室長 | 菊 川 滋 |
| (休憩 10:30～10:35) | |
| 2. 都市部の維持修繕における乳剤工法の適用について | 10:35～11:35 |
| ニチレキ株式会社 取締役 | 達 下 文 一 |
| (休憩 11:35～11:40) | |
| 3. 高速道路舗装の現況について | 11:40～12:40 |
| 日本道路公団試験研究所道路研究部舗装研究室長 | 大 野 滋 也 |

(講師は都合で変更することがあります)

特集にあたって

河野 宏

日新舗道建設㈱会長

10年前から結婚式でスピーチを頼まれたら必ずいうことにしていたセリフがあった。「今日の主役のお二人は、私なんぞとは違って、20世紀よりも21世紀に永く生きられる方々です。21世紀に向かって健康で明るい家庭をつくり、生まれてくるお子様方とともに新世紀、すばらしい人生を開発して行って下さい。」

最初にこのセリフを使った時の新郎新婦は20代の後半で、21世紀初頭には40歳手前になるカップルであった。新世紀になってからも40年位は存命であろうから、このセリフが全く嘘にはならないと考えたわけである。当然のことながら、年の経過とともに、結婚するカップルの20世紀の存命期間は縮まり、21世紀の存命期間は延びてきたので、計算をするまでもなく安心して同じ話をしてきた。しかしこのようなことが言えるのも世紀が変わるまでであって、嘘にはならないとはいえ21世紀になって同じことを言っても面白くもなんともないことであろう。20世紀に永く生きた者のノスタルジアかも知れないが、このセリフがもう使えないと思うと多少残念な気もしてくる。

残念なことといえば、去年から今年にかけて非常に残念に思ったことが二つあった。昨年の9月30日に起きたJCOの臨界（核分裂）事故と今年の5月～6月に発生した雪印乳業の食中毒事故である。前者はJCOの東海事業所でウラン溶液を沈殿槽に入れる作業をしていた時発生したもので、被ばく者は当該作業をしていた3名を含め消防職員など69名、地域住民には350m圏内の避難、10km圏内の屋内退避処置が勧告された。後者は、大阪工場の低脂肪乳による大量食中毒事件で、発症者は1万4000人以上、全国20工場が安全点検のため操業停止に追い込まれた。そして、いずれも現場での人災事故とも考えられる類のものであった。

現場の仕事が直接国民にサービスしている、

現場でつくられたものが実際に顧客に使われている、だから現場さえしっかりしていれば、他の部門が多少いいかげんでもなんとかなるものと考えていた者にとっては、基盤となる現場が致命的なミスをしたのだから、本当にショックであり、残念なことであった。

何故このようなことが起きたのだろうか？打ち続くリストラによって現場が疲労困憊してしまったから？技術革新、コスト縮減の波に足を掬われてしまったから？それとも、平穩無事な日々が続き身も心も安逸に流れてしまったから？

今回の特集は「現場を支える舗装技術者」である。「21世紀の舗装の現場はどうなるのだろうか？」という疑問への答えを求めての企画であり、そのキーワードは「21世紀」と「現場」。

現場で活躍している舗装技術者の目をとおして、「舗装技術の実態と今後のあるべき姿」を、実際に経験した失敗やとまどい、喜びなどと併せて、書いて頂こうとするものである。執筆の依頼先は、非常に広範で、部門では設計、施工（新設・補修）そして開発研究者まで、工事も道路だけでなく空港や斜面舗装の水利構造物まで、技術者についても土木技術者だけでなくアスファルトプラントや舗装機械の操作経験者まで、そのほか海外工事経験者や最近試行された性能発注工事経験者も網羅されている。

過去を回顧し、現在の状況を考察すれば、自ずと将来が見えてくる。これが特集の企画者の考えであろうが、その奥には、前述のJCOや雪印のこともあり、21世紀の現場はもっと良くならねばという思いもあったとするのは考え過ぎであろうか？たとえ将来が見えないまでも、この特集を読むことが舗装現場の将来、ひいては舗装技術の将来に思いを馳せる契機となれば、今世紀の最終号の特集として役割を果たしたことになるかと確信する。

バイパス等の大型工事と外構等の小規模工事を経験して

中 村 則 義*

バイパス等の大型工事において、まず最初に行うべきことは、その工事の目的と内容を理解することである。そのためには、契約図書をもとに、現場踏査を行う。この際、特に留意すべき点は、①図面にないかくれた埋設構造物等の要因の有無②隣接工区の状況③沿道住民の状況など、設計と現場の不一致を探ることである。その調査データに基づき施工の方針を定め、どこにどのような規格のものを、いつまでに造るかをイメージする。さらに契約条件を満足させる優良な品質・出来形が期待でき、請負者自身の適正な利益につながることを考慮して、施工計画を十分な時間をかけて立案し検討する。しかし、このような工事においては、施工が長期にわたることもあって、計画の段階での予期することのできない状態が生じることが多い。その際は、発注者と十分な協議を行い原因を把握して適切な対応策を実施すれば、工事の精算要素を効率良く活用する手段を追求修正する事が可能である。小規模工事と最も大きな相違は、計画－実施－検討－改善の手順が大きな周期で行なえる点である。

大きな周期の中で施工管理が行えることによるメリットは、品質・出来形管理をロット毎区分別に、ヒストグラムまたは工程能力図を用いて管理出来ることである。したがって、不良品を排除し、より良い品質を経済的に確保することにより工事に対する信頼性を増し、新しい問題点や改善の方法を発見すること等の対応ができる。

一方、小規模工事は、施工範囲が小さく、工程周期が短期であるため、管理結果を施工に反映できづらいのが一般的である。また、施工条件から、小型機械、人力施工等に限られる場合が多い。また、外構工事では工程に関して、必要適切な計画を提示しても、建築物主体で進められるケースが多く、設備、内装工事等を並行または重複する。したがって、残った時間や場

所での施工を余儀なくされるため、急速施工、小分割施工を行わざるを得ない状況になる。その結果、作業の流れ全体を通じて、路床等の弱点箇所の発見や、路床支持力の均一性の確保、保持のための処置を講ずることによって、高品質で耐久的な構築物を建設する事が非常に困難になる。

実際に小規模外構工事においては、最後の仕上げの工程の一部であるため、安価で見栄えが良く、耐久性のあるものを要求される。例えば、雨水留りが駐車場に発生すると、その発生原因が我々に起因するものでなくても、当方の責任として処理されることが多い。駐車場の支持力として4t車対応としての舗装厚設計であっても、工事中においては、大型車が通行し、路床路盤が乱れ最終的に改良等の処置を行ったり、また、路盤完了後、設備等の排水が追加になったりしての再堀削にて支持力が低下することもたびたび発生し、完全な支持力の復旧が出来ずに舗装せざる得ないことが多い状況である。

近年は、元請業者においても事前に建築本体の根切り段階での仮設や埋戻しにおいて、最終仕上り細部計画、支持力の確保のための土質検討、構造物の仮設、設置、撤去方法、時期の提案、図面の作成等で短期においても品質の確保が出来る場合も多くなってきている。

今後は、舗装技術者として現場の踏査、事前調査による、施工方法、品質の検討を行い協議する事はもとより、再生材の使用、コンクリート二次製品の活用、堀削土量の少量化の計画、排水構造物を少なくするための舗装製品の提案等により、顧客の求めるニーズにあった性能要求を満たす技術力の向上が必要である。

*なかむら のりよし 佐藤道路(株)工務部工務課

高速道路の新設舗装工事を終えて

西 川 毅*

1. はじめに

週末、今の現場である徳島市内から、家族の待つ愛媛県川之江市に向かって帰る途中、今年3月に開通した徳島自動車道の井川池田IC～川之江JCT間を走り抜けることになります。

平坦性の良し悪しは、高速走行では案外気にならないものですが、施工に携わった自分達にしか判らない箇所を走る際には、妙な緊張感があるものです。

今回の工事は、私にとっては、およそ10年ぶりの新設の高速道路の現場となりました。かつて、若手社員？のころ、道央道と中国横断道の新設工事に携わった経験はありましたが、そこでは主に品質管理の仕事をしていたのに対し、今回は舗装主任ということで、実際のところ、工程調整や発注者との交渉には厳しいものがありました。

2. 工事概要

徳島自動車道の池田東舗装工事は、当社と三井道路とのJVで受注し、以来2年間という、舗装工事としては長期間を経て完成しました。

この路線の特徴的なことは、区間延長12.5kmのうち、トンネル・橋梁が6割以上を占めていることであります。

3本あるトンネルのうちの2本は、コンボジット舗装で設計されており、セメント安定処理路盤、連続鉄筋コンクリート舗装、排水性舗装の構成で施工しました。

なかでも、連続鉄筋コンクリート舗装では、競合工事のからみや、通行止めの不便さを少しでも解消する等の理由で、ハーフスリップフォーム工法が採用され、個人的には初めての体験をすることもできました。

3. 排水性舗装等でのポイント

表層は、トンネル内も含めて、全線、排水性舗装で

あり、排水性アスコンの取扱いの難しさをいやというほど体感しました。

現在、表層工の主役となっている排水性舗装ですが、ご承知のとおり、機械施工による一発勝負であります。密粒アスコンであっても、一発勝負には違いないのですが、排水性の場合は、タイヤローラにわずかに付着しただけでも、手直しが効かないことから、全く気を抜くことが出来ません（結構、抜いていたかもしれませんが・・・）。

以下に、排水性舗装において、施工上、気付いた点を挙げてみます。

1つめに、当然のことですが、狭小部であっても機械施工に限ることです。

2つめに、合材のロス率が予想以上に高いこと。これは、施工時期とバインダーの種類によっても異なると思いますが、特に合材ダンプの付着分は、無視することが出来ませんでした。ダンプの荷台に付着した合材をかき落とすのに、バックホウまで使わざるを得なくなったりし、ダンプの循環も悪くなり、その結果、ダンプ台数も1割以上多くなる状態でした。

3つめは、排水性アスコンについてですが、施工開始当初から、初期転圧の段階で、点々とバインダーが表面ににじみ出てくる現象が見られました。ダンプアップから敷均しの段階では判らないのですが、転圧するうちに表面に現れてきましたので、その部分は、スポット的に合材の入れ替えを行いました。

室内配合や試験練りでは、何の問題もなかったのですが、何が原因か、プラントとも色々と検討しました。

その結果、①運搬時間が1時間程度と長くなることが多く、②さらに冬季施工なので温度低下を防ぐ意味から、混合温度を範囲内で高めに設定していた。また、③ダンプの付着防止剤の使用量が多すぎた。等の原因が推測され、②③について改善したところ、上記のような不良箇所はほぼなくなりました。

*にしかわ たけし 株式会社ガイアートクマガイ

排水性混合物の現場配合の決定にあたっては、試験施工は本施工を兼ねた場合が多いので、出来れば試験練りの段階で、運搬時間も考慮した検討を行っておくことが必要なかもしれません。

4つめに、トンネル内のコンポジット舗装での苦労話を少々。トンネル内の舗装については、合材が冷めにくいという利点と、トンネル内のため、排気ガスで空気が悪く死にそうになるという条件を除けば、明り部と同様の施工条件ですが、事前のタックコートには、かなり泣かされました。

コンクリート面は、十分清掃・水洗いしたつもりでしたが、ゴム入り乳剤散布養生後、通過車輛（特に大型車）の温まったタイヤは、容赦無く乳剤を剥ぎ取ってしまいます。

剥がされるだけであれば再散布すれば良いのですが、タイヤに付着した乳剤は一般国道に延々とばらまかれ、まるでその光景は、夜見れば、ガラス入り舗装のようにキラキラ輝くのでした。

特にひどい箇所について、交通規制のなかで、乳剤の塊を清掃したことは、今となっては、忌まわしくも楽しい思い出のひとつです。コンクリートと相性の良い、剥がれない乳剤はないのでしょうか。

いずれにせよ、コンクリート面のゴム入り乳剤散布に際しては、タイヤと乳剤の付着力に対抗するため、コンクリート面の水洗いを最重要視することが肝要です。

最後に、これも苦労話になりますが、本線供用後のサービスエリア駐車場の排水性舗装を、工程の都合で、建築及び外講工事の着工前に施工することになり、後日、舗装面の清掃としてかなりの費用が発生しました。空隙詰まりのない排水性舗装はできないのでしょうか。

4. 工程調整の課題

この工事は、終始、小さきみな引渡しのもとでの舗装工事でありました。また、仮設プラントの撤去時期

も決められており、工程的には当初からピンチの連続でした。そのため、発注者及び前工程・後工程の各業者との工程打合せが特に重要なポイントであったかと思っています。

主に後工程である施設業者との工程調整は、舗装工事業者が中心となって進めていくことが自然であり、また義務であると思います。

しかし、引渡しを受ける前の段階で、工事区（土工事やトンネル工事）の各業者との工程調整を日々行っていた当JVの副所長や工務主任の動きを見ている時、もっと発注者側の各部門間において調整できないものかと考えることもありました。

建築外講工事と同様に、高速道路工事においては、舗装工事と施設関連工事が最終的なカウントダウンの工程調整を迫られます。開通日のマスコミ発表を行った時点で、すでに、工期に間に合わないことは許されない訳ですから、少しでも早い段階での、発注者側での対応を望みます。もちろん、舗装工事側では、事前に逆算工程等の資料を作成して、積極的に打合せに臨むことが必要です。

いずれにせよ、発注者と請負業者が、一体となって、最善を尽くすとき、はじめて不可能と思える工程も可能になってくるものと考えます。

5. まとめ

以上、拙い体験を述べてまいりました。約10年ぶりに高速道路の新設工事に携わった感想としては、アスファルトバインダーの開発技術の向上や平坦性確保のための施工機械の進展はみられるものの、アスファルト舗装の施工そのものについては、10年前と比較して、あまり変化はみられない様に感じました。

しかしながら、高速道路の舗装に、常識的に、排水性舗装やコンポジット舗装が採用されるようになったことは、大きな技術的進歩であると思います。

現場に携わる一人として、地球環境にやさしい土木技術を探りながら、今後も歩んで参ります。

空港舗装工事を経験して

南 真 木 夫*

空港工事には、平成元年から羽田空港の沖展工事に従事することとなり、エプロン舗装や滑走路舗装の工事を何度か経験することができた。新設の舗装工事が少なくなっている中で、これだけ大規模の舗装工事を担当することができたことは技術者冥利であり、大袈裟であるが一生の思い出と言っても過言ではない。空港工事のスケールの大きさは、地方から出てきたばかりの当時の私にとっては驚きと感動の連続だった。以下に滑走路舗装の施工を通して感じたことをいくつか述べたい。

空港舗装工事といっても特別な舗装をするわけではないが、羽田空港の新C滑走路では新しい舗装構造として路床下部に路床排水層が設けられた。これは、再生碎石によるフィルター層の間に単粒度碎石による通水層を路床下部に設け、両側の有孔パイプより排水する構造のものであり、地下水や緑地部からの湧水から路床を保護するわけだが、この路床排水層は路床の施工中にも排水効果が発揮された。これまでの空港工事では、一度雨が降るとプールのような状態になることが多く何日もポンプによる強制排水を行ったり、路床を掘り起こしてバッキしたりと大変だったが、この路床排水層の適用により施工性が向上し、より良質な路床が築造できたと思う。

また、新B滑走路の舗装工事では、シックリフト工法が採用された。総厚48cmの再生アスファルト安定処理路盤を1層16cmの3層仕上げで施工した。この工法でポイントとなるのは、舗装の両側の処理方法である。通常の舗装では両側に舗装型枠を設置して端部まで十分な締固めを行うが、この施工では1:3のテーパをつくり小型機械で締め固める方法で施工した。テーパ部は、振動機能付きの特殊アタッチメントをアスファルトフィニッシャに取付けて施工の簡素化を図った。この方法によればシックリフト工法といっても通常のアスファルト舗装の施工編成にテーパ部の転圧作業が加わるだけである。シックリフトは、空港舗装ではあまり例がないらしいが、この施工で感じたことは、型枠を使用しないことによる施工

の省力化と省資源化である。アスファルト舗装における型枠の設置と撤去は、空港舗装のように日々の施工量が多くなればなるほど大きな労力を費やし、そして型枠材も大量に必要となってくる。舗装厚さも数種類あるために工事が完了する時にはいつも型枠材の処分に困る。今回のシックリフト工法では、試験施工によりテーパ処理が採用されたが、このように小さな労力で大きな施工ができる省エネ工法は、施工側としても大歓迎である。今後は、通常のアスファルト舗装にもこのような工法を大いに取入れる必要があると思う。

一方、使用する材料は当然良質なものでなければならないが、一度に大量の材料が必要となる空港工事では、その安定供給が施工性や品質を左右する。羽田空港では、交通事情を考慮して路盤材を交通量が少なくなる夜間に搬入したり、閑散期に事前に場内にストックすることで対応した。材料は産地毎に品質特性が異なるので現場では産地毎、プラント毎にエリアを決めて使い分けた。なお、新B滑走路においては使用した材料の大半は再生材や発生材であり、旧空港施設から発生したコンクリート塊やアスファルト塊を場内に建設した再生プラントで再生し、路盤材や舗装材として使用している。特に空港で発生するアスファルト塊の品質は均一であり、再生アスコンの再生骨材混入率を70%として施工した。また、舗装版の下路盤材や路床材も可能な限り再利用しており、工種毎には厳しい段階検査が実施された。

滑走路舗装が高品質の施工を要求されるのは当然であるが、我々施工側もそれに対応すべく体制を整えて現場に臨み、緊張感を持って仕事をしてきたことを自負している。しかし最近感じることは、現場で実際に作業に従事する人達の高齢化とそれに伴う技能工の減少である。良好な施工力を堅持していくことは我々の責務だが、現在の建設業を取りまく環境は、増々厳しさを加えてきており、人材の育成を含めて総合的な技術力を発揮できるように、これまで以上に努めて行きたいと考えている。

*みなみ まきお 日本舗道㈱

性能規定方式による低騒音舗装の施工

渡 辺 裕 貴*

1. はじめに

一般道路の舗装工事では、国内で初めてのケースとなる性能規定方式による修繕工事を、現場代理人として現場を担当することになった。当然、「性能規定」という用語に対する理解度は低く、通常の工事とどう異なるのか、また、施工までの対応をどうすればよいのかなど、判らない点が多かった。

結局、今回の工事における性能規定では、要求性能を満足する舗装構造、施工方法、使用材料などを提案し、発注者に受け入れられれば、受注者の裁量に任される部分が多いことを理解することができた。また、本方式による受注者側の利点としては、新工法や新材料の適用が従前より容易となり、技術開発の促進につながることなどが感ぜられた。

ここでは、性能規定による工事の概要を簡単に示し、調査から施工までを実施してみてもの感想を述べることにしたい。

2. 工事概要

工事概要は、表-1に示すとおりであり、舗装面積の約半分が性能規定区間となっている。

表-1 工事概要

工 事 名	八潮四丁目舗装修繕工事		
路 線 名	国道357号		
交 通 量	D交通(大型車=約9,300台/日・方向)		
工事場所	東京都品川区八潮5丁目～4丁目		
工 期	平成11年3月19日～12年2月26日		
発 注 者	建設省関東地方建設局 東京国道工事事務所		
工事内容	舗装打換工	一般区間	3,955㎡
	同上	性能規定区間	3,750㎡

また、低騒音舗装の要求性能は、表-2に示すとおりである。このうち、騒音値以外の要求性能については、通常の排水性舗装の工事においても一般的に定め

られており、過去の実績からそれほど問題視するほどではなかった。しかし、騒音値に関しては、どう対応すべきか見当もつかず、改めてこの工事の特殊性を認識させられた。

表-2 低騒音舗装の要求性能

動的安定度	4,000回/mm以上
現場透水量	1,000ml/15sec以上
平 坦 性	各車線毎 2.4mm以内
騒音値(注)	完成時 89dB以下
	1年後 90dB以下

(注) 騒音測定車(特殊タイヤ音)による

3. 舗装構造の検討

性能規定区間の舗装構造を検討するため、既設舗装の路面性状、開削およびボーリングによる既設舗装厚と材料性状の調査、FWD試験による支持力調査などの事前調査を実施した。これらの調査結果をもとに舗装構造を提案するわけだが、当然のことながら、私の知識や支店内だけでは対応できるはずもなく、本社の技術部や技術研究所の協力を必要とした。

舗装構造の検討に関する打合せは、社内だけのものと発注者とのものを含めて10数回以上にも及んだ。その結果、事前調査、舗装構造の検討、提案書提出および採用までの期間は、3ヶ月間程度要した。私にとっては、これらの打合せの過程で、普段あまり接することのない他部署の人たちの意見を聞くことができ、少しは視野が広がったように思える。また、通常何気なく施工していることが過去の技術の積み重ねであったり、工法・材料・試験等の中には、初めて耳にするようなこともあり、大変勉強になった。

ここで採用された舗装構造について、特徴的なことを簡単に紹介したい。

一つは、既設舗装の打換え深さをできるだけ小さくし、舗装発生材を少なくすることを目標にしたことで

*わたなべ ひろたか 世紀東急工業(株)関東第一支店

ある。その結果、打換え深さは、一般区間の85cmと比較し、40cm少ない45cmとなり、既設路盤材を有効に活用できるとともに、その外にも多くのメリットが生じた。すなわち、掘削深さが少なくなるため、1日当たりの施工量が増えて工程の短縮につながり、道路利用者や近隣住民への影響を少なくすることができたこと。また、現場からの舗装発生材が少なくなるため、その分のコストを既設路盤の上の層に使用する材料や施工機械などに費やすことができたことである。

次には、表層工に二層構造の低騒音舗装を採用したことである。すなわち、最大粒径8mmの小粒径排水性混合物を上層に、また最大粒径13mmの排水性混合物を下層に用いる二層構造とし、それぞれの厚さが2cmおよび3cmとなる合計厚さ5cmとした。この採用理由としては、排水性混合物の最大粒径を小さくすることにより騒音値を低減できる可能性があること、最大粒径を小さくすると動的安定度が低下するので、それを下層の混合物で補えることなどがある。したがって、一般区間の表層工（厚さ4cmで最大粒径13mmの排水性混合物）とは異なる混合物の種類や厚さとなった。

4. 施工

提案した舗装構造が採用された時点で、私の役割はこれからが本番であると思った。実際の施工にあたっては、これまで打合せ等で検討してきた事項が現場に反映されなければ、全くの無駄になってしまうからである。幸いなことに、性能規定区間の施工に取りかかるまでには、若干の時間的な余裕があったため、施工方法等については現場担当者間で十分な打合せを行うことができた。打合せでは、今まで当たり前に行われてきたようなことについても、なぜそうするのかなどの理由を一つづつ明確になるように積み上げていった。

それらの打合せ結果から得られた一つとして、打換え工については、一般区間から施工を開始し、ある程度軌道に乗ってから性能規定区間の施工を行ったことである。また、その後の工程を考慮し、一般区間と性能規定区間との施工は、二班により同時に行うものとした。これらの打換え工は、交通量の多い路線であるため、当然作業時間帯に制約を受ける夜間作業となる。した

がって、特に交通開放時間を厳守しなければならないため、施工を順調に進めていく上での打合せがいかに重要であることかを改めて実感した現場でもあった。

二層構造の低騒音舗装の施工では、異なった混合物を二層同時に敷きならすことができるマルチアスファルトペーパを用いた。このペーパは、一つのチャージングホッパと二つのホッパ（上層用と下層用）を備えており、上層用および下層用にそれぞれ異なる種類の混合物をチャージングホッパに荷おろししなければならない。この2種類の混合物は、使用比率が異なり、また、品質確保のためにそれぞれ別々のプラントからの出荷であったため、運搬車の台数や時間等を調整して連続的な施工を確保するのに最も苦慮した。

施工の結果としては、低騒音舗装の要求性能をすべて満足することができた。特に、最も気がかりであった騒音値については、完成時における規準値89dBを2dB下回る87dBと良好な結果が得られた。

5. おわりに

今回の工事では、舗装構造の設計段階から携わることができ、いろいろな技術に関する理論の理解だけではなく、それらを現場で実践して経験できたことが、私にとって大きな財産となった。また、通常の工事のように与えられた仕様に従って施工するのではなく、道路条件・地域条件・施工条件などを考慮して、最適と思われる施工方法などを提案でき、現場技術者としてはやりがいのある工事でもあった。

過去に一つの現場が終了した時点で、完璧であったと感じたことは一度もなく、必ずいくつかの改善点を見出すことができる。ここで得られた貴重な経験や改善点は、次の現場に活かすとともに、社内の情報交換の場を通じて紹介し、施工技術の向上に役立たせたい。

最後に、この工事においていろいろとご指導、ご協力いただきました方々に、この場を借りて、深く感謝する次第です。

—— 参考文献 ——

- 1) 松田，清水，佐々木，渡辺：性能規定発注方式による低騒音舗装の施工，舗装，P.14～20，2000.4

都市内道路の夜間補修工事に従事して

後 藤 聡*

1. はじめに

故郷を離れ、舗装業界に身を投じてからかれこれ20年になります。高速道路を数現場経験した後は東京支店勤務となり、そのほとんどが夜間工事でした。街並みも大きく変わり、それと同じように舗装技術も進歩してきたように思います。

今回は、都市内道路の夜間舗装工事に従事してきた一人として、日頃感じていることを述べたいと思います。

2. 夜間補修工事の実態

舗装工事においてはよく「段取り8分」という言葉を耳にします。しかしながら、夜間の補修工事においては「段取りが全て」ではないかと思っています。例えば、・関係企業者との事前打合わせ及び作業当日の事前確認（立会要請）、・機械類、材料及び警備員等の確認、・作業開始1時間前のTBMの実施、・隣接する住民及び夜間営業する飲食店対策などもあります。また、警視庁との交通規制に関する協議、発注者との工程打合わせ、施工方法の検討等も行わなければなりません。そのため、夜間工事期間中は慢性的な睡眠不足になりがちで、事故防止の観点からも十分な健康管理が必要となります。



写真-1 都市内夜間工事状況

3. 技術的問題点

舗装技術の進展には目覚ましいものがあり、急速に車社会化した今日に十分対応できていると思います。というより、現在の車社会に対応して舗装技術が発達したというべきなのではないでしょうか。ともあれ、このように発達した技術が多くあるにも関わらず、現場に反映されていないものも多いと思います。具体的には以下のような例があります。

3-1 舗装材料および施工方法

① 対流動対策（初期わだち対策）

都市内夜間工事での規制時間は、21時～翌朝6時というのが標準ですが、これも施工箇所（住宅街・繁華街）や交通量で大きく異なります。作業開始時間は1時間当たりの交通量が1,000（台/1方向）以下が基準になっているようです。また、朝の通勤時間帯の円滑な通行を妨げないことが大原則です。従って、打換箇所などではアスファルト混合物の温度が十分低下しないまま交通開放し、初期わだちが発生することも少なくありません。

現在、打換え現場では初期わだち防止策として基層以下の層に大粒径混合物、中温化混合物などが施工されているようですが、実際の設計に盛り込まれた例は少ないように思います。大型車混入率が50%を超えるような幹線道路においては是非検討してもらいたいものです。

② 排水性舗装における端部施工

排水性舗装（低騒音性舗装）の施工においては街渠に接する部分を排水帯としますが、導水装置の設置箇所の構造が発注者により異なります。導水装置は工夫を凝らした製品が多く見受けられますが、排水帯の施工方法の検討や端部専用施工機械の開発が望まれます。個人的には基層部分にテーパーを付け、導水装置設置後に排水性舗装を1層で施工するテーパー方式が効率的ではないかと思っています。

*ごとう さとし 常盤工業(株)東京支店工事部

③ 交差点内排水性舗装混合物の検討

交差点内の排水性舗装は、施工中も施工後大変気を使います。大きな交差点では施工区割りに悩み、施工後は大型車両による輪跡部の骨材飛散に頭を悩ませます。最近では、樹脂によるトップコート工法やレジンモルタル工法のように、排水機能を確保しつつ舗装を強化する方法があるようですが、事故防止を考慮すると交差点内工事で工種が多くなる事はあまり好ましくありません。極力規制回数を少なくでき、すえぎりに対する耐久性のある混合物の開発が望まれます。

また、排水性舗装に限らず、SMAを改良した排水機能・吸音機能を有する混合物も開発されていると聞いており、このような技術を積極的に採用すべきだと思います。

④ 半たわみ性舗装

都市内のバスストップは半たわみ性舗装が多く施工されています。設計では、排水性舗装部分とは別に母体アスコンを舗装しセメントミルクを浸透させる方法が多いようですが、排水性混合物にセメントミルクを浸透させても機能・耐久性に問題はなく、施工も簡略化できます。ほんの些細な事ではありますが、施工方法検討の協議などに要する時間も考えると、もう少し検討が必要かと思います。

⑤ 地下埋設物対策

都市内道路の地下にはガス管・水道管等が縦横に埋設されています。施工前に事前調査をし、時には試掘も行います。施工時には関係企業者に立会いしていただくのですが、それでも水道管を破ったりしてしまいます。発注者・企業者ともに昔の埋設状況を把握しきれず不明な場合が多いとのこと。

近年、ポータブルで精度の高い探知機が開発されており、探査しながら掘削を行う場合も多くなってきています。しかしながら、事前に正確な埋設位置を把握できるようなデータベースが整備されていればさらに作業が簡素化され、朝一番の打合わせも少なくてすむような気がします。

3-2 交通規制及び規制材料について

夜間補修工事にとって、作業帯の安全確保・円滑な車両通行のための交通規制には細心の注意を払わなければなりません。また、繁華街での工事では、車両のみならず酔った通行人などにも目を向けなければならないのです。

交通規制に使用する規制材は用途に応じて多種多様です。ここでは、規制材について気が付いたことを述

べたいと思います。

① 内照式コーン

交通量の多い都市内道路では、全て内照式コーンが使用されていますが、設置に際して長いコード、発電機等が必要になり、同時に施工中も常に点灯状態に気をつけなければなりません。現在は電池式のものもありますが、点滅式であるとか照度不足であるとかの理由であまり採用されていません。

交通標識等には発光ダイオードを利用したものが多く、視認性に問題がなければ設置・撤去が簡便でかつ安全性の高い規制材の開発、採用の必要性を痛感しています。

② 交通誘導員の安全確保

交通誘導は、夜間補修工事において最も危険にさらされる作業です。誘導灯も改良されて運転者からの視認性も良好になってきましたが、危険な酒酔い運転者も後を絶たないのが都市内道路です。反射チョッキも身につけていますが、制服は相変わらず紺色を基調としたものです。安全性の面から、警備会社各社には夜間工事用の安全性の高い制服の色を検討していただきたいものです。

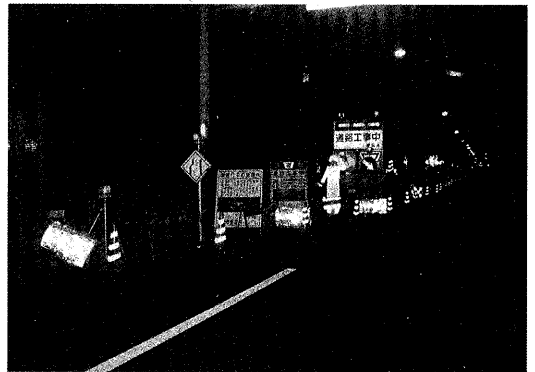


写真-2 夜間交通規制状況

4. おわりに

都市内道路の補修工事という点にそぐわない一般的な内容、あるいは断片的なものもあったかと思います。工事を行う上で何よりも大事なものは「安全」であり、事故防止の観点からも十分睡眠のとれるような作業工程の作成、作業環境の整備の重要性を痛感しています。住民の方から、「道路が綺麗になったね」とか「静かになったね」とか気軽に声をかけられた時のあの喜びを糧に、今後も安全第一で夜間工事に励むつもりです。

補修工事—高速道路の集中工事—

岸 勝 也*

高速道路の集中工事とは、決められた期間内に、集中して工事を行なうものです。工事種類としては、舗装改良や床版改良・防護柵改良・防音壁設置などの工種があります。

その中で私は、平成8年度から平成9年度に渡り、集中工事による床版改良工事（床版への交通荷重の増加及び既設橋梁床版の老朽化に伴い、床版を補強する工事）の現場代理人を、3工事連続で務めさせて頂きました。

初めて集中工事の現場代理人を担当した時は、工事の進め方や、集中規制の設置方法、工程調整、品質管理、そして現場内の安全管理など、考えなければならぬことが多種にわたりどこから手をつければ良いのか分かりませんでした。先輩諸氏からは、「とにかく忙しく体の休む暇のない工事」であると言われ、不安で一杯であったことを覚えています。

その言葉どおり、決められた期間内に工事を終了させなくてはならず、作業形態は当然昼夜連続、現場代理人として工程管理や安全管理、発注者との協議など、寝不足と疲労、天候や工程・安全管理などへの気遣い、肉体的にも精神的にも極限の状態です。

その中で特に私が重要視した、工程管理と安全管理について述べてみます。

まず、工程管理では1サイクル3日間の（規制開始・3日間施工・規制切り替え・3日間施工・規制切り替え・3日間施工・規制解除）3サイクル10日間予備日1日の11日で行なわれた工事で検討した事柄について紹介します。（最近では、5日間2サイクル施工となってきました。）

主な規制開始・切り替え後の1サイクル工種工程は、既設舗装版撤去→伸縮装置取り壊し→既設床版切削・研掃→超速硬SFコンクリート打設→伸縮装置設置→床版防水・床版排水→舗装→路面標示です。これらの時間施工サイクルを把握し工程調整を行い、タイムテ

ーブルに取り込み集中工事期間内に終了するよう工程を検討しました。

このように工程を作成した後、施工方法・使用機械計画及び人員配置計画・使用材料計画・資機材搬入計画を細部に渡り検討します。その中で、天候に左右されやすい工種については、ロスタイムを少なくするように、新技術の採用検討を行いました。ここで検討した二例について紹介します。

一例：既設床版研掃は、従来ショットブラストにて行ってきましたが、床版面が湿潤状態であると鋼球の回収が困難で、床版面が表乾状態になるまで、作業が開始できず、待機時間を費やしてしまいます。そこで、ウォータージェットによる方法（発注者の日本道路公団特記仕様書に記載）を検討しました。このウォータージェットは、超高圧水を使用し床版面をハツリ・削り取る方法です。この施工方法を採用することにより、降雨による影響を受けず、床版面の表乾を待つことなく研掃作業に入れるので、待機時間もほとんど必要ないという利点があります。この施工方法を取り入れたことにより、実工事では研掃工程中雨天でしたが、降雨が上がるのを待って、作業に取り掛かれタイムロスも少なく済み、大きな工程のずれもなく、期間内に工事を終了できました。ただし、機械編成が大掛かりなので、作業場所を広く取るため、他工種との輻輳作業が困難で、機械のトラブルが発生したときの対処が難しいという問題があります。

二例：超速硬SFコンクリート打設には、従来施工機械としてオンレールタイプ（レールを使用する）のコンクリートフィニッシャを使用してきましたが、このタイプの場合、フィニッシャの組み立てや、レール敷設に時間が必要でした。使用したオフレールタイプ（レールを使用しない）のコンクリートフィニッシャは、フィニッシャの組み立てや、レールを敷設せず施工できるので、かなりの時間的余裕ができました。

*きし かつなり 大有建設株式会社

上記二例のような、新技術の採用と適切な施工機械の選定を行なうことで、集中工事を円滑に行なうことができ、工程管理上かなり余裕の持てるものとすることができました。

安全管理については、作業員の作業時間及び現場の監理体制・保安誘導体制・現場内の安全管理・工事用車両の管理など、さまざまなものが上げられます。ここで、経験した集中工事の中で最も気を遣った、現場内の安全管理について紹介します。

高速道路の車線規制を経験された方なら、ご存知と思いますが、規制内でも一般車両は、かなりの速度で走行します。

現場は、三車線の路側帯付き幅員14.25メートルの高速道路です。

集中規制形態は二車線通行帯運用の切り替えで行われることから、通行帯と施工スペースとの境界が極度に狭く、約20センチしかない状態です。本来ならラバーコンにて境界を明示するのですが、設置が困難なことからポストコーンを設置(コンクリート釘にて固定)し境界を明示しました。

この状況下において、作業員が近接作業を行なう上での安全対策を検討しました。ポストコーンを設置(5メートル間隔)した線上から作業員を通行帯に出さないことが重要です。通常ならラバーコンの設置間隔を狭くし数多く並べれば良いのですが、ポストコーンを設置する方法では間隔を狭くするのに、かなりの時間を費やすことから、種々検討し方法を決定しました。

☆

①舗装面に穴を開けB型バリケードを差込み設置する方法。

②舗装面に穴を開け塩化ビニールパイプを設置する方法。

③ポストコーンにビニールの荷造りテープを張る方法。

その結果、①②の方法は、頑丈でかなり有効ですが、材質が硬く、通行車両が接触し飛散した場合に二次災害に発展する恐れがあります。

反面③の方法の場合では、物理的にテープが体に触れるので感知しやすいことや、風によりテープの揺れ音もでるので、視覚・聴覚的にも感じやすく危険を回避できるなどの利点が考えられます。

以上の見解を基に、規制形態を試験的に設置し、発注者、規制会社及び作業員と協議を重ねた結果、③の方法にて施工することに決定しました。

実際、集中工事で設置した結果、作業員から、「音がしてわかりやすい。」「いつも揺れているので、わかりやすい。」と危険を感知できるとの話をいただき、成果を挙げられたと思います。

今後、集中工事の必要性を考え、現場代理人として、いつも決められたマニュアルに従うだけではなく、自分自身でいろいろ試行錯誤を繰り返し、新技術や適切な施工方法を取り入れ、発注者や関係者などと協議し、より良い集中工事を行なっていくことが大切だと思います。苦勞した分、工事が無事完成した後の喜びも大きいものです。また新しいことに挑戦しようという気持ちが湧いてきます。

☆

☆

☆

☆

☆

景観舗装の今後のあるべき姿を思う

安 芸 昇*

1. はじめに

コンクリート舗装やアスファルト舗装の上に、その生涯を終えかけたセミが、最後の力を振り絞りのたうちまわる。夏の終わりである……。都心ではこのような風景は珍しくない。

景観舗装は、その名の通り、独特の景色を創り出したい場所に計画される舗装で、機能性に加えてデザイン性が要求される舗装である。荷重条件は通常の舗装に比べて極めて軽く、主として歩行者が対象となる場合が多い。機能性のみが要求され、デザイン性が要求されない舗装が別にあり、高速道路やバイパス道路の舗装はそれに該当する舗装かというところとは言い切れず、景観舗装の定義は微妙である。

いずれにしても、私の担当してきた仕事は、建築外構、公園、広場など不特定多数の人が集う屋外空間の設計施工業務で、工業製品の発達と輸送手段の利便性により都心部と郊外で同じようなコンセプトの景観舗装が設計・施工され、日本中どこにいても同じような風景を見かけてしまうことに味気なさを感じ、景観舗装のあるべき姿に疑問を持ちつつある。

景観舗装には常に快適性が求められるが、蜘蛛の巣に顔が触れることもなく、また鳥に糞をかけられることも無いことを快適性の条件にしてしまうことにも疑問を感じる。

また、水辺であれば水を、海辺であれば海を、高台であれば絶景を、というようにその場所の最も美しく特徴的なものをイメージし、それを剥ぎ取って見せるような設計思想にも疑問を感じる。

今後の景観整備においては自然との共生、地域固有の文化や伝統を受け継ぐものの表現の仕方などまだまだ様々な課題が多くあるように思う。

2. 景観工事の業務

景観工事には、舗装工事だけでなく、排水施設工、

擁壁工、法面工などの土木構造物工をはじめとし、植栽、照明、ファニチャーなど様々な工種が関わってくる。そのため、設計図書の記述方法を含め通常の工事とはかなりの違いがあり、「性能とデザインの要望を記述したもの」と理解するのが最も適切であり、現場技術者には、それを理解し適切な材料を選定することが求められ、使用材料、割り付け図、線形などは現場で改めてチェックされ、現場の施工図により変更され施工される場合が多く、これは建築工事の形態とよく似ている。

また発注者は、設計段階でサンプルを目にしている場合が多く、そのイメージはすでに脳裏に焼きついていて場合も少なくない。最近では、コンピュータグラフィックなどを利用して材料を決定するため、実際の施工では、決められたコストでそのイメージにどれだけ近づけられるかを常に把握しておく必要がある。

そのため、発注者が要望する性能とデザインを把握し、その要望を適切に現場に落とし込めるように施工図を書くこと、さらに実際の施工管理と、設計から施工までの一貫した業務が求められる。

3. 機能と色とテクスチャー

景観舗装の機能性を舗装路面の平坦性、耐久性の維持とするならば、景観舗装の場合、荷重条件が極めて緩く、「軽車両などが進入する程度」の場合が多いため、機能性に対する検討はそれほど困難とはならない。

最も把握しておかなければならないことは、色とテクスチャーで、使用材料においては、特殊な地元産の材料などが採用されたりするため、配合設計においては、発注者の要望する色とテクスチャーを実現させるための適切な「さじ加減」が要求される。さらに要求された色とテクスチャーを長年に渡り維持することが困難なケースが多く、色とテクスチャーの経年変化に対する対策は極めて難しい。材料によっては紫外線な

*あき のぼる 大林道路㈱エンジニアリング部

どによる白化現象もあり注意を要する。私の経験では、施工直後、2～3月後そして6ヶ月後あたりに変化の山があるように思う。

アスファルト系の材料を使用した場合には、配合設計時に作成したサンプルと、実際にアスファルトプラントで混合したものの差を十分に把握しておくことが重要で、顔料を用いたカラー舗装についても同様である。配合は、設計時から決定しておく必要があるが、配合割合と発注者や設計者の色彩イメージは、一致していない場合もあり、また、顔料を入れる割合によってコストが大きく変動するため注意を要する。

私の専門はもともと建築であるが、特に内装の仕上げ材の色やテクスチャーは、選択された材料が事前に予想した通りのイメージで納品されるのがほとんどである。

今後、景観舗装材においても建築の仕上げ材のようなシビアな要求をされる時代が来るかもしれない。

4. 生態系のための舗装

夏の終わりに必ず思う…。いくら色やテクスチャーなどのデザイン性に優れた景観舗装を行っても、その舗装路面の上の「のたうちまわるセミ」を見た時、残念な気持ちになる…。せめてこのセミを土の上でその生涯を終らせてやりたいと…。こうしたセミは最近では、残念ながら郊外でもよく見るようになった。郊外での景観舗装も、コストや維持管理の面から、その豊富な地場材料を使う機会は極めて少なく、大量生産された工業製品を用いる場合が多くなっているのである。

ところが、全く違う機能をもった景観工事とめぐり逢う機会があり、今後のあるべき姿と感激したことがある。その一部をここでご紹介したい。

写真-1は、三重県大王町の伊勢志摩リゾートホテルの外構工事（仮称）における、側溝に切込みを入れた小舗石

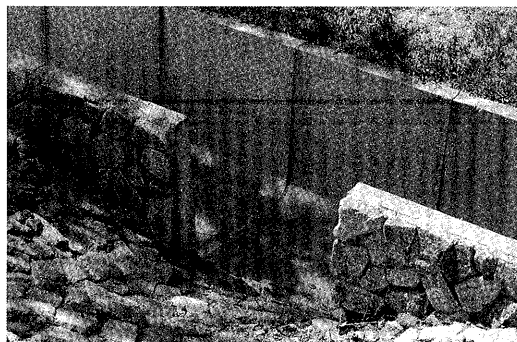


写真-1 側溝に切込みを入れた小舗石

た小舗石を設置した箇所の写真である。この地域は国定公園内であることにより、動植物の環境保全が最大のテーマであった。

この目的は亀が側溝に落ちた時に登るための道で、亀のための舗装である。むしろ設計当初からこの案があった訳ではなく、現場で設計変更されたものである。これも立派な舗装工である。モルタルで接着したものでも亀には申し訳ないが耐久性の計算はしていない。

写真-2は、遊歩道の上ある「たぬき」のフンである。これは恐らく、そこが獣道であり、このたぬきの縄張り意識のあかしであろうと思われる。

ここでは、たぬき達の保護のため、たぬき達の足が集水桝のグレーチングにはまらないように、拳程度の石を並べた。（写真-3）…正確には置いただけである…。工業製品の良いところを生かし、動物の保全に眼向け、管理のことも考慮した、ひとつの小さな答えである。

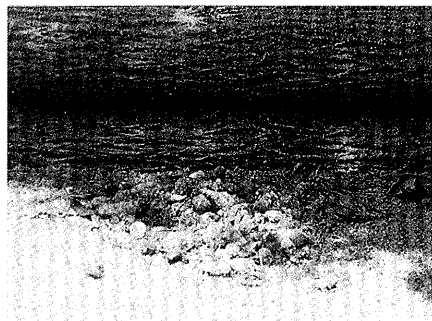


写真-2 遊歩道の上ある「たぬき」のフン



写真-3 たぬき保護のための石

写真-4は、亀のための登る道である。遊歩道の整備によって壊した水路の保全のために設置したものである。勾配がきついので「らせん状」に道を設置した例である。この道は片側通行か両側通行か今だにわからない…。

写真-5は、ふとん籠の沈砂池につけられた蠣殻の傾斜路である。目的はカニや亀などの道である。もちろん浄化作用もある。



写真-4 亀のためのらせん状の道



写真-5 蠣殻の傾斜路

5. 景観舗装と生態系保存

都心、郊外ともに、快適な生活環境の実現に向け、排水性や透水性の機能を持つ舗装の整備、バリアフリー化、資源のリサイクル使用や製造施工過程におけるCO₂削減など様々な施策が講じられているが、生態系の保全対策も併せて実施すべき時に来ていると思う。

景観舗装とは、素晴らしい景色を作り出す舗装であり、素晴らしい景色を作るためには、色とテクスチャーの検討に加えて、昆虫、微生物、動植物などの生態系に対する真剣な配慮が望まれる。

既に犠牲になった生態系やこれから犠牲になりうる生態系に対し、私達が何をしなければならないのかを、景観舗装を切り口によく思案すべきであろう。一見子供だましと思われるが、動物や昆虫に配慮したり、また植物の育成に良い環境を創り出すことは、最終的には人の生活においても良好な環境の創造に結びつくものと思われ、そしてそれは、人に親しまれる良い景観を醸し出す源にもなるものと思われる。

蜘蛛の巣に顔が触れたり、鳥に糞をかけられる空間は、決して快適空間とはいえないが、人が継続的に存続できる空間は、自然や生態系と共存できた空間であり、景観舗装においてこの接点を考えていく必要があるように思う。

昆虫や微生物、動植物などの生態系に配慮した舗装の基準があればいいと思う！

砂利道の歴青路面処理指針（59年版）増刷

第3版 B5版・64ページ・実費頒価 500 円（送料実費）

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

はじめて経験した橋面舗装の思い出

山下 宏*

1. はじめに

この度、橋面舗装の経験者として原稿執筆の機会を与えていただいた。正直なところ、何を書けばよいのか悩んでしまう。しかし、せっかくの機会であるから、これまでに携わった印象的な工事の概要、主題である橋面舗装の経験および舗装技術に対する私見などを述べさせて頂く。

2. 印象的な経験

新入社員研修終了後、初めて経験した工事は某空港駐機場における約2万㎡のコンクリート舗装であった。連日、早朝から夜遅くまで、コンクリートの打設、型枠の設置および横目地の位置だし等の作業に追われ、かなりきつかったと記憶している。当現場には、たまたま同期も配属されていたため、お互いに励まし合い、なんとか乗り切れたように思う。

この現場で実感したことは、「コンクリートの正直さ」である。例えば、風が吹いたり快晴になるとすぐにヘアクラックが発生し、アジテータを待機させると作業性が大きく変化した。学生実験では分からなかったコンクリートの特性を、身をもって体験できた。

当初は、先輩に言われるがままに無我夢中で動き回っていたが、終盤にさしかかる頃にはいくらか計画的に行動できるようになり、おぼろげながら工事担当者の仕事の流れを理解できたように思う。だれでも同じであろうが、新入社員で初めて配属された現場は、最も印象深く、生涯忘れられないものである。

その後、最終処分場の新設工事、建築外構工事、下水道工事、車道舗装打換え工事、工業団地の造成工事などを経験し、入社8年目に現場代理人を務めるに至った。初めての工種に着手するたびに、一から勉強しなければならないことも多く苦痛を伴ったが、多種の工事に携われたことが、今となっては貴重な経験であったと思う。その後も、高速道路の集中工事、サーキ

ットの舗装工事、テストコースの舗装工事そして橋面舗装など、様々な経験を積むことができたことは幸運であったと考える。

橋面舗装を除き、これらの中で特に印象的なものとしては、工業団地の造成で経験したバックドレーンやアースアンカの施工が挙げられる。また、高速道路の集中工事を担当した際に、排水性舗装の施工を初めて経験したことも印象に残っている。

3. はじめての橋面舗装

小生が橋面におけるグースアスファルトの施工を初めて経験したのは、入社15年目である。当社では、本州四国連絡橋を始め、グースアスファルトの施工を数多く手がけているが、小生はその機会になかなか巡り会うことがなかった。

小生が初めて手掛けた橋面舗装は、神奈川県南部に位置する橋長約520mの3径間連続鋼斜張橋+単純鋼床版箱桁橋の舗装である。舗装構成は、基層がグースアスファルト40mm、表層が密粒度アスファルト混合物40mmの計80mmである。

表層に関しては、それまでの経験を生かすことができ、とまどうこともなく施工を終了できた。ここでは、初めて経験したグースアスファルトの施工に関する思い出を2、3紹介させていただく。

3.1 施工に先立って

施工に先立ち、グースアスファルトの性質や施工に関し、関連する図書類に目をおしたり、ビデオを観たり、経験者から話を聞いたりした。「なるほど、通常のアスファルト舗装とはずいぶんと勝手が違うな!」が第一印象であった。

当初、グースアスファルトは転圧を必要としない分施工が楽では?と思っていたが、とんでもない誤解であった。通常のアスファルト舗装以上に、舗設面の状態、接着層の塗布量と養生、気象条件および混合物の

*やました ひろし 大成ロテック(株)横浜支社

配合や温度が、舗装の品質に大きく影響することを知り、気合いを入れ直した。

3.2 研掃工

当橋車道部の研掃工は、当初、ディスクサンダやワイヤホイールによる4種ケレンで設計されていた。しかし、現地を調査したところ、架橋工事の際に滴下したと推察される塗料、何等かの資材を仮置きした際に付着したと考えられる錆、ならびに歩道部のコンクリートを打設した際に付着したセメントモルタル等が散見された。図書類の記述や経験者の話によると、これらの汚れは、グースアスファルトと床版の付着を阻害するばかりでなく、プリスタリングの原因になるとのことであった。このため、研掃工をブラストによる1種ケレンに変更していただいた。

研掃工においては、特に、ショットブラストのグリッドの飛散防止およびグリッドの回収に気を配った。この理由は、飛散したグリッドが周辺を汚染するばかりでなく、グースアスファルトと床版の付着を阻害したり、橋梁の塗装部に錆を誘発する恐れが大きいと考えたからである。

3.3 グースアスファルト混合物の舗設

グースアスファルト混合物を舗設する場合に、先ず頭を悩ましたのは、クッカー車の台数～運搬時間～作業時間の一連の計画であった。いかに効率よくクッカー車を回転させ、一定温度のグースアスファルト混合物を定速で連続して舗設できるかが、一定品質の舗装を合理的に構築するポイントであると考えた。

実際の施工にあたり、クッカー車それぞれについて、混合物の温度上昇を計測したところ、微妙に上昇速度が異なっていた。このため、混合物の積み込み順と舗設順を入れ替えるなどして、施工効率を高めるよう工夫した。

なお、グースアスファルト混合物は、舗設現場で加熱し適切な温度としなければならない。このため、通常のアスファルト舗装に比べ、混合物の品質に現場の担当者の技量が大きく影響することを実感した。

3.4 プリスタリング対策

グースアスファルト混合物を舗設する際の留意事項

の一つとして、プリスタリングの抑制が挙げられる。経験者から「LPGボンベの結露水が滴下した場合はもちろん、汗が滴下した箇所でもプリスタリングが発生するぞ。」「付着した泥に含まれる水分や油分もプリスタリングの原因となる。」とアドバイスを受けた。これを踏まえ、施工にあたっては舗設面の清掃と乾燥に十分気を配った。にも係わらず、数個プリスタリングが発生した。プリスタリングの頂部に穴をあけた際に、僅かではあるが水蒸気が吹き出し、水分が気化する際の力を実感したことを記憶している。

なお、クッカー車の車輪に付着した土砂を除去するための工夫など、できる限りの対策を講じたこともあり、プリスタリングの発生を最小に抑えることができたと自負している。

4. 舗装技術に関する私見

前述したように、小生は、幸いにも様々な現場を経験している。これら全体を通じての感想であるが、舗装工事においても、まだまだ省力化・省人化を図り、合理化すべき点が多々あると感じる。

もちろん、舗装は工場製品のように画一的なものではなく、現場が違えば各種条件も異なる。このために、全ての作業を機械化・合理化することが適切または可能とは思わない。しかし、可能な限りの機械化・合理化を図ることが、舗装技術の進歩に繋がると考える。

また、よく言われることであるが、機械化・合理化することで得られる効果を最大限活かすには、工事のスケールメリットや管理基準を再考する必要もあると考える。

5. おわりに

グースアスファルトを含め、様々な舗装工種を経験したこともあり、最近では、“舗装もなかなか奥が深い”と実感している。また、“舗装を生業にしておかた”とも思っている。

今後、若い舗装技術者が、「舗装技術者になってよかった。」と実感できるよう、これまで以上に、技術が活かせる環境が整うことを祈っている。

斜面舗装に従事して

唐 仁 原 正 倫*

1. はじめに

豊川総合用水水利事業（農林水産省東海農政局）の一環として発注された万場調整池建設工事の内、アスファルト混合物を用いた表面遮水壁工法（アスファルトフェーシング）工事に品質管理担当として従事した体験を述べてみたいと思います。

2. 万場調整池の概要

万場調整池は愛知県豊橋市の南部に位置し、宇連ダムの貯水に寒狭川から導水増強を図り幹線水路の途中に、大原・万場・芦が池の3調整池（総有効貯水量900万トン）を設け、豊水時の河川水を貯留し、年間9000万トンの用水供給増加を目的としている調整池のひとつで、有効貯水量500万トンの表面遮水壁型フィルダム形式の調整池です。本調整池の概要と斜面部の構造を表-1、図-1に示します。

表-1 万場調整池概要

所在地	愛知県豊橋市 西赤沢町，東赤沢町，老津町地内
管理者	当時：農林水産省東海農政局 現在：水資源開発公団
型式	表面遮水壁型フィルダム 斜面部 アスファルト表面遮水壁 池敷部 合成ゴムシート貼り
容量	有効貯水 5,000,000m ³ HWL 40.5m 利用水深 22.5m
遮水壁	斜面勾配 1：2.7 多層構造（5層） 延面積 879,000m ² （5層）
工事期間	万場調整池建設工事（S59.11～H元.3） アスファルトフェーシング（S61.11～S63.11） 池敷ゴムシート（S63.10～H元.10）

3. 遮水壁の構造

本調整池は図-1に示す断面で施工しましたが、各層

の役割と要求機能は以下のとおりです。

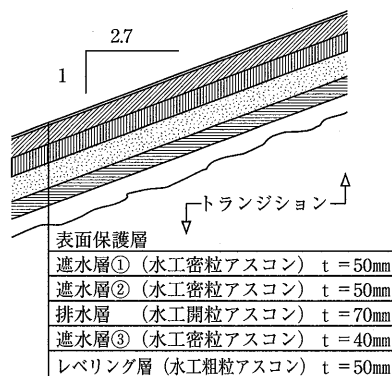


図-1 フェーシング標準断面構成

1) レベリング層

アスファルト基盤としての不陸修正，支持力確保，およびトランジションとの結合による堤体とフェーシングの一体化。

2) 遮水層③

漏水と地山からの湧水の分離および堤体への漏水浸透防止。配合は遮水層①②に同じ。

3) 排水層

漏水の検知および排水（監査廊に導き堤体外へ）。透水係数 10^{-2} cm/sec以上

4) 遮水層①，②

直接水に対する遮水層。透水係数 10^{-7} cm/sec以下で堤体の変形に対する追従性を有し，有害なスロープフローを生じないこと。

5) 表面保護層：アスファルトフェーシング層本体を紫外線劣化やマッドカーリング現象から防護する。

4. アスファルト混合物

斜面舗装の場合，道路舗装に比べて転圧機械が小さく，その締固めエネルギーは1/2～1/3以下程度である為，小エネルギーで締め易く，たわみ性に優れ且つ斜面安定性

*とうじんばら まさのり 鹿島道路㈱中部支店 技術試験所

が良い混合物が必要です。そのため配合試験では幾種類もの配合を比較検討し、良好な配合に対して検証試験を実施し、最良の配合を決定しました。

①配合試験（＝マーシャル試験）

突固め：表裏各25回

②検証試験

- ・透水試験
- ・スロープフロー試験（60℃：48H，168H）
- ・三軸圧縮試験
- ・曲げ試験
- ・水浸マーシャル試験（60，90，180，300日）

なお、アスファルトは「土地改良事業計画設計基準第14編水利アスファルト工」の針入度指数（PI： 0 ± 0.5 ）を適用した水利用アスファルトを使用しました。水利用アスファルトはストアスに比べ性状は若干改善されるものの施工温度が5℃程度高く転圧温度管理が厳しくなる為、冬期施工対策として補助転圧ローラーを追加し対処しました。また、アスファルトメーカーにPI下限側管理を要請し、メーカーと受入側で日々針入度・軟化点試験を実施し品質を確認しました。その結果安定したアスファルトが納入され、安定した混合物を製造できました。

5. 施工方法及び機械

本施工は最盛期3パーティでの舗設となりましたが、各パーティの機械構造に多少の違いはあるものの舗設機械構成は統一しました。主要舗設機械構成・設備を下記に示します。

・敷均し：斜面用アスファルトフィニッシャー

牽引装置＝主ウインチポータ，合材供給＝ダンパー車
舗設幅4 m，補助転圧用ウインチ付，ジョイントヒーター，ジョイントコンパクター装着

・転圧：斜面用振動ローラー

牽引装置＝サブウインチポータ，補助転圧用ウインチ（AF搭載）

補助転圧	起振力4 t	1台
1，2次転圧	起振力6 t	各1台

6. 施工管理

1) 出来形管理

各レーン毎敷均し厚さ管理とし、日々最終レーンでの仕上り厚さ管理としました。なお敷均し厚さが設計値を下回らないように、各層毎スクリードに厚さ定規を取付け施工しました。その後、非破壊で測定できるプロフォメーター（鉄筋探索機）とアルミ板を利用した舗装厚さ

管理も実施した結果全て規格値を満足しました。

2) 品質管理

（プラント）

- ・密度、アスファルト量、粒度は1回／日（各種別）測定し、全て満足のいく結果でしたが、安定度が配合試験時より幾分低下したため、要因分析した結果、加熱骨材残留水分の影響と推測されたため、ドライヤー内羽根等を改良し、骨材滞留時間を長くする事で対処できました。

（現場）

- ・温度測定：敷均し，転圧

温度，敷均し厚さ，転圧回数管理を1人専属固定とし、測定及び転圧管理を実施しました。

- ・遮水層の水密性：真空透気試験

水密性確認は特に舗設継目部を重点的に真空透気試験により、水密性であることを確認しました。

- ・締固め度

年度末検査時（計画水面より上方で遮水層②以下）に採取したコアにより、締固め度を測定しましたが表－2に示すように十分に規格値を満足した結果が得られました。

表－2 締固め度測定結果（N＝25）

		締固め度 （％）	空隙率 （％）	透水係数 （cm/sec）
遮水 ②	平均	99.1	2.3	透水認め られず （ 10^{-8} 以下）
	最大	100.5	3.4	
	最小	98.5	1.6	
遮水 ③	平均	99.2	2.3	
	最大	100.2	3.2	
	最小	98.5	1.6	
規格値		98以上	—	10^{-8} 以下

7. おわりに

1988年11月アスファルトフェーシングが完成してから、ほぼ12年が経過しようとしていますが、漏水もなく、ブリスタリングの発生も認められずフェーシングは良好な状態を保っています。21世紀末までも残る様な国内最大級の斜面舗装に参画でき、無事完成出来た事を誇りに思います。

なお、斜面舗装は混合物から斜面用舗設機械まで一般道路舗装とは要求機能・性能が異なるため、似てるように異なるものの、所要の構造物を構築する事に変わりなく、より良い物を作ろうと絶えず工夫と改善を念頭に、エンジニアの誇りを持って対処する事が第一だと思えます。

アスファルト合材工場の品質管理

今井 寿男*

舗装というものに携わるようになって早10数年が経とうとしている。入社当時は、昨今の不景気が嘘のようにまだ仕事が潤沢な時代で（当時は迷惑意識の方が強かったように思うが）、残業や休日返上は当たり前であった。毎日のように「金はいらんから休みをくれ!」と思ったものである。そんな状況が懐かしく思えるほど、今は自分も世間も変わってきているということだろうか。

私のアスファルト合材工場での品質管理経験は、高速道路の建設工事での仮設プラントや関東地区の定置プラントが主である。しかし、近年はそうした品質管理からは遠ざかっている。中でも関東地区での定置プラントでは、1月から3月の俗に冬期応援と言われる時期が多く、まさに寝る間を惜しんで働いていた記憶がある。

そうした中から「どうして?」あるいは「何で?」と感じたことが3つある。一つは合材の種類の多さである。大して粒度も変わらない合材が、官庁ごとに異なる仕様であったり、同一粒度の合材が別名称で呼称されていたりする。アスファルト種別による合材数を加えると、実に100近い合材種類が存在する。毎日これだけの種類が出荷されるわけではないが、配合設計やそれらに関する書類作成は非常に煩雑になり、また覚え切れるものではない。「どうしてこんなに合材種類が必要なのだろうか?」、といつも思っていたものである。

二つ目は、合材の品質管理の方法である。通常、工場生産される品物は、サンプリングされたサンプルから品質を確認し、合格したサンプルと同一ロットは合格と見なされるのが一般的である。しかし、合材の場

合には工事単位での管理が要求されていた。大小様々な規模の工事があるが、中には1バッチのみで完了する工事もある。それでも同じようにふるい分けやソックスレー抽出試験等の日常管理を行い、書類の提出が求められた。小規模工事を軽視するわけではないが、そのために作成する書類の量は半端ではない。それも全て手書きの時代である。書類の多さが睡眠時間を削り、「品質管理とは書類を作成することである」、と言っていたときもある位である。

三つ目は、現場試験の多さである。現場試験といっても、路盤の現場密度試験と平坦性試験が大半であった。本来、これらの試験は現場管理で行われるべき試験である。合材販売しか行わない合材工場が、何故現場に出かけて試験を行わなければならないのか?。当時、営業的事情等は一切考える余裕など無く、超ハードスケジュールの中一人眩いていたものである。

これら少々古い経験からの不満や疑問は、現在では少しづつ解消される方向に向かっている様に思われる。事前審査制度の導入や印字記録での製品管理等品質管理者にとっては、相当業務の軽減が図られている。そして、コンピュータ関連の進歩と低廉化により、短時間で綺麗な書類が提出可能になっている。増して、プラントそのものが全自動化されるようになり、安定した合材が出荷されるようになってきている。

しかし、合材製造設備や制度が改善されればされるほど、合材工場を管理する品質管理者の技術レベルの低下が危惧されるところである。機械任せにしたくなる技術者自身の戒めが、最も求められている時代なのかも知れない。

*いまい ひさお 福田道路株式会社技術研究所

アスファルトフィニッシャと マルチアスファルトペーバの両方を体験して

野々口 辰 美*

1. はじめに

近年、道路舗装業界におけるテーマに舗装の高機能化と共に工期の短縮と工事費の縮減が言われているところである。マルチアスファルトペーバもこの点を考慮して開発された機械である。

上記2種類の機械操作と現場施工を経験した者として所見を述べたい。

2. アスファルトフィニッシャについて

既にご承知のごとく、舗装工事において、アスファルト混合物を一定の厚さと平坦性を確保しながら、各層を一層仕上げて敷均していく機械である。

機械構造は比較的簡単でトラクタ部（ホイール式又はクローラ式）と敷均し部に分けられ主装置は①ホッパ②パーフィード③スクリュウスプレッド④スクリード装置から構成されている。

アメリカで開発されて半世紀以上の施工実績があるが、基本的な構造はほとんど変わっていない。従って既に完成された機械と言える。

最近では舗装幅が12m級を越える超大型機（外国製）があると思えば、舗装幅が1.1m級（国産）超小型機まで機種選定が出来るようになった。

これらのアスファルトフィニッシャはほとんどが油圧機器を搭載した全自動式のもので操作性の改善はもとより仕上り精度も著しく向上してきている。

私は主にドイツ製の12m級クローラ式と8m級のホイール式アスファルトフィニッシャのオペレータあるいはゲイジマンとして多くの現場施工の経験をしてきたが、その中で特に印象に残るのは、高速道路現場で1日のアスファルト混合物の敷均し量が2,700tを越えた時である。この時はプラントを始め、現場の皆さんのお陰で達成されたのであるが、自己としての最高記録作った喜びはひとしおのものであった。

それに引きかえ、始業点検で油圧ホースのジョイン

ト部にしみがあったが、今日いっぱいぐらいは保つだろうと施工を開始したが、途中で増締めしても駄目で、そのうちホースがパンクしてしまい、あいにくホースの予備もなかったので作業を中止せざるを得なかった。

その結果待機ダンプの合材を100t廃棄する羽目になり、現場に大変な損害を与えて迷惑を掛けたことは悲しかった。このときほど、故障に対する予防処置の必要性を痛感したことはなかった。

最近はいろいろな舗装工法が提案され、それに伴い従来のものと異なる舗装材料を敷均す機会が増えた。メーカーもこれらに対応可能な兼用機種を販売している。アスファルト混合物では排水性（低騒音）タイプ、大粒径タイプ、改質タイプ等があり、その他、路盤材料や転圧コンクリートなどもある。私が経験した中で転圧コンクリート舗装について述べる。

ゼロランプコンクリート混合物を舗装厚20cmで敷均す工事であり、このために高締固めスクリードを装備したアスファルトフィニッシャを使用した。

ダブルタンパ式のスクリードでフロントタンパ12mmリヤタンパ6mmにストロークをセットし施工した。

施工ジョイント（スタート）の横断ジョイントは厚さを考慮し、既設より50cm程度のスロープ型に材料を手敷しプレートにより転圧した後、アスファルトフィニッシャで施工、縦方向にタンデム型振動ローラ（ウレタン巻）をローラ横断方向にはハンドガイドローラで転圧を行った。

また、施工スタートと同時にグレードコントロールによりスクリードの高さ制御と下がり管理及び厚み管理を実施、現場関係者の協力により満足の行く施工が出来た。

その中で、特に感じたことは、事前の現場準備、工事担当、作業員との確認事項等打ち合わせを密に行ったので安定した施工が出来、トラブルが発生しても対処法を事前に確認し合っていたので速やかに対処した。

*ののぐち たつみ 東亜道路工業(株)工務部芝山機械整備所

このことは、無駄を省き、コスト縮減にもつながることを痛感した思い出がある。

3. マルチアスファルトペーバについて

本機は2種類のアスファルト混合物を同時に敷均し施工が出来る多機能ペーバで従来の舗装工法と異なった観点から、コスト縮減、工期の単縮、高付加価値舗装の実現と新時代に対応出来るように開発された機械である。特長を簡単に述べると次の通りである。

まず、本機の基本構造はアスファルトフィニッシャーと殆ど変らない構造で主装置としては①受入ホッパ、②チャージングフィダ、③材料ボツバ④スクリュウスブレッダ⑤スクリード装置である。2種材料を2層同時施工が主機能のため、③、④、⑤がそれぞれ2基搭載され①、②は増設装置である。⑤について下層スクリードと上層スクリードからなり下層スクリードはタンパによる締め固め、上層スクリードはタンパとパイブプレートによる締め固めで通常コンビネーションスクリードと一般的に呼ばれている。(写真-1参照)

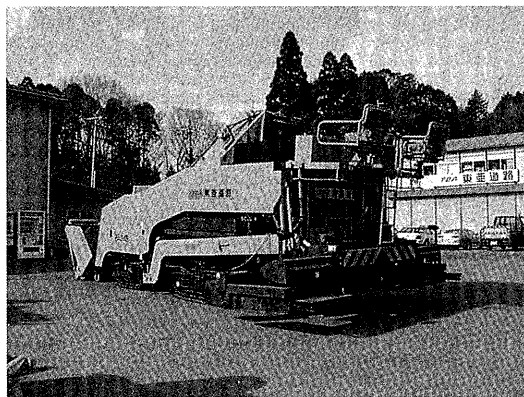


写真-1 マルチアスファルトペーバ

本機のレベリングアームは長さ5mと通常より長く一層敷きアスファルトフィニッシャーよりも平坦性確保には申し分ない。

それと、上層部で上層スクリードが完成面になるため上層材は均一施工が可能であり、下層材での喰い込みで調整出来る面は現場施工にはよいと考える。

また、ご周知の通り、舗装作業では舗装構造物の厚

さ管理、舗装材料の管理等、特に目視的作業が必要な分野でそれを系統的に管理短時間で作業を完成させるために最先端のセンサ機器とコンピュータが多く使われている。

私もマルチアスファルトペーバを設計当初から携わり、機械入荷後10現場ほど担当したが、維持補修の現場で夜間作業が殆どである。

大宮の国道補修現場では当社独自のじょく層工法の上に排水性舗装を2cmと3cmの舗装厚で同時施工を行った。

舗装厚が異なる為、舗装材料の調整、材料受入時の材料ホッパのフィーダ切り替え、舗装体の厚さ管理等短時間に判断をしなければならない項目が多く施工時間の制約もあり気を抜けない経験をした。

現場施工を通じて、機械の特性及び機械の弱点がいぶ理解しつつ在るかと思われが、本機はまだ改良すべき点もあり搭載機構及び搭載装置の改造、特殊舗装材料使用時の対策が必要であると思われる。

私は機械の能力を100%使用せずポンプやモータ能力の80%程度の能力で実施する施工法が機械を安定稼働させる秘訣だと自負するところである。

4. まとめとして

マルチアスファルトペーバは機械の機能上大型に成らざるを得ないが、しかし、現機を出来る限り小型化することは今後の課題である。

また、両ペーバを経験して思うことだがアスファルトフィニッシャーは完成された機械で使用方法に限界を感じるが、マルチアスファルトペーバは使用者側の使用方法に選択の余地を与える機械である。

すなわち、舗装材料、舗装厚、舗装幅、転圧仕上げ方法による組合せからくるもので、ここに、道路業界が経験した事がない未知の世界が広がる。

これからは、本工法、本機に携わるものとして過去の経験と知識を生かし未知の世界に挑戦、本工法、本機の完成をめざし21世紀の社会繁栄の為活躍して行きたい。

最後に、本原稿作成に当たり多大な協力を頂いた関係者の方に感謝の意を表します。

アスファルトプラントの移り変わり

一場英司*

1971年道路会社に就職し「アスファルトプラント」と言う言葉を初めて知った。アスファルト合材工場に配属が決まり、初めて目にするアスファルトプラントは、煙突から高々と煙があがり、音と振動が体に伝わり、仕事に対する意欲がわいてきた。約30年前に見たアスファルトプラントの印象だ。このころのアスファルトプラントは、製造能力が30 t/h～60 t/hが一般的で、集塵装置は、サイクロンに湿式集塵装置とダスト沈殿層・アスファルトタンク加熱は、ホットオイルヒーターにて加熱保温をしていた。プラント運転は現在のような遠隔式と違い、エアコンはなく夏はほこりと暑さ、冬は寒いプラント本体脇の操作室にて行っていた。骨材・石粉・アスファルトの計量は、ダイヤル式重量設定か、パンチカード式重量設定を行い、本体に取り付けてある計量器の針を確認しながら混合物を製造し、計量制御は、差動トランス・ポテンションメータを用いてステッピングリレーや大小多数のリレーを使用したシーケンス制御にて行われ、ドライヤーバーナー制御も一応自動化されていたが、現在の制御と比較すると感度も悪く、骨材の切り替え時には、温度が定まらずオペレーターの経験と感に頼ることが多かった。又、アスファルトプラントの製造能力も少なく現在よりも合材工場が少なく出荷がかさなると、早朝より深夜までプラントを運転し、振動や粉塵による、電氣的な故障も多く手動操作や操作盤、配電盤の中にもぐり、リレー・タイマー・マグネットの点検や修理をよく行った。品質管理機器も打点温度記録計、ペン書き式の重量記録計なども備わっていたが、重量印字記録計とはかなり異なっていた。

オイルショック後の1975年以降になってプラント機能にも大きな変化が見られた。公害問題・省エネ・省人化とプラント能力の大型化である。プラント操業に伴い発生する騒音・大気汚染・粉塵に対する防止が必要となり、集塵機には湿式集塵装置に変わり乾式バグ

フィルターを設置し、プラント本体・ドライヤー、バーナー、排風機を防音建屋内に納め、煙突にはサイレンサーを取り付けプラント全体の防音、防塵対策を行ったプラントの設置であった。

実際公害対策都市型プラントを扱い設置当初は、バグフィルターの集塵能力や、建屋の防音効果は大きく操作室内でも殆ど運転音は聞こえず、たいへん感動した。ただ、プラント本体や各部が建屋内のため。保守点検・プラント修理等の作業には大変苦勞し、ミキサー故障時の異常音にきずかず事故一歩手前で発見した覚えがありました。現在は建屋内の集塵を行ったり、建屋内スペースを十分確保し作業性や安全対策を行っている。

プラント運転は、本体が建屋内のため操作は、遠方より遠隔操作にて行い、操作盤も従来のものとは異なり、計量値表示、設定や各サイクル表示グラフィック部などの計量パネル部と、各モーターON、OFF押釦、主要機器モーター電流計が一体となった制御パネル盤となり、リレー式シーケンスよりICを使用したシーケンスに代わり計量制御は、電子ロードセルを使用し、従来のアナログ式からデジタル式に大きく変わり、計量装置も特殊混合物の製造のため骨材計量を大小二段式計量装置も設置され、計量精度が良くなった。印字記録装置も従来のペン書式から印字プリンターに代わり、品質管理も使用されていた。バーナー制御もPI制御などの制御方式により感度・精度も良くなり骨材切り替え時など加熱温度も安定し、舗設現場での混合温度によるトラブルがかなり減少したように思われる。又、この頃より従来400kg～1000kg/バッチであったプラントが大型化し1500kg～3000kg/バッチが一般的になった。このため骨材の計量誤差や、骨材粒度のバラツキ、出荷温度等が均一化され良い製品の製造が可能となった。

アスファルトタンクもホットオイルヒータによる間

*いちば えいじ 日新舗道建設機製品部

接加熱方式に代わり、縦型の電気誘導加熱方式のタンクが設置され、その後電気ヒーター加熱式の二段タンクなども設置され、公害防止や事故など保安上の問題も少なくなった。

アスファルト混合物の一時貯蔵ビン（合材サイロ）は、私が入社する以前に工場に設置されていたが、保温方式は、ホットオイルヒータによる加熱保温方式が使用され、投入、計量方式や下部シール方式も現在のものとはかなり異なっていた。1980年頃より合材サイロを電気ヒータで保温し、サイロ内に不活性ガスを充填し混合物の長期保存を可能とする合材サイロが設置された。合材サイロは、プラントの連続稼働の可能や、出荷時間の短縮、早朝夜間の出荷など、稼働効率や公害対策上合材工場で重要な設備となった。

この頃より主要道路では、改質アスファルトやAC-100などの特殊合材の使用が始まり、プラントでの立会い試験や試験施工が多くなり、混合物製造温度には、かなり神経を使って製造した。

1980年代になると舗装廃材の再生利用が始まりリサイクルプラントの設置が始まった。

当時の再生骨材の解砕方式は、温水・スチームによる熱解砕方式とクラッシャによる機械解砕方式に分類された。スチーム熱解砕式のリサイクルプラントは、再生合材製造までの前処理に時間がかかると同時に、スチームボックス容量に制限され製造能力が少なく出荷に大変苦勞をした。現在は、機械式破碎方式が主流となり、60T/H～180T/Hの処理能力が一般的に使用されている。加熱方式は高温骨材加熱方式とドラム加熱方式の2種に分類された。高温骨材加熱方式とは、新骨材を通常の温度よりさらに加熱し従来のパッチ式プラントのミキサー内にて、常温の再生骨材と混合し間接加熱をする方式で、再生骨材混入比率が少なかった。ドラム方式は混合前にドライヤにて再生骨材を加熱する方式で、現在はドラム加熱方式が主流である。ドラム加熱方式のドラムには向流式と併流式の2種があり、リサイクルプラントの場合、併流式ドライヤが多く使用されている。また、再生添加剤や新規アスファルトの添加混合は、ドラム内にて行う場合とアフターミキサにて混合する2つの方式がある。現在の都市型プラントでは、再生骨材を加熱貯蔵し新規プラントミキサー内にて混合出荷する併設式プラントが主流である。プラント運転も事務所より制御する遠隔操作方式となり、制御盤もIC制御よりコンピュータ制御へ変わり、モニターにて必要な情報を集中管理し省人

化、合理化が計られた。特に、ドラムドライヤ式プラントは、バーナー制御の完全自動化や、骨材流出重量をコンベヤスケールにて随時重量計量を行い、インバータ使用によりモーター回転制御をおこない、混合物の切替えも自動化されスイッチ一つで品質の良い混合物が製造出来るようになった。再生プラントの問題点は、多種、少量の混合物製造（再生専用プラント）が大変で、ドライヤや各シュート部の付着、排ガスのブルースモーク及び臭気対策等がある。又、新規混合物用プラントも骨材フィーダにベルトスケールを取り付け、吐出量をコンピュータにて制御するプラントもあり、入荷材料管理を十分行えば常温骨材配合の変動もなく、誰が運転しても均一な混合物が製造されるプラントも設置されている。

現在のアスファルトプラントは、省エネ、省人化などの合理化は必要不可欠だが、都市部では限られた敷地内に中間処分場のクラッシング設備、リサイクル設備を設置する必要があるため、プラントの省スペース化や、環境対策として防音、防塵対策、地球温暖化対策・周辺環境への緑化や排水処理など十分な対策が必要である。又、舗装発生材の使用については、排水性等の特殊混合物の再生骨材や再々生骨材の使用について、今後十分な検討が必要と思う。

合材製造は、少量多品種製造設備・今後、主流となりうる再生合材製造設備や、再生合材の製造に伴って発生する再生プラント特有の臭気対策、粉塵対策が求められる。また、品質面では、数年前より行われてきた事前審査制度や、ISOなど工場単位での品質管理、プラント設備管理も必要とされ工場全体のレベルアップも求められる。

将来のアスファルトプラントは、公共事業の発注量やプラントの設置されている地域性により、合材工場の集約、統合が進むと思われ、現在抱えている公害等の諸問題の対応は当然だが、アスファルトに変わる物や、プラントの基本構造が変わらなければ、現在とはほぼ同じような管理、製造工程だと思う。アスファルトプラントの自動化は、種々多様なセンサーを使用する事により、今以上のコンピュータ化が進み、誰が運転しても均一な良い混合物の製造ができるようになり、プラントの無人化も可能ではないかと思う。又、オンラインなどの使用により、数カ所の無人プラントやサテライトサイロを一ヶ所のコントロールセンターにて集中制御管理する事も可能ではないかと思う。

改質アスファルトの現状と今後の課題

羽 入 昭 吉*

1. はじめに

アスファルトはアスファルト混合物のバインダすなわち、接着剤として利用されている。アスファルト混合物製造の際、アスファルトは加熱溶解され液体の状態になっている。この液体は接着させたいもの、すなわち骨材の表面を被覆した状態となり、これを所定の温度範囲で、ある圧力下で圧着させ、冷却されることで即使用に耐える状態となる。このような使用形態を考えると、アスファルトは立派なホットメルト型接着剤といえる。

書籍の製本や紙おむつの生産に使用される接着剤もホットメルトであり、同様の手法で紙同士が接着され製品が完成する。ただし、書籍や紙おむつに使用する接着剤はアスファルトではなく熱可塑性樹脂そのものである。

妙な表現ではあるが、紙おむつの接着剤とアスファルトを融合させたものが改質アスファルトである。換言すると、熱可塑性のポリマをアスファルトで希釈したものが改質アスファルトである。また他の言い方をすると、アスファルトに熱可塑性のポリマを分散させたものが改質アスファルトといえる。どちらの表現を採用すべきかは後で述べることにする。

同じ接着剤といっても書籍や紙おむつの場合、接着の対象は紙であり、アスファルトの場合は碎石や砂といった多種多様な天然材料である。これらの骨材は産地や石質が変わるとできあがったアスファルト混合物の性質も変化するという材料である。またアスファルトという接着剤は、舗設後に繰返し作用する交通荷重を受けとめながら、年間の温度変化にも柔軟に対応することが求められる。考えようによっては、アスファルトという接着剤は書籍や紙おむつ以上に高度な接着技術が必要と言えるかもしれない。

以下にホットメルト型接着剤としてのアスファルト、特に改質アスファルトのマイクロ構造と接着剤の性能と

いった観点から、改質アスファルトの現状と今後の課題について若干の私見を述べてみたい。

2. アスファルトかゴムか

ストレートアスファルトに改質材であるポリマを少しずつ溶解させていくと、アスファルト中にポリマが点々と粒状に分散する。ポリマ濃度の低い改質Ⅰ型や改質Ⅱ型というバインダは、アスファルトが連続相をつくり、その隙間にポリマが補強材のようなかたちで入り込む。すなわち、このグレードの改質アスファルトは、マイクロ構造から判断するとアスファルトと同系統の接着剤といえる。なお、これはマイクロ構造上の分類であり、ストレートアスファルトと改質アスファルトの性能が異なることは言うまでもない。

さらにポリマ濃度を高めていくと、マイクロ構造はどう変化するであろうか。ある濃度で相転換を起こし、ポリマが連続相をつくり、アスファルトはポリマネットワークの中に点在するようになる。この状態になるとアスファルトとみなしてよいのか疑問を感じるようになる。私個人はこの状態を指して「改質ポリマ」または「改質ゴム」と呼んでいる。すなわち、アスファルトにポリマを添加したというよりは、ポリマの中にアスファルトを添加したものともみなすことができる。別の言い方をすると、アスファルトを増量剤として使ったポリマという見方もできる。このような改質アスファルトの代表グレードは排水性舗装用の高粘度改質アスファルトである。

3. 改質アスファルトの評価方法

改質Ⅰ型や改質Ⅱ型はバインダそのものを手で引張ると当然のことながら伸びる。伸びたバインダを放置しておくと、完全には元どおりに復元せずに永久変形を生じる。つまり、ストレートアスファルトと同じような性質を持っていることが簡単に理解できる。

ところが高粘度改質アスファルトを手にとり、同じ

*はにゅう あきよし ニチレキ(株)技術研究所

ことをするとどうなるであろうか。なんと、ほとんど100%近く、元の大きさに回復してしまう。高粘度改質アスファルトはそのマイクロ構造のとおり、ゴムに化けてしまうのである。このアスファルト色したゴムの合理的な評価方法とは何であろうか。

改質アスファルトのバインダとしての評価には、針入度、軟化点、伸度、粘度などといった、従来からストレータアスファルトに適用されてきた方法を用いてきた。確かに改質アスファルトのマイクロ構造からすると、改質Ⅰ型や改質Ⅱ型にはある程度の適用性があると思われる。しかし、ポリマがネットワークをつくる排水性舗装用の高粘度改質アスファルトに、従来の試験方法を適用することには疑問がある。むしろポリマそのものを評価する試験方法を適用した方が、混合物の性能や供用性と相関性が高いような気さえする。高粘度改質アスファルトの60℃粘度は、現行の評価方法では10万Pa・s以上という表現になってしまいこの試験方法の適用限界を超えている。タフネスやテナシティなども、テンションヘッドとバインダの接着力よりもバインダ自身の凝集力の方が大きいために試験途中でバインダがヘッドより剥離してしまい正しい評価ができないことが多い。このようなことから改質ポリマというべき接着剤に対しては、従来型のアスファルト評価試験方法に替わる合理的な評価方法をそろそろ立ち上げる必要があると思われる。その際、従来の「改質アスファルト」という概念が邪魔になるような気もする。「改質ポリマ」または「改質ゴム」という形態をとる「ホットメルト型接着剤」という概念で、この課題に取り組む必要があると思われる。そのような評価試験方法が確立されることで、改質アスファルトの技術はさらに進歩するものと思う今日この頃である。

4. これからの舗装混合物用接着剤

改質アスファルトのポリマ濃度を高めていくと、接着剤としての性能は向上しつづける。ここで発生する問題は粘度が大きくなり、施工性が低下することにある。改質アスファルトの高性能化という課題は施工性確保との戦いである。最近の十数年の間に、この戦い

の前線は確実に高濃度側へと進んできた。原料のアスファルトを上手に加工し、改質材の改良に努め、改質アスファルトの製造方法に工夫を加えることで、さらに高濃度側へ戦いの前線を進めることが、これからのひとつの方向性であると考えている。今後の性能規定発注などといった舗装業界の変化に対応するためにも、この方向性は確実に大きくなるように思える。そうになると、ますます「改質ゴム」の傾向は強まることになり、やはり新たな評価方法が必要になるのではないだろうか。

また、改質アスファルト混合物の再生利用も何とかなければならない課題のひとつである。とりわけ「改質ゴム」のマイクロ構造をとる高粘度改質アスファルトを使用した排水性舗装の再生技術の確立は重要性の高い課題といえる。排水性舗装から発生する再生骨材は、ゴムが付着した骨材とみなすべきではないだろうか。従来の旧アスファルトを再生させるという概念で取り組むと答えを出すことが難しいように思える。この課題は、アスファルト色したゴムが付着した特殊骨材を使用して、排水性舗装用混合物をつくるというテーマで研究を進める必要があるように思われる。従って、旧アスの性状を針入度、軟化点、伸度、粘度、タフネス・テナシティなどの特性値で評価し、これを所定の性状に回復させるという手法は捨てる必要があるかもしれない。

5. おわりに

改質アスファルトの研究開発に携わっている技術者の立場から、改質アスファルトに関連した技術の現状と今後の課題のうち、特に重要と思われるものについて私見を述べさせていただいた。

最近の排水性舗装用の高粘度改質アスファルトなどは、アスファルトというよりもゴムというべきホットメルト型接着剤であり、単純にアスファルトとポリマを混ぜ合わせただけでは本来の接着性を確保できる材料にはならない。今後は、改質アスファルトの高ポリマ濃度化の限界に挑戦し、さらなる高性能接着剤を供給すべく技術の向上に取り組む所存である。

マイクロサーフェシング工法の実態と今後のあるべき姿

荒 尾 慶 文*

はじめに

我が国におけるアスファルト乳剤舗装は、第2次世界大戦以前は簡易舗装として広く行われ、さらに戦後の復興対策、1964年に採択された特殊改良4種事業の実施、「簡易舗装要綱」の発刊により簡易で経済的な舗装として道路整備における重要な役割を果たした。しかし、1970年以降、自動車交通量の急激な増加と車両の大型化により、舗装の主体は、耐久性に優れた加熱アスファルト混合物に移行したため、アスファルト乳剤の主な用途は、タックコート、プライムコートに限られ、表層混合物としての使用はほとんどなくなってきている。

しかしながら、近年道路舗装技術に対する課題として、二酸化炭素の発生量の削減による地球温暖化防止対策、省資源、省エネルギー、環境保全、コスト縮減が時代の要請としてあげられ、この解決策の1つとして再びアスファルト乳剤を用いた常温舗装が注目されている。その中でもマイクロサーフェシング工法は、欧米ですでに舗装の維持補修工法として確立された技術であり、我が国での普及が期待される工法の1つである。

他方、道路整備の進展による舗装ストックの増加により道路舗装を効率的で高水準に維持管理を行う舗装技術が求められている。舗装の維持補修において適切な時期に効果的な工法を適用することは、トータルコスト低減に重要である。特に舗装の損傷が軽微な段階で維持を繰り返し行うことにより、長期間低コストで高水準の供用性状を維持していく予防的維持の考え方が、舗装維持修繕システムの手法と合わせて注目されている。欧米では、積極的に予防的維持が実施され適用工法として各種表面処理工法とともにマイクロサーフェシング工法が採用されている。

このようにマイクロサーフェシング工法は、加熱混合物を補完する技術として、また予防的維持工法とし

て今後発展させなければならない技術と考えられる。

マイクロサーフェシング工法の現状と問題点

マイクロサーフェシング工法は、1992年に我が国で初めて施工されて以来、試験施工から実用の段階に入り、一般国道、高速道路、長大橋、駐車場など様々な場所に使用され現在までに約300,000㎡の施工実績があり十分な供用性能を示している。

施工量は年々増加しているが、依然として適用箇所、適用時期、施工方法、施工可能環境など基本的な事項でさえ十分理解されているとは言えず施工者、発注者間での認識の差があり担当者として、技術の啓発不足の責任を感じている。

一般的なマイクロサーフェシング工法の特徴を述べると以下のとおりである。

- ・すべり抵抗性の回復
- ・荒れた路面の交通騒音、振動の低減
- ・劣化した路面の補修
- ・路面高さに影響しない薄層舗装（5～10mm）
- ・急硬性混合物で早期交通開放が可能
- ・施工速度が速く（20m/min）日施工量2000～3000㎡以上が可能であり工事期間の短縮になる
- ・改質アスファルトの使用による優れた耐久性
- ・薄層施工と工期の短縮によるコスト縮減
- ・省資源、省エネルギー、炭酸ガス削減効果

まず、マイクロサーフェシング工法の効果の問題がある。筆者の経験では、工法の特徴を説明するとまず指摘されるのは、路面性状における明確な改善効果はすべり抵抗性の回復ぐらいしかないと指摘されることである。道路補修の対象となる主な損傷は、わだち掘れ、ひび割れ、段差等であり、一般にこれらの補修を目的に工法の選定が行われるが、マイクロサーフェシング工法でこれらを完全に補修することは難しいのが現状である。また、マイクロサーフェシング工法が得

*あらお よしふみ 日本道路舗装技術研究所

意とする路面の劣化防止、路面のリフレッシュへの適用は道路の損傷程度としては軽度と見なされ補修対象となることは少ない。したがってマイクロサーフェシング工法の効果を説明するためには、予防的維持の思想による補修システムの説明が重要である。この裏付けとして舗装の延命効果を実証することが必要である。我が国における施工実績はすでに8年以上の歴史があるものの長期的な観測結果は報告されておらず、筆者の実績でも、現在3年を経過した道路について追跡調査を継続しているにすぎない。

予防的維持の効果を立証するためには、より大規模な試験施工、多くの施工実績が必要でありその答えが明らかになるにはさらに長い期間が必要となる。しかしながら、フランスをはじめとする欧米では予防的維持を目的とした補修工事は既に積極的に行われその効果は認められている。我が国でもメンテナンスの時代を迎え低コストで効果的な維持補修技術として予防的維持工法の採用が拡大されることが期待される。

次に早期交通開放の問題は、担当者として大きな問題であった。

マイクロサーフェシング混合物の硬化には、骨材と乳剤の電気的な吸着力による初期硬化と混合物内部の水の蒸発、アスファルト粒子の凝集・合一が必要である。水分の蒸発は気象条件に大きく影響され我が国で施工されたマイクロサーフェシング工法の不具合の多くは水分の蒸発不足に起因すると考えられる。気象条件としては、施工可能温度だけが定められているだけであるが、水分の蒸発は気温だけでなく、日照、風速、湿度などが複雑に影響するため施工の可否判断を難しくしている。早期交通開放は、良好な気象条件の下で可能であるが、実際は様々な要因により2～4時間の養生時間を必要としているのが現状である。

最後に交通規制の問題がある。

マイクロサーフェシング工法は、施工機1台で約1,500㎡の施工が可能であり施工幅員が3.0mとすれば施工延長は500mとなり前後の作業帯を考慮すると600mとなる。一般に600m程度の交通規制を行える場合は少なく、さらに連続して施工を行う場合は1km以上の規制距離が必要となり、高速道路等の自動車専用道路以外では工法に適した施工量での施工が難しいのが現状である。したがってマイクロサーフェシング工法の特徴である迅速施工、工期短縮のメリットは薄れ、施工単価の上昇等につながっている。

マイクロサーフェシング工法の課題

この工法の現状、問題点を踏まえ開発担当者として課題をまとめると以下のとおりである。

①マイクロサーフェシング工法の理解を広める。

前述したようにマイクロサーフェシング工法は、気象条件に大きく影響され、良好な条件で行えば加熱混合物と同等以上の性能を有する物となるが低温時、高温時、降雨等の不適当な状態での施工により十分な性能を発揮できず飛散等の損傷を受けてしまう。さらに、環境条件が十分ではない場合では、養生時間の増加、交通規制期間の増加、施工量の低下、促進加温養生の必要性により施工費や走行費用の増加を招きかねない。常温工法は、加熱を行わない代わりに自然のエネルギーを利用する工法であることから良好な環境条件で施工を行うことは品質の高い工事を行うためには重要なことである。したがって、発注者、施工者は、この工法の特徴を十分理解し、適切な施工時期、施工環境で施工を行うことが重要である。また、開発担当者としてはより広い環境条件で良好な施工ができるような材料の開発を行うと同時に経験的に判断していた施工条件を明確化（気象条件等の定量化）することが工法の普及には重要である。

②予防的維持を目的とした工法として、従来工法との用途・機能等による使い分けを明確にする。

従来の補修基準とは別に予防的維持工法の適用基準を明確にする。このための基礎的データを蓄積し、効果的に施工を行うためライフサイクルコストを含めた検討が必要である。

③マイクロサーフェシング工法の高付加価値化

予防的維持工法としてだけでなく、明色化、カラー化、より粒径の大きい混合物、繊維補強型混合物等の開発が進められている。これにより、わだち掘れやひび割れ補修、排水機能の付加、バスレーン、トンネル内舗装の補修など様々な用途への適用が期待される。特に常温舗装、薄層舗装の利点を生かした明色乳剤を用いたトンネル舗装への適用は既に実用化され今後の展開が期待されている。

最後に本工法の開発技術者として感じることは、環境問題や維持修繕の時代を迎え常温工法は多くの可能性を秘めた発展途上の技術であると考え、さらに改良改善を続けていきたい。

ブローンアスファルトの原料組成と反応性に関する研究

(Study of Blown Asphalt on Relationship between Components of Raw Materials and Reactivity)

三 谷 治 郎*・中 村 好 和**

ブローンアスファルトの製造にあたって、ブローイング時の軟化点の上り方の良否は製品規格の合否につながる重要な問題である。本報では、如何なる組成の原料が軟化点が上がり易いか、その反応上の違いは何か、また製品性能として重要な油じみ性は原料組成と如何なる関係にあるか等について検討を行った。その結果、原料中の飽和分およびアスファルテンはブローイング時の軟化点上昇に効果があり、芳香族分は逆の効果があること、原料の組成比、 $(\text{飽和分} + \text{アスファルテン}) / (\text{芳香族分} + \text{レジン})$ と一定針入度における軟化点とは正の相関があること、飽和分の多い原料は反応時に生成する水の量が多く、酸化脱水素反応が盛んに起っていると考えられること、また原料の組成比、 $(\text{飽和分}) / (\text{芳香族分} + \text{レジン})$ と製品の油じみ量とは正の相関があること、等がわかった。

1. はじめに

ブローンアスファルトは、ルーフィングの製造や防水工事等の防水関連をはじめ鋼管の塗覆、ターボリン紙の製造等幅広い用途があり、それぞれにあった品質レベルのものが用いられる。

これら各種のブローンアスファルトは、一般には、減圧残油（ストレートアスファルト）で軟質のものかあるいは重質の減圧残油に減圧留出油や潤滑油留分等（カッター材と呼ばれる）を配合したものを原料とし、これらを高温下で空気を吹き込むことにより製造される。その際の原料調製は粘度等の物理性状で管理される場合が多いが、同じ粘度の原料でも原油種の違いにより得られる製品性状がかなり違ってくる場合がある。とりわけ軟化点の違いは、目標とする製品のJIS規格の合否にも関わり、製造管理上大きな問題となる。これは原料の化学的組成の違いに基づく反応性の違いによるものと考えられる。これまでにこの種の研究に関する部分的または断片的な報告¹⁻³⁾は幾つかあるが、これだけでは十分とは言い難い。

そこで本報では、材源を選択して組成の違いを幅広くとり、原料組成と反応性について検討を行った。その結果、両者間の相関性や反応上の違いを見出すことができた。また得られたブローンアスファルトについ

て油じみ性と原料組成との関係についても検討したので、併せて報告する。

2. 実 験

2.1 試作製造実験用材源

ブローンアスファルトの試作製造実験に用いた原料は、ストレートアスファルト（以下ストアス）とカッター材との組み合わせにより調製したが、これらの材源の性状を表-1に示す。

上記材源の組成的特徴は、ストアスについては、A, B, C, Dいずれも飽和分および芳香族分には大差はなく、レジン、アスファルテンの含有量に少しずつ差があり、特にDはアスファルテン含有量が供試材源中最も多い。Eは飽和分およびアスファルテン含有量が少なく、芳香族分が多い。一方カッター材はいずれも潤滑油留分であるが、飽和分は、①>②>③>④の順で①が最も多く、逆に芳香族分は④>③>②>①の順で④が最も多い。

2.2 実験方法

表-1に示す5種類のストアスと4種類のカッター材とをそれぞれ組み合わせ、カッター材を、20, 40, 60vol%配合して各原料を調製し、これらを一定条件下で無触媒および触媒ブローイングを行った。ブロー

*みたに じろう 元三菱石油㈱開発研究所

**なかむら よしかず 日石三菱㈱中央技術研究所

表-1 材源の性状

材源区分	ストレートアスファルト					カッター材			
記 号	A	B	C	D	E	①	②	③	④
原 油	中 東 系								
性状	1.036	1.040	1.037	1.035	1.025	0.9034	0.9346	0.9567	0.9887
密度 @15℃, g/cm ³	61	61	61	69	60	-----	-----	-----	-----
針入度	48.0	48.0	47.5	47.5	48.5	-----	-----	-----	-----
軟化点 ℃	4020	3560	3610	3890	3230	30.6	40.5	35.9	77.5
粘度 @100℃, mm ² /s									
組成分析 (JPI法) 質量 %									
飽和分	15.8	15.3	15.1	15.9	14.2	84.2	53.3	47.5	29.6
芳香族分	48.9	48.6	48.2	48.8	51.0	14.9	40.0	41.5	61.6
レジン	24.7	23.8	25.2	21.3	24.0	0.9	6.7	9.7	8.8
アスファルテン	10.6	12.3	11.5	14.0	10.8	0.0	0.0	1.3	0.0

イング装置には排ガス通過ラインに冷却装置を設けて生成水を採取し、その量を測定した。また一定時間間隔でブローイング試料を採取し、針入度、軟化点を測定した。最終的に得られたブローンアスファルトについては、JIS防水工用 3 種および 4 種規格合格品については、上記試験以外に油じみ試験を行った。一方材源の組成分析を行い、その結果を基に各調製原料の組成を算出した。なお、材源の組成分析方法、試作製造実験におけるブローイング条件、および試作品の油じみ性能の評価方法は以下の通りである。

(1)組成分析方法

石油学会法 (JPI-5S-22-83) による 4 成分分離

(2)ブローイング条件

反応塔：内径80mm，塔長：600mm鉄製

原料仕込み量：1.3kg，反応温度：260℃，空気吹き込み量：40l/h・kg

触媒ブローイングにおける使用触媒および添加量：ポリリン酸 (PPA) 1.0wt%

反応経過に伴う追跡試験項目：針入度，軟化点，生成水量

(3)油じみ試験

表面積12.6cm²の円形缶蓋上に加熱溶融試料5.0gを採取する。放冷後これを10枚重ねの試験紙上に試料が接触するように置き、荷重100gをかけて金属板上にセットし、60℃のオープン中に120時間静置する。評価値として試料と接触している1枚目の試験紙にしみ出した油分の幅を示す。測定はノギスを用いて4個所(90° 間隔)測定し、以下の式によって算出した値の平均値を評価値とする。

$$\text{しみ出し幅 (mm)} = \frac{A - B}{2}$$

ただし、A：(アスファルトと接触している部分+油のしみ出し部分) の直径

B：(アスファルトと接触している部分)

3. 実験結果

3.1 ブローイング反応

各原料ともブローイング経過に伴ない、針入度は漸次小さくなり、軟化点は漸次高くなっていく。しかし原料の違いによりその傾向には差が生じ、同一針入度でも軟化点に差が現れてくる。そこでブローイング経過に伴なう両性状の関係図を描き、そこから一定針入度(25)における軟化点を求めて、各原料の軟化点上昇効果を比較した。なお針入度(25)は、繁用されている防水工用 3 種アスファルトの規格(軟化点 $\geq 100^\circ\text{C}$ ，針入度指数(PI) ≥ 5.0)の分岐点となる値である(針入度25で軟化点 $\geq 100^\circ\text{C}$ であれば、PI ≥ 5.0 となる)。

3.1.1 カッター材の組成的効果

一定のストアス(ストアスA)に4種類のカッター材をそれぞれ配合量を変えて原料調製し、ブローイングした場合の一定針入度(25)における軟化点を比較して図-1(無触媒)および図-2(触媒添加)に示す。

両図からわかるように、触媒の有無いずれの場合も配合するカッター材の種類によって軟化点の上昇効果に歴然とした差が認められる。特にカッター材①を配合した場合、および④を配合した場合にその特徴的な傾向を見ることができる。①の場合はその配合量の増加に伴ない軟化点が最も効果的に上昇しているが、④の場合は、その配合量を増加しても軟化点は上昇せず、しかもある程度以上の配合量ではかえって軟化点が低くなる傾向さえある。これらカッター材の組成的特徴

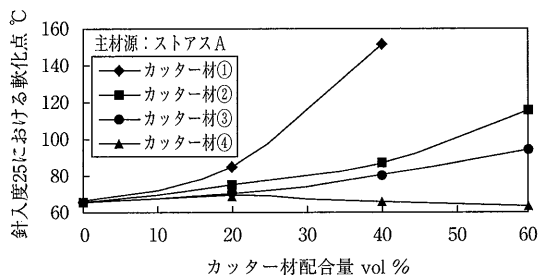


図-1 各種カッター材の配合効果
(無触媒ブローイング)

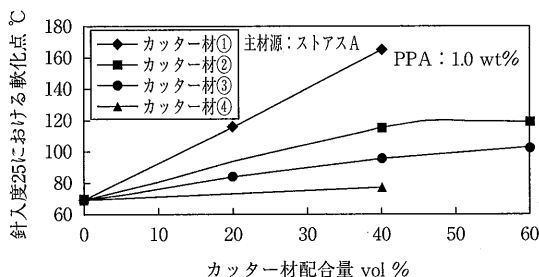


図-2 各種カッター材の配合効果
(触媒ブローイング)

は、表-1からわかるように、①は飽和分が極めて多く、芳香族分が極めて少ないこと、④は逆に飽和分が極めて少なく、芳香族分が極めて多いことである。これらのカッター材が原料中に配合されることにより、原料組成もカッター材組成の影響を受けることになる。したがってこれらの結果から、原料中に飽和分が多くなると、ブローイング時の軟化点上昇効果が大きくなり、芳香族分が多くなると逆の効果になるということができる。

3.1.2 ストアス材源の組成的効果

5種類のストアスに一定のカッター材（カッター材②）を配合して原料調製し、無触媒および触媒ブローイングを行った。無触媒の場合は、カッター材の配合量を20, 40, 60vol%と変え、触媒添加の場合は40vol%のみを行った。この時の一定針入度（25）における軟化点を比較してそれぞれ図-3および図-4に示す。

両図において各ストアスにカッター材を同量配合した場合（図-4は40%のみ）を比較すると、軟化点が最も高いのはストアスDの場合であり、逆に最も低いのはストアスEの場合である。これらの組成的特徴を表-1から求めると、アスファルテン含有量がストア

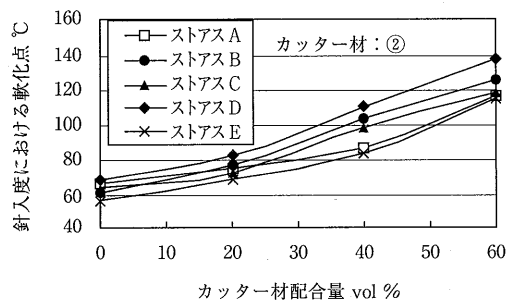


図-3 各種ストアスの軟化点上昇効果の比較
(無触媒ブローン)

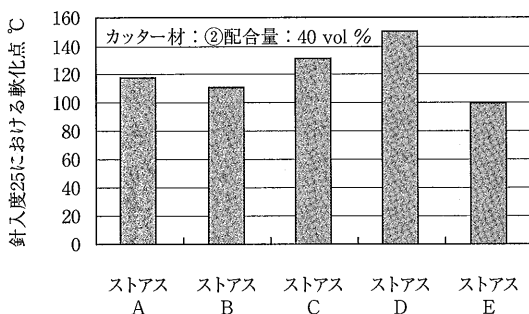


図-4 各種ストアスの軟化点上昇効果の比較
(触媒ブローン)

スDは最も多く、ストアスEは最も少ない部類にあることがわかる。この軟化点の違いとアスファルテン含有量との関係は、無触媒ブローイングの場合に明白に現れている。すなわち図-3における軟化点の順がD>B>C>A≒Eであるのに対し、アスファルテン含有量も同じ順になっている。アスファルテンはカッター材中には殆ど含まれないため、原料中のアスファルテンは殆どストアスからのものと考えられる。したがってストアス中のアスファルテン含有量はブローイング後の軟化点にかなり関係する要因と考えられる。

3.1.3 原料組成と軟化点上昇効果

上記3.1.1および3.1.2の結果から、原料中の組成としては飽和分およびアスファルテン含有量が多いほどブローイング後の軟化点は高くなり、芳香族分が多いほどその効果が小さくなる傾向があることがわかった。残りの成分であるレジンについては、軟化点上昇効果との関係は十分には見出せなかったが、レジンはアスファルテンを解こうさせる作用があると言われており²⁾、したがって分散作用のある芳香族分に近い働きをされると考えられる。

そこでブローイング時の軟化点上昇効果を原料組成から判断する尺度として、軟化点上昇に効果のある成分と逆の成分との比、つまり（飽和分（Sa）+ アスファルテン（As））／（芳香族分（Ar）+ レジン（Re））をとり、この値とブローイング時の一定針入度（25）における軟化点との関係を求めると、図-5および図-6のようになる。

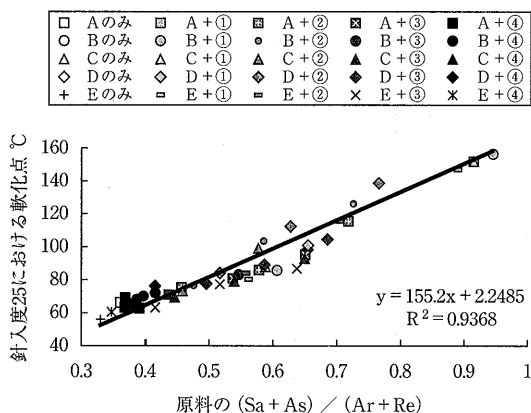


図-5 原料の組成比と針入度25における軟化点の関係（無触媒）

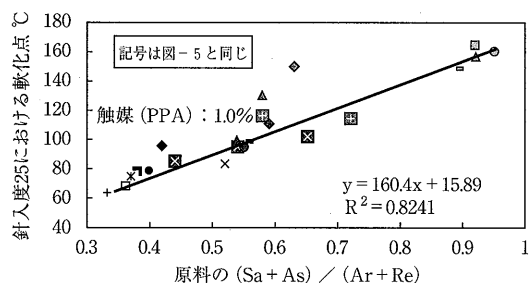


図-6 原料の組成比と針入度25における軟化点の関係（触媒添加）

両図からわかるように、原料組成比、(Sa+As)／(Ar+Re)と一定針入度における軟化点との間にはかなり高い相関性が認められる。したがって同組成比はブローイング時の軟化点上昇を判断する尺度になると考えられる。なお両図を比較すると、触媒添加の方がやや軟化点が高くなっていることがわかる。

3.1.4 反応時の生成水量

ブローイング時の反応は酸化脱水素重縮合反応とされており、排ガス中には主にH₂O、CO₂の存在が確認されている。本報ではH₂Oに着目し、各ブローイング実験での生成水量を測定して、原料組成との関係を検討した。原料中の飽和分（Sa）、芳香族分（Ar）お

よびこれら両者の和と無触媒ブローイングで一定針入度（25）までに生成した水の量との関係をそれぞれ図-7～図-9に示す。

これら3つの図および各図の相関係数から、生成水量と最も相関性が高いのは（飽和分（Sa）+ 芳香族分（Ar））である。つまり吹き込まれた空気中の酸素が反応して生成したH₂Oは主にこの両成分との反応によるものと判断される。また図-7および図-8から、これら各成分と生成水との関係をみてみると、芳香族分（Ar）に比べ飽和分（Sa）の方が明らかに相関性が高い。図-8の芳香族分の場合はカッター材の違いにより三つの系列にわかれている。すなわち同図の左から、カッター材①の場合、②および③の場合、④の場合、がそれぞれ一列になっており、個々にみると①および②③は負の相関、④の場合は正の相関で、いずれも芳香族分50%程度で生成水量が最低となるような傾向を示している。しかし芳香族分全体としてみると生成水との相関性は乏しい。これに対し図-7の飽和分の場合は、カッター材による系列的な傾向はあるもののかたよりが少なく、全体的に正の相関を示している。したがって、水の生成を伴う酸化脱水素反応は飽和分との間でかなり活発に起っていて、一定針入度における軟化点が上がっていく一因になっていると推定される。

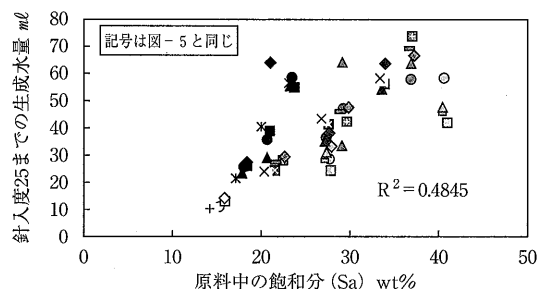


図-7 原料中の飽和分と生成水量の関係

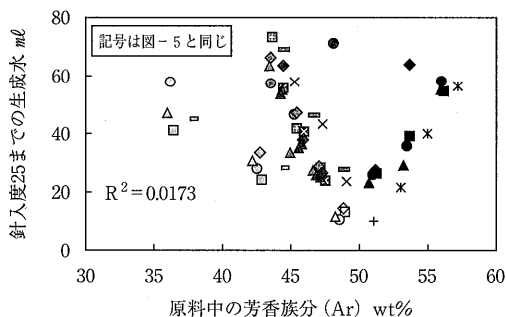


図-8 原料中の芳香族分と生成水量の関係

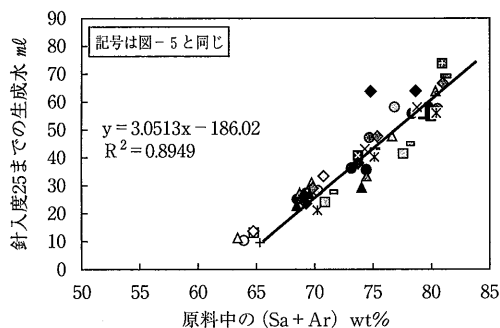


図-9 原料中の（飽和分（Sa）＋芳香族分（Ar））と針入度25までの生成水量の関係

上記図-8のカッター材④の場合の傾向の違いについては、その組成が他の場合と大きく異なることによる原料組成のバランスの違いによるものと考えられる。すなわち、表-1からわかるようにカッター材①および②③はストアス材源に比べて飽和分が多く、芳香族分が少ない。したがってカッター材を増量するほど原料中の飽和分は多くなり、芳香族分は少なくなる。一方カッター材④は飽和分、芳香族分ともストアスより多いため、増量すると原料中の飽和分、芳香族分はともに多くなる。カッター材④の場合の生成水量は芳香族分の増加に伴い増加した形になっているが、これは飽和分も増加しているためと判断することができる。

以上のことから、生成水量はストアスよりカッター材の組成に大きく影響されることがわかる。

3.1.5 触媒の添加効果

数種類の原料に触媒としてポリリン酸を添加（1.0wt%）してブローイングを行った。これらのうち、カッター材の配合量も変えた一列について、一定針入度（25）までの生成水量を無触媒の場合と比較して図-10に、また一定針入度（25）における軟化点を無触媒の場合と比較して図-11に示す。

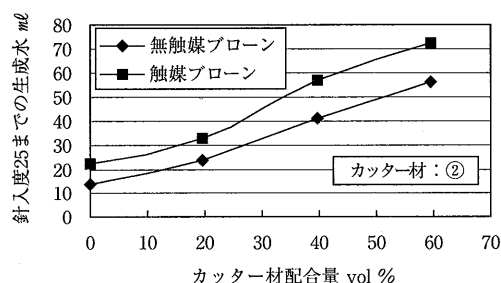


図-10 ブローイング時の触媒添加の有無と一定針入度までの生成水量

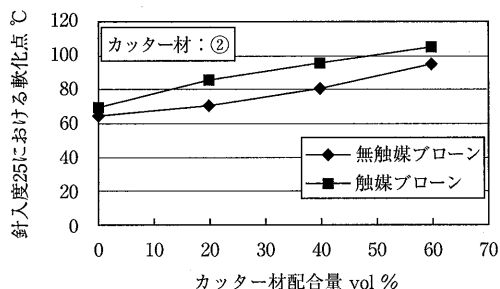


図-11 ブローイング時の触媒添加の有無と一定針入度における軟化点

図-10から、生成水量は触媒添加の有無いずれの場合もカッター材の増量に伴って増加しているが、同じカッター材量では触媒添加の場合の方が多くなっている。また図-11から、一定針入度における軟化点もカッター材の増量に伴い高くなっているが、同じカッター材量では触媒添加の方が高くなっている。したがって触媒の添加により、ブローイング時の酸化脱水素反応は無触媒の場合より盛んになり、これが軟化点を高くする一因になっていると推定される。

3.2 製品の油じみ性

ブローンアスファルトを主材料として製造されるアスファルトルーフィングやターポリン紙には、油じみと呼ばれる現象が起こることがある。これは夏季に顕著に現れるもので、ルーフィング等を製造後倉庫等に保管しておくとき表面に油分がしみ出し、時間の経過につれて表面が黒ずみ、商品価値を低下させるものである。

ルーフィング等の油じみは、ブローンアスファルトの組成に依存すると考えられ、同じ規格域の製品でも原料によって差がある。そこで本報では原料組成と得られたブローンアスファルトの油じみ性能との関係について検討を行った。

3.2.1 原料組成と油じみ性

アスファルトは、アスファルテンを分散質、油分すなわち飽和分および芳香族分を分散媒とする一種のコロイドと考えられている⁴⁾。コロイド中では芳香族分はアスファルテンを分散する作用があり、レジンはアスファルテンを解こうする作用⁴⁾があるとされている。ストアスやブローンアス原料では油分量に比べアスファルテンの量が少なく、アスファルテンは油分中に均一に分散された状態になっている。しかしブローイングが進むと、芳香族分はレジンへレジンはアスファルテンへと移行し²⁾、アスファルテン量が多くなり芳香族分が少なくなっていく、またアスファルテンどうし

が会合してミセルを形成していく。このような状態ではアスファルテンは十分に分散され難くなる。

本報では、このようなブローンアスファルトの状態を考え、油じみする主成分を比較的低分子の飽和分(Sa)と仮定し、一方油じみをし難くする成分として、アスファルテン分散作用のある芳香族分(Ar)と解こう作用のあるレジン(Re)を考え、これら両者の原料組成比、(Sa)/(Ar+Re)の値と試作品の油じみ幅との関係を調べた。なお試作品はJIS規格の防水工用3種(針入度20-40, 軟化点 $\geq 100^{\circ}\text{C}$)および4種(針入度30-50, 軟化点 $\geq 95^{\circ}\text{C}$)に該当するものを対象にして取りまとめた。その結果を図-12および図-13に示す。

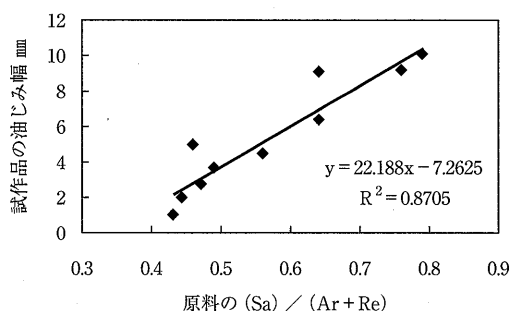


図-12 原料の組成比 (Sa) / (Ar+Re) と試作品の油じみの関係 (無触媒)

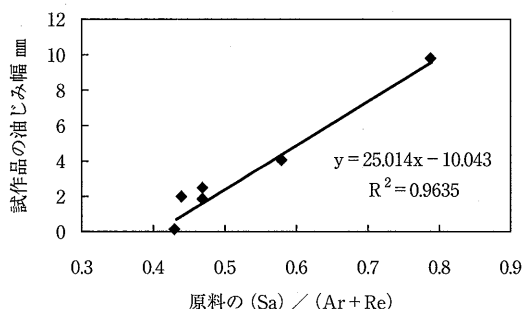


図-13 原料の組成比 (Sa) / (Ar+Re) と試作品の油じみの関係 (触媒添加)

両図からわかるように、試作品の油じみ量は原料の組成比、(Sa)/(Ar+Re) とかなり高い相関性があることが明らかになった。

4. 考 察

4.1 原料組成と軟化点上昇効果

実験結果から、原料中の飽和分およびアスファルテンが多くなると、ブローイング時の軟化点が高くなる

ことが明らかとなった。飽和分の効果については、すでに磯部³⁾や岡本⁵⁾らの報告があるが、本報では上記の両成分の効果および原料組成比、(飽和分+アスファルテン)/(芳香族分+レジン)と一定針入度における軟化点との間にかなり高い正の相関があることを見出した。

これにより、原料組成が分かればブローイング時の軟化点の上がり易さを推定することが可能になった。

4.2 原料組成と生成水

ブローイング反応は酸化脱水素重縮合反応と言われており、生成水は同反応による生成物と考えられる。そこで一定針入度までの生成水量と原料組成との関係をみると、芳香族分だけとの相関性は殆ど認められないが、飽和分だけとの相関性は認めることができ、さらに(飽和分+芳香族分)との相関性はかなり高い。したがって、水の生成を伴う酸化脱水素反応は主にこの両成分の間で起っていて、そのうちかなりの部分が飽和分、特にカッター材中の飽和分との反応によって生じたものと推定される。

4.3 ブローイング時の組成変化

ブローイング時における各成分の変化については、従来の一般的な報告²⁾では、飽和分の変化は少なく、芳香族分はレジんに、レジンアスファルテンへと部分的に移行して減少し、アスファルテンは増加するとされている。

本報では、原料中の飽和分増加に伴ないブローイング時の生成水量が多くなり、得られるブローンアスファルトの一定針入度における軟化点が高くなった。この事実から、飽和分は反応に関与し、何らかの形で化学的に変化していると推定される。その例証として、ブローイング前後の飽和分の状態や色調の違いを上げることができる。すなわち、原料の飽和分は常温で流動性を有しており、カッター材を多く含むほどこの傾向は強く、また色調は無色または白色である。これに対し、ブローンアスファルトの飽和分は常温で流動性に欠け、色調も僅かながら黄色味をおびている場合が多い。

流動性の違いについては、ブローイング中に軽質分が留出したためとも考えられるが、軽質分を殆ど含まない場合でも同様の変化が認められ、また色調の違いは化学的な変化の証しと考えられる。

なお、中島²⁾らは空気の代わりに窒素を吹き込んだ場合でも、軽質分の留出だけでなく芳香族分あるいは飽和分の一部に化学的变化が起っていると指摘している。

4.4 軟化点上昇のメカニズム

上述のようにアスファルトの内部構造は、一種のコロイド構造になっていると考えられている。

すなわちアスファルテンは互いに二次的に会合してミセルを形成し、そのミセルがレジンを吸着して飽和分や芳香族分からなる油分中に分散していると考えられている⁴⁾。

ブローン原料やブローイングの初期段階では、アスファルテン粒子は油分中に細かく分散しており、このような状態はゾル型と呼ばれている。ブローイングが進むと油分が減少し、アスファルテンが多くなるため分散し難くなり、ミセルどうしもさらに会合して大径化して網目状の三次元構造を形成していく。このような状態をゲル型と呼んでいる。

本報の実験結果から、飽和分同様アスファルテンについても原料中に多く含まれることにより、ブローイング時の軟化点上昇に効果が認められた。上述の飽和分および芳香族分の反応への関与と併せ、ブローイング時の軟化点上昇のメカニズムは以下のように推定される。すなわち、各組成成分の変化に伴ない、アスファルテンが新たに生成したアスファルテンも含めて会合し、ミセル構造を拡大しながら、量的に減少した芳香族分および化学的に若干変化した飽和分の中で分散し難くなり、発達したゲル構造を造っていく。また飽和分の増加はアスファルテンの解こうを減じる効果がある³⁾。このため、飽和分が多い原料ほどゲル構造の発達したブローンアスファルトとなり、高温で軟化し難く低温で硬化し難い、いわゆる高針入度指数の製品となって、一定針入度における軟化点が高くなったと推定される。

4.5 触媒の添加効果

ブローイング時の触媒（ポリリン酸）添加（1.0wt%）により、無触媒の場合に比べ生成水量は多くなり、一定針入度における軟化点は高くなった。したがって触媒の添加は脱水素反応を盛んにさせる効果があり、これがアスファルトのコロイド構造を更に発達させる一因になり、軟化点が上昇したものと推定される。

4.6 原料組成と製品の油じみ性

本報ではコロイド構造中における各成分の作用を考え、原料組成とブローンアスファルトの油じみ性との関係を検討した。その結果、原料組成比、（飽和分）／（芳香族分＋レジン）の値が大きい程ブローンアスファルトの油じみ量は多くなり、両者間に相関性

が認められた。

なお、本報では供試したブローンアスファルト自体の組成分析は行わなかったが、原料中で多い成分は相対的に製品中でも多く、したがって製品であるブローンアスファルトの組成比、（飽和分）／（芳香族分＋レジン）と油じみ量も同様に相関性があると推定される。

ブローンアスファルトの油じみは、アスファルトのコロイド構造に関連する問題と考えられる。すなわち、コロイド構造が発達するにつれてゲル化が進み成分のバランスがくずれて不安定になり、油分がしみ出し易くなると推定される。渡辺⁶⁾らはゲル化の尺度である針入度指数（PI）に着目して実験結果を検討し、PIの高いブローンアスファルトほど油じみが多いことを確認している。また同氏はKnowles⁷⁾らが指摘する同じPIの製品でも原油によって差があることに触れ、原油の違いによる影響についても紹介している。

5. まとめ

以上の検討結果から、飽和分の増量はブローイング時の軟化点上昇に効果があるものの製品の油じみ性には好ましくないことが明らかになった。一方アスファルテンの増量もブローイング時の軟化点の上昇に効果があるが、その含有量は中東系のアスファルトではある程度範囲が限定される。

したがって、高針入度指数のブローンアスファルトで且つ油じみも少ないような良質の製品を製造するためには、原油の選択等により材源および原料組成を十分吟味する必要がある。

筆者らは上述の原料組成比の関係を基にし、製品性状、油じみ性能等のバランスがとれた製品になるための原料組成を提案し、ブローンアスファルト製造に活用している⁸⁾。

— 参考文献 —

- 1) 村山健司ほか、アスファルト、2、(6)、16 (1959)
- 2) 中島豊比古、石油誌、16、(9)、760 (1973)
- 3) 磯部政雄、日石レビュー、31、(3)、116 (1989)
- 4) Pfeiffer, J. Ph., "The Properties of Asphaltic Bitumen", (1950) Elsevier Pub. Co.
- 5) 三共油化、日特公昭58-14478 (1983)
- 6) 渡辺恵之助、アスファルト、3、(16)、8 (1960)
- 7) E.C. Knowles etc., Md. Eng. Chem. 42, 2340 (1950)
- 8) 三菱石油、特願平10-233542 (1998)

アスファルトの耐劣化性の向上に関する一検討

(Study on Improvement of the Anti-Weathering Property of Asphalt)

紺 野 路 登*・鈴 木 秀 輔**・野 村 健一郎***

組成に着目してアスファルトの耐劣化性の向上を試みた。この結果、Rostler-Sternberg法にて反応性の違いで分別した成分比を調整した重質油を添加することで、アスファルトの耐劣化性を向上できる可能性が認められた。

反応性に富む2成分と反応性の低い2成分の比率であるCRRに着目し検討した結果、①試作が可能であった範囲では、CRRが0.69の重質油で最も大きな耐劣化性の向上効果が得られる、②RTFOT+PAVでの評価では、本重質油を添加したアスファルトの残留針入度が、通常の舗装用アスファルトに比べ20%程度大きな値を示す、③老化促進後の供試体による曲げ試験では、通常の舗装用石油アスファルト60-80を用いた混合物の曲げ強度曲線と曲げひずみ曲線が3~4℃高温側にシフトするのに対し、本重質油を添加した混合物では0.5~2℃程度高温側にシフトするのみである、等が明らかとなった。

1. はじめに

交通量が少ない道路や荷重がほとんど作用しない滑走路ショルダーなどのアスファルト舗装では、アスファルトの劣化に起因する路面の荒れやひびわれが散見される。アスファルトの耐劣化性を向上できれば、これら路面の荒れやひびわれの発生を抑制でき舗装の寿命の延長が期待できると考え、アスファルトの耐劣化性の向上を検討することとした。

アスファルトの劣化要因の一つとして酸化による組成の変化が挙げられることを踏まえ¹⁾、先ず、酸化防止剤などの添加による耐劣化性の向上を検討した。しかし、これに関する既往の研究成果を調査した結果、酸化防止剤などの応用ではアスファルトの耐劣化性の向上は困難であると考えられた。

次に、アスファルトの劣化性状には組成が影響する²⁾と考え、アスファルトの成分の面から耐劣化性の向上を検討することとした。この結果、Rostler-Sternberg法³⁾で分別した成分比が一定の範囲にある重質油を舗装用石油アスファルトに添加することで、耐劣化性を向上できる可能性があることが確認できた。

以下に、当該重質油の組成とこれを添加したアス

ファルトの耐劣化性の向上効果を紹介する。また、これに先立ち、本文における劣化と老化の定義、既往のアスファルトの耐劣化性に関する研究例の概要および本検討で用いた劣化促進手法の概要を紹介する。

2. 劣化と老化の定義

アスファルト混合物中に含まれるアスファルトは、加熱作用および空気中の酸素や紫外線の影響などを受け組成が変化し、これに伴い針入度等の物理性状に変化をきたす。この現象は、アスファルト混合物製造時、施工時および供用中の各段階で生じ、一般に、劣化と呼ばれている²⁾。また、劣化のうち、施工時および供用中に生じるものを老化と称することがある^{2) 3)}。

本文では、アスファルトの組成および物理性状の変化のうち、混合物製造時に生じるものを劣化、施工および供用中に生じるものを老化と定義する。

3. 既往のアスファルトの耐劣化性に関する研究例とこれを踏まえた検討の方向

アスファルトの耐劣化性の向上に関する既往の研究例の概要を表-1に示し、それらの成果を整理して以

*このの みちと 大成ロテック㈱技術研究所第二研究室主任

**すずき しゅうすけ 大成ロテック㈱技術研究所第二研究室課長代理

***のむら けんいちろう 大成ロテック㈱技術研究所第二研究室長

表-1 アスファルトの耐劣化性に関する既往の検討例

研究者	研究項目	概 要
菊地ほか	アスファルトの組成と耐劣化性の関係 ²⁾	10種類のアスファルトで薄膜加熱試験を行った結果、アスファルテンが少なく、芳香族成分が多いものが耐劣化性に優れることが明らかとなった。
	酸化防止剤の効果の検討-その1 ⁴⁾	アミンタイプ添加剤等5種の添加剤をアスファルトに添加し、薄膜加熱試験で耐劣化性の改善効果を確認した。しかし改善効果はほとんど認められなかった。
	活性剤の効果の検討-その2 ⁵⁾	Ca-サルフォネート等12種の添加剤をアスファルトに添加し、100ccピーカに50g入れ163℃で48hr加熱し耐劣化性の向上効果を確認した。 Ca-サルフォネート、Ba-サルフォネート、Ca-フェネートの3種類のみで耐劣化の向上効果が認められ、オリジナルアスファルトに比べ残留針入度が20%程度大きくなった。
阪上ほか	酸化防止剤の効果の検討-その1 ⁶⁾	フェノチアゼン、ジフェニルアミン、ハイドロキノン、原油の産地が異なる8種のアスファルトに添加し、ウエザーメータによる紫外線照射および薄膜加熱試験を実施した。 これらの中では、フェノチアゼンのみに5種のアスファルトで耐劣化性の向上効果が認められた。
	酸化防止剤の効果の検討-その2 ⁷⁾	フェノチアゼン等7種の添加剤を産地が異なる8種のアスファルトに添加、ウエザーメータによる紫外線照射を実施した。 フェノチアゼン、ジフェニルアミン、ハイドロキノンの添加で酸化をある程度抑制でき、フェノチアゼン、ジフェニルアミン、ハイドロキノン、ジエチルパラミン、フェニルナフチルアミン、硫黄、タンニンの添加は、紫外線照射による粘度の増加率を減少させる効果があることが明らかになった。
巴上ほか	ゴム劣化防止用添加剤の適用性の検討 ⁸⁾	ゴムの劣化防止用添加剤数種をナフテンベースのアスファルトに添加、ガラス板に薄膜塗布し107.2℃のエアバス中で劣化させ、耐劣化性の向上効果を確認した。 フェノール化合物および硫黄-亜鉛化合物である程度効果が期待できる結果となったが、その他では効果が認められなかった。
雑賀ほか	市販酸化防止剤の適用性の検討 ⁹⁾	市販の酸化防止剤のうちβ-ナフチルアミン等10種をアスファルトに添加し、試験時間を10時間とした薄膜加熱試験を実施し、耐劣化性の向上効果を確認した。 試験条件が厳しかったためか、有効なものはいみだされなかった。
Roediger	酸化防止剤の適用性の検討 ⁶⁾	約150種の石油、ゴム、食品系の酸化防止剤を用いて耐劣化の向上効果を検討したが、有効なものを見いだすことができなかった。

下に示す。

- ①アスファルトの劣化性状には、組成が影響する。
- ②Ca-サルフォネートなど数種の添加剤ではアスファルトの耐劣化性の向上効果が認められるが、取りあげられている大半の添加剤には向上効果が期待できない。
- ③向上効果が認められる添加剤も実用レベルには達していない。

なお、これらの研究が実施された時期が1970年代以前であるにもかかわらず、その後もこれらの技術が実用化されたとの報告は見あたらない。

これから判断して、酸化防止剤などの添加剤の応用では、アスファルトの耐劣化性を向上させることは困難であると考えた。そこで、表-1の菊地らの研究成果などを踏まえ、組成が違えば耐劣化性も異なると考え、アスファルトの組成を調整する方向で耐劣化性の向上を試みることにした。

4. 本検討で用いたアスファルトの劣化・老化促進手法

アスファルトの耐劣化性向上を検討する際に実施したアスファルトの劣化・老化の促進は、以下に示す手法で実施した。なお、これらの手法は紫外線の影響を考慮していないが、コンシステンシ、組成および分子量分布の変化においては、実機のアスファルトプラントでの劣化や屋外での老化をほぼ再現・促進できることを確認している¹⁰⁾。なお、自然界での劣化により近づけることを目的に、現在、紫外線による劣化促進の併用も検討している。

4.1.1 製造時の劣化

(1) アスファルトでの劣化

アスファルト単体では、加熱時間を60分とした回転式薄膜加熱試験(RTFOT)で劣化を再現する¹⁰⁾。本条件では、例えば、針入度が70(1/10mm)の場合に50(1/10mm)程度にまで低下する¹⁰⁾。

(2) 混合物での劣化

混合物では、50kg練りの室内パグミルミキサを用い、図-1のフローに示す手順で混合物を製造することで劣化を再現する。本条件では、最適アスファルト量における密粒度アスファルト混合物中のアスファルトの針入度が、70 (1/10mm) の場合に50 (1/10mm) 程度にまで低下する¹⁰⁾。

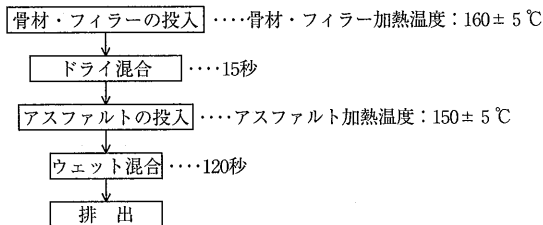


図-1 室内パグミルミキサでの混合手順
(混合時の劣化の再現)

4.1.2 屋外での劣化 (老化)

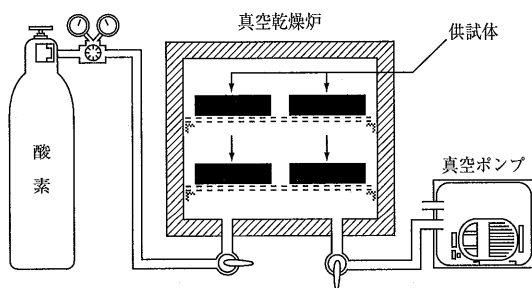
(1) アスファルトでの老化

アスファルト単体での老化は、SHRPで開発されたプレッシャージングベッセル (PAV) を用いて促進する¹⁰⁾。

試験条件は、試験温度100℃、ベッセル内圧2.1Mpa、試験時間15hrとする。本条件では、例えば、針入度が50 (1/10mm) の場合に30 (1/10mm) 程度にまで低下する¹⁰⁾。

(2) 供試体での劣化

供試体 (アスファルト混合物を締固めたもの) での老化は、図-2に示す老化促進試験装置 (酸素を充満させた恒温槽) を用いて促進させる。試験条件は、温度60℃、繰返し数20サイクルとした。本条件では、最



- ①真空ポンプで恒温槽内の空気を抜き取る
- ②酸素ボンベから恒温槽内に酸素を送り込む
- ③24時間放置する
- ④①～②を繰返す (①→②→③が1サイクル)

図-2 老化促進試験装置・手法の概要

適アスファルト量・締固め度100%の密粒度アスファルト混合物中のアスファルトの針入度が、50 (1/10mm) の場合に20 (1/10mm) 程度にまで低下する¹⁰⁾。

なお、PAVによる老化促進よりも老化の程度が大きくなる条件とした理由は、使用するアスファルトの違いによる耐老化性の差をより明確にできることを期待してである。

5. 組成面からのアスファルトの耐劣化性の向上に関する検討

3章にも示したように、アスファルトの組成を調整する添加剤を用いて耐劣化性を向上させることとした。なお、添加剤としては、アスファルトとの相溶性や安全性 (引火点、有害物含有量) を考慮して、石油系の重質油を用いることとした。

5.1 組成

一般的なアスファルトの組成分析法としては、舗装試験法便覧に取りあげられているクロマトグラフィーによる分析法が挙げられる。しかし、本分析法は、活性アルミナと溶出溶媒 (n-ヘプタン、トルエン、メタノール) の極性等、化学的性質の差でアスファルトを分別するものである。

一方、空気中の酸素がアスファルトの劣化に影響することを考慮すると、化学変化の受けやすさで分別した成分で耐劣化性の向上を検討することが適当であると考えられる。そこで、添加剤の組成は、表-2に示すRostler-Sternberg法²⁾で分別した成分で検討することとした。

Rostler-Sternberg法は、図-3に示すとおり反応性の異なる酸 (濃度の異なる硫酸および発煙硫酸) との反応性の違いで成分を分別するものである。また、本法で分別された各成分は、表-2に示すような性質を有している。

5.2 重質油の組成とアスファルトの劣化性状

試作した重質油 (以下、試作添加剤と称す) の組成を表-3に示す。なお、本品の60℃の粘度は、約200 (mml/s) である。

なお、耐劣化性の向上のみを考慮するのであれば、耐劣化性に優れる成分であるパラフィンを多量に添加すればよいことになる。しかし、パラフィンのみを増量するとアスファルテンの分散を阻害するなどの弊害が生じる恐れがある。そこで、組成の検討にあたっては、Davidsonらの提案を参考に¹³⁾、CRR (ケミカル・リアクティブ・レシオ) = (N + A 1) / (A 2 + P)

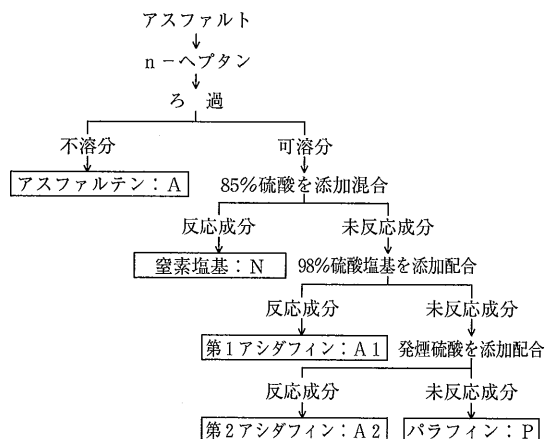


図-3 Rostler-Sternberg法による組成分析の手順

表-2 Rostler-Sternberg法による5成分の概要

分類	記号	性質
アスファルテン	A	成分中で最も極性および分子量が大きく、構成元素のうち炭素の占める割合が大きい。この成分が増加するとアスファルトが硬くなる。 アスファルトが劣化すると、この成分が増える。
窒素塩基	N	構造の一部に窒素を含む石油樹脂。凝集したアスファルテンを解膠（分散）する成分である。 ただし、この成分自身が反応性に富むため、むやみに増すと耐久性が低下する恐れがある。
第1アシダフィン	A1	不飽和結合を含む成分で、解膠したアスファルテンに流動性をもたせる。 ただし、窒素塩基ほどではないが、この成分自身が反応性に富むため、むやみに増やすと耐久性が低下する恐れがある。
第2アシダフィン	A2	第1アシダフィンに比べるとその程度は小さいが、不飽和結合を含む成分で、解膠したアスファルテンに流動性をもたせる。 反応性を有するが、窒素塩基や第1アシダフィンに比べると、その程度は小さい。
パラフィン	P	不飽和成分を含まない成分で、分散したアスファルテンの流動性を阻害する。 成分中で最も反応性が小さい。

に着目し、耐劣化性の向上効果を検討した。この式から分かるように、CRRは反応性に富む2成分と反応性の低い2成分の比率で、この値が小さいものほど劣化しにくいと考えられる。

なお、組成の異なる添加剤は、成分比および粘度が異なる数種類の原料を組み合わせて試作する。このため、今回入手できた原料では、表-3に示す範囲のCRRの添加剤のみ試作が可能であった。

表-3 試作添加剤のCRRと組成（%）

CRR	記号	0.69	0.80	0.93	1.08	1.26
アスファルテン	A	4.6	4.8	5.1	5.3	5.6
窒素塩基	N	16.9	22.1	27.3	32.4	37.6
第1アシダフィン	A1	22.0	20.3	18.5	16.8	15.0
第2アシダフィン	A2	39.8	39.8	34.1	31.3	28.4
パラフィン	P	16.7	16.7	15.1	14.2	13.4

6. アスファルトの耐劣化性向上への応用

表-3に示す5種類の試作添加剤を用いて、アスファルトの耐劣化性状の向上への適用性を検討することとした。

なお、これらの試作添加剤は、アスファルトに添加すると常温域～高温域のコンシステンシを低下（＝軟化）させる。このため、適用性の検討は、添加剤を舗装用アスファルト40～60に添加し、その性状が、舗装用石油アスファルト60～80に適合するようにして行っている。

6.1 耐劣化・耐老化性の向上効果

CRRの異なる5種類の試作添加剤を舗装用石油アスファルト40～60に添加し、舗装用石油アスファルト60～80相当のアスファルト（以下、60～80相当Asと称す）を試作した。この試作アスファルトに対して、RTFOTおよびPAV試験を実施し、耐劣化性状を確認した。

結果は表-4および図-4に示すとおりで、CRRが0.69, 0.80, 0.93の添加剤を用いた場合に、舗装用石油アスファルト60～80（以降、stAs60～80と称す）よりも優れた耐劣化性および耐老化性を示すことが明らかとなった。また、これらの中では、CRRが0.69の試作添加剤が最も優れた向上効果を示し、stAs60～80のRTFOT+PAV後の残留針入度を100とすると、本添加剤を用いた60～80相当Asの残留針入度は119.7で、約20%の向上効果が認められた。

本来であれば、CRRが0.69よりも小さな添加剤も試作し検討すべきであるが、前述したように、現時点で入手可能な原料では0.69より小さなCRRの添加剤を試作できないため、以降の実験はCRRが0.69の試作添加剤を用いて実施することに決定した。

表-4 アスファルトでの耐劣化性・耐老化性の向上効果の確認試験結果

項目	CRR	0.69	0.80	0.93	1.08	1.26	stAs60-80
ベースAs針入度	1/10mm	49					67
添加剤添加後の針入度	1/10mm	71	69	70	72	71	—
RTFOT後残留針入度	%	72.2	71.0	67.2	67.0	66.6	67.2
RTFOT+PAV後残留針入度	%	55.4	52.1	49.5	48.0	45.1	46.3

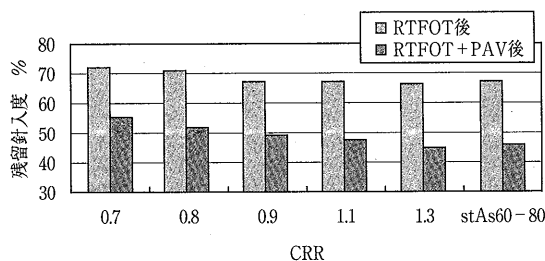


図-4 試作添加剤のCRRと添加アスファルトの残留針入度の関係

6.2 60-80相当Asの性状

CRRが0.69の試作添加剤を用いて試作した60-80相当Asの性状を、表-5に示す。また、同表には、比較のためにstAs60-80のデータおよび往日本道路協会規格も併記する。

60-80相当Asは、新規アスファルトに比べ薄膜加熱針入度残留率が5.5%大きな値を示しており、耐劣化性がやや向上されていると考えられる。

なお、60-80相当Asの性状は、stAs60-80同様、舗装用石油アスファルト60-80の品質規格を満足している。

表-5 60-80相当Asの性状

項目	単位	60-80相当As	stAs60-80	規格
針入度 (25℃)	1/10mm	71	67	60を越え80以下
軟化点	℃	48.0	48.5	44.0~52.0
伸度 (15℃)	cm	150+	150+	100以上
トルエン可溶分	%	99.54	99.59	99.0以上
引火点	℃	300	306	260以上
薄膜加熱質量変化率	%	-0.06	-0.01	0.6以下
薄膜加熱針入度残留率	%	73.9	68.4	55以上
蒸発後の針入度比	%	98.2	98.0	110以下
密度 (15℃)	g/cm ³	1.029	1.030	1.000以上

6.3 60-80相当Asを用いた混合物の性状と耐劣化性と耐老化性

表-5に示す60-80相当Asを用いて製造したアスファルト混合物の性状および耐劣化・耐老化性状を確認した。混合物の種類は、突固め回数75回で最適アスファルト量を求めた密粒度アスファルト混合物 (13) である。

実施した混合物性状試験は、マーシャル安定度試験、水浸マーシャル安定度試験、ホイールトラッキング試験、往復チェーン式ラベリング試験および曲げ試験である。曲げ試験を除く試験は、舗装試験法便覧に示される試験法に準拠して実施した。

曲げ試験は、ホイールトラッキング用供試体から40mm×40mm×300mmの角柱状の供試体を切り出し、スパン200mm、載荷速度50mm/minにて、2点支持・中央1点載荷で実施した。試験温度は、-5, 0, 5, 10, 15, 20, 25℃の7点である。

なお、これら混合物性状試験に用いる混合物を図-1に示した手法で製造するため、60-80相当As混合物とstAs60-80混合物の性状を比較することで、耐劣化性を評価することになる。

また、耐老化性は、60-80相当As混合物の供試体とstAs60-80混合物の供試体の老化を図-2に示す手法で促進し、老化促進前・後の供試体で曲げ試験を実施し評価した。

6.3.1 混合物性状および耐劣化性

マーシャル安定度試験結果、水浸マーシャル安定度試験結果およびホイールトラッキング試験結果を表-6に、曲げ試験結果を図-5に示す。なお、これらの表・図には、比較のためにstAs60-80混合物のデータも併記する。

表-6および図-5に示すように、stAs60-80混合物に比べ60-80相当As混合物の方がマーシャル安定度が5%程度小さいものの、その他の性状には顕著な差は認められなかった。

老化促進前の供試体から回収したアスファルトの性状は、表-7に示すとおりで、60-80相当Asは、stAs60-80に比べ残留針入度が約4%大きくなっている。しかし、この程度の針入度の違いでは、混合物性状に差が生じないようである。

表-6 60-80相当As混合物の性状

項目	単位	60-80相当As	stAs60-80
アスファルト量	%	5.2	5.2
空隙率 ^{*1}	%	3.8	3.7
マーシャル安定度	kN	10.8	11.3
フロー値	1/100cm	36	34
残留安定度	%	85.7	87.4
動的安定度	回/mm	960	980
摩耗量 ^{*2}	cm ³	1.70	1.72

※1 マーシャル供試体の空隙率

※2 クロスチェーン使用

表-7 老化促進前・後の供試体から回収したアスファルトの針入度

試料	単位	60-80相当As	stAs60-80
老化促進前	1/10mm	52 (73.2)	46 (68.7)
老化促進後	1/10mm	38 (53.5)	27 (40.3)

() 内: 残留針入度 (%)

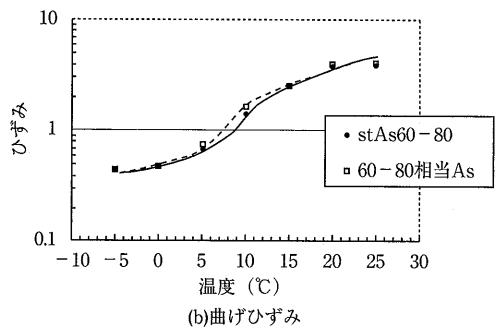
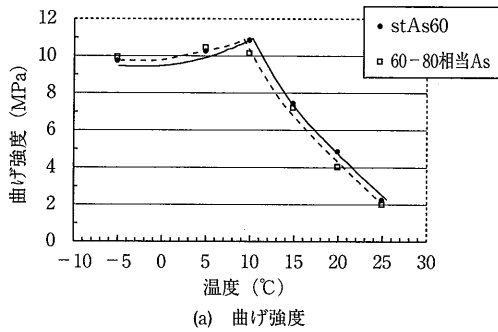


図-5 老化促進前の曲げ性状

6.3.2 耐老化性

劣化促進前・後の曲げ性状を図-6および図-7に示す。

劣化促進後の曲げ強度曲線と曲げひずみ曲線の高温域へのシフト量が、stAs60-80混合物では3～4℃程度であるのに対し、60-80相当Asでは、0.5～2℃である。

試験終了供試体から回収したアスファルトの針入度・軟化点は、表-7に示すとおりである。

老化促進後の供試体から回収したアスファルトの性状を比較すると、60-80相当Asは、stAs60-80に比

べ残留針入度が約13.2%（各々の残留針入度を比較した場合32.8%）大きくなっていた。

これの結果から判断して、試作添加剤を用いることで、アスファルト混合物の耐老化性を向上できる可能性があると考えられる。

7. まとめ

添加剤として組成を調整した重質油（試作添加剤）を用いることで、アスファルトの耐劣化性を向上できる可能性が認められた。以下に、今回の検討で得られた知見を整理して示す。

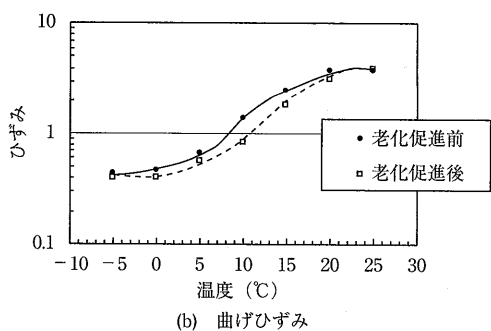
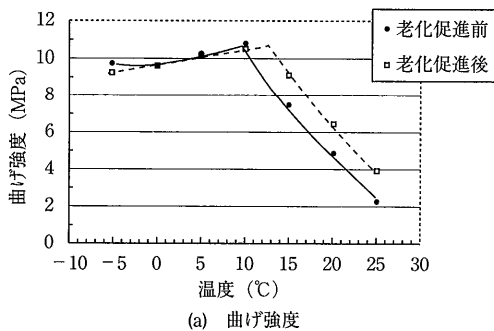


図-6 老化促進前・後の曲げ性状 (stAs60-80)

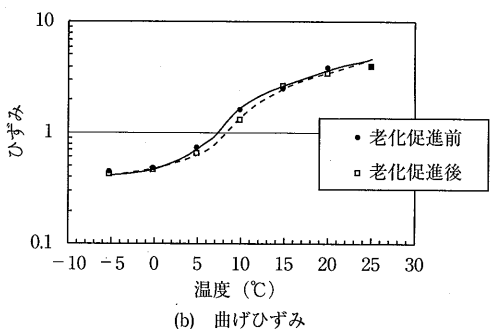
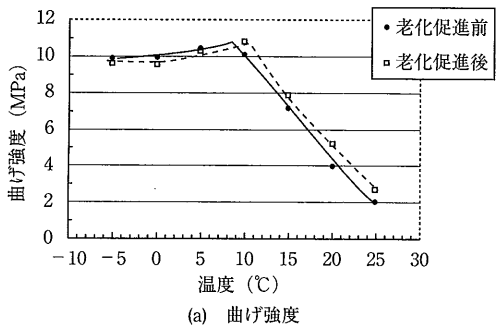


図-7 老化促進前・後の曲げ性状 (60-80相当As)

- ①試作添加剤の組成は、反応性の違いで成分を分別するRostler-Sternberg法による成分比で検討することが適当と考えられる。
- ②試作添加剤のCRR（反応性に富む2成分と反応性の低い2成分の比率）と試作添加剤を添加したアスファルトの耐劣化性には関係が認められる。
- ③試作が可能であった範囲では、CRRが0.69の試作添加剤で最も大きな耐劣化性の向上効果が得られる。
- ④RTFOTとPAVでの評価では、CRRが0.69の試作添加剤を添加したアスファルトの残留針入度は、通常のstAs60-80に比べ20%程度大きな値を示す。
- ⑤試作添加剤を用いても、混合物製造時の耐劣化性の顕著な向上効果は認められない。
- ⑥老化促進前・後の混合物で曲げ試験を実施した結果、stAs60-80を用いた混合物では、曲げ強度曲線と曲げひずみ曲線が3~4℃高温域にシフトするのに対し、60-80相当Asでは0.5~2℃程度高温域にシフトしているのみである。
- ⑦老化促進後の供試体から回収したアスファルトの性状を比較すると、60-80相当Asは、stAs60-80に比べ残留針入度が約13.2%（各々の残留針入度を比較した場合32.8%）大きくなっている。
- ⑧④~⑦の結果から判断すると、試作添加剤を用いることで、供用中のアスファルトの耐老化性を向上できる可能性があると考ええる。

8. おわりに

今回の検討で、添加剤として組成を調整した重質油を用いることで、アスファルトの耐劣化性を向上できる可能性が認められた。なお、原料入手の関係から、さらに耐劣化性の向上効果が期待できる組成で検討を実施することができなかった。今後、原料を探索し、より効果が期待できる組成の添加剤を試作し検討する予定である。このほか、さらに針入度の小さなアスファルトと組み合わせ、stAs60-80相当のアスファルトなどを試作し、添加量を増量することで耐劣化性がどの程度向上するかについても検討したいと考えている。また、耐劣化性の評価にあたっては、今回実施した試験のほかに、赤外分光光度計（IR）も適用したいと考えている。

さらには、試験施工などを実施し、試作添加剤による耐老化性の向上効果をフィールドで確認したいと考えている。

「試作した添加剤」と「アスファルト混合物の粒度、空隙率の設定およびアスファルト量の工夫による耐劣化性の向上手法」とを組み合わせることで、アスファルト混合物により優れた耐劣化性を付与できるものと考えている。

— 参考文献 —

- 1) 日本道路協会編：道路用語辞典第3版，丸善，1997.4，P.826，P.830
- 2) 石井直治郎，菊地栄一：アスファルトの組成と緒性状との関連，第4回日本道路会議論文集，1957，P.226
- 3) F.S. Rostler, R.M. White: Composition and Changes in Composition of Highway Asphalts, 85-100, Penetration Grade, AAPT, Vol.31, 1962, P.35
- 4) 松野三郎監修，南雲貞夫編著：道路舗装用語の解説，建設図書，1980，P.314
- 5) 菊地栄一，今泉雄二：添加剤類による舗装用アスファルトの耐劣化性の向上について，石油学会誌，第13巻，第9号，1970，P.699
- 6) 阪上信次，小林治二：舗装用アスファルトの老化について，第6回日本道路会議論文集，1961，P.220
- 7) 阪上信次，小林治二，横堀久：アスファルトの老化現象とその防止について，第7回日本道路会議論文集，1963，P.373
- 8) 巴上親由，末松昌：アスファルトの老化防止，アスファルト誌，11巻，61号，1968，P.8
- 9) 雑賀義夫，笠原靖，今村義和，鳥居敏彦：ホットストレージによるアスファルトの劣化の研究（6），第11回日本道路会議論文集，1973，P.255
- 10) 野村健一郎，丸山暉彦，高橋光彦：アスファルトの劣化促進法法に関する研究，第1回舗装工学論文集，1996.12，P.223
- 11) 日本道路協会：舗装試験法便覧「回転式薄膜加熱試験方法」，1988.11，P.427
- 12) 日本道路協会：舗装試験法便覧別冊「加圧劣化容器を用いた舗装用バインダの促進劣化試験方法」，1996.10，P.76
- 13) Donald.D. Davidson, William Canessa, Steven.J. Escobar: Recycling of Substandard or Deteriorated Asphalt Pavements-A Guideline, AAPT, Vol.46, 1977, P.496

第5回道路・空港舗装の支持力に関する国際会議

今回は、1998年7月ノルウエーで行われた「第5回道路・空港舗装の支持力に関する国際会議(BCRA)」について報告します。BCRAは、1982年に第1回国際会議がノルウエーで開催され、その後1986年にイギリス、1990年ノルウエー、1994年アメリカのミネアポリスと4年に一度舗装のオリンピックのように開催されています。

舗装の支持力のみでなく設計法や材料などを含めて広範囲なテーマを対象としています。第5回の会議は、44ヶ国の参加、論文数160編、報告書総ページ数約1870からなるものです。論文内容は、①舗装のマネー

ジメント②軸重及びタイヤの空気圧による影響③空港舗装④舗装のたわみと破損の調査⑤たわみの逆解析⑥構造評価および構造設計⑦実物大試験⑧環境による影響⑨アスファルト材料⑩路盤と路床材料⑪補強材の利用⑫舗装の修繕⑬ケーススタディ(空港)⑭ケーススタディ(道路)の14のセッションから構成されています。紙面の関係から今回は、上記①～⑦の内容について論文抄訳を報告いたします。さらに詳細の概要については、近々更新する予定の当研究グループの海外舗装文献検索システムを御利用下さい。

(研究グループ代表幹事：峰岸順一)

アスファルト舗装技術研究グループ名簿

* は班長 ** は副班長

峰岸順一 東京都土木技術研究所技術部舗装研究室

* 阿部長門 東亜道路工業(株)技術研究所
市岡孝夫 前田道路(株)技術研究所
伊藤達也 ニチレキ(株)技術研究所
打田幸平 日進化成(株)第一技術研究所
江向俊文 前田道路(株)技術研究所
岡藤博国 世紀東急工業(株)技術部
鎌田孝行 常盤工業(株)技術研究所
** 金井利浩 鹿島道路(株)技術研究所
黒田 智 日本舗道(株)技術研究所
* 小関裕二 大林道路(株)技術研究所
* 佐々木敏 建設省土木研究所材料施工部化学研究室
佐々木昌平 日本舗道(株)技術開発部
佐藤雅規 ジオサーチ(株)
清水浩昭 世紀東急工業(株)技術研究所
島崎 勝 大成ロテック(株)技術部
菅野伸一 常盤工業(株)技術研究所
鈴木秀輔 大成ロテック(株)技術研究所
鈴木康豊 (株)パスコ道路技術センター
鈴木 徹 大林道路(株)技術研究所
鈴木俊行 ニチレキ(株)技術研究所

** 関口英輔 日本大学理工学部阿部研究室助手
高橋光彦 大成ロテック(株)技術研究所
高田祥子 日本道路(株)技術本部技術研究所
武本敏男 東京都土木技術研究所技術部化学研究室
** 立石大作 日石三菱中央研究所
東本 崇 大林道路(株)技術研究所
** 玉木琢雄 大成ロテック(株)技術部
早川洋子 (株)パスコ道路技術センター
林 信也 鹿島道路(株)技術研究所
藤井一章 日進化成(株)第一技術研究所
舟根 毅 常盤工業(株)技術研究所
前田利明 東亜道路工業(株)技術研究所
* 増山幸衛 世紀東急工業(株)技術部技術一課
村田信之 日本舗道(株)企画部
安井由喜夫 ニチレキ(株)道路エンジニアリング部
山脇宏成 (株)ガイアートクマガイ技術研究所
矢島浩二 昭和シェル石油(株)
吉村啓之 前田道路(株)技術研究所

計39名

1. 舗装のマネジメント (PMS)

(1)著者名 (2)原文題名 (3)ページ (4)和文題名(抄訳者名) (5)論文概要

- (1) Rust, F. C., Mahoney, J. P. and Sorenson, J. B. (南アフリカ, アメリカ)
 (2) An International View of Pavement Engineering
 (3) pp.1~15
 (4) 舗装技術の国際的展望 (武本敏男)
 (5) 本論文は世界の主要な国々における舗装技術に関する情報を, 各種統計などを交えて紹介している。その上で, 著者らはアメリカと南アフリカの舗装技術に関するコスト比較などを行い, 両国の舗装技術を共有化する取り組みについて述べるとともに, 他国の舗装技術の導入の考え方について提唱している。
 このような情報は, 舗装技術の標準化とともに設計コスト縮減に必要なものであり, わが国の工事コスト縮減の参考となる文献である。

- (1) Konings, F. J., Timmerman, A. and Van de Griend, A. A. (オランダ)
 (2) From Rational to Sustainable Pavement Management
 (3) pp.17~23
 (4) 合理的舗装マネジメントから環境に配慮した舗装マネジメントへ (市岡孝幸)
 (5) オランダにおいては, コストと耐用年数で維持補修工法の選定を行ってきたが, 最近になって, 環境に配慮した工法の選定方法を採用するという考えが取り入れられるようになってきた。道路建設に必要な天然資源・エネルギーの消費量および騒音・建設廃材・大気汚染の発生量などの要因に対して基準値を設け, それら基準値を複合的に検討し各要因の評価点の合計によって, 補修工法を選定しようとするものである。

- (1) Merrill, D. B., Brown, A. J., Phillips, S. and Luxmoore, A. (イギリス)
 (2) A New Approach to Modelling Flexible Pavement Response
 (3) pp.25~34
 (4) たわみ性舗装の応答モデル化に関する新手法 (伊藤達也)
 (5) 高速道路や幹線道路などアスファルト混合物層の厚さが20cm以上ある箇所では, ひびわれがアスファルト混合物の上部から発生し, わだち掘れがアスファルト混合物層内で生じている場合があることが調査の結果確認された。このひびわれの発生を多層弾性理論や有限要素法を利用してモデル化することを試みた。軸対象で平面ひずみタイプの有限要素法はこのモデル化に適していないが, 多層弾性理論や3次元有限要素モデルは有効であり, 特に劣化等を考慮する場合に後者を推奨している。

- (1) Sund, E. K. (ノルウェー)
 (2) Analysis of the Norwegian Pavement Design Manual with a Life-Cycle Cost Perspective
 (3) pp.35~44
 (4) ライフサイクルコストを考慮したノルウェーの舗装設計マニュアルの解析 (岡藤博国)
 (5) ノルウェーの舗装設計マニュアルについて, ライフサイクルコストを考慮する上で, ユーザーコストを算出し, コンピュータプログラムVESYS-3を用いて力学的な解析を行いその妥当性を分析したものである。軽交通を対象とした舗装についてマニュアルに示されるものより強い舗装を構築した場合, 初期費用は増加するが解析したすべての舗装で予想以上に寿命が延びたため総コストは低減できることがわかったとしている。

- (1) Ningyuan, L., Haas, R., and Huot, M. (カナダ)
 (2) Investigation of the Relationship Between Pavement Rehabilitation Strategies and Life Cycle Costs
 (3) pp.45~54
 (4) 舗装修繕計画とライフサイクルコストに関する調査 (阿部長門)
 (5) 小規模および中規模の舗装ネットワークにおいて最適な維持と修繕(M&R)を決定するための新しいアプローチについてまとめている。修繕方法には, 全面的な補修の薄層から厚い層までのアスファルト混合物のオーバーレイを含み, 1層以上の舗装構成層の再利用を検討している。このプログラムに対する入力, M&R方法の選択とコスト

およびそれぞれの計画に基づく複数年の予算を考慮したものを舗装ネットワーク評価データとして含んでいる。出力データは、計画期間のそれぞれの舗装箇所に対する推奨されたM&Rの計画を提示するものである。

- (1) Abbrescia, G., and Colonna, E. P. (イタリア)
- (2) New Calculation Method Proposal for Road Flexible Pavement
- (3) pp.55~64
- (4) アスファルト舗装の新しい設計法の提案 (小笠幸雄)
- (5) CBR試験、材料特性および交通荷重によって、アスファルト舗装のオーバーレイ厚や舗装の各層の厚さを直接的に決定する方法を提案している。この手法は、アブレスチア教授によって考案され、理論的に解明するグループとそれを実際に応用するグループの両方からの長期間の研究によって完成された。
解析手法は、CBR試験法および舗装体内の実際の挙動をもとにした類推法に基づいている。

2. 軸重及びタイヤの空気圧による影響

- (1) Friedrich, M. (ドイツ)
- (2) Analysis on Long Term Performance Investigations in Germany
- (3) pp.65~74
- (4) ドイツにおける長期供用性調査に関する解析 (金井利浩)
- (5) ドイツでは過去30年にわたって、道路構造、気象条件、ダメージ、維持修繕の履歴に関する情報の他、車軸配置、タイヤの配置、トラック一台当りの軸数等を調べている。各軸重クラス毎に平均等価軸重を求めるものと実測した軸重を標準軸重における等価軸数に換算する2つの方法で標準荷重条件に換算し、表層下面に生じる曲げ応力を求めて疲労ダメージを計算している。その結果、たわみ性舗装では3~4乗則、剛性舗装では3~5乗則によって軸重換算あるいは軸数換算すれば、両方法によるダメージの算出結果はほぼ一致するとしている。

- (1) Mikhail, M. Y., and Mamlouk, M. S. (アメリカ)
- (2) Mechanistic Evaluation of Pavement Performance
- (3) pp.75~85
- (4) 舗装の挙動に関する力学的評価 (島崎 勝)
- (5) 動的荷重の変化に影響を及ぼす因子について、舗装と車両の相互作用を考慮して検討することに加え、アスファルトコンクリートの粘弾性、非線形性、粒状材料・路床材の塑性等も考慮した。3つの異なるサスペンションタイプに対する各々のモデルを開発し、サスペンションタイプと舗装のダメージの関係、車両と舗装の相互作用を考慮することの有意性、PSIの低下に関する検討結果等を得ることができ、舗装の構造設計、寿命予測に利用可能であるとしている。

- (1) Kazarnovsky, V. D., Yumashev, V. M., and Popov, M. L. (ロシア)
- (2) Modern Concept for Refining Russian Method of Flexible Road Pavement Design
- (3) pp.87~92
- (4) ロシアのたわみ性舗装設計法の改訂に伴う新しい概念 (東本 崇)
- (5) 現在、ロシアではたわみ性舗装の設計を行う場合、2つの条件に従って進めている。1つは凍上についてであり、もうひとつは強度的なものである。強度的な設計は3つの要素からなり、様々な舗装劣化を考慮に入れており、ひびわれによる層の荷重分散能力の減少に基づいている。設計因子として、弾性係数、ポアソン比、疲労指数、および動的クリープ指数、低温ひびわれに対する抵抗性を考慮に入れている。

- (1) Roque, R., Myers, L. A., and Ruth, B. E. (アメリカ)
- (2) Loading Characteristics of Modern Truck Tires and their Effects on Surface Cracking of Asphalt Pavements
- (3) pp.93~102
- (4) アスファルト舗装の表面ひびわれに対するトラックタイヤの載荷特性とその影響 (吉村啓之)
- (5) わだち掘れ部に表層から入るひびわれの原因を解明するために、バイアスタイヤとラジアルタイヤを用いて接地圧を実測し、舗装表面に引張応力が発生するかをBISARで計算を行って検証した。計算結果から、バイアスタイヤが引

張応力を発生しないのに対し、ラジアルタイヤではタイヤの左端で高い引張応力が生じることがわかった。ラジアルタイヤの普及でわだち掘れ部のひびわれが多く発生するようになったと予測している。

- (1) Refsdal, G. (ノルウェー)
- (2) The Lifting of Axle Load Restrictions during Spring Thaw - a Norwegian Experiment
- (3) pp.103~108
- (4) 春の融雪期間における軸重規制の解除—ノルウェーでの事例 (安井由喜夫)
- (5) ノルウェーの道路において、舗装の供用性を減少させないために春の融雪期約 8 週間にわたり軸重規制が1994年まで行われており、利用者に経済的損失をもたらしていた。この規制を解除した場合の管理者側および利用者側における経済効果の評価を行うため、研究プロジェクトを発足させた。プロジェクトの報告を受け、1995年に全ての軸重制限が解除となり、舗装の供用性を維持するための予算が増加されている。軸重制限が解除され 4 年が経過し、増加した予算により舗装の供用性は維持されており、将来の厳しい融雪の影響を受けても、現在の予算で十分対応できると結論づけている。

3. 空港舗装

- (1) Garg, N., Tutumluer, E. and Thompson M. R. (アメリカ)
- (2) Structural Modeling Concepts for the Design of Airport Pavements for Heavy Aircraft
- (3) pp.115~124
- (4) ボーイング777に対応する空港舗装の設計に関する構造モデルの概念 (黒田 智)
- (5) 現在、空港舗装の設計は、多層弾性理論を用い航空機荷重に対する舗装の応答を求めて行っているが、ボーイング777のような重荷重のトライデム・ギア構造の航空機に対しては、新たに検討する必要がある。本文では、イリノイ大学において 2 つの有限要素法のプログラムを用いて空港舗装の解析を行った結果について述べられている。舗装に発生するたわみや応力・ひずみを解析し、粒状路盤厚はアスコン層の引張ひずみや表面たわみに大きく影響しないが、路床の偏差応力、たわみ、ひずみを減少させることなどが示されている。

- (1) Floss, R. (ドイツ)
- (2) Construction and Enlargement of German Airports with Reference to Structural and Geotechnical Aspects
- (3) pp.125~139
- (4) 地盤技術の見地からのドイツの空港建設 (小関裕二)
- (5) 本文では、ミュンヘン、ライプチヒおよびドレスデン空港の建設にあたり、主に地下水の管理に関する地盤技術について述べている。さらに、地盤の変形挙動を解析し、長期の維持のための設計を行った結果について述べている。地盤に関する解析は、ミュンヘン技術大学で動的な圧縮制御試験 (FDVK) により行われた。地下水の管理については、ミュンヘン空港全体の地下水管理方法のほか、空港から出る下水処理プラントの概要および誘導路に散布される凍結防止剤からの地下水の保護の方法について述べている。

- (1) Janoo, V. (アメリカ)
- (2) PCC Airfield Pavement Evaluation for Spring Thaw Conditions
- (3) pp.141~148
- (4) 春の融雪期のためのPCC空港舗装の評価 (清水浩明)
- (5) 本文は、寒冷地におけるポルトランドセメントコンクリート (PCC) による空港舗装の評価方法について述べている。ここで示された結果は、アメリカ、ウイソコンシン州内の 2 地域の空港での調査に基づいたもので、春の融雪期のPCC舗装のジョイント部の舗装支持力と荷重分散について考察している。FWDによるデータ、路床の支持力係数 (k) および路床モジュラス (Es) の間にいくつかの相関関係が見いだされたとしている。

- (1) Korsgaard, H. C., Hede, J. C. H., Andersen, J. and Andersen, P. E. (デンマーク)
- (2) Evaluation of the Condition of an Airfield Pavement Based on Changes in Yearly Measurements
- (3) pp.149~159
- (4) 定期的な調査に基づいた空港舗装の評価 (鈴木康豊)

- (5) コペンハーゲン空港の維持管理について、舗装の定期的な調査結果に基づいたシステム（PMDMS）を紹介している。システムは、年1回の調査（平坦性、わだち掘れ、すべり抵抗の調査）、定期調査（支持力調査）、補足調査（コア採取など）の3つの調査結果に基づいて運用されるものである。これらの調査結果に基づいて、システムでは舗装構成毎に残存寿命が計算され、将来の維持管理計画の構築が可能であるとしている。

(1) Stet, M., Beuving, E., and Thewessen, B. (オランダ)

(2) Dutch Structural Evaluation Method for Concrete Airfield Pavement

(3) pp.161~170

(4) オランダにおけるコンクリート空港舗装の構造評価法

(関口英輔)

- (5) 標準的な剛性舗装の評価は、供用性の評価と、予想される交通荷重に十分耐えうるか否かを判定するための構造評価から成る。CROW（交通と社会基盤の情報技術センター）のワーキンググループUEC（コンクリート舗装の定形評価）は、FWD調査の結果を、ジョイントのあるコンクリート空港舗装の構造評価に取り入れる方法を開発した。UECによる評価は、コンクリート舗装評価のガイドラインを提供し、他の手法に対して様々な優位性があると結論づけている。

(1) Rollen, J., and Lange, G. (スウェーデン)

(2) Effects of De-Icing Agents on Airfield Asphalt

(3) pp.171~174

(4) 滑走路のアスファルト舗装における凍結抑制剤の効果

(高橋光彦)

- (5) スウェーデンでは、滑走路のアスファルト舗装に凍結抑制剤として砂や尿素に代わり化学薬品を使用した。早期に舗装の補修が必要となる問題が発生した。このため滑走路で凍結抑制剤を適用する場合の効果を評価するための試験方法について検討した。ウェザーメータ試験機内に供用中の4カ所の滑走路から採取した供試体を設置し、この供試体に4種類の凍結抑制剤（酢酸塩、グリコール酢酸塩、尿素など）を適用した場合の供試体表面のアスファルトのはく離等を確認した報告である。

4. 舗装のたわみと破損の調査

(1) Van Leest, A. J. (オランダ)

(2) Pavement Surveying with Euradar: High Speed Measurement of Layer Thickness and Defects, Experiences on Roads and Air Fields in Holland

(3) pp.175~185

(4) EURADARを用いた舗装調査：オランダにおける道路と飛行場での舗装厚の高速測定と欠点

(美馬孝之)

- (5) 一般的に用いられているコア採取による厚さ管理は、舗装が破壊され、コストの面からもその必要性が問われている。本文は、フランスのAUSCULTで新しく開発された携帯用の、軽量で簡易なレーダシステムEURADARを用いて、オランダの高速道路と飛行場で舗装厚の測定を行い、EURADARの適用範囲、精度、今後の展開について述べたものである。

EURADARは非接触式であり通常の交通で運転することができ、交通渋滞を引き起こすことなく、危険を伴わない。高速道路の場合、時速70~80kmで測定可能であり、瀝青材を用いた層、粒状のベース層、粘土質の層で適用可能であるとしている。

(1) Simonin, J. M., and Maisonneuve, P. (フランス)

(2) Dynamic Investigations in Assessing the Structural Condition of Pavements

(3) pp.187~196

(4) 舗装構造評価に関する力学的調査手法

(早川洋子)

- (5) フランスのLCPCでは30年以上もの間、舗装構造、特に路盤層を施した舗装の評価のための力学的試験装置について研究している。COLIBRIと呼ばれる装置は、衝撃分離器、測定ビーム、3つの加速度計、記録した信号を蓄積し処理するコンピュータ類等を搭載したトレーラーで構成される。1992年以来、この装置で測定を行ってきた結果、路盤層の力学特性に関してきわめて重要な情報を与えることが明らかになった。さらに、この装置で定期的な調査を行うことにより、供用期間にわたる舗装の経年変化を把握することも可能であるとしている。

- (1) Armitage, R. J., Elliott, R.C., Brodrick, B.V., Benett, R., Hayes-Gill, B. R. and Crowe, J. A. (イギリス)
- (2) 'SMART' Sensors in Pavements
- (3) pp.197~209
- (4) 舗装の「スマート」センサー (舟根 毅)
- (5) 本報告は、イギリス道路局による舗装の状態や性能を簡単に適度な値段で調査するために開発した応力ゲージとたわみ測定装置の有用性について述べたものである。
- 既存の装置との比較実験結果等から、開発した装置は信頼できる測定値を与えるとともに、費用、手間、調査時間についても従来装置と比べて良好な結果を示した。
- これらの装置を用いた測定方法が確立すれば簡単に安い費用で正確な調査が実現でき、舗装の効率的な管理と設計が可能になると思われる。
-
- (1) Lespert, P. and Boulet, M. (フランス)
- (2) Implementation of Quality Control Procedures for Data Collection on Pavements
- (3) pp.211~220
- (4) 舗装の品質管理データ収集システムの構築 (水野卓哉)
- (5) フランスの道路調査研究室 (LPC) は、舗装の各種性状に関する測定装置の再現性や測定精度の向上について継続的に検討している。
- 当該国では、舗装構造 (層厚と材料性状)、表面の破壊状況、耐荷力、平坦性、すべり抵抗をPMSにおける必要な入力パラメータとしており、本研究で検討した全ての試験装置と方法が数年後には承認、採用され、データ収集に利用される運びとなっている。
- 本論文は、PMSにおける入力データの妥当性に関する再検証を行っている点は評価できるが、目新しい記載が少なく総論的な内容にとどまっているのが残念である。
-
- (1) Schellenberger, W. (ドイツ)
- (2) Comparative Investigation of Several Measuring Devices and Test Methods to Determine Bearing Capacity
- (3) pp.221~232
- (4) 支持力決定のための測定機器および測定方法の比較検討 (村田信之)
- (5) 本研究は、アスファルト舗装の支持力測定に用いる、ベンケルマンビーム、曲率計、FWD等の試験装置の比較検討を目的として実施されたものである。
- 比較検討結果から、ベンケルマンビームとFWDで測定したたわみ量には相関関係があること、曲率計とFWDによる曲率半径は相関関係を示すが、アスファルト混合物の層厚の影響を受けることなどが確認された。
- 本報告は、荷重の載荷点とそこから500mm, 1000mm離れた点を同時に測定できる新たなベンケルマンビームの紹介を含め、測定機器の比較検討を行う際に参考となろう。
-
- (1) Lenngren, C. A. (スウェーデン)
- (2) Rolling Deflectometer Meter Data Strategy Dos and Don'ts
- (3) pp.233~243
- (4) ローリングたわみ測定機の測定データの戦略的使用方法 (山脇宏成)
- (5) 本論文では、スウェーデンにおける高速ローリングデフレクトメータ (連続的に高速で路面のたわみを測定する装置) (以下、RD) の最適な活用条件の検討を行っている。
- 検討結果から、①舗装に使用される材料の動的な特性の評価は、RDの結果のみでは困難である、②早い速度での測定結果の解析に弾性モデルはなじまない、③コンクリート舗装における測定では、9 tf以上の軸荷重が必要である、等の知見が得られた。
- RDで得られるデータの解析には、測定速度によって静的法と動的法のいずれかを適用することになるが、その使い分けについては明確にされていない。
-
- (1) Simonin, J. M., and Vialletel, H. (フランス)
- (2) Flash: A New Deflectograph
- (3) pp.245~252
- (4) FLASH: 新型たわみ測定車 (島崎 勝)

(5) 1993年にフランスでは、新型たわみ測定車FLASHの開発を開始した。その際には、測定桁の材質、動力システムの検討も実施している。 装置の開発時には、①剛性舗装上であっても高精度な測定を可能とする、②測定中のトラックのスピードを上げる、③前タイプと比較して推進力を向上させる、④測定装置の操作を簡便にする、の4条件を設定している。 結果的に新型たわみ測定車FLASHは、高性能なたわみ測定車として、フランスにおけるマーケットのシェアを拡大しつつあるとしている。
(1) Scarpas, A., Al-Khoury, R. and Van Gurp, C. (オランダ) (2) Finite Elements Investigation of Pavement - FWD Interaction (3) pp.253～262 (4) 有限要素法によるFWD評価について (江向俊文) (5) 本論文では、FWDが発する波動が舗装体をどのように伝播するのかを動的な非線形FEMを利用して調べ、舗装構造とFWD機構との関連性について検証している。 強弱2種の路床を有する舗装を対象に、温度や載荷形態、機材特性(緩衝材の硬さ)を解析の要因として舗装挙動の変化をとらえ、路床支持力の弱い舗装においては載荷パルスの違いにより舗装応答が変化する等の知見を得ている。 異なる舗装モデルでの再現性については言及されていないが、この検証を通じて、FEMがFWDを介して舗装挙動を把握する有効な手段であることが示されている。
(1) Clemen, R. (デンマーク) (2) Guidelines for Calibration of Falling Weight Deflectometers (3) pp.263～272 (4) FWDキャリブレーションのガイドライン (鈴木 徹) (5) 本論文はPPC (PHONIX Pavement Construction) におけるFWDキャリブレーションプログラムの概要と新しいキャリブレーションテストの性能について述べたものである。 PPCでは、次の①～⑦の手順でキャリブレーションを行っているが、改良を加えて、取扱いが便利で高精度のFWDキャリブレーションソフトウェアを開発したとしている。 ①たわみセンサーの相対キャリブレーション、②短期間の再現性確認、③長期間の再現性確認、④LVDTキャリブレーション方法の参照、⑤たわみセンサーキャリブレーション、⑥グループフィールドキャリブレーション、⑦フィールドキャリブレーション。
(1) Corona, E. P. (メキシコ) (2) The Use of the Deflection Measurements in Asphalt Pavement (3) pp.273～282 (4) メキシコにおけるアスファルト舗装のたわみ量測定について (玉木琢雄) (5) 本文は、メキシコにおける、ベルケルマン試験によるたわみ量測定法の見直しと当該試験法の有効性に関する検証の結果について述べたものである。 検討の結果、測定したたわみ量を、アスファルト舗装のオーバーレイ設計等のために有効に利用するためには、交通条件、既設舗装構造、舗装材料、そして環境条件をよく把握する必要があることがわかったとしている。 本文中には、各国の研究機関が提唱する、ベンケルマンビーム試験で得られる最大たわみ量と舗装の供用寿命の関係が示されており、舗装設計を行ううえで参考となる。
(1) Feighan, K. (アイルランド) (2) Load Transfer Measurement on in-situ Concrete Pavements (3) pp.283～291 (4) コンクリート床版上での荷重伝達率測定について (林 信也) (5) 本報では、FWDによって得られるコンクリート舗装目地部の荷重伝達率が、目地の補修要否の判定基準として適用できるか否かについて検討した結果について述べている。 FWDのD1センサーのたわみが200μm以上、またD2-D3センサーが75μm以上の箇所について目地部にグラウトによるアンダーシーリングを行い、その後の経過を追跡した結果、FWDのたわみから補修要否の判断を行うことの有用性が確認できたとしている。

日本でもFWDによるコンクリート部のジョイントの荷重伝達率測定から補修の要否を判断しており、参考文献として有用であると考ええる。

- (1) Kumapley, R. K., Titus-Glover, L., Owusu-Antwt, E. B. and Oduro-Konadu, E. (アメリカ)
- (2) Nondestructive Evaluation of D-Cracking in Asphalt Overlaid PCC Pavements
- (3) pp.293~300
- (4) **PCC舗装におけるアスファルトコンクリートオーバーレイのDクラックに関する非破壊調査** (増山幸衛)
- (5) 本文は、アメリカのデイトン国際空港において開発された、重荷重のFWDを用いたDクラックの調査手法について述べたものである。
当手法は、PCCの端部及び中央部においてたわみを測定し、両者の比率DEF ratio (=DEF edge/DEF center) によってDクラックの状態を、「悪い」から「最高」までの7段階で評価するものである。本手法によれば、簡便かつ安価に、また良好な精度で視覚的なデータが得られ、舗装の耐久性の問題と構造的欠陥を検出できるとしている。
日本でもコンポジット舗装における非破壊調査の一手法として参考になるとと思われる。

- (1) Abe, N., Sekine, E., Kamiura, M., Maruyama, T. and Miura, Y. (日本)
- (2) Stability Processing Evaluation Method for the Subgrade using HFWD
- (3) pp.301~310
- (4) **HFWDによる路盤と路床の支持力評価方法** (阿部長門)
- (5) 本研究は、HFWDによる路盤と路床の支持力評価方法について検討したものである。材料の物理性状とCBR試験や平板載荷試験等の強度試験結果との比較を行っており、FWDから推定した弾性係数には、乾燥密度 ρ_d と締固め度等の物理性状値さらにCBR値やK値などの強度特性値と高い相関があることが判明した。
また、静的な試験である平板載荷試験と動的な載荷試験であるFWD試験における載荷エネルギーの影響や、路床の置換えおよび安定処理前後の測定結果について検討を試み、置換えや安定処理の要否に関する判断や安定処理厚の設計が可能となったとしている。

- (1) Hetland, T. A. (ノルウェー)
- (2) ALFRED, a Norwegian Road Monitoring System
- (3) pp.311~318
- (4) **ALFREDを用いたノルウェーにおける道路モニタリングシステムについて** (飯田健一)
- (5) 本報文では、ノルウェーにおいて実施された、路面性状測定車：ALFRED及び解析システムの開発結果について述べている。
測定車は、超音波センサやレーザー光線を用いて縦断ならびに横断プロファイルを測定するものである。集積されたデータは1ユニットを20mとして順次解析され、中央道路データバンクに送られるシステムとなっている。
本測定システムは専用の技術者を必要としない簡単なものであり、今後、GPSも組み込んで相互的な道路モニタリングシステムへと発展させていく予定であるとしている。

- (1) Stet, M., and Gerardi, T. (アメリカ)
- (2) Evaluation of Longitudinal Roughness and Ride Quality of Airport Pavements
- (3) pp.319~328
- (4) **縦断方向の荒さの評価と空港舗装のライドクオリティ** (鎌田幸行)
- (5) 本研究では、航空機乗り心地指数評価法 (Aircraft Ride Quality Perspective) を用いて滑走路の路面荒さについて検討している。この方法はPavement Maintenance/Management System (PMMS) の評価方法と互換性があるように設計され、路面状態の定期的な調査に利用される。調査で得られたデータは"VSWEET"と呼ばれるプログラムにより解析され、路面の状態とそれにより引き起こされるであろう航空機のゆれが予測できる。
この方法では滑走路をエリアに分けて評価するため、修繕の必要があると判断された箇所だけを効率的に修復することが可能であるとしている。

- (1) Thom, N., Collop, A.C. and Elliott, R. C. (イギリス)
- (2) A Fresh Approach to Rut Prediction in Asphalt
- (3) pp.329~338

(4) アスファルト舗装の新しいわだち掘れ予測式の提案 (佐々木 巖)

(5) 本研究は、骨材骨格とバインダ性状を考慮した新しいわだち掘れ予測式を提案し、その妥当性を実験室での試験結果を用いて検証したものである。

骨材の形状、骨材骨格中の接触摩擦、バインダ粘度の3要素を因子としたせん断メカニズムに基づいて、新しい予測式を導いている。実験室における混合物試験結果から、その予測式の適用性が示されるとともに、論理的な妥当性も検証できたとしている。

しかし、予測式の検証は限られた数の実験結果に基づいたのものであると同時に、試験時の拘束条件に関して検討の余地がある等、実験上の課題が多く残されている。

(1) Pereira, P. A., Pais, J. C. and Sousa, J. B. (ポルトガル)

(2) Validation of SHRP A-698 Permanent Deformation Concepts for Different Truck Speeds

(3) pp.339~348

(4) 異なる車両スピードにおけるSHRP A-698永久的変形特性の検証 (佐藤雅規)

(5) 荷重によるわだち掘れを予測する方法としてSHRP A-698があるが、車両の速度については明確に示されておらず渋滞箇所や坂道などの車両速度の変わる場所では適用しづらい。このため、本研究では車両の速度を変化させた場合のわだち掘れの進行について調べた。

SHRP A-698での荷重・荷重のサイクルの条件は荷重0.1秒、非荷重0.6秒である。ここではポルトガルのハイウェイIP5で車両の平均速度が変化するいくつかの箇所を選定し、わだち掘れを調査すると同時に室内試験も行った。この結果、車両の平均速度の遅い地点の方が、速度の速い地点よりわだち掘れの進行が早い。

(1) Divinsky, Michel, and Nesichi, S. (イスラエル)

(2) Approach to the Road Roughness Type Estimation

(3) pp.349~357

(4) 路面の平坦性評価における新しい試み (菅野伸一)

(5) 本報告は、路面の平坦性や損傷程度を評価するために、新たに開発した独自のプログラム (SAS) による解析結果について述べたものである。

SASでは、単位解析距離を最小3cmから最大54cmまで変化させて測定データを解析でき、そこから路面性状に関する種々の因子が抽出される。その後、これらの因子間の相関関係を求めて3因子毎に三次元の総合的な路面評価が行われる。

本文ではどのような平坦性測定機器を用いているかは明記されていないが、日本の3mプロファイルメーターと同様の機器ではないかと思われる。

(1) Lepert, P., Shiffert, M. and Bertrand, L. (フランス)

(2) The New French Catalogue of Pavement Surface Distresses More Than a Dictionary!

(3) pp.359~368

(4) 辞書機能を備えた、舗装路面性状に関するフランスの新指導書! (高田祥子)

(5) 本報告は、1998年に出版されたフランスの路面性状に関する指導書について、その目的と作成方法、構成内容を要約し、紹介したものである。

この指導書の内容は、フランス公共研究所の30年来の研究成果と加速荷重装置での試験結果等に基づいており、永久変形、クラック等の路面損傷の種類とその発生原因、破損の発達の仕組みなどがまとめられている。

本報告では、これまでの多くの資料を総合的に分析・分類し直しており、今後日本においても参考事例として有用ではないだろうか。

(1) Rada, Gonzalo, R., Wu, C., Elkins, G. E., and Bhandari, R. K. (アメリカ)

(2) Characterization of Manual Distress Data Variability; Apparent Bias and Precision

(3) pp.369~380

(4) 疲労データに関するキャラクター化; 傾向と精度について (立石大作)

(5) 本論文はLong-Term Pavement Performance (LTPP) プログラムにおいて、実際に供用中の道路の疲労に関し得られたデータの評価法について述べたレポートである。

舗装体の疲労に関する評価には潜在的に非常に大きな偏りが懸念され、本研究では、その疲労データの偏りを定量

化することを目的としている。1992～1996年のLTPP調査結果を対象として、9つのワークショップにおいて11～16人の評価者で評価を試みている。

今回調査の対象となった区間は供用後5年間を対象としたものであるが、さらに供用年数が長くなった場合のデータの紹介およびその解析結果に興味が持たれるところである。

- (1) Pais, J. C., Pereira, P. A., and Sousa, J. B. (ポルトガル)
- (2) Field Measurements of Crack Activity and Laboratory Simulation of Crack Reflection Phenomenon in Pavements Overlays
- (3) pp.381～391
- (4) オーバーレイ層のリフレクションクラックの室内シミュレーションとクラックの現場測定 (手塚朗子)
- (5) 本報は、1987年からのCAM (Crack Activity Meter) を用いて行われた現場での縦横断方向のクラックの測定結果と1996年のRCD (Reflective Cracking Device) を用いた室内試験によるオーバーレイ層のリフレクションクラックの評価について述べられている。
オーバーレイ後のクラックは、オーバーレイ前の舗装とオーバーレイの厚さとその材料のスチフネスに依存した。室内試験では、SHRP法のせん断機械を用いたRCDを用いて、現場で測定したクラックパターンを再現した。
さらに、この調査は必要であるとしている。

- (1) Ferne, B. W., Hawker, L. and Pynn, J. (イギリス)
- (2) A Practical System for Crack Image Collection and Automatic Identification
- (3) pp.393～402
- (4) クラック画像の収集と自動認識のための実用システム (藤谷 篤)
- (5) 本論文はクラックのモニタリングと自動検出システムについて紹介している。
モニタリングシステムでは、舗装破壊の発生位置を正確に把握することが重要である。本論文で紹介されているクラック画像の収集と自動認識システムは、手動解析時のデータの整合性に対する不安感を軽減することができる。また、危険で費用のかかるスロースピードにおける調査の代替法として利益をもたらすとしている。
本論文の自動認識システムの発展は、舗装のモニタリングとメンテナンスに深く貢献するものと考えられる。

5. たわみの逆解析

- (1) Hothan, J. (ドイツ)
 - (2) Feasibilities and Limitations of Backcalculation Procedures
 - (3) pp.403～408
 - (4) 逆解析の可能性と限界 (安井由喜夫)
 - (5) 本研究は、ベンケルマンビームやFWD等により測定されるたわみデータの逆解析について検討したものである。
層厚が弾性係数に及ぼす影響、逆解析の繰り返し計算回数の設定、ならびにセンサ精度と逆解析の精度の対比等について検討している。結論として、逆解析により舗装の供用性寿命をある程度推定することはできるが、その適用性には限界があるとしている。
本報告で示されている事例のみで逆解析の適用性の限界について述べるのは早計と思われ、今後のさらなる検討を期待したい。
- (1) Roque, Reynaldo, R. B. E. and Sedwick, S. C. (アメリカ)
 - (2) Limitations of Backcalculation and Improved Methods for Pavement Layer Moduli Predictions
 - (3) pp.409～417
 - (4) 逆解析の限界と弾性係数予測の新手法 (黒田 智)
 - (5) 本論文は、センサーコンフィギュレーションによる、デュアルタイプの荷重装置をもつ改良版FWDとその解析について述べたものである。
改良版FWDでは、アスコン層とそれ以下の路盤層の解析能力を向上させるために、センサ位置を変更できるように設定されている。当該装置を用いて得られたたわみデータから各層の弾性係数を予測する数式を作成し、その予測精度について検証したところ、信頼性の高い現実的な結果が得られたとしている。

デュアルロードタイプのFWDは日本では例がなく、一手法として参考となろう。

- (1) Garg, N., Thompson, M. R. (アメリカ)
- (2) Structural Modeling of Flexible Pavements in the LVR Test Section at Mn/ROAD Project
- (3) pp.419～428
- (4) Mn/ROADプロジェクトにおける軽交通舗装試験セクションのたわみ性舗装の構造モデル (小関裕二)
- (5) Mn/ROAD (ミネソタ道路調査プロジェクト) の軽交通舗装セクションでの各種試験結果を用いて、粒状路盤材、路床土の挙動のモデル化を検討した。2種類の路床土(粘性土、砂質土)と6種類の粒状路盤材料上のたわみ性舗装においてFWDでたわみ量測定を行い、粒状路盤材と路床土の特性値は繰返し三軸試験機を用いて決定した。測定たわみは、ILLI-PAVE(有限要素法解析プログラム)を用いて解析し、粒状路盤材と路床土の応力依存性に関して現実的な構造モデルを示した。

- (1) Uddin, W. (アメリカ)
- (2) Application of Finite Element Dynamic Analysis for in situ Material Characterization of Pavement Systems
- (3) pp.429～438
- (4) 舗装システムの材料特性のための有限要素動的解析の適用 (清水浩昭)
- (5) ミシシッピにおいて収集した舗装のひびわれ、空洞、FWD荷重、交通荷重、コンクリート舗装の温度勾配の分析に三次元有限要素法を適用した。コンクリート舗装とアスファルト舗装の構造解析に静的および三次元有限要素動的シミュレーションを実施し、三次元有限要素動的解析の有用性を示し、高度なコンピュータ処理が舗装を正確に分析および設計するのに必要であると述べている。

- (1) AL Hakim, B., Armitage, R. J. and Thom, N. H. (英国)
- (2) Pavement Assessment Including Bonding Condition: Case Studies
- (3) pp.439～448
- (4) 層間の接着状態を加味した舗装の評価：事例研究 (鈴木秀輔)
- (5) 新設道路における調査結果から、新たに層間の接着性を考慮したFWDによる逆解析方法を開発し、舗装の寿命の評価を行う手法を提案した。3カ所の新設舗装において、開発した逆解析手法を適用するための調査が実施され、強度不足の路盤と層間の接着不良に相関関係があることが確認された。路盤の強度不足が層間の接着不良の主要因であると考え、層間の接着力を高めることで舗装の改善が図れるとしている。

- (1) Maruyama, T., Tang, B., Manabe, K. and Koseki, H. (日本)
- (2) Jointed Concrete Pavement Backanalysis Using a Simple Regression Approach
- (3) pp.449～458
- (4) 簡易な回帰手法を用いた目地を有するコンクリート舗装の逆解析 (小関裕二)
- (5) FWDたわみから、コンクリート舗装のコンクリート版と路盤の弾性係数(または路盤支持力係数)を求める方法を簡単な式で算出する方法を検討した。有限要素法による解析結果を回帰分析することによって、コンクリート版中央部と目地縁部のたわみ量から弾性係数(または支持力係数)を算出する式を導き、ILLI-BACK(逆解析プログラム)の結果と比較した。算出式を用いた計算結果は、十分な精度でコンクリート版と路盤の弾性係数(または支持力係数)を算出できることを示した。

- (1) Gschwendt, I., Stano, R. and Stefanec, E. (スロバキア)
- (2) The Bearing Capacity Analysis of Rigid Pavements
- (3) pp.459～466
- (4) 剛性舗装の支持力解析 (関口英輔)
- (5) 滑走路に敷設されたコンクリート版の縦横断方向の目地において、版の相互作用と荷重伝達を確認するために、FWDで試験を行った。試験は版の縁部に載荷し、その載荷された版と目地を隔てた非載荷の版のたわみを同時に測定し、目地のパフォーマンスと荷重伝達の評価に使用した。測定の結果、補強されていない縦断方向の目地のパフォーマンスは、横断方向の目地よりも悪い評価となり、コンクリート版が滑走路の中央部で欠陥を持つことの確証を得た。ただし、コンクリート版のたわみ測定は、気温と版内部の温度勾配によって評価に影響が生じるので、温度勾配が小さい時に行うことを推奨している。

(1) Mork, H. (ノルウェー) (2) The Effects of Sensor Configuration on the Backcalculation of Layer Moduli (3) pp.467~476 (4) 逆解析手法を用いて弾性係数を推定する場合のセンサ位置の影響 (高橋光彦) (5) ノルウェー道路局で開発された逆解析手法を用いて弾性係数を推定する場合のダイナフレクトおよびFWDの最適なセンサ位置について検討した。360カ所のたわみデータの統計分析と27カ所の既設および新設のアスファルト舗装において、センサ位置を変化させた場合のたわみデータを測定後逆解析手法により推定した各層の弾性係数について比較検討を行っている。ダイナフレクト、FWDとも3パターンずつのセンサ位置で検討し、ダイナフレクトはフロリダ州交通局で採用されているセンサ位置、FWDはSHRPで標準としているセンサ位置を採用した。
(1) Kameyama, S., Matsui, K., Kasahara, A., Himeno, K. and Maruyama, T. (日本) (2) Effect of FWD Sensor Locations on Backcalculated Layer Moduli (3) pp.477~485 (4) FWDセンサ位置が逆解析弾性係数に及ぼす影響 (美馬孝之) (5) FWD試験によって得られるたわみから舗装構成層の弾性係数を推定する場合、測定誤差の影響を受ける。そこで、逆解析弾性係数に影響を及ぼす測定誤差に対する感度を計算し、その影響が最小となるセンサ位置を遺伝的アルゴリズムによって求めた。また、得られたセンサ位置の妥当性をモンテカルロシミュレーションにより、各舗装構成層の逆解析弾性係数に与える影響を検討し、センサ位置を適切に選択することにより、推定される表層と路盤の逆解析弾性係数の標準偏差は、他のセンサー位置から得られるものと比較してかなり減少することが可能となり、FWDの測定数を削減できることを示している。
(1) Rocha de Almeida, J. (ポルトガル) (2) Back-calculation of Flexible Pavements with Consideration of Temperature Gradients (3) pp.487~496 (4) 温度勾配を考慮したたわみ性舗装の逆解析 (早川洋子) (5) アスファルト混合物の弾性特性は温度に強く依存するため、逆解析手順に温度勾配を考慮する簡易手法を示した。提案した手法の検証のため、様々な深さでの温度測定およびFWDデータの収集を行い、逆解析プログラムLEADを用いて、アスファルト層を分割する方法とアスファルト層を一層とする方法について解析した。解析結果から、双方のアプローチは類似した結果となったが、逆解析で得られたアスファルト層の弾性係数は、採用する弾性係数と温度との関係式に影響を受けることを示し、アスファルト材料の弾性的応答に対する温度の影響を表現できる関係を明白にしている。
(1) Kim, J. R., Titus-Glover, L. (アメリカ) (2) Determination of Viscoelastic Properties of Asphalt Concrete Layer Using Falling Weight Deflectometer (FWD) tests (3) pp.497~506 (4) FWD試験を利用したアスコン層の粘弾性特性の決定 (舟根 毅) (5) FWDの測定値から舗装を構成する各層の弾性係数を多層弾性理論に基づいて逆解析する場合に線形性を仮定した粘弾性理論の動的解析を検討した。FWDを用いて時間的変化を載荷中央から一定間隔でセンサにより測定し、それらの測定値から粘弾性理論により逆解析を行った。結果はアスコン舗装が粘性特性を示すことを明らかにし、アスコン層が線形の粘弾性であると仮定できることを示した。さらに、楕円のヒステリシスループ方式により説明し、その角度は載荷板中央のひずみと荷重プロセスから計算できることを示した。
(1) Uzan, J. (イスラエル) (2) Estimation of Subgrade Thickness from Deflection Basin Analyses (3) pp.507~516 (4) たわみ曲線を用いた路床厚さの評価手法について (水野卓哉) (5) 逆解析プログラム (MOD4-2) は、路床厚の計算結果が不正確という指摘があったため、新たに路床厚を逆計算する計算プログラム (MOD4-3) を開発した。MOD4-2の計算手法では、舗装構造で堅い層の存在が逆計算に影響を与えると考えたが、MOD4-3の計算手法では、この堅い層の影響を計算に盛り込む手法を提案した。このシステムは、

路床層を含めた4層モデルで逆計算を行うものである。MOD4-2とMOD4-3により、同一箇所における舗装構造の逆計算が行われ、ボーリングを行い実測された路床厚さと比較しMOD4-3の計算結果が正しいことを確認した。

6. 構造評価および構造設計

(1) Van Gurp, C., Bode, A., Wennink, M. and Molenaar, A. (オランダ)

(2) Full Structure Diagnosis of Low-Volume Roads

(3) pp.517~526

(4) 軽交通道路における舗装構造診断

(村田信之)

(5) 軽交通道路の荷重分散機能はアスファルト混合物層が薄いため、路床の影響が大きいことに着目し、通常の構造指数に路床単独の構造指数を考慮した改良構造指数を提案した。この改良構造指数を用いた評価手法について、妥当性の検証と入力条件の標準化を試み、改良構造指数とFWD測定データとの間に相関が確認され、開発された評価手法は舗装構造の最適な評価ができることを示した。入力する設計パラメータは、アスファルト混合物層の上下面および安定処理層下面での水平引張りひずみ、碎石路盤および路床上面での鉛直圧縮ひずみを用いている。

(1) Feng, X., Tang, B. and Han, T. (中国)

(2) Structural Performance of Concrete Pavements in China

(3) pp.527~536

(4) 中国におけるコンクリート舗装の構造的なパフォーマンス

(山脇宏成)

(5) 中国におけるコンクリート舗装の施工延長は、年々増加しているが、施工経験の欠如のため早期破壊、管理、メンテナンスが問題となっている。そこで、現場試験のデータよりコンクリート舗装の構造的な評価を版のひびわれ破損率、ひびわれレベル、舗装状態指数の3指数について、それぞれ標準軸荷重、供用年数、路床の安定度、応力レベルを変数にした回帰分析を行った。回帰式でそれぞれの指数に対し、10区間の供用開始時、2年後、5年後、10年後の予測を行った。今回開発した3指標による評価標準は、舗装管理システムを確立する上で一つの選択肢となる。

(1) Theyse, H. L. (南アフリカ)

(2) The Development of Multi-Dimensional Transfer Function for the Permanent Deformation of Pavement Structures

(3) pp.537~548

(4) 舗装構造物の永久変形に対する三次元モデルの検討

(市岡孝夫)

(5) 現在、南アフリカの配合設計方法は、最も危機的な層によって決定されるというクリティカルレイヤ法に基づいているが、この方法では、破壊に至っていない供用中の状態および構造的な破壊からわだち掘れのような舗装表面の破壊までを複合的にシミュレーションすることは不可能である。そこで、大型車シミュレータ (HVSs) による促進走行試験 (APT) 結果および繰返し三軸試験のデータに基づいて各層 (各材料) の特性を把握し、これを室内モデルのデータに使用した三次元モデルを提案し、その有意性を確認した。このモデルは二つの独立変数 (応力レベルと繰返し載荷回数) と二次的な独立変数 (材料品質等) のみから成っている。

(1) Mannisto, V. and Jarvinen, S. (フィンランド)

(2) On the Effect of Dynamic Roughness Index to Alligator Cracking

(3) pp.549~555

(4) 亀甲状ひびわれに対する動的ラフネス指数の効果

(伊藤達也)

(5) フィンランドのPMSモデルは、重交通路線や支持力の低い路線において亀甲状ひびわれを予測することに課題があるため、モデルを改良するために動的ラフネス指数 (DRI) なる指標を検討した。DRIとは、Road Surface Monitoring車によって測定される動的な軸荷重と静的な軸荷重の比の4乗で表され、重車両の動的軸荷重に対する路面の平坦性を評価する指標である。亀甲状ひびわれがある箇所とない箇所に対し、DRI、BCI (路盤曲率指数)、供用年数といった指標を用いたロジスティック回帰分析を行い、亀甲状ひびわれをある程度推定することを可能とした。DRIとIRI (国際ラフネス指数) には高い相関があるが、同じモデルに取り入れていない。

(1) Livneh, M. (イスラエル)

(2) The Remaining Life Factor for Overlay Design

(3) pp.557～566

(4) オーバーレイ設計における残存寿命

(岡藤博国)

(5) たわみ性舗装のオーバーレイの設計において、残存寿命の概念を取り入れた手法について述べている。基本的なオーバーレイへのアプローチ方法を述べ、残存寿命を示すパラメータとAASHTO, CBR, TRRL等の手法、オーバーレイの厚さや舗装の疲労クラック等との関係を示している。それらの関係から残存寿命を決定するものであるが、考え方は特に新しいものではなく、イスラエルで現在行われている設計マニュアルの研究の一環である。

(1) Khazanovich, L. and Yu, T. (アメリカ)

(2) ILSL2-A Finite Element Program for Analysis of Concrete Pavements and Overlays

(3) pp.567～578

(4) コンクリート舗装とそのオーバーレイにおける有限要素法プログラムILSL2による解析

(小笠幸雄)

(5) ILLI-SLAB, J-SLAB, FEACONSIV等の有限要素法プログラムは、コンクリート舗装やそのオーバーレイの解析に広く利用されているが、これらのプログラムには、いくつかの制限がある。ILLI-SLABの拡張版であるILSL2有限要素法プログラムはこれらのプログラムのいくつかの制限が解決されている。ILSL2は、舗装の挙動の解析、線形的もしくは非線形的な舗装体の温度分布の解析、コンクリート版内のひびわれの解析ができる。実際に計器を埋設した版から得られたデータの解析結果からもILSL2の妥当性が証明された。ILSL2のインターフェイスはマイクロソフト・ウィンドウズであり、応力、ひずみ、たわみのコンター図も描写できる。

(1) Hadi, M. N., Malik, A. A. (オーストラリア)

(2) FLEXIPAVE: a Finite Element Based Program for the Analysis of Flexible Pavements

(3) pp.579～588

(4) 有限要素プログラムFLEXIPAVEによるたわみ性舗装の解析

(金井利浩)

(5) 層数、各層の厚さおよび材料特性値を入力するだけで簡単にたわみ性舗装の構造解析が行える3次元有限要素プログラムFLEXIPAVEを開発した。プログラムは、windows上で稼働し、舗装構造の中で最もクリティカルとなる箇所を画面に表示する機能や計算結果の確認のために汎用有限要素プログラムソフトであるSTRAND6とMSC/NASTRANのプレおよびポストプロセッサとしての機能を有している。解析理論は線形弾性理論だが、材料の直交異方性を考慮できる。本プログラムにより、簡便にたわみ性舗装の構造解析が可能となり、経済性等を考慮しながら、最も条件に合致した断面を検討することができる。

(1) Eckmann, B. (スウェーデン)

(2) The NOAH Software

(3) pp.589～598

(4) NOAH ソフトウェア

(島崎 勝)

(5) 舗装の設計における多層弾性応力、ひずみの解析に有効なコンピュータプログラムNOAHを開発した。NOAHは道路の構造的挙動における設計に関するパラメータの影響を考慮して自動計算を行うコンピュータソフトだが、新しい設計方法を目的として開発されたものではなく、従来の多層弾性解析に便利なツールである。NOAHは、ROSENBLUETH近似予測に基づく信頼性の高い計算を可能とし、短時間にデータベース化された種々のパラメータを引用でき、大きな変更をしなくても異なる計算プログラムに変換、あるいは新しいパラメータを追加できるなどの便利な機能がある。

(1) Hadi, M. N. and Zarghampour, H. R. (オーストラリア)

(2) Non-Liner Element Analysis of Recycled Road Pavements

(3) pp.599～608

(4) 再生舗装の非線形有限要素解析

(東本 崇)

(5) コンピュータの発達により、アスファルト舗装の設計法に理論的設計法が盛んに研究されるようになったが、そのほとんどは舗装材料を線形弾性体と仮定して舗装内部の応力やひずみを解析しているため、実際の材料の特性である非線形性を考慮していない。そこで、再生アスファルト舗装の力学的挙動を線形および非線形有限要素法と有限差分法を用いて解析を行った。有限要素プログラムMSC/NASTRANと有限差分プログラムCIRCLYを使用し、路床上面の圧縮ひずみは線形有限解析により算出されたものが最も小さく、次いで非線形有限解析、最も大きかったのはCIRCLYによるものという結果を得た。

- (1) Celko, J., Komacka, J. (スロバキヤ)
- (2) Analysis of the Pavement Bearing Capacity on the Deflection Bowl Basis
- (3) pp.609～617
- (4) **たわみ曲線を利用した舗装の支持力の解析** (吉村啓之)
- (5) FWDによるたわみ曲線を用いた舗装構造の評価方法について検討した。OPMEKOと呼ばれるコンピュータプログラムを開発し、測定たわみの逆解析を行い、弾性係数を推定した。アスコン層の弾性係数は11℃に補正し、アスコン層下面の水平方向応力、路床上面の垂直方向応力が基準値を満足するかの舗装の評価を行い、残存寿命は逆解析弾性係数を用いて順計算した応力を用いて算出し、不足した場合にはオーバーレイが必要となる。舗装評価の結果は随時データベースに保存され、必要オーバーレイ厚の差が3cm以内の区間をまとめて出力できる。

- (1) Blab, R., Litzka, J. and Molzer, C. (オーストリア)
- (2) The New Austrian Standard For Pavement Design
- (3) pp.619～628
- (4) **新しいオーストリアの舗装設計基準** (武本敏男)
- (5) 本論文はオーストリアにおいて、制定された新しい舗装設計基準について述べている。まず設計区分として、瀝青舗装とコンクリート舗装の2つに分ける。その上で、設計交通量を6つの荷重区分により、決めるとしている。設計交通量の決定の手法としては、解析的な設計手法を用いている。
この基準で最も大きな改正は、交通量の増加に対応した新しい荷重区分と一般道路における再生材の利用の容認であるとしている。これは、道路事情の変化をふまえて、設計基準を変えることが大切であることを述べた論文であり、今後の舗装設計のあり方を考える上で、参考となる論文である。

- (1) Timm, D., Brigisson, B. and Newcomb, D. (アメリカ)
- (2) Variability of Mechanistic-empirical Flexible Pavement Design Parameters
- (3) pp.629～638
- (4) **経験的力学を用いたたわみ性舗装設計パラメータについて** (江向俊文)
- (5) 従来、舗装厚の設計は実道におけるデータを踏まえた経験的な手法により行われている。これは、AASHTOに組み込まれるほどのものであるが、舗装性能あるいは設計パラメータの自由度により舗装厚が変わってしまう。本文はこれらを背景として信頼性の高い設計法の確立や、モンテカルロ法によって経験的力学(M-E法)による設計の信頼度に対するパラメータの自由度の影響を論証することなどについて記されている。
M-E法による設計において、統計的なパラメータが鍵となり、またM-E法を許容するためには設計パラメータの自由度の範囲を合理的に規定することが必要としている。

- (1) Hopkins, T. C. and Slepak, M. E. (アメリカ)
- (2) Estimated Factors of Safety of the AASHO Road Test Flexible Pavement Sections Based on Limiting Equilibrium Methods
- (3) pp.639～648
- (4) **Limiting Equilibrium MethodによるAASHO道路試験舗装の安全率の推定** (佐々木蔵)
- (5) 著者らはLimiting Equilibrium Methodにより舗装の構造評価を行って安全率を算出する方法を提案し既に報告している。本報はその安全率の手法を用いてAASHO試験の結果を解析して、舗装寿命等により支持力の評価を行ったものである。
AASHO道路試験の215工区の舗装について安全率を確認したところ、0.63から1.81の値に分布し舗装寿命に関連づけられた合理的なものであったとしている。また、この手法を用いることによりタイヤ接地圧の影響を調べることができ、接地圧が増すと極端に舗装寿命が縮まるとしている。

- (1) Thompson, R. J. and Visser, Alex, T. (南アフリカ)
- (2) Pavement Design For Ultra-Heavy Mine Trucks
- (3) pp.649～661
- (4) **重交通鉱山搬路の配合設計** (鈴木 徹)
- (5) 本論文は重交通荷重で生じる層の力学的性状と重荷重搬路に対する構造設計の提案をまとめたものである。
経験に基づいた既存の搬路設計方法は重交通の軸重が多層構造を考慮する場合、不十分であり、搬路設計に関して

はCBR設計法が有益である可能性がある。2つの設計基準が提案され、垂直ひずみが道路の構造性能に関連しており、搬路での繰り返し荷重に対するひずみ量の上限は2000と提案される。

- (1) Huurman, M., Houben, L. and Molenaar, A. (オランダ)
- (2) Design and Performance Models for Concrete Block Pavements
- (3) pp.663~672
- (4) **コンクリートブロック舗装の構造評価について** (玉木琢雄)
- (5) コンクリートブロック舗装（以後ブロック舗装）はコンテナヤードや空港のエプロン等様々な場所へ適用されている。ところが、ブロック舗装の設計方法は、現状では確立されていない。本研究は、ブロック舗装を構造力学的に解明し、設計手法を提案するために行ったものである。
今回の研究より、ブロック舗装を設計する場合は動荷重を用いるべきである。なぜならば動荷重と初期の平坦性レベルは高い相関があるためである。また、ブロック舗装には様々な要素があるために具体的な構造設計方法は導き出せなかった。

- (1) Atttoh-Okine, N. O. (アメリカ)
- (2) Potential Applications of Geometrical Modeling to Stress-Strain Behavior of Asphaltic Concrete Layers in Flexible Pavement
- (3) pp.673~683
- (4) **アスファルトコンクリート層の幾何学モデルを利用した構造解析** (林 信也)
- (5) 交通荷重を受けるアスファルト混合体層の骨材とバインダの接合によってどのような挙動を示すのか解析を行った。
構造の幾何学的解析には、DEM (Discreate Element Model) を用いた。入力するファクターは、骨材と骨材の接触部の力学的ベクトルとアスファルトの粘性を表す数値である。
DEMを用いてアスファルト舗装の骨材間の接触状況並びにバインダとの幾何学的構造解析を行うことは可能である。また、これを用いることによって、アスファルト量を適切に解析することができる。

- (1) Pronk, A. C. and Van den Bol, M. E. (オランダ)
- (2) Winkler - Pasternak - Kerr Foundations- Notes on Boundary Conditions
- (3) pp.681~693
- (4) **ウィンクラー、パステルナック、カー地盤における境界条件の検討** (増山幸衛)
- (5) 舗装の構造設計において、アスファルトコンクリートではバーミスタ理論が用いられているのに対し、セメントコンクリート舗装においては、ウィンクラー地盤を適用する方法が採られている。しかし、ウィンクラー地盤だけでは不十分と考えられるため、さらに精度を高めた地盤としてパステルナック、カー地盤が提案されている。
本論文では、これらの地盤を適用する場合の境界条件について検討を行い、シミュレーションに対し良い結果を示すこと、測定結果から、検討した境界条件は良好と見えることなどについて報告している。

- (1) Janoo, V., Irwin, L., Eaton, R. and Richter, C. (アメリカ)
- (2) Subgrade Failure Criteria
- (3) pp.695~704
- (4) **路床の破壊が舗装に及ぼす影響について** (飯田健一)
- (5) 本報文は舗装の破壊（わだち、ひび割れなど）原因として路床の支持力に着目し、特に路床の凍上作用についての研究成果が述べられている。研究はAASHO道路試験に基づき、舗装下面に作用する水平応力ならびに路床上面に生じる鉛直方向応力の関係をも考慮した。試験に供した試料は性質の異なる4種類の土を用いており、その内2種類については現場調査も実施した。実験の結果特に特筆すべき事項は無く、参考程度にされたい。

- (1) McPeak, T. J., Khazanovich, L., Darter, M. I. and Beckemeyer, C. A. (アメリカ)
- (2) Determination of in-service Asphalt Pavement Subgrade Support for Concrete Pavement Overlay Design
- (3) pp.705~715
- (4) **コンクリート舗装のオーバーレイ設計のための供用中のアスファルト舗装の路床支持力の決定** (鎌田孝行)
- (5) 現在、FWDによるたわみ分布の測定値から舗装を構成する各層の弾性係数を逆解析する方法が使用されている。

筆者らはカンザス有料道路の舗装構造の解析と修繕方法の設計を請け負ったが、セメントコンクリート舗装版の設計を必要とする工区において、路床の支持力をどのように決定するかが問題になった。この報告では供用中のアスファルト舗装の路床支持力の評価方法として、FWDによるたわみ量の測定結果からニューラルネットワークを利用したDIPLOBACK法、AREA5法、多層弾性理論を基にしたWESDEFプログラムにより解析した。これらの結果は非常に似た傾向を示した。

- (1) Onitsuka, K., Shen, J. N. and Shen, S. (日本)
- (2) Consolidation Induced Strains in Asphalt Concrete Pavements
- (3) pp.717~726

(4) アスファルト舗装における圧密ひずみのFEM解析

(佐々木巖)

- (5) 佐賀県の軟弱地盤、有明粘土層上に構築された道路舗装は、その圧密沈下による影響を受ける。低盛土による舗装の構築は、沈下をさける一つの手法である。本報告は、有限要素法によりこの挙動をシミュレートして解析を行うとともに、沈下を低減するためのパラメータ解析による合理的な設計の検討結果を述べたものである。

改良路床までの層には弾性モデルを適用したが、有明軟弱地盤にはCam-Crayモデルが適することがわかった。沈下予測では、アスファルト混合層層底面の曲げ引張りひずみよりも、路床土頂面の圧縮ひずみの影響が大きかったと報告されている。

- (1) Park, S. and Fernando, E. G. (アメリカ)
- (2) Sensitivity Analysis of Predicted Stress-dependency and Plastic Behavior for Load Zoning
- (3) pp.727~736

(4) 道路区分のための車両形態および使用材料の特性について

(佐藤雅規)

- (5) テキサス州の28,175kmの道路の内98%は、道路の損傷防止のため車両の重量制限として260kNを用いている。しかし、実際の道路では車両重量の他に、車軸形態、舗装構造等が関与し、破壊に至る。本研究では、車軸形態とともに舗装構造を考慮した道路区分を見いだすための地盤の研究を行った。

理論的な計算方法、Mrから算定される材料係数K1, K2, K3およびモール-クーロンでの粘着力およびせん断抵抗角の条件を変化させ、道路舗装に与える影響を分析した。この結果、各層の材料係数や粘着力が舗装に与える影響の優先順位を示した。

- (1) De Bondt, A., Molenaar, A. and Scarpas, A. (オランダ)
- (2) Selection of Interlayer Systems to Prevent Reflective Cracking
- (3) pp.737~748

(4) リフレクティブクラッキング抑制中間層システムの選択

(菅野伸一)

- (5) 本報告は、リフレクティブクラッキングの抑制方法についての幾つかの指針を示したものである。その方法には、a.オーバーレイ層が、中間層の下クラック層とは異なった独自の挙動をすることでリフレクティブクラッキングの進行を遅延抑制する方法、b.オーバーレイ層自体をリフレクティブクラッキングが発生しないように強化する方法の2つに大別できる。

a.による抑制としてSAMIおよび不織布があり、せん断力が小さい場合は最も有効な方法であるとし、b.によるものとしてはスチール、グラスグリッド、高強度ポリプロピレン等があり、これらの補強材の適用にあたってはよく接着していることが重要であるとしている。

7. 実物大試験

- (1) Vuong, B.T., Sharp, K.G. and Johnson-Clarke, J. (オーストラリア)
- (2) Performance and Axle Load Equivalency of Unbound Granular Pavements
- (3) pp.749~761

(4) 粒状舗装の性能と軸荷重等量

(高田祥子)

- (5) 本論文は、セメントなどで固めていない粒状路盤を有する舗装に対し、加速載荷施設(ALF)を用いて繰り返し走行試験を行い、このときのわだち量等のデータを分析したものである。

結果、この舗装は比較的短命で、軸荷重40kNのとき、変形量15mmになるのに、約20,000ESAsであった。また変形

量を各軸荷重間で等値換算する荷重ダメージ指数 (LDE) 値はこの舗装では約7.5であり, AASHO道路試験で得られた4というLDE値よりはかなり高い結果となった。しかし, オーストラリア舗装設計ガイドの下層ダメージ推奨値7.14に近くなった。

- (1) Heck, J. and Piau, J. (フランス)
- (2) Thermo-Visco-Elastic Modeling of Pavements Behavior and Comparison with Experimental Data from LCPC test track
- (3) pp.763~772
- (4) 舗装の粘弾性モデルおよびLCPCテストトラックからの実験データとの比較 (立石大作)
- (5) 舗装材料の実験室での評価法およびモデル理論に関するレポートである。本内容は, アスファルト混合物の粘弾性挙動を実験室のデータとテストトラックより得られたデータの比較検証を目的としとしている。
データはHuet&Sayeghの粘弾性則に基づき処理されている。舗装体温度20℃, 38℃の試験において, テストトラックにおけるひずみ, 応力の評価結果とCVCPRプログラムによるシュミレート結果はおおよそ一致し満足のいくものであるであった。CVCPRは舗装体のより一層複雑な挙動, すなわちわだち掘れや疲労に関し有用な情報を与えるとしている。

- (1) Horat, M., Ozkul, O. and Caprez, M. (スイス)
- (2) Full-Scale Pavement Test with Hydraulic Bound Materials using 50% Granulate Asphalt
- (3) pp.773~782
- (4) 50%粒状化アスファルトを使用した水硬性路盤材料のフルスケール舗装試験 (手塚朗子)
- (5) 1994年から, スイスでフルスケールの水硬性路盤層の試験が行われた。室内試験, 現場試験, データからの解析により行われた。水硬性路盤層とは, 粒状化アスファルト50%とレキ50%からなる。
室内試験は, 円周上のトラックを用い4つのブロックで, 表層・基層・SAMI層・路盤・路床の異なった舗装構造で載荷試験を行った。わだち掘れ深さ, 縦断プロファイル, 静的・動的変位, 異なった層間でのひずみ量などが測定された。現場試験は, 1995年室内試験との比較が行われた。現場は, すでに3年経過しているが, すべり抵抗性, わだち掘れ深さについて問題がない。
この試験は, 1998年で終了とされていて, 本報が第一報目であり, 最終的な結論まで述べられてなく, 今後に期待したい。

- (1) White, T. D. and Hua, J. (アメリカ)
- (2) Relating Accelerated Pavement Testing to in Service Pavement Performance
- (3) pp.783~791
- (4) 促進劣化試験 (APT) を用いた供用中の舗装性能予測に関する検討 (藤谷 篤)
- (5) APT装置は, ホイールトラッキング試験の様にわだち掘れを測定する試験機である。本論文は, APTを用いて供用中の舗装性能を予測することを目的としている。
実験の結果, 以下の条件において, 相対的にわだち掘れが深くなることが確認された。①試験温度が高い②走行速度が遅い③接地圧が大きい④走行距離が長い。また, 実測したわだち掘れとクリープ速度の計算モデルによるわだち掘れの一致が確認された。計算モデルは, 走行速度・接地圧・走行距離の実測が不要であり, わだち掘れを直接予測することが可能である。

- (1) Melhen, H. and McReynolds, R. (アメリカ)
- (2) Development of an Accelerated Testing Laboratory for Highway Research in Kansas
- (3) pp.793~802
- (4) カンザス州における高速道路調査のための促進試験室の開発 (武本敏男)
- (5) 本論文はアメリカカンザス州において, 高速道路調査のために開発された促進試験室について述べている。
この試験は試験室内で行われ, 一定の条件で舗装供試体に178kNの輪荷重をかけるものである。温度は, -23℃から+66℃まで設定可能である。

- (1) Bhairo, P.D., Groenendijk, J., Molenaar, A., Van Dommelen, A., Miradi, A., and Vogelzang, C. H. (オランダ)
- (2) Pavement Performance Modelling using APT

(3) pp. 803~812

(4) 舗装の促進試験に基づく舗装性能のモデリング

(阿部長門)

(5) オランダのLINTRACKという舗装の促進試験 (APT) は、舗装の設計と性能予測モデルの開発のための活用された。この論文はこれらの試験から得られた結果と発見が記述されている。重点は、それらのクラックと永久変形の動向に関して2つの舗装の性能に基づく。

この結果、アスファルト混合物の弾性係数が、初期値の50%に低下したときが破壊と考えられ、この時の破損形態はひび割れ率で20%となる。この試験に基づく舗装の寿命は、現場の性能と比較して線形的に考慮することができる。また、シェルの路床のひずみの破壊基準は、オランダの一般的な砂質土の路床に適合性が高いことが明らかとなった。

(1) Huhtala, M., and Pihlajamäki, J. (フィンランド)

(2) Full-Scale Accelerated Pavement Testing in Finland and Sweden

(3) pp.813~822

(4) フィンランドとスウェーデンにおける実物大促進走行試験

(市岡孝行)

(5) フィンランドおよびスウェーデンでは、1997年に共同出資によって南アフリカより大型車シミュレーター (HVS: Heavy Vehicle Simulator) を購入し、両国間で交互に使用している。HVSは、実路における数年間の供用状態を2、3ヶ月で再現できるものである。

HVSによる舗装の促進耐久性試験では、舗装の劣化過程のモデル化、室内試験結果の適用性の確認、異なる舗装構造間での比較、供用寿命に与える修繕の影響調査が行え、必要な検討課題の一つであるライフサイクルコストの分析に有効な試験となるものと思われる。

(1) Macdonald, R. and Zhang, W. (デンマーク)

(2) Accelerated Load Testing of the RTM2 Test Pavement in the Danish Road Testing Machine

(3) pp.823~834

(4) デンマーク道路試験機によるRTM2試験舗装の促進荷重試験

(伊藤達也)

(5) 本論文は、FHWA (アメリカ連邦道路庁) のもとで行われている路床パフォーマンスの研究に関するものである。目的は、荷重と環境を要素とした路床変形の調査と新たな路床破壊基準やパフォーマンスモデルを開発することにある。

デンマークにおいては、この研究をデンマーク道路試験機による促進荷重試験で行っている。本論文は、デンマーク道路試験機とこれを用いた2回目の試験舗装 (RTM2) に関する概要やこれまでの予備試験結果の報告である。

(1) Baltzer, S., Zhang, W., Macdonald, R. and Ullidtz, P. (デンマーク)

(2) Comparison of Some Structural Analysis Methods for the Test Pavement in the Danish Road Testing Machine

(3) pp.835~844

(4) RTMでの試験舗装における構造解析手法の比較

(岡藤博国)

(5) 本文はRTM (Danish Road Testing Machine) での試験舗装において、計測装置により応力ひずみを測定するとともに、3種類の解析プログラムを用いて弾性係数を求め、それらの結果を比較したものである。

その結果、各層ごとの応力ひずみの出力結果に多少の差異はあるものの、3つの解析手法は測定値とおおむね一致することが確認された。また、METによる解析は等値換算厚を調整することによって順解析をさらに最適化することが可能としている。

(1) Theyse, H. L. and Heath, A. (南アフリカ)

(2) Accelerated Pavement Testing of Pavement Structures Constructed by Labour Intensive Methods Using Waste and Locally Available Materials

(3) pp.845~856

(4) 廃棄物や地方産材料を用いた舗装構造の耐久性評価促進試験について

(小笠幸雄)

(5) 労働集約型の技術によって建設された舗装の品質と支持力を評価するには、多くの研究調査が必要である。この労働集約型の建設プロジェクトを、促進舗装試験 (APT) の計画に取り入れ、LTPPセクションとしても調査した。

当初の促進試験は、設計法を検証するため行われた。重荷重シミュレーター (HVS) は、舗装構造の供用性を評価するために用いられた。これにより、乾燥状態、湿潤状態での舗装の挙動とその寿命、それらに対する荷重の影響等に関する調査ができた。また、舗装のわだち掘れ挙動と舗装寿命に対しては、舗装の下層の締固めが大きな影響を与

えることが判明した。

- (1) Ullidtz, P. and Ekdahl, P. (デンマーク)
- (2) Full-scale testing of Pavement Response
- (3) pp.857～866

(4) 舗装応答に関する実物大実験

(金井利浩)

- (5) 本研究では、舗装の構造解析を行ううえで重要なパラメータとなる各種ひずみや応力に関して、実物大の試験舗装における実測値とFWD測定結果を逆解析ならびに順解析して得られる理論値とを比較し、実際の舗装応答とより良く合致する解が求められる理論的解析法について検討している。実測値と理論値を比較検討した結果、ウデマルクの等値弾性係数の考え方とブーシネスクの理論式を組み合わせた単純な解析法を用いた方がより実測値と合致した解を得ることができることがわかった。

本研究は、従来からある基本的な方法の有用性に関する見直しや、舗装応答を実測することの重要性について再考を迫るものとして非常に興味深い。

- (1) Taniguchi, S. and Ikeda, T. (日本)
- (2) Study in Reflective Cracking on Composite Pavement
- (3) pp.867～874

(4) コンポジット舗装のリフレクションクラック防止対策に関する検討

(市岡孝行)

- (5) 本報文は、土木研究所構内の舗装走行実験場において実施されたコンポジット舗装のリフレクションクラック抑制工法の検討について報告したものである。リフレクションクラックの抑制方法としては、リフレクションクラック抑制シートおよびクラック誘導目地について検討をし、何も対策を施さない箇所との比較によりその効果を確認した。

その結果、シートにはクラック発生および進行を遅らせる効果があるが、発生自体を防止することが出来ないことが分かった。また、ひび割れが発生すると想定される位置にあらかじめ誘導目地を設けておくことがリフレクションクラック対策に有効であることが分かった。

- (1) Perera, R. W., Gemayel, C. A. and Kohn, S. D. (アメリカ)
- (2) Accelerated Load Testing of Experimental Test Sections to Failure
- (3) pp.875～884

(4) 破壊試験区間における促進載荷試験

(東本 崇)

- (5) 本文は、わだち掘れに基づく4種類の破壊規準によって算出した、破壊に至るまでの許容ESALsの予測値と、フィールド試験による実測値とを比較した結果について述べている。許容ESALsの予測に用いたわだち掘れモデルは、Asphalt Institute (AI) モデル、Shellモデル、AUSTROADSモデル、Pidwerbeskyモデルである。これら4種類のわだち掘れモデルとも、路床上面の垂直圧縮ひずみに基づいて許容ESALsを算出する。

その結果、Shellモデルが実測値に最も近い値となり、次いでPidwerbeskyモデル、AUSTROADSモデル、AIモデルの順であったとしている。

- (1) Lange, G. (ノルウェー)
- (2) Full Scale Test on Airfield Pavement
- (3) pp.885～895

(4) 空港舗装の試験施工

(吉村啓之)

- (5) GardermoenのOslo空港の建設にあたり、舗装構造の設計のための試験施工を実施した。試験施工区間は10ヶ所あり、8ヶ所がアスファルト舗装で、残り2ヶ所がPCC舗装と砂利舗装となっている。試験施工区間は路床、路盤材料の種類および厚さを変えており、1工区にジオテキスタイルを敷設している。アスファルト混合物の厚さは8工区にわたって11cmである。調査結果によれば、路床の最適な転圧回数が8回であること、路盤と路床間のジオテキスタイルの効果は期待できないなどの知見が得られている。わだち掘れは最初の3ヶ月が2週間ごと、その後2ヶ月ごとに測定した。

排水性舗装清掃要領

排水性舗装の普及にともなって、舗装が有する機能の持続性の観点から、排水性舗装の機能回復機の評価制度による評価などが行われ、実用化が図られて来ているが、これらを更に組織的に運用しようとしたものに、建設省北陸地方建設局が試行している「排水性舗装清掃要領（試案）（平成9年3月）（以下要領（試案））」がある。同要領（試案）の要旨は、以下の通りである。

①排水性舗装は、その機能の持続性を確保する事が大切であり、そのためには日常の点検をきめ細かく行い、定期的に排水機能を調査し、機能回復のための清掃作業を行うことを共通認識としている。

なお、ここでいう「清掃作業」とは、建設省北陸地方建設局が保有する「排水性舗装の機能回復機」および「平成8年6月に建設省技術評価制度で評価された機器」による清掃のことを前提としている。

②排水性舗装は図-1に示すフローに従って定期的に

機能管理を実施していくことにしている。

ここで「機能低下の有無」「機能性回復の可能性」の判定は、現場透水量試験（舗装試験法便覧、1-1-3 T、日本道路協会）による現場透水量が、それぞれ「600ml/15秒以下」、および「10ml/15秒以下」である場合を「機能性低下有り」「機能回復の可能性無し」と判定することになっている。

③排水性舗装の機能低下は、面的に評価する場合、道路の縦断方向および横断方向でバラツキがあるので、路面状況、排水状況をよく観察して評価することが重要であるとしている。そしてこれらを補う手法として、機能低下の各段階での写真集の活用と、コア採取による評価によって「原因の特定」を行うことを勧めている。

④「機能性回復の確認」は清掃区間内の車線毎に実施した現場透水量試験（横断方向はOWP、IWP、BWPを3段面、縦断方向は任意の3ヶ所の合計9ヶ所のデータ）による回復度で評価することになっている。

$$\text{回復度} = \frac{\text{清掃後透水量}}{\text{清掃前透水量}}$$

評価は表-1に従って行う。

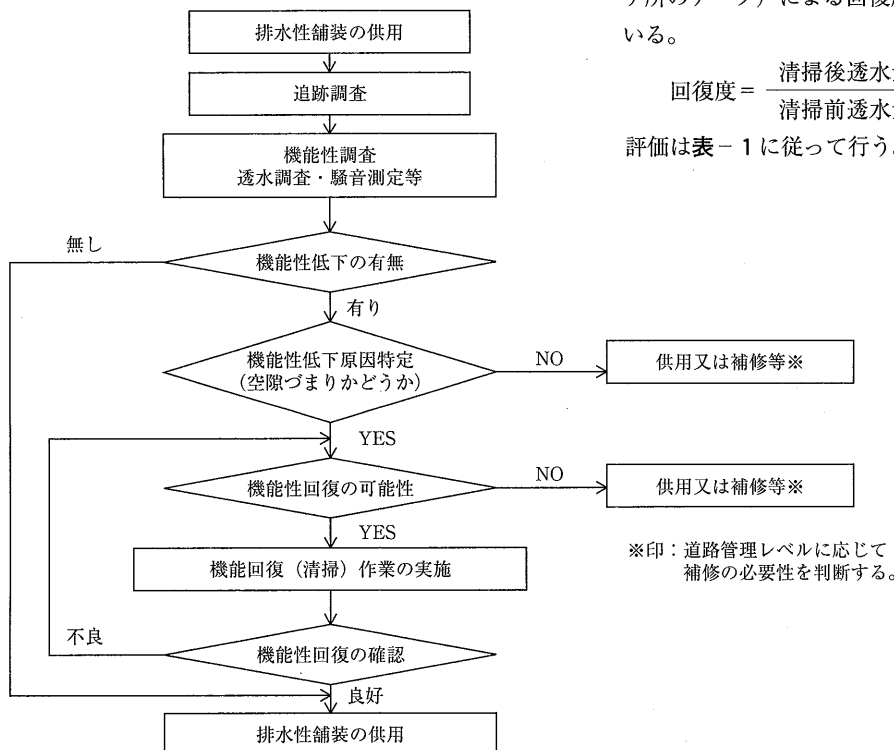


図-1 排水性舗装の機能性管理フロー

表－１ 回復度の評価

回復度 清掃前透水量 (ml/15秒)	評価ランク		
	A	B	C
200未満	2.00以上	1.20以上～2.00未満	1.20未満
200以上～600未満	1.50以上	1.15以上～1.50未満	1.15未満

注：評価A：期待した回復度である。

評価B：期待した回復度に達していないが、清掃の効果があつたと判断される。

評価C：清掃による回復は望めない。

- ⑤排水機能の維持基準は現場透水量に応じて表－２に従って措置することになっている。

表－２ 機能維持基準（案）

現場透水量の値	措 置
200ml/15秒未満	すみやかに清掃を行う。 空隙つぶれ等、状況を判断して 清掃による機能回復の見込みが あれば繰り返し行う。
200以上～600ml/15秒未満	すみやかに清掃を行う。
600ml/15秒以上	目視観察等を続けるとともに、 定期的に透水量試験を行う。

ここで「目視観察等」とは路面の空隙詰まり状況、水はねの状況、降雨時の透水状況等を目で観察した

り、写真で記録したり、バケツ等で路面に水をまき透水状況を調査したりする事をさしている。

さらに、「定期的に」とは３～４ヶ月毎が望ましいとしている。

- ⑥清掃頻度は、適用路線の日全交通量に応じて表－３に示す回数を目標にすることとしている。ただし排水機能は交通量の要因ばかりではなく、道路周辺の環境、混合物の当初設定の空隙率、骨材の最大粒径、使用バインダーの種類等の影響によってバラツキがあるので、清掃頻度は増減することを勧めている。

表－３ 清掃頻度

日全交通量（車線：台）	清掃頻度（回／年）
3,000 未満	1
3,000 以上～ 7,500未満	1～2
7,500 以上～13,000未満	2～3
13,000 以上	3～4

参考文献

- 排水性舗装清掃作業マニュアル（案）検討委員会、排水性舗装清掃要領（試案）平成９年３月
- 久保和幸、排水性舗装の機能回復機器の開発、舗装、vol.31, No.9（1996）
〔小島 逸平（株）ガイアートクマガイ技術研究所〕

2000石油製品討論会プログラム 「信頼性向上と環境負荷低減に向けて」

協 賛：日本化学会、日本機械学会、日本トライボロジー学会、日本分析化学会、自動車技術会、
日本アスファルト協会、日本エネルギー学会

日 時：平成12年11月21日（火）、22日（水）

場 所：コクヨホール（東京都港区港南1-8-35 JR品川駅港南口）

参 加 費：普通会员（個人会員）11,000円、維持会員会社の非会員17,000円、協賛団体の会員17,000円、
学生会員3,000円、非会員23,000円。

申込締切：11月15日（水）

照 会 先：（社）石油学会 石油製品討論会係

〒102-0093 東京都千代田区平河町1-3-14 TEL：03-3221-7301 FAX：03-3221-8175

明色マイクロ・サーフェシング

マイクロ・サーフェシングは、1970年代に欧州で開発され、現在、省エネルギーな補修工法、および予防的維持補修工法として世界的に注目されており、1996年には1億 m^2 /年を超える施工実績を数えている¹⁾。

主な特長を以下に示す。

1. 通常の加熱アス道路舗設に比べ、約30～50%のエネルギー消費削減²⁾。
2. 施工後1～2時間で交通解放が可能で、高速道路、幹線道路では工事渋滞の緩和が見込める。
3. 速い施工速度(約100 m^2 /分)
4. 路面高さへの影響が少ない(通常10mm以下の施工厚)

日本国内には、1990年代半ばに導入され、現在までに約20万 m^2 以上の施工がなされたに過ぎないが、①省エネルギー、環境対策、②老朽化路面のリフレッシュ、③わだち掘れの補修、④すべり抵抗性の向上、⑤表面テクスチャーの改善による騒音の低減、⑥予防的維持補修によるトータル・コストの低減等にその特長を活かしている。

マイクロ・サーフェシングの施工は、専用の施工機械を用い、高反応性の高濃度アスファルト乳剤、厳選した骨材、分解材(セメントなど)、反応調整剤、水を混合し、連続的に敷きならし行う。

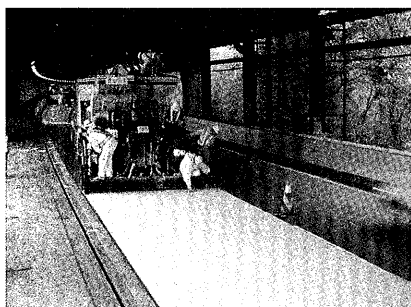
明色マイクロ・サーフェシングは、従来のマイクロ・サーフェシングの特長をそのままに、高濃度アスファルト乳剤の明色化を図り、顔料による着色を可能としたものである。欧州では既に歩道、自転車道等に施工実績があるが、軽交通路を中心とした適用にとどまっている。しかし国内では、その明色性、着色性から

1. 従来の明色舗装箇所
2. 交通区分の明確化(バスレーン、レーン明示等)
3. コンポジット舗装表層材、補修材
4. トンネル内舗装の明色化及び補修

等、重交通路への適用が考えられ、幾つかの実用例が報告されている^{3), 4)}。

1999年秋には、数件の明色マイクロ・サーフェシング施工(白顔料による着色)が行われた。これらは全て高速道路トンネル内コンクリート舗装の補修であり、明色マイクロ・サーフェシングの持つ①明色性、②迅速性、③省エネルギー、④薄層のため既設コンクリートの切削が不要、さらに⑤トンネル内の温度上昇が少なく、作業環境が悪化しない等の特長を遺憾なく発揮できた適用例と考えられる。

また文献⁵⁾に依れば、舗装面の明色化(白色、黄色など)が夏場の表面温度の低下に効果的であり、ひいては、気温の上昇抑制にも効果があることが示されている。明色マイクロ・サーフェシングを用いれば、大面積の明色舗装を短時間で得られることから、都市部のヒート・アイランド現象の抑制にも効果を発揮出来るものと考えられる。



明色マイクロ・サーフェシング施工

我が国では加熱アスファルトを用いた道路舗装が定着しており、全国に合材プラントが多数存在している。その中でマイクロ・サーフェシングのような常温型舗装を展開・浸透させるには多大な努力が必要である。また加熱アスファルト舗装が技術的に成熟しているのに対し、国内のマイクロ・サーフェシングは、混合物の硬化の問題、品質管理法など、発展途上の部分が多い。しかしそれは、より一層の技術の高度化が図れることを意味し、(明色)マイクロ・サーフェシングは、21世紀に向け大きな可能性を秘めた新工法と考えられる。

— 参考文献 —

- 1) 溝渕優, “マイクロサーフェシングおよびスラリーシーリング”, アスファルト, Vol.41, No.197, pp.21 (1998)
- 2) 寺田剛ら, “常温型舗装技術”, アスファルト, Vol.40, No.195, pp.3 (1998)
- 3) 荒尾慶文ら, “明色マイクロサーフェシングのトンネル補修工事への適用”, 舗装, Vol.35, No.7, pp.3 (2000)
- 4) 瀬尾彰ら, “明色マイクロサーフェシング”, 第23回日本道路会議一般論文集(C), pp.402 (1999)
- 5) 姫野賢治, “ヒートアイランド現象と舗装”, 石油学会, 石油製品討論会前刷, pp.82 (1999)

[瀬尾 彰 昭和シェル石油(株)中央研究所]

<統計資料>

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
63 年 度	274	5,904	(100.2)	3	6,181	5,953	(101.6)	1	5,954	219	6,173
元 年 度	219	6,066	(102.7)	1	6,286	5,990	(100.6)	4	5,994	276	6,270
2 年 度	276	6,277	(103.5)	1	6,554	6,205	(103.6)	8	6,213	310	6,523
3 年 度	310	5,973	(95.2)	0	6,282	5,944	(95.8)	19	5,963	313	6,276
4 年 度	313	6,121	(102.5)	1	6,435	6,109	(102.8)	76	6,185	244	6,429
5 年 度	244	6,119	(100.0)	2	6,365	6,036	(98.8)	105	6,141	238	6,379
6 年 度	238	6,024	(98.4)	1	6,263	5,834	(96.7)	172	6,006	272	6,278
7 年 度	272	6,025	(100.0)	1	6,298	5,697	(97.7)	343	6,040	271	6,311
8年度上期	271	2,943	(104.6)	0	3,214	2,735	(104.4)	158	2,892	338	3,230
8年度下期	338	3,129	(97.4)	1	3,468	3,082	(100.2)	131	3,213	268	3,481
8 年 度	271	6,072	(100.8)	1	6,344	5,817	(102.1)	289	6,105	268	6,373
9年度上期	268	2,791	(94.8)	3	3,062	2,586	(94.6)	167	2,753	318	3,071
9年度下期	318	3,084	(98.6)	1	3,403	3,046	(98.8)	89	3,135	283	3,418
9 年 度	268	5,875	(96.8)	4	6,147	5,632	(96.8)	256	5,888	283	6,171
10. 4～6月	283	1,256	(98.3)	0	1,539	1,142	(97.5)	40	1,182	343	1,525
7～9月	343	1,357	(89.7)	0	1,700	1,239	(87.6)	63	1,302	334	1,636
10年度上期	283	2,613	(93.6)	0	2,896	2,381	(92.1)	103	2,484	334	2,818
10～12月	334	1,524	(96.6)	1	1,858	1,448	(94.3)	50	1,498	292	1,790
11. 3月	339	660	(98.1)	0	999	661	(91.7)	5	666	302	968
1～3月	292	1,497	(99.3)	0	1,789	1,377	(91.2)	20	1,396	302	1,698
10年度下期	334	3,021	(98.0)	1	3,356	2,825	(92.7)	70	2,894	302	3,196
10 年 度	283	5,634	(95.9)	1	5,918	5,206	(92.4)	173	5,378	302	5,680
11. 4月	302	459	(91.3)	0	761	387	(92.6)	7	394	337	731
5月	337	366	(96.6)	0	703	307	(88.5)	22	329	362	691
6月	362	347	(92.8)	0	709	328	(87.0)	17	345	339	684
4～6月	302	1,172	(93.3)	0	1,474	1,022	(89.5)	46	1,068	339	1,407
7月	339	389	(85.3)	0	728	385	(91.7)	22	407	314	721
8月	224	472	(103.1)	0	696	389	(97.4)	29	418	334	752
9月	246	443	(100.0)	0	689	417	(99.3)	34	451	289	740
7～9月	339	1,304	(96.1)	0	1,643	1,191	(96.1)	85	1,276	289	1,565
11年度上期	302	2,476	(94.8)	0	2,778	2,213	(92.9)	131	2,344	289	2,633
10月	207	478	(104.6)	0	685	422	(92.3)	27	449	280	729
11月	195	555	(104.9)	0	750	499	(101.4)	13	512	285	797
12月	208	591	(110.1)	0	799	501	(100.4)	14	515	323	838
10～12月	207	1,624	(106.6)	0	2,234	1,422	(98.2)	54	1,476	323	2,364
12. 1月	249	351	(89.8)	0	600	294	(93.3)	13	307	331	638
2月	243	480	(107.6)	0	723	233	(58.1)	17	250	523	773
3月	242	658	(99.7)	0	900	698	(105.6)	25	723	251	974
1～3月	249	1,488	(99.4)	0	1,737	1,225	(89.0)	56	1,281	251	1,532
11年度下期	207	3,112	(103.0)	0	3,971	2,647	(93.7)	110	2,757	251	3,896
11 年 度	302	5,588	(99.2)	0	6,749	4,860	(93.4)	241	5,101	251	6,529
12. 4月	186	474	(103.3)	0	660	358	(92.5)	13	371	331	702
5月	245	353	(96.5)	0	598	168	(54.7)	21	189	481	670

〔注〕 (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 12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。

<統計資料>

2. 石油アスファルト内需実績（品種別明細）

（単位：千 t）

年 度	内 需 量						対 前 年 度 比					
	ストレート・アスファルト				ブローン アスフ アルト	合 計	ストレート・アスファルト				ブローン アスフ アルト	合 計
	道路用	工業用	燃焼用	計			道路用	工業用	燃焼用	計		
63 年 度	4,307	421	967	5,695	258	5,953	101.3	117.3	97.2	101.6	101.2	101.6
元 年 度	4,360	447	932	5,739	251	5,990	101.2	106.2	96.3	100.8	97.3	100.6
2 年 度	4,416	606	929	5,951	254	6,205	101.3	135.6	99.7	103.7	101.2	103.6
3 年 度	4,317	590	796	5,703	241	5,944	97.8	97.4	85.7	95.8	94.9	95.8
4 年 度	4,559	568	741	5,868	241	6,109	105.6	96.3	93.1	102.9	100.0	102.8
5 年 度	4,337	601	860	5,798	238	6,036	95.1	105.8	116.1	98.8	98.8	98.8
6 年 度	4,129	506	968	5,603	231	5,834	95.2	84.2	112.6	96.6	97.1	96.7
7 年 度	4,011	476	978	5,465	232	5,697	97.1	94.1	101.0	97.5	100.4	97.7
8年度上期	1,890	231	508	2,629	106	2,735	102.8	109.0	108.5	104.4	105.0	104.4
8年度下期	2,156	265	540	2,961	121	3,082	99.2	100.4	105.9	100.5	93.1	100.2
8 年 度	4,046	496	1,048	5,590	227	5,817	100.9	104.2	107.2	102.3	97.8	102.1
9年度上期	1,757	219	511	2,487	99	2,586	93.0	94.8	100.6	94.6	93.4	94.6
9年度下期	2,152	275	508	2,935	111	3,046	99.8	103.8	94.1	99.1	91.7	98.8
9 年 度	3,909	494	1,019	5,422	210	5,632	96.6	99.6	97.2	97.0	92.5	96.8
10.4～6月	737	120	242	1,099	43	1,142	86.9	285.7	103.9	97.9	89.6	97.5
7～9月	792	112	287	1,191	48	1,239	87.1	63.3	103.2	87.3	94.1	87.6
10年度上期	1,529	232	529	2,290	91	2,381	87.0	105.9	103.5	92.1	91.9	92.1
10～12月	1,037	93	264	1,394	54	1,448	94.8	71.5	103.5	94.3	94.7	94.3
11. 3月	557	17	72	646	15	661	95.7	39.5	93.5	92.0	78.9	91.7
1～3月	1,034	92	203	1,329	48	1,377	97.7	63.4	80.2	91.3	88.9	91.2
10年度下期	2,071	185	467	2,723	102	2,825	96.2	67.3	91.9	92.8	91.9	92.7
10 年 度	3,600	417	996	5,013	193	5,206	92.1	84.4	97.7	92.5	91.9	92.4
11. 4月	276	12	85	373	14	387	97.5	26.7	110.4	92.1	107.7	92.6
5月	199	19	75	293	14	307	94.8	51.4	87.2	88.0	100.0	88.5
6月	231	10	71	312	16	328	94.7	26.3	89.9	86.4	100.0	87.0
4～6月	706	41	231	978	44	1,022	958	34.2	95.5	89.0	102.3	89.5
7月	271	12	87	370	15	385	97.8	31.6	98.9	91.8	88.2	91.7
8月	257	18	98	373	15	389	104.8	43.5	100.1	95.9	105.2	97.4
9月	283	13	100	397	20	417	105.2	40.6	98.0	98.5	117.6	99.3
7～9月	811	44	285	1,140	51	1,191	102.4	39.3	99.3	95.7	106.3	96.1
11年度上期	1,517	85	516	2,118	95	2,213	99.2	36.6	97.5	92.5	104.4	92.9
10月	308	16	82	405	17	422	96.6	57.1	89.1	92.3	94.4	92.3
11月	370	14	97	481	19	499	105.4	34.1	119.8	101.7	100.0	101.4
12月	385	13	86	484	17	501	104.9	54.2	94.5	100.4	100.0	100.4
10～12月	1,063	43	265	1,370	53	1,422	102.5	46.2	100.4	98.3	98.1	98.2
12. 1月	187	11	85	283	16	293	97.1	32.4	121.5	95.0	61.7	93.4
2月	124	12	81	217	16	233	43.6	31.1	131.8	56.4	98.7	58.1
3月	575	21	83	680	18	698	103.2	123.5	115.3	105.3	120.0	105.6
1～3月	881	45	249	1,175	50	1,225	85.2	48.9	122.7	88.4	104.2	89.0
11年度下期	1,944	88	514	2,545	103	2,647	93.9	47.6	110.1	93.5	101.0	93.7
11 年 度	3,461	173	1,030	4,663	198	4,860	96.1	41.5	103.4	93.0	102.6	93.4
12. 4月	263	15	68	346	13	358	95.3	125.0	80.0	92.8	92.9	92.5
5月	75	11	68	154	14	168	37.7	57.9	90.7	52.6	100.0	54.7

〔注〕（1）通産省エネルギー生産・需給統計月報 12年5月確報

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

（3）道路用ストレート・アスファルト＝内需量合計－（ブローンアスファルト＋燃焼用アスファルト＋工業用ストレート・アスファルト）

（4）四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

<統計資料>

3. 石油アスファルト品種別針入度別月別販売量

(1) ストレート

(単位：t)

年月	区分	0～10	10～20	20～40	40～60	60～80	80～100	100～120
10	年度	2,262	0	691	102,226	2,597,297	805,100	11
10	年	2,371	0	681	101,020	2,544,619	835,889	0
	上	1,118	0	325	41,743	1,093,940	327,640	0
	下	1,253	0	356	59,277	1,450,679	508,249	0
11	年度	2,785	0	762	99,342	2,563,914	856,677	0
11	年	2,942	0	655	97,981	2,573,430	881,584	0
	上	1,479	0	238	46,145	1,119,370	350,602	0
	下	1,463	0	417	51,836	1,454,060	530,982	0
10年	1～3	592	0	201	30,367	798,013	198,742	11
	4～6	554	0	62	18,055	538,601	157,088	0
	7～9	564	0	263	23,688	555,339	170,552	0
	10～12	552	0	165	30,116	705,344	278,718	0
11年	1～3	701	0	191	29,161	745,335	229,531	0
	4～6	554	0	62	18,055	538,601	157,088	0
	7～9	925	0	176	28,090	580,769	193,514	0
	10	137	0	134	9,441	209,485	85,741	0
	11	244	0	67	7,154	246,262	89,387	0
	12	224	0	132	7,441	243,462	103,416	0
	10～12月	605	0	333	24,036	699,209	278,544	0
12年	1	218	0	10	5,501	139,209	42,617	0
	2	255	0	46	8,844	220,320	74,906	0
	3	385	0	28	13,455	395,322	134,915	0
	1～3月	858	0	84	27,800	754,851	252,438	0
	4	232	0	0	5,588	189,644	54,773	0
	5	211	0	35	5,437	147,912	54,630	0
	6	211	0	0	5,751	165,061	64,076	0
	4～6月	654	0	35	16,776	502,617	173,479	0
	7	241	0	11	6,853	191,800	70,240	0

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

(単位：t)

年月	区分	120～150	150～200	200～300	工業用	燃焼用	その他	計
10	年度	0	177,933	0	470,583	1,045,239	0	5,522,640
10	年	0	177,882	0	417,531	994,259	0	5,512,959
	上	0	73,058	0	231,743	528,348	0	2,532,533
	下	0	104,824	0	185,788	465,911	0	2,980,426
11	年度	293	169,465	0	218,257	994,125	2,593	4,989,679
11	年	2,581	160,953	0	171,273	1,040,154	2,722	5,013,741
	上	40	73,226	0	84,133	526,458	1,311	2,282,468
	下	2,541	87,727	0	87,140	513,696	1,411	2,731,273
10年	1～3	0	52,971	0	145,352	253,856	0	1,480,105
	4～6	0	35,290	0	120,011	241,427	547	1,111,635
	7～9	0	37,768	0	111,732	286,921	414	1,187,241
	10～12	0	51,904	0	93,488	263,035	565	1,423,887
11年	1～3	0	52,920	0	92,300	202,876	971	1,353,986
	4～6	0	35,290	0	40,545	241,427	547	1,111,635
	7～9	40	37,936	0	43,588	285,031	764	1,170,833
	10	106	13,780	0	15,627	81,597	122	416,170
	11	147	14,896	0	13,622	96,734	87	468,600
	12	0	14,643	0	12,575	86,460	102	468,455
	10～12月	253	43,319	0	41,824	264,791	311	1,353,225
12年	1	0	10,184	0	11,407	84,908	119	294,173
	2	1,046	14,116	0	12,417	80,655	216	412,821
	3	1,242	20,108	0	21,492	83,342	765	671,054
	1～3月	2,288	44,408	0	45,316	248,905	1,100	1,378,048
	4	0	8,869	0	14,580	67,796	174	341,656
	5	0	9,619	0	10,918	67,853	145	296,760
	6	0	9,479	0	13,551	59,300	121	317,550
	4～6月	0	27,967	0	39,049	194,949	440	955,966
	7	0	11,207	0	17,122	89,317	120	386,911

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

<統計資料>

(2) ブローン

(単位：t)

年月	区分	0～5	5～10	10～20	20～30	30～40	40～50	アスコンバウンド	特殊アス	道路舗装用	その他	計
10年	年度	2,394	38	52,907	30,479	75	291	97,543	1,477	15,628	0	200,832
10年	上期	2,476	49	51,746	30,549	87	336	93,642	1,700	14,286	0	194,871
10年	下期	1,119	19	38,938	1,766	47	131	43,045	698	6,958	0	92,721
10年	計	1,357	30	12,808	28,783	40	205	50,597	1,002	7,328	0	102,150
11年	年度	2,653	40	52,313	31,403	99	399	91,121	2,799	13,800	649	195,063
11年	上期	2,655	29	53,097	31,144	83	464	90,342	2,930	15,504	858	196,893
11年	下期	1,176	19	39,903	2,130	57	140	43,616	1,294	6,022	353	94,497
11年	計	1,479	10	13,194	29,014	26	324	46,726	1,634	9,482	505	102,396
10年	1～3	729	1	8,357	12,617	10	60	26,326	318	5,290	0	53,708
10年	4～6	543	2	19,383	609	23	40	19,276	383	3,556	0	43,815
10年	7～9	576	17	19,555	1,157	24	91	23,769	315	3,402	0	48,906
10年	10～12	546	18	5,612	16,096	18	100	28,172	461	3,380	0	54,403
11年	1～3	811	12	7,196	12,687	22	105	22,425	541	3,948	0	47,747
11年	4～6	543	10	19,383	609	23	40	19,276	383	3,556	205	43,815
11年	7～9	633	9	20,520	1,521	34	100	24,340	911	2,466	148	50,682
10年	10	112	6	2,256	5,148	4	20	7,749	313	1,064	95	16,767
10年	11	268	3	1,532	6,076	13	42	8,714	363	1,622	108	18,741
10年	12	286	0	1,426	5,362	3	92	8,617	288	1,144	93	17,311
10年	10～12月	666	9	5,214	16,586	20	154	25,080	964	3,830	296	52,819
12年	1	230	0	1,103	4,956	4	60	7,350	240	1,627	57	15,627
12年	2	217	1	1,501	4,980	0	40	6,649	187	2,182	61	15,818
12年	3	366	0	5,376	2,492	2	70	7,647	245	1,843	91	18,132
12年	1～3月	813	1	7,980	12,428	6	170	21,646	672	5,652	209	49,577
12年	4	112	0	6,623	420	0	20	4,687	238	590	15	12,705
12年	5	217	0	6,632	178	14	21	6,054	226	995	57	14,394
12年	6	203	0	7,650	193	18	85	5,676	283	1,464	111	15,683
12年	4～6月	532	0	20,905	791	32	126	16,417	747	3,049	183	42,782
12年	7	197	0	6,889	216	4	37	6,876	317	1,081	36	15,653

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

4. 石油アスファルト品種別荷姿別販売量

(単位：t)

年月	区分	ス ト レ ー ト				ブ ロ ー ン			
		バル ク	紙 袋	ドラ ム	計	バル ク	紙 袋	ドラ ム	計
10年	年度	5,199,865	873	2,130	5,202,868	130,220	70,398	214	200,832
10年	上期	5,073,638	861	2,250	5,076,749	128,283	66,422	166	194,871
10年	下期	2,297,461	444	971	2,298,876	62,237	30,408	76	92,721
10年	計	2,776,177	417	1,279	2,777,873	66,046	36,014	90	102,150
11年	年度	4,906,246	746	1,110	4,989,543	128,013	66,915	181	195,235
11年	上期	4,949,967	659	1,497	5,033,564	129,482	67,287	110	197,065
11年	下期	2,200,037	379	548	2,282,405	62,023	32,410	50	94,669
11年	計	2,749,930	280	949	2,751,159	67,459	34,877	60	102,396
10年	1～3	1,479,615	223	267	1,480,105	33,789	19,834	85	53,708
10年	4～6	1,110,962	210	463	1,111,635	30,368	13,410	37	43,815
10年	7～9	1,186,499	234	508	1,187,241	31,869	16,998	39	48,906
10年	10～12	1,422,789	206	892	1,423,887	34,194	20,156	53	54,403
11年	1～3	1,353,388	211	387	1,353,986	31,852	15,858	37	47,747
11年	4～6	1,029,521	210	463	1,111,635	30,368	13,410	23	43,987
11年	7～9	1,170,516	169	85	1,170,770	31,655	19,000	27	50,682
10年	10	416,046	47	4	416,097	11,143	5,613	11	16,767
10年	11	468,522	42	36	468,600	12,450	6,287	4	18,741
10年	12	468,253	67	135	468,455	10,545	6,747	19	17,311
10年	10～12月	1,352,821	156	175	1,353,152	34,138	18,647	34	52,819
12年	1	314,020	33	120	314,173	10,699	4,914	14	15,627
12年	2	412,752	52	7	412,811	10,922	4,891	5	15,818
12年	3	670,327	39	647	671,013	11,700	6,425	7	18,132
12年	1～3月	1,397,109	124	774	1,398,007	33,321	16,230	26	49,577
12年	4	341,570	77	9	341,656	9,265	3,427	13	12,705
12年	5	296,708	38	14	296,760	9,719	4,670	5	14,394
12年	6	317,234	61	214	317,509	11,367	4,302	14	15,683
12年	4～6月	955,512	176	237	955,925	30,351	12,399	32	42,782
12年	7	386,800	69	42	386,911	10,339	5,300	14	15,653

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

県別	年月	10 年	10 年 度		11 年	11 年 度		11年 1～3月			
			上 期	下 期		上 期	下 期				
北 海 道		296,449	313,535	146,149	167,386	299,901	288,469	147,538	140,931	38,971	
青 森	森	98,043	97,479	45,448	52,031	101,130	101,266	44,927	56,339	20,327	
	手	38,250	39,239	14,368	24,871	40,866	44,773	19,346	25,427	8,685	
	宮	164,899	168,816	69,427	99,389	150,166	140,829	56,977	83,852	51,248	
	城	63,859	64,511	29,843	34,668	58,662	57,771	26,944	30,827	12,407	
	田	26,750	27,726	13,113	14,613	37,260	39,469	17,993	21,476	6,103	
	形	81,725	80,270	31,420	48,850	74,637	72,821	27,892	44,929	24,493	
福 島	島	81,725	80,270	31,420	48,850	74,637	72,821	27,892	44,929	24,493	
東 北	計	473,526	478,041	203,619	274,422	462,721	456,929	194,079	262,850	123,263	
茨 城	城	176,705	209,062	79,400	129,662	234,926	247,217	91,222	155,995	70,742	
	木	32,069	31,926	12,577	19,349	38,059	43,053	16,784	26,269	10,900	
	馬	29,703	27,107	13,686	13,421	26,190	25,771	12,216	13,555	6,697	
	玉	116,492	120,015	51,686	68,329	119,026	120,033	53,484	66,549	35,098	
	葉	134,802	133,392	52,945	80,447	142,504	143,698	57,475	86,223	43,732	
	京	627,591	629,797	272,831	356,966	618,005	636,257	264,582	371,675	186,339	
	奈 川	121,275	114,700	49,112	65,588	124,961	136,935	55,474	81,461	34,478	
	山 梨	10,093	11,137	4,699	6,438	11,133	11,056	4,467	6,589	3,661	
	梨	36,594	37,113	17,664	19,449	40,795	42,831	20,378	22,453	7,192	
	野	101,406	100,480	44,445	56,035	103,664	105,833	53,649	52,184	19,706	
新 潟	潟	162,856	139,415	72,919	66,496	181,392	223,997	93,391	130,606	23,885	
	岡										
	計	1,549,326	1,553,884	671,704	882,180	1,640,655	1,736,681	723,122	1,013,559	442,430	
	東										
愛 知	知	347,202	339,624	134,150	205,474	328,786	325,319	133,697	191,622	106,803	
	重	52,119	50,909	22,170	28,739	50,737	48,942	25,579	23,363	14,617	
	阜	29,300	30,201	11,895	18,306	38,679	39,432	18,474	20,958	8,529	
	山	37,511	34,914	17,435	17,479	41,684	47,905	19,629	28,276	7,039	
	川	18,718	18,493	8,433	10,060	17,870	18,067	8,557	9,510	4,253	
	中 部	計	484,850	474,141	194,083	280,058	477,756	479,665	205,936	273,729	141,241
福 井	井	14,604	14,315	7,075	7,240	14,315	15,060	7,470	7,590	2,867	
	賀	31,859	28,855	12,829	16,026	28,194	30,908	12,601	18,307	7,892	
	都	8,838	7,329	3,082	4,247	9,037	9,612	4,634	4,978	1,947	
	阪	359,565	352,854	155,630	197,224	338,450	356,304	132,831	223,473	103,214	
	庫	221,227	205,741	93,979	111,762	222,362	225,095	106,344	118,751	57,567	
	山	1,079	1,276	787	489	1,373	1,475	614	861	340	
歌 山	山	46,856	44,755	19,228	25,527	41,468	39,921	18,389	21,532	13,608	
	計	684,028	655,125	292,610	362,515	655,199	678,375	282,883	395,492	187,435	
岡 山	山	592,897	534,780	297,673	237,107	262,230	180,377	107,247	73,130	116,867	
	島	153,250	153,474	68,530	84,944	145,470	136,836	63,700	73,136	45,987	
	口	500,184	451,479	259,241	192,238	447,125	461,355	263,309	198,046	76,257	
	取	30,044	27,975	12,931	15,044	25,648	25,567	10,797	14,770	7,510	
	根	25,784	23,993	9,859	14,134	26,289	28,495	10,756	17,739	7,079	
	中 国	計	1,302,159	1,191,701	648,234	543,467	906,762	832,630	455,809	376,821	253,700
徳 島	島	38,715	36,673	14,255	22,418	35,641	36,156	14,803	21,353	11,573	
	川	59,824	60,525	26,265	34,260	62,228	60,245	27,641	32,604	18,083	
	媛	56,528	58,023	23,569	34,454	62,222	63,446	25,963	37,483	19,529	
	高	23,333	22,007	8,982	13,025	21,409	22,158	8,420	13,738	7,324	
	四 国	計	178,400	177,228	73,071	104,157	181,500	182,005	76,827	105,178	56,509
	福 岡	岡	201,971	198,159	79,289	118,870	202,147	194,271	86,286	107,985	70,037
佐 賀	賀	12,008	12,016	5,796	6,220	10,787	10,964	4,107	6,857	3,477	
	崎	22,992	22,221	6,494	15,727	21,873	22,034	7,605	14,429	7,586	
	熊	40,152	39,604	14,259	25,345	37,699	36,559	14,038	22,521	14,879	
	本	33,275	32,068	12,927	19,141	44,322	50,572	18,219	32,353	11,005	
	分	32,467	33,183	12,971	20,212	34,776	36,595	12,658	23,937	12,057	
	崎	72,751	73,888	23,753	50,135	71,738	67,917	21,308	46,609	32,065	
九 州	計	415,616	411,139	155,489	255,650	423,342	418,912	164,221	254,691	151,106	
沖 縄	縄	19,346	16,826	6,638	10,188	15,880	15,942	5,524	10,418	7,078	
総 計	計	5,403,700	5,271,620	2,391,597	2,880,023	5,063,716	5,089,608	2,255,939	2,833,669	1,401,733	

(注) 1. 社団法人 日本アスファルト協会調査による。

(単位：t)

11年 4～6月	11年 7～9月	11年 10～12月	3	12年 1～3月	4	5	6	12年 4～6月	7
48,074	89,875	113,392	15,647	27,539	5,422	19,349	27,507	52,278	28,288
19,818	25,109	35,876	16,656	20,463	6,168	5,825	8,261	20,254	8,851
8,128	11,218	12,835	8,492	12,592	2,624	3,113	3,622	9,359	3,860
25,171	31,806	41,941	24,517	41,911	10,940	7,021	7,445	25,406	10,645
11,597	15,347	19,311	10,074	11,516	2,994	3,894	4,212	11,100	5,199
6,736	11,257	13,164	5,940	8,312	2,505	2,866	4,321	9,692	3,809
13,142	14,750	22,252	13,732	22,677	6,457	3,046	4,319	13,882	6,100
84,592	109,487	145,379	79,411	117,471	31,688	25,765	32,180	89,633	38,464
28,483	62,739	72,962	33,370	83,033	15,736	10,270	2,697	28,703	21,262
9,161	7,623	10,375	7,793	15,894	3,429	3,683	3,382	10,494	3,373
5,407	6,809	7,277	3,098	6,278	1,444	1,403	1,248	4,095	1,555
25,123	28,361	30,444	16,339	36,105	7,813	8,181	8,731	24,725	9,214
24,216	33,259	41,297	21,987	44,926	7,134	5,906	9,511	22,551	9,230
126,320	138,262	167,084	97,147	204,591	42,236	40,413	45,147	127,796	49,637
24,159	31,315	35,009	21,435	46,452	8,794	7,399	8,278	24,471	8,845
2,190	2,277	3,005	2,007	3,584	1,174	788	663	2,625	792
10,158	10,220	13,225	6,074	9,228	4,930	2,888	3,068	10,886	3,756
25,199	28,450	30,309	13,547	21,875	11,385	6,000	7,429	24,814	8,117
33,678	59,713	64,116	19,932	66,490	10,242	18,664	12,478	41,384	21,482
314,094	409,028	475,103	242,729	538,456	114,317	105,595	102,632	322,544	137,263
61,653	72,044	88,286	52,205	103,336	21,309	19,810	18,196	59,315	25,193
12,161	13,418	10,541	5,903	12,822	2,453	2,257	2,315	7,025	2,920
7,688	10,786	11,676	5,017	9,282	3,062	2,620	3,103	8,785	3,889
8,915	10,714	15,016	7,952	13,260	6,166	4,377	4,846	15,389	5,070
3,972	4,585	5,060	3,218	4,450	2,176	1,392	1,150	4,718	1,379
94,389	111,547	130,579	74,295	143,150	35,166	30,456	29,610	95,232	38,451
4,053	3,417	3,978	2,032	3,612	1,903	1,374	1,448	4,725	1,189
6,301	6,300	7,701	5,517	10,606	2,269	2,292	2,467	7,028	2,079
2,491	2,143	2,456	1,230	2,522	820	467	453	1,740	485
70,485	62,346	102,405	56,932	121,068	36,602	28,195	29,440	94,237	26,454
44,061	62,283	58,451	25,098	60,300	19,853	11,044	11,789	42,686	16,090
212	402	419	216	442	46	44	44	134	116
10,186	8,203	9,471	5,461	12,061	2,450	1,965	1,923	6,338	2,515
137,789	145,094	184,881	96,486	210,611	63,943	45,381	47,564	156,888	48,928
67,317	39,930	38,116	12,017	35,014	13,366	8,007	16,048	37,421	16,142
31,185	32,515	35,783	16,714	37,353	9,716	11,409	10,495	31,620	12,153
124,135	139,174	107,559	37,427	90,487	29,353	26,557	25,051	80,961	37,948
5,108	5,689	7,341	4,814	7,429	2,414	1,469	1,868	5,751	1,602
4,867	5,889	8,454	5,208	9,285	3,755	1,792	1,852	7,399	2,287
232,612	223,197	197,253	76,180	179,568	58,604	49,234	55,314	163,152	70,132
6,327	8,476	9,265	5,591	12,088	2,507	1,869	1,932	6,308	2,676
13,958	13,683	16,504	7,165	16,100	4,629	4,477	4,328	13,434	5,276
12,662	13,301	16,730	9,456	20,753	5,445	4,533	3,770	13,748	3,346
4,366	4,054	5,665	4,071	8,073	1,707	1,289	1,579	4,575	1,858
37,313	39,514	48,164	26,283	57,014	14,288	12,168	11,609	38,065	13,156
40,565	45,721	45,824	32,794	62,161	13,705	10,577	10,598	34,880	15,146
2,299	1,808	3,203	1,826	3,654	1,074	553	537	2,164	555
3,603	4,002	6,682	3,172	7,747	2,335	1,846	2,036	6,217	1,060
6,245	7,793	8,782	7,995	13,739	2,562	2,203	2,150	6,915	2,409
13,012	11,452	15,098	8,524	17,255	3,862	2,218	3,289	9,369	2,389
5,466	7,192	10,061	7,385	13,876	2,084	2,022	2,016	6,122	1,914
7,786	13,522	18,365	12,312	28,244	3,349	2,452	4,526	10,327	3,746
67,731	91,490	108,015	74,008	146,676	28,971	21,871	25,152	75,994	27,219
3,241	2,283	3,278	4,147	7,140	1,962	1,335	1,665	4,962	663
1,034,424	1,221,515	1,406,044	689,186	1,427,625	354,361	311,154	333,233	998,748	402,564

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]		
出 光 興 産 株 式 会 社	(100-8321) 千代田区丸の内3-1-1	03 (3213) 3134
興 垂 石 油 株 式 会 社	(105-6124) 港区浜松町2-4-1	03 (5470) 5780
コ ス モ 石 油 株 式 会 社	(105-8528) 港区芝浦1-1-1	03 (3798) 3874
三 共 油 化 工 業 株 式 会 社	(105-0004) 港区新橋1-7-11	03 (5568) 6411
株式会社ジャパンエナジー	(105-8407) 港区虎ノ門2-10-1	03 (5573) 6000
昭和シェル石油株式会社	(135-8074) 港区台場2-3-2	03 (5531) 5765
東燃ゼネラル石油株式会社	(105-8572) 港区海岸1-16-1	03 (5403) 3111
日 石 三 菱 株 式 会 社	(105-8412) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 9122
富 士 興 産 株 式 会 社	(100-0014) 千代田区永田町2-4-3	03 (3580) 3571

[ディーラー]

● 東北

株 式 会 社 男 鹿 興 業 社	(010-0511) 男鹿市船川港船川字海岸通り1-18-2	0185 (23) 3293	J O M O
カ メ イ 株 式 会 社	(980-0803) 仙台市青葉区国分町3-1-18	022 (264) 6111	日 石 三 菱
常盤商事株式会社仙台支店	(980-0011) 仙台市青葉区上杉1-8-19	022 (224) 1151	日 石 三 菱
ミ ヤ セ キ 株 式 会 社	(983-0852) 仙台市宮城野区榴岡2-3-12	022 (257) 1231	日 石 三 菱

● 関東

朝 日 産 業 株 式 会 社	(103-0025) 中央区日本橋茅場町2-7-9	03 (3669) 7878	コ ス モ
株 式 会 社 ア ス カ	(106-0032) 港区六本木7-3-3	03 (5772) 1505	出 光
伊 藤 忠 燃 料 株 式 会 社	(153-8655) 目黒区目黒1-24-12	03 (5436) 8211	J O M O
梅 本 石 油 株 式 会 社	(102-0073) 千代田区九段北3-2-1	03 (5215) 2286	コ ス モ
エムシー・エネルギー株式会社	(100-0011) 千代田区内幸町1-3-3	03 (5251) 0961	日 石 三 菱
株式会社JOMOサンエナジー	(105-0004) 港区新橋4-24-8	03 (5400) 5855	J O M O
コスモアスファルト株式会社	(104-0032) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3551) 8011	コ ス モ
国 光 商 事 株 式 会 社	(164-0003) 中野区東中野1-7-1	03 (3363) 8231	出 光
澤田商行株式会社営業本部	(104-0032) 中央区八丁堀2-21-2	03 (3551) 7131	コ ス モ
昭 石 商 事 株 式 会 社	(107-0051) 港区元赤坂1-1-8	03 (5474) 8511	昭和シェル
新 日 本 商 事 株 式 会 社	(170-0005) 豊島区南大塚3-53-5	03 (5391) 4870	昭和シェル
住商石油アスファルト株式会社	(105-0011) 港区芝公園2-6-8	03 (3578) 9521	出 光
竹 中 産 業 株 式 会 社	(101-0044) 千代田区鍛冶町1-5-5	03 (3251) 0185	昭和シェル
中 央 石 油 株 式 会 社	(160-0022) 新宿区新宿1-14-5	03 (3356) 8061	モ ー ビ ル
エフケー石油販売株式会社	(111-0052) 台東区柳橋2-19-6	03 (5823) 5581	富 士 興 産

社団法人 日本アスファルト協会会員

社 名	住 所	電 話	
東新エナジー株式会社	(103-0027) 中央区日本橋2-13-10	03 (3273) 3551	日 石 三 菱
東洋国際石油株式会社	(104-0032) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3555) 8138	コ ス モ
中西瀝青株式会社	(103-0028) 中央区八重洲1-2-1	03 (3272) 3471	日 石 三 菱
株式会社南部商会	(108-0073) 港区三田3-13-16	03 (5419) 9861	日 石 三 菱
日石丸紅株式会社	(105-0001) 港区虎ノ門1-19-10	03 (5251) 0777	日 石 三 菱
日東商事株式会社	(170-0002) 豊島区巣鴨4-22-23	03 (3915) 7151	昭和シェル
パシフィック石油商事株式会社	(103-0014) 中央区日本橋蛸殻町1-17-2	03 (3661) 4951	モ ー ビ ル
富士鉱油株式会社	(105-0003) 港区西新橋1-18-11	03 (3591) 2891	コ ス モ
富士油業株式会社東京支店	(111-0052) 台東区柳橋2-19-6	03 (5823) 8241	富 士 興 産
丸紅エネルギー株式会社	(101-8322) 千代田区神田駿河台2-2	03 (3293) 4171	モ ー ビ ル
三井石油株式会社	(164-8723) 中野区本町1-32-2	03 (5334) 0730	極 東 石 油
ユニ石油株式会社	(107-0051) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6616	昭和シェル
● 中部			
鈴与商事株式会社清水支店	(424-8703) 清水市入船町11-1	0543 (54) 3322	モ ー ビ ル
富安産業株式会社	(939-8181) 富山市若竹町3-74-4	0764 (29) 2298	昭和シェル
松村物産株式会社	(920-0031) 金沢市広岡2-1-27	0762 (21) 6121	日 石 三 菱
丸福石油産業株式会社	(933-0954) 高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2860	昭和シェル
● 近畿・中国			
大阪アスファルト株式会社	(531-0071) 大阪市北区中津6-3-11	06 (6442) 0031	出 光
木曾通産株式会社大阪支店	(530-0047) 大阪市北区西天満3-4-5	06 (6364) 7212	コ ス モ
三徳商事株式会社	(532-0033) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (6394) 1551	昭和シェル
昭和瀝青工業株式会社	(670-0935) 姫路市北条口4-26	0792 (26) 2611	J O M O
千代田瀝青株式会社	(530-0044) 大阪市北区東天満2-10-17	06 (6358) 5531	日 石 三 菱
富士商株式会社	(756-8501) 小野田市稲荷町10-23	0836 (81) 1111	昭和シェル
株式会社松宮物産	(522-0021) 彦根市幸町32	0749 (23) 1608	昭和シェル
横田瀝青興業株式会社	(672-8057) 姫路市飾磨区恵美酒147	0792 (33) 0555	J O M O
株式会社菱芳破産	(671-1103) 姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1344	J O M O
● 四国・九州			
伊藤忠燃料株式会社九州支社	(812-8528) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (471) 3851	J O M O
今別府産業株式会社	(890-0072) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4111	J O M O
三協商事株式会社	(770-0941) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5131	富 士 興 産
サンヨウ株式会社	(815-0037) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7615	富 士 興 産
株式会社ネクステージ九州	(810-0005) 福岡市中央区清川2-20-15	092 (534) 7050	日 石 三 菱
西岡商事株式会社	(764-0002) 仲多度郡多度津町家中3-1	0877 (33) 1001	日 石 三 菱
平和石油株式会社高松支店	(760-0017) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7255	昭和シェル
丸菱株式会社	(812-0011) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7561	昭和シェル

石油アスファルト統計年報（平成11年度版）

A 4 : 26ページ ￥800（送料は実費）毎年 8 月発行

アスファルトに関する統計
資料を網羅し、年一回発行
する統計年報です。

広くご利用いただけるよ
う編纂致しました。

— 目 次 —

- 石油アスファルト需給実績
- 石油アスファルト品種別月別生産量・輸入量
- 石油アスファルト品種別月別内需量・輸出量
- 石油アスファルト品種別月別在庫量
- 石油アスファルト品種別荷姿別月別販売量
- 石油アスファルト品種別針入度別月別販売量
- 石油アスファルト品種別地域別月別販売量

申込先

〒100-0014 東京都千代田区永田町 2 丁目10番 2 号
秀和永田町TBRビル514号室
社団法人 日本アスファルト協会

編集顧問

多田 宏 行
藤井 治 芳
松野 三 朗

編集委員

委 員 長 :	中村 俊 行			
阿 部 忠 行	大 野 滋 也	塚 越 徹	姫 野 賢 治	
荒 井 孝 雄	栗谷川 裕造	野村 健一郎	吉 兼 秀 典	
安 崎 裕	小 島 逸 平	野 村 敏 明	若 林 登	
太 田 亨	田 井 文 夫	服 部 潤		

アスファルト 第205号

平成12年10月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒100-0014 東京都千代田区永田町2-10-2

秀和永田町TBRビル514号室 TEL 03-3502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

〒104-0061 東京都中央区銀座8-2-9 TEL 03-3571-0997（代）

印刷所 キュービシステム株式会社

〒104-0061 東京都中央区銀座1-21-7

GNビル4F TEL 03-3538-3171（代）

Vol.43 No.205 OCTOBER 2000

Published by **THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION**

(社) 日本アスファルト協会出版図書のご案内

書 籍 名	版 型	ページ	価 格	発行年
アスファルト一般				
アスファルトポケットブック	B 6 版	91	800円	12. 1
技 術 関 係				
アスファルトの利用技術	B 5 版	290	4,000円	9. 11
アスファルト舗装直結軌道試験施工のための設計・施工マニュアル	A 4 版	42	500円	11. 1
排水性舗装用エポキシアスファルト混合物施工の手引き	A 5 版	26	300円	9. 3
排水性舗装に関する実態調査	A 4 版	114	1,200円	6. 3
特殊アスファルトに関する実態調査	A 4 版	57	700円	元. 3
改質アスファルトを用いた混合物の設計と施工の手引き	B 5 版	37	500円	5. 8
改質アスファルトに関する文献調査	A 4 版	370	3,000円	3. 3
舗装用ストレートアスファルトの品質と性状に関する検討結果報告書	A 4 版	60	700円	62. 8
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	3,000円	59. 5
フルデプス・アスファルト舗装設計施工指針(案)	B 5 版	42	800円	61. 9
砂利道の瀝青路面処理指針	B 5 版	64	500円	62. 4
石油アスファルトの絶対粘度(J A A - 0 0 1)	A 4 版	6	400円	53. 6
アスファルトの環境に関する文献調査	A 4 版	122	3,000円	4. 12
アスファルトの環境に関する文献調査 第2報	A 4 版	110	3,000円	12. 6
廃棄物最終処分場アスファルトしゃ水工設計・施工マニュアル(案)	A 4 版	74	800円	12. 1
統 計 関 係				
アスファルト統計史(昭和62年度～平成3年度)	A 4 版	55	500円	4. 12
アスファルト統計史(平成4年度～平成8年度)	A 4 版	55	500円	9. 12
石油アスファルト統計年報(平成10年度版)	A 4 版	27	800円	11. 9
石油アスファルト統計年報(平成11年度版)	A 4 版	26	800円	12. 8
申込み方法 購入する書籍名・部数・会社名・住所・担当者氏名をご記入のうえ、FAXで下記まで送付して下さい。				
申込み先 (社) 日本アスファルト協会 書籍申込係 FAX: 03-3502-3376 TEL: 03-3502-3956				