

アスファルト

第36巻 第178号 平成6年1月発行

178

特集・座談会とQ&A

座談会

舗装技術の現状と将来

司会 飯島 尚 1

Q&A

26

〈用語の解説〉

設計交通量

小島 逸平 52

エポキシ樹脂（熱硬化性樹脂）

児玉 充生 54

〈新刊書紹介〉

漫画で学ぶ舗装工学 各種の舗装編

河野 宏 59

〈統計資料〉石油アスファルト需給統計資料

60

ASPHALT

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

第68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、恒例の弊協会主催の「アスファルトゼミナール」を下記要領にて開催致します。

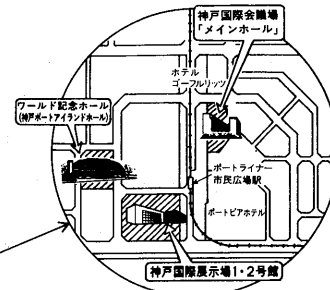
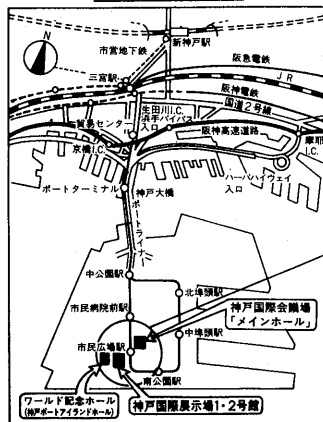
内容等参考の上、奮ってご参加くださいますようご案内申し上げます。

敬 具

記

1. 主 催 社団法人 日本アスファルト協会
2. 協 賛 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
3. 後 援 建設省、社団法人 日本道路建設業協会、社団法人 日本道路建設業協会 関西支部
社団法人 日本アスファルト合材協会、アスファルト合材協会近畿地区連絡協議会（兵庫・大阪・京都・福井・滋賀）
4. 開催月日 平成6年2月17日(木)～18日(金)
5. 開催場所 神戸国際会議場「メインホール」(案内図参照) 神戸市中央区港島中町6-9-1 ☎078-302-5200
6. 内 容 裏面「プログラム」参照
7. 申込方法 平成6年1月31日までに下記参加申し込み書に必要事項をご記入のうえ参加費を添えて現金書留でお申し込み下さい。申し込み受付次第受講券、領収書をお送り致します。
8. 申 込 先 社団法人 日本アスファルト協会 アスゼミ係
〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 和孝第10ビル ☎03-3502-3956 FAX03-3502-3376
9. 参 加 費 6,000円
10. 参加人数 600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。）
11. そ の 他 ①払い込み済みの参加費は、不参加の場合でも払い戻し致しません。参加者の変更することは差し支えありません。なお、不参加者には後日テキストをご送付致します。
②宿泊のあつ旋は、勝手ながら弊協会では致しませんので、各自にてお願いします。
③会場には駐車設備がありませんので、車でのご来場はご遠慮願います。

会場案内図



交通のご案内

- 三宮駅からポートライナーで約10分(市民広場駅下車)
- 三宮駅から車で約10分
- 新幹線新神戸駅から車で約15分
- 大阪国際空港から車で約40分

第68回 アスファルトゼミナール 参加申込書

勤 務 先			
所 在 地	〒 Tel		
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

開催月日 平成6年2月17日(木)～18日(金)

開催場所 神戸国際会議場「メインホール」神戸市中央区港島中町6-9-1 ☎078-302-5200

第1日目 平成6年2月17日(木) 12:30～17:00

- | | |
|--------------------------|-------------|
| 1. 挨拶 | 12:30～12:39 |
| 社団法人日本アスファルト協会会長 | 新 美 春 之 |
| 兵庫県土木部長 | 竹 本 雅 俊 |
| 神戸市土木局長 | 松 本 安 夫 |
| 2. 21世紀へ向けての豊かな地域 | 12:40～13:40 |
| 建設省技監 | 藤 井 治 芳 |
| 3. テクノパワー～21世紀に向けての建設技術～ | 13:40～14:40 |
| NHKチーフプロデューサー | 広 谷 徹 |
| 4. 近畿圏の道路整備 | 14:40～15:40 |
| 建設省近畿地方建設局長 | 橋 本 鋼太郎 |
| 5. 橋面舗装技術の現況 | 15:40～17:00 |
| (財)土木研究センター特別委員会幹事 | 小 島 逸 平 |

第2日目 平成6年2月18日(金) 9:30～14:50

- | | |
|---------------------------|-------------|
| 6. 平成6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 | 佐 藤 信 秋 |
| 7. 高速道路における舗装技術の動向 | 10:30～11:30 |
| 日本道路公団大阪管理局技術部長 | 藤 波 督 |
| (昼食休憩 60分 11:30～12:30) | |
| 8. 道路交通騒音の低減とタイヤの改良 | 12:30～13:50 |
| (株)ブリヂストン タイヤ試験部課長 | 富 田 尚 隆 |
| 9. ヨーロッパにおけるアスファルト乳剤舗装の現状 | 13:50～14:50 |
| (社)日本アスファルト乳剤協会技術委員長 | 植 村 正 |
| (講師は都合で変更することがあります) | |

座談会

「舗装技術の現状と将来」



司会 飯島 尚 建設省土木研究所研究調整官
(50音順)

井上 武美 日本舗道(株)技術研究所長

小島 逸平 熊谷道路(株)技術研究所第一研究部長

坂田 耕一 日本道路(株)技術研究所長

七五三野茂 日本道路公団試験研究所舗装試験研究室長

中村 俊行 建設省土木研究所舗装研究室長

平成5年10月5日(火)

虎ノ門パストラルにて

☆舗装の役割は何か☆

飯島 本日は、皆さん、大へんお忙しいところ、ご苦勞様でございます。

「舗装技術の現状と将来」ということで、この方面に大へんお詳しい皆さん方に、お集まりいただきまして、座談会を企画したわけでございます。

本日の趣旨でございますが、最近の舗装をめぐる設計、施工に関する技術開発、ということを中心に、現状の問題点、さらにそれをどのように解決しようとしているのか、そのポイントは何かに焦点をしばって、今後の技術開発、あるいは研究開発の方向を探っていききたい、ということでございます。

すでに材料関係については、先般、座談会を行いましたので、本日は材料にはあまり触れずに、主として構造設計、配合設計、機械、プラント、そして品質管理、維持修繕、について、忌憚のないご意見をたたかわしていただきたいと思います。まず最初に、「舗装の役割とライフサイクル」から入っていききたいと思います。

それではまず中村室長、いかがでしょうか。

中村 昨年の12月に改訂されたアスファルト舗装要綱で、「舗装の役割」が述べられております。

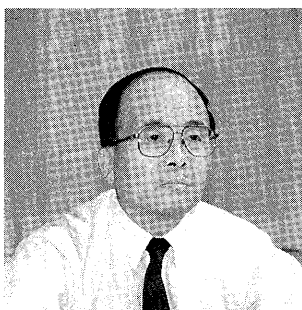
今回、舗装要綱の改訂に当たって、いま、調整官の言われたような観点から、舗装の役割をまとめよう、ということで新しく入ったところです。

その内容をまず3つに分けております。1つ目が雨天時の泥濘化や、乾燥時の砂塵を防止し、快適性を保持すること。

2番目が、車両走行時や、歩行時の快適性や、安全性を向上させること、ということで、道路を使う人たちにとって、快適であり、なおかつ安全である、ということです。

3番目に、良好な道路環境や沿道環境を創出すること、ということで、いま盛んに言われています環境問題にも、舗装が対応していく必要があるのだということがうたわれております。

この3項目が舗装の役割、ということで、今回の舗装要綱の中で整理された、ということです。



飯島 尚氏

飯島 3つに分類される、ということですね。

中村 ええ。

飯島 七五三野さん、いかがですか。高速道路の立場から見て、何かもう少しつけ加えることはありませんか。

七五三野 今、中村室長の言われた舗装の役割ということに関しまして、具体的にはわだち掘れというのが、かなり大きな問題でした。平成に入りましてから、全国でいろいろ試行錯誤しまして、私どもでも平成4年4月に、設計要領を改訂して、本格的にわだち掘れ対策に取り組んでまいりました。

飯島 このわだち掘れというのは、どちらかというと、さっきの中村さんがお話になった3つの目的からいうと、安全性ということになるのでしょうか。

七五三野 ええ、そういうことです。それから、雨天時の安全走行を確保するために排水性舗装にも積極的に取り組んでいます。

飯島 どちらかというと、高速道路の場合には、3つ挙げられた中のうち、安全性等が非常に重要視されるということでしょうかね。

七五三野 快適性ももちろんですが、より安全性というものが、強く求められると思います。

飯島 坂田さん、いかがですか。

坂田 大体、いま出た話以外ですと、沿道から見てどうかという部分の重要性が増してきているのと感じます。後で出てくると思いますが、「沿道から見て」というと、いわゆる空間機能になるのですが、平面的に見ますと、都市内等においては、かなりの表面積を舗装が占めていますので、沿道で生活されている方々が、常に遠目、近目で見るという領域でございますから、その見た目、街の景観との関連をもっと重視する必要があります。それから振動、騒音のように道路を快適にするはずの舗装がもたらす影響というものに対して、どういう形のものがいいのか、という意味での

役割も、順次増してくるのじゃないか、と考えます。

飯島 単に道路を使う人だけではなくて、その周り、あるいはその地域に住む人々から見て、道路の役割というものは、いまお話の景観であるとか、見た目、そういう要素も非常に大きくなっている、ということなことでしょいかね。

飯島 井上さん、いかがでしょうか。

井上 私は、いまの分を総括したような言い方で申しわけないのですが、舗装は、人、車へのサービスにつきるというように、とらえてきていたのですが。そのサービスの中身は何かというと、舗装ということで、すから、どうしても路面性状、それをあるレベルに保つことが、いまのお話の中の快適、安全性を与え、そして環境の問題を少なくする、あるいは実際に道路ができ、舗装ができた段階で、周囲とのバランスをとりながら、環境を創出していくのだろうな、ととらえております。路面性状として、いまお話のありましたような、わだち掘れ・すべり・ひびわれ・平坦性は、乗り心地というか、快適性を支配しますので、良好な状態を絶えず維持していくこと、それが人に対し、車に対してのサービスになるはずで。車の場合でみますと、自分が車のオーナーとして見た場合、車のメンテナンス、車の耐用性といった経済性にかかってきますし、人でみますと、やはりある時間内での移動を人の時間単価で見えていきますと、やはり経済性に該当します。路面の良し悪しで影響を受けるサービス機能は絶えずあるレベルに、という感じで、いつも道路舗装を、単純に見ているのが、私の考えです。

飯島 サービス機能というのは、環境、安全、快適性に関するものがそれぞれあるレベル以上に備えていなければならない総合的な概念だというふうに考えておいていいのですかね。

井上 ええ、ただ、その中に、やはりサービスのレベルというものがあってもいいのじゃないか、と思いますね。たとえば道路構造令というような、1種、2種のような、自動車専用道は、それなりのレベルも必要でしょうし、3種、4種ということでしたとえば4種になりますと、やはり市内まで入り込んできますもので、坂田さんもおっしゃったように、人との触れ合いの多い場所にもなってきますので、それなりのレベル、あるいは路面というものを、白黒じゃなくて、色まで含めていろいろ言われています機能面の何かが必要になってくると思います。「道路ありき」の環境、地域、あるいは輸送体系に占める道路の役割に応じたレ

ベルがあるのかな、という気がいたします。

飯島 小島さん、いかがですか。

小島 皆さんの指摘で舗装の役割なり、舗装がなすべきニーズという事が大体出尽くしたようなのですが、私、一つ思うのは、要するに社会活動、経済活動が時代と共に変わってきているから、それに応じたニーズというもの、やはり新しく発生して来ているので、それを見逃してはいけないという感じがするのです。

要するに皆さんが言われていますように道路規格優先の立場から道路を利用する人と、周りでそれを支えている人というのですか、道路環境の保全ということへの対応が重要になるという事です。最近の言葉で「人にやさしい」とかいう——道路でもそういうことがいわれるようになってきたので、このような観点に立った技術とか、工法を舗装のほうでも考えていかなければいけないようになってきた、というふうに思います。

中村 いま、環境の話がちょっと出たのですが、第11次五計の中でも、良好な環境創造のための道路整備というのが、一つの項目でうたわれているわけです。舗装についても、やはり良好な環境を創造する、という観点から、今後整備していく必要があると思います。その環境を、3つに分けております。地球的環境、自然環境、それから生活環境で、それぞれの環境に対して、いわゆるやさしい道路整備、舗装については、それらを考慮した舗装の整備ということが、必要になってくるんじゃないかな、というふうに思います。

飯島 ありがとうございます。舗装の役割について、いま、いろいろな角度からお話いただいたのですが、一口にいいますと、高速道路であるとか、一般道路であるとか、あるいは街路であるとか、いろいろな道路の使われ方に応じて、快適性、安全性、環境の創造等の、いろいろな目的を重視して整備していく必要があるのですけれども、その目的が社会の変動に応じて、いろいろ変わってきているという認識ですね。

特に最近では、環境という面が非常に重要になって、いま、中村さんから3つお話がありましたが、そういうような役割が非常に重要になってきている、ということですね。ところで、「人にやさしい」というのは、具体的にはどういうことなのでしょう。

☆人にやさしい舗装☆

中村 たとえば歩道の舗装で、最近だいたい言われていますが、いまのアスファルト系、コンクリート系のああい固い舗装でなくて、歩きやすさをもう少し考

慮した、弾力性のあるような舗装というのが「人にやさしい」例なのじゃないか、と思うのです。必ずしもそれだけではない、と思うのですが、身近な例としては、そういうことがあるのじゃないか、と思います。

井上 安全、快適に該当する部分は、やはり人が疲れないような路面、たとえば振動周波数による解析をしますと、あるレベル以上になると人は疲れてくるという結果がありますので、絶えず平坦な路面を提供し、目で見ても疲れない、あるいは走っていて疲れないということ、そして、ある一定速度で走れるということは排気ガスの関連から環境への害が少ないということで、やはりやさしいという受け取り方を舗装に関してはしたいな、と思っています。

いま、中村室長から言われましたように、人が歩くという意味では、全くそのとおりだと思いますが、いざ自分が車に乗っている、あるいは運転している、という立場で見ますと、最初に言ったような感じですね。

飯島 高速道路の場合ですと、「人にやさしい舗装」というと、どういうイメージでしょうか。

七五三野 自動車専用道路ですので、人は高速道路は歩けません、(笑)当然、井上さんがいまいわれたように高速で走りますので、安全であるのは当然として疲れないということが重要です。具体的には、排水性舗装が、雨天時の対向車ライトによる眩惑防止ができることとか、騒音低減についても、乗っている人だけじゃなくて沿道の人に対しても、効果があるようですから、走っている車が主体になるとと思いますが、周りの環境に対してもやさしいと言えるのではないのでしょうか。快適な走行性や渋滞解消ということも人にやさしいと言えるのではないのでしょうか。

小島 いま、車というのは、いろいろな年齢の人が運転しますよね、若い人ばかりでなくて、お年寄りも運転する時代ですから、そういうことを考慮する面がある意味では、やさしさの対象じゃないかと思います。

飯島 運転する側というか、使う側、人の側から見ると、若い人からお年寄り、女性もおるし、男性もおるし、ひょっとすると、外国人もいるかもしれない。

小島 そうですね。

飯島 昔よりは、いろいろな面を考えなければいけない、ということになっているわけですね。昔だと、車を運転する人は、20歳から40歳ぐらいの人を考えておけばよかったものが、それがいまは20歳はもちろん、80歳ぐらいのお年寄りだって運転するし、目の悪い人も運転するし、いろいろな人が運転する——女性ドラ

イバーは、いま、半分でしょう。また、外国人などもずいぶんいますよね、そういう非常に多面的になってきた中でやさしい舗装づくりが求められている、ということですね。

☆破壊形態の変化☆

飯島 こういう舗装がいろいろ時代に応じて、昭和40年、50年、60年、そして平成ときているわけですが、舗装の破壊形態も時代によって変わっているということについて議論を進めてみたいと思います。

舗装を10年単位で見たときに、ひびわれ、わだち、そして最近では複合的なもの、というように変わっていると思うのですが、どなたでもけっこうですの—高速道路はどうですか。

七五三野 おっしゃるとおり高速道路は、昭和30年代の後半から、名神に始まって、現在の横断道に至っているわけですが、やはり当初は施工とか、材料とか、設計とか、いろいろ問題があると思うのですけれども、ひびわれ等を中心としましたものが多く50年ごろまでは、ひびわれの修繕がだいぶ占めた、というふうに聞いております。

それから東名や、中央道では、AASHOの新しい考えなども入れまして、設計の仕方が、だいぶしっかりしてきたことによる、と思うのですがひびわれの問題が少なくなりわだち掘れの問題が大きくなりました。わだちの中でも、摩耗わだちというものが、50年代に卓越しております。

それからさらに、50年代以降の新規5道の時代に入りますと昭和の終わりから平成にかけましては、スパイク等の装着禁止とかいう問題も関係すると思うのですが、流動わだちのほうが卓越してきております。高速道路に関してましては、おっしゃるように、10年ぐらゐのサイクルで、少しずつ破損の形態が変わってきていると思います。

飯島 高速道路6000キロが、供用しているわけですが、地域によって、路線によって、破損の形態が違う、というようなことがありますか。

七五三野 もともと、北海道、東北方面は摩耗が

卓越するということでしたが、東北では、破損の形態が複雑になったというか、流動わだちについて東北のほうでも、昭和60年代の終わりのころには、問題がけっこう大きくなってきました。先ほども言いました公団の設計要領の変更も、その辺を取り入れて、単なる摩耗だけでなく、流動に対しても対応できる、というような方向になっています。

飯島 一般道路の場合はいかがですか、中村さん。

中村 直轄国道で補修の原因調査、とういのをやっております。これによると、8割がわだち掘れです。そのわだち掘れも分類してみると、大体半々ぐらゐで、摩耗わだちと流動わだちに分かれています。

これは3、4年前の調査のものですから、今後のことを考えますと、いま、七五三野さんが言われたように、スパイクタイや装着の車がほとんどなくなる、という状況ですから、これは変わってくるのじゃないかな、と思います。ただ、現状では、やはりわだちというのが、直轄国道でいう補修の大部分を占めておる、ということです。

飯島 だいぶ大きな違いがあるのですか、たとえば流動にしても、南のほうでは非常に大きいとか。

中村 ともかく摩耗わだちについては、スパイクタイや装着する地域ということで、かなり限られているのですが、流動わだちについては、全般的に出ております。寒冷地においても、摩耗わだちと流動わだち両方出ている、という状況になっています。

飯島 小島さん、いかがですか。全国をあちこち歩いておられる、と思うのですが。

小島 10年単位と言われたのですが、我々が仕事するときは、舗装要綱をいろいろな立場で参考にすると思うのですが、これがやはり、ほぼ10年ぐらゐの単位で、技術の蓄積で改訂されている訳で、このような動きを見ると、10年間で得られた技術と新しい知見をもとに多様化、高度化、合理化につながる技術を求めて行くことが重要だと思うのですね。

七五三野室長が、名神の話からされたのですが、一番最初に出版された昭和36年の要綱あたりは、どちらかというと、重交通にも対応できるようにアスファル

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officialsの略で1914年に設立されたAASHOがT(交通運輸)の一字を加えた形で現在に至っている。

AASHTOは非営利・非党派の法人組織で、合衆国各州政府とワシントンD.C.およびプエルトリコの道路交通運輸担当官を代表し、全国の総合的な交通運輸体系(道路、鉄道、航空、水運、公共運輸機関の5分野を包括する)の開発、運営、維持を奨励することにある。

ト量を少し減らす考え方が出ていた、と理解しています。ところが昭和42年は、共通範囲で、アスファルトを少しふやしても、耐久性を高めることができるように改訂されました。

それが現在ではマーシャル試験と合わせて、ホイールトラッキングとか、ラベリングという考え方を検討に入れてきたということで、やはりそのときどきの舗装が抱える問題を、技術的に対応しようという動きが確かにあるのではないかと思います。

飯島 坂田さん、いかがですか。

坂田 いま、高速道路の話が出ましたが、私も若いころは、ずっと高速道路のほうをやっていたものですから、10年単位の変化は私も感じています。確かに、昭和40年代前半までは、高速道路でやった例というのは、考え方とか、結果とかいうのが、比較的、要綱のほうにも持ち込まれた、と思うのです。

特に名神の場合の破損状況が、ひびわれが卓越したということで、耐久性の面でアスファルト量をふやそう、あるいはどういう設計をしたら、アスファルト量をふやせるか、というような考え方、あるいはもちろん、構造的な強化をどう図るかという面も相当に研究し検討されたわけですね。

しかし、その後10年は流動わだちとの対処に中心が移っています。これには道路構造令の改訂等があって、車線主義の厳守ということで、輪の通過位置が集中するということも、流動が卓越してきたことには、かなり寄与している。もちろん交通量の増大、積載荷重の増大が中心に絡んでいます。そういうことで、表層、基層の耐久性向上と、路盤以下の構造強化という形は、高速道路、国道等も、一般的には、同じ形で進んできた、と思うのです。

昭和50年前後から60年にかけて、アスファルト舗装の持つ限界に対して、コンクリート舗装を何とか見直そう、ということで、高速道路の場合も、1部に大規模なコンクリート舗装を、実施してきた経緯があります。

60年代に入ると舗装への要請・要求が順次複雑化し、まさに「多様化」、「高度化」という言葉で表現されるように、全体的に見るということと、区分して見ようというのが、必要になってきた。この結果が今度の要綱に出てきた「構造的破損」と、「機能的破損」という分け方をして論じていかざるを得ない、というふうになったものと、私は思っています。

飯島 井上さん、いかがですか。

井上 40、50年代と、10年ごとに区切られたのですが、40年代といいましたら——ちょっと別の件もあって、調べていたら、舗装率は簡易舗装を除くと4%ちょっとで、簡易舗装を含めましても全部の道路延長で7.5%とかいう数字なのですね。

飯島 昭和40年ですか。

井上 ええ。

飯島 もっと高くありませんでしたか。

井上 舗装率はそのくらいですね。それが現在は、高級舗装で22%、簡易舗装を含めても70%に近いです。また、そのときの車の台数も比べてみますと、たしか10年か15年オーダーで、車はワンオーダー違っているのですね。

破損というのは、さっき、私言い方が悪かったかもしれませんが、舗装にどんな役割を期待されているのかという観点からみて、やっぱりサービスだと考えています。サービスというと、いろいろな要因があって、たとえば、やはり社会的な要因があると思います。それが40年、50年、60年とうまく割り切れましたか、という感じと、それから、経済性では、人件費もずいぶん変わってきていますね。40年から比べると、20倍ぐらいになっていますが、その経済性、それからもう一つは、安全という意味では、交通量の違いがあります。それがやはり舗装率と車の量がバランスしていたのではないかと思います。いま、いろいろ議論が出ましたように、舗装に対して、車のほうがふえたために、バランスの崩れが次第に大きくなって道路構造令の改訂話もあって、当初はひびわれぐらい、それがだんだんわだち掘れに、そしてあとは、自分たちの生活がもう少しよくなって、レベルが上がってきますと、最初にお話ありましたような、安全、快適、そして環境にも問題がない、ということ、だんだん要望してくるようになるのかなと考えています。ただ、物理的な分と、社会的な分をごっちゃにしすぎと思いますが、道路は社会の要請の産物のような気も致しますもので、そんな感じを言わせて貰いました。

破損の点については、非常にむずかしくて、構造的な、物理的な分だけではなくて、何か目標があって、その目標を達せない場合は、破損だと割り切りますと、何か説明もしやすいかなと勝手に考えています。

☆ライフサイクル☆

飯島 そういう場合道路の種類に応じて、いろいろなこわれ方がある。いま、構造的破損、機能的破損と



中村 俊行氏

いうお話がありましたが、次にそういう現実を踏まえて、舗装をどのように評価していくか、ということなのですけれども、最近、ライフサイクルという議論がずいぶん多くなっておりますね。舗装要綱にもライフサイクル、という考え方が取り入れられたのですが、これについて議論してみたい、と思います。

そもそも、ライフサイクルというのは何でしょうか、七五三野さん、どんなふうに考えていますか。

七五三野 なかなか難しい問題ですが、従来はインシャルコストを偏重していた訳ですが、舗装のように、維持修繕の占める割合の高いものについては、メンテナンスコストを充分に考慮して、トータルとしての金額の比較をしなければならないということで重要な意識の変化だと思います。ただし、渋滞時のマイナスコストなどどのように算出してよいのかよくわかりませんが。

飯島 アメリカなどでは、ペーブメント・マネジメント・システムというのは、非常に重要で、州にもよりますが、舗装をやるときには、必ずそういった計算をしなければいけない。つまりライフサイクルを考えて工事をしなければならない、というようなことになっているわけでしょう。日本ではどうでしょうか。

中村 ライフサイクルとは新設の舗装の供用性能が、経時的に低下していくわけです。それが修繕を受けて、ある程度回復する、その繰り返しという概念、それにかかる費用が、ライフサイクル・コストです。いってみれば、ライフサイクル・コストというのは、新設の費用と、それから供用中のライフサイクルを経過する際に要する費用を合わせたものでそれを最小にするような舗装ということが求められています。なかなかむずかしい点もあるわけで、一つはライフサイクル・コストを厳密に出すためには、こういう舗装がこういう荷重を受ければ、こういう供用性能を示しますよ、ということが、わからないといけないということです。

その間にかかる費用を、どこまで計算するのか、たとえば舗装後は補修することによって、もちろん補修費用がかかりますが、それ以外に、社会的ないろいろな損失例えば交通渋滞だとか、工事による騒音、振動みたいなマイナス効果、そういうものをすべて計算に取り込む、その辺の手法が、まだ十分に確立されていないという問題もあります。

将来、いま言われましたように、その辺を研究してライフサイクル・コストで、舗装の種類、もしくは維持修繕方法を決めていく、という方向になるのではないかと、思います。

飯島 いまの話ですと、渋滞や、車の側が受ける不利益みたいなものを、どう計算するかというのは、かなりむづかしいのではありませんか。

中村 そうですね。修繕工事で渋滞することによって、たとえば人件費がかさむよという話、それから走行費用、たとえばガソリンだとか、オイルとかいうものも、よけいかりますよ、という話があるわけです。ただ、それ以外に、渋滞によって物流に及ぼす影響もあるので、どの範囲までを、ライフサイクル・コストとして計算していくのかということが、問題としてあるのじゃないかと、思います。

飯島 渋滞に巻き込まれて飛行機に乗り遅れたなどという個別のケースもコストに入れるのでしょうかね。

中村 そうですね。どこまで入れるのか、というのがありますね。

井上 その辺の問題があるからですかね。ライフサイクル・コストをいろいろ検討したときに、たとえばアメリカは、使っているところと、使っていないところがあり、わかっている範囲で見ますと、舗装の種別を決めるほうで使っているようです。いま最初に、破損のときに、坂田さんのほうから話が出ましたように、アスファルト舗装にするのか、コンクリート舗装にするのか、ある程度、累積交通量がわかっていますので、どちらを、40年間とか、20年間で選ぼうかということ、簡単に割り切っているようです。

結局、中村室長が言われたように、いろいろ、そういうむずかしい点がありますもので、割り切った中でどちらかを決めて、そして舗装が決まってから、今度は初めてPMS (Pavement Management System) を使って対応する、という2段階に分けているようにも受け取れますね。

飯島 一つは、舗装の工種を選定するとき、30年、40年比較したときに、どういう工種が有利かというこ

とを整理する。もう一つは、でき上がったものを、いつごろ、どんなふうに修繕したらいいか、というときに、一番有利な方法を計算するという仕組みですね。

井上 ええ、そういうふうに受け取れました。

飯島 日本の場合には、必ずしもその辺が整理されていませんね。

井上 先ほど言いましたように交通量が累積になっていませんもので、ある意味ではとりようがないですね。

飯島 いずれにしても大きな研究課題であり、これからもっときめ細かく、このライフサイクルというものを整理しておかないと、先ほどからお話のあった「人にやさしい舗装」であるとか、道路の機能に応じた舗装のあり方、というものを議論するときには、ネックになるということですかね。

☆構造設計の考え方と T_A ☆

飯島 そういう状況の中で、舗装の構造設計をどう考えるかということなのですが、いま、 T_A 設計法というものを基本にしているわけですが、これについて、問題点、ポイントは何かということ、議論していただきたい、と思います。

中村 まず初めに舗装の構造設計法ですが、これはいうまでもなく、経験的な設計法と、理論的な設計法、というふうに分けられます。その中で、 T_A 法というのは、経験的な設計法に入り、基本になる考え方は、AASHTOの道路試験からきているわけなのです。経験によって、材料の強さを決めているという方法ですから、いままで経験のある材料、もしくは試験で検証されている材料については、強度が決められますよ、それ以外のものについては、強度が決められないというところが、経験的設計法の宿命みたいな話であろうか、と思います。

もちろん、新しい材料や舗装構造を使う場合には、今回、舗装要綱の中でも、理論的な設計法として、多層弾性理論を使った考え方が、付録に載っています。そういうものを使っていきなさいよ、ということになっているわけなのです。

飯島 等値換算係数がないものは、なかなか使いにくいということがありますよね。その辺、もう少し簡便な方法例えば、室内的に評価するような方法は、ないのですかね。

井上 たとえば室内評価ということでは、いま、中村室長が言われたAASHTOのガイドが、86年に改訂さ

れています。これに従いますと、表層材については、たとえばレジリエントで、路床、路盤材については三軸のレジリエントで、ということで、その辺はすっきりはしてきているのですが、さて、それでいいか、ということになりますと、やはりこういう割り切りをして、あとでチェックをしながら進める、ということに落ちつくのかなと思います。これは要綱である程度設定をして、様子を見て、最終的に決めましょう、ということに一致しますね。

坂田 等値換算係数を室内や構内実験で簡易にあるいは早期に求める方法は種々提案されているわけですがそれでほんとうに大丈夫かというのが、ずっと続いているわけですね。またそういう等値換算係数を用いたあるいは理論計算をしてやった工事、実際に追跡しているか、というと、1部の材料を除いてほとんど途中でわからなくなってしまうのです。これからは試験工事として起こして、長期にやっていくということが、いずれ一番急ぐことじゃないか、という感じがしています。

飯島 けっこういろいろな材料で、等値換算係数が不明な材料を使う舗装というのも、やっているのでしょうか。

坂田 逆にいまからもう一度調べ直す、という手もあるのかもしれませんが。

飯島 そういうケースを、いろいろ全国的に調査して、それで現時点で評価して、等値換算係数を与えるとか……。

小島 等値換算係数が出てきたというのは、中村室長も言われたように、AASHTOの試験の成果を受けている訳で、ここでのポイントは路盤の上にアスコン層を置いた舗装構成に注目した点であり、碎石路盤を用いた構成では大きい車にはもたないという成果を重視して、耐久性を加味した材料・工法の評価指標である「相対強度係数」が日本流の「等価換算係数」になっている訳で、シミュレーターである「走行試験」も出て来ていると思います。

ただ、今回の舗装要綱で、画期的なのはCBR- T_A 法によらない設計法を提案したというか、要するに新しい材料の可能性をかなり認められる多層弾性理論による手法を示した事だと思います。これは、これまでの手法に比較すると飛躍的であり理解しにくい面があるかもしれないけれども、要するに計算でバックアップできる使い方を提案したので、それをぜひ広めていくというか、これを心がけていかないと、新しいものの

可能性はむしろ高いんじゃないですかね。

飯島 いまの考え方は、 T_A 法がとれない場合については、弾性理論等を使ってやりなさい、という考え方になっているわけですが、小島さんの提案はそうじゃなくて、 T_A 法でやれるところでも、弾性法を使っていたほうが、新しい材料などを使うときには、使いやすくなりますよ、ということですか。

井上 私もいまいわれる意味には賛成です。全部そちらにも使って、試行していこうということでしたら、いいのですが、要綱のほうの使い分けの縛りが厳しいなと思います。

小島 (社)日本道路建設業協会の重交通対応の舗装構成の検討のところでも、やはり20年設計として、安定処理を積極的に取り入れていったほうが、最終的には経済的にも、構造的にも有利であるというレポートをまとめつつあります。というのは、先ほど言われたライフサイクルとか、多層弾性による路床上面の圧縮応力がこれだけ低減されるから有利だとか、表面たわみ量がこれだけ低減できるから、という視点を明確化している訳です。

このようないろいろな説明手法を使って、新しい材料・工法の提案とか、安定処理を使える方向を探っているんで、私はむしろそっちのほうに展開していくべきだと思います。

井上 拡大していただくような方向だと、いいですね。先ほど室内試験関係でちょっと言い足りなかったのは、弾性理論でいった場合、時間と、環境の履歴を受けていく分の影響が、全然評価できないというところに、問題があるのかな、という気がしています。

いま舗装の応答は、弾性理論を使えば、アウトプットは解析値として出てきますが、それをどう評価するかだと思います。たとえば今までのように、ひびわれとか、あるいは路床の圧縮ひずみとかでみると、これによる破損を推定し得ないというのが、ここ20数年構造会議をやってきたの結論だと思います。

ひびわれ、ラッティングに対して、実態と合いますよ、という確率は、100分の1迄あるというのが、何べんもいわれています。解析値をどう使うのかということに、問題があるのでしょうかね。

☆理論と実際の対応☆

飯島 話途中なのですが、逆解析というのを、ずいぶんやっていますよね。弾性係数を推定するために、実際の道路から逆に解析して推定していくという方法

で、ずいぶんやっていると思うのですが、この方法の位置づけはどうなっているのですか。

井上 やはりポイントポイントでしか、応答のモデルは線形の多層弾性論に固定して、それにできるだけ合うような弾性係数を推定しています。

飯島 計算のための計算というか、たまたま調査して、あとから逆に解析して、合ったよとか合わないよとか——言葉が過ぎるかもしれませんけれども。

井上 そうではありませんのでそれは弁護させていただきます。

坂田 FWD (Falling Weight Deflectometer) による計測データを用いる逆解析は今の所調査請負とかいう形になっているものが多いものですから、1部ではおっしゃるようなイメージの話はあります。しかし、この種の評価結果や検証の継続は、理論計算による設計法の精度向上につながっていくものと考えます。

飯島 逆解析した結果、いまの T_A 設計法の等値換算係数を更に明らかにしていくために実施しているというふうに考えればいいのですか。

井上 見出すように努力はしています。室内で求めた弾性係数と等値換算係数を求め、これを使って舗装体の、残存の T_A を求め設計時の T_A との対比から、健全であるかの判断をしています。たとえば逆解析をしまして、それから残存の T_A を計算して、それが時間の経緯、供用の経緯に伴って、残存 T_A は、どんどん低下していきます。あるレベルにきたときには、舗装構造としてのトータルなアウトプットとして、破損が生じています、という結果は出ています。

逆にこれを進めていきますことは、 T_A の設計法自体が、正しい設計法で、いわゆる経験を含めた妥当性があるということにも発展していくわけです。

飯島 つまりいまの T_A 設計法は正しい、妥当性がありますよ、という答えが出てきているということになりますか。

井上 そうです。試験のための試験ではない、ということです。

飯島 よくわかりました。

七五三野 いまの室内試験の結果が、長期的な安定性というものを反映していない、というお話があったことに関していうと、シャープで、いま、長期の供用性と非常にリンクしたバインダー、いわゆるスーパーペープの試験などもやっています。かなり細かい区分けをして、適用しようとしていますけれども、実用化されてくると、室内試験でのデータが供用性とリンク

してより重要になるということでしょうか。

井上 シャープのほうは、バインダーがスーパーペースになってきますと、混合物に対しては、MiDASというシステムをつくっていて、レベルⅠからⅢまであるわけですね。レベルⅠは、いま、私達が行っているような、経験的な方法だ、と思います。Ⅱ、Ⅲになりますと、やはりパフォーマンスを保証しよう、という設計になっていますので、たとえばレベルⅡだと、試験項目が3つぐらい、非常に重要な路線ですと、レベルをⅢぐらいまで上げて、試験法も7つぐらいやるようになっています。その室内試験から、舗装としてのパフォーマンスを推定する——日本でいいますと、たとえばホイールトラッキングをやりまして、DSが幾らぐらいのときには将来このくらいのわだちになるから、これにしましょうよというのが、ちょうどレベルⅡぐらいになるような感じで受け取っていますが、レベル

Ⅲになると、もうちょっと違うように受取れます。

解析し、それが積み重なって、どんな現象が生じますか、というところは、今後、もうちょっと細かいところが知りたいな、と思います。

☆交通荷重の評価☆

飯島 いまの T_A 設計法の中で、交通荷重の取り扱いと、路床の評価法が研究課題であると思っていますが、まず交通荷重の見通しは、どうでしょうか。

中村 これは非常にむずかしいのが現実です。というのは、いまの輪荷重分布は、たとえば直轄国道でいえば、年間80カ所ぐらい測定しております。その中でやはり今後問題になるのは、車両の大型化の話があるわけで、総重量が25トン、ただ、軸重はいまと同じ10トン、という形になってくると思うのですが、総重量が変わってくれば、当然、軸重、いわゆる輪荷重も、

THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ASPHALT PAVEMENTS

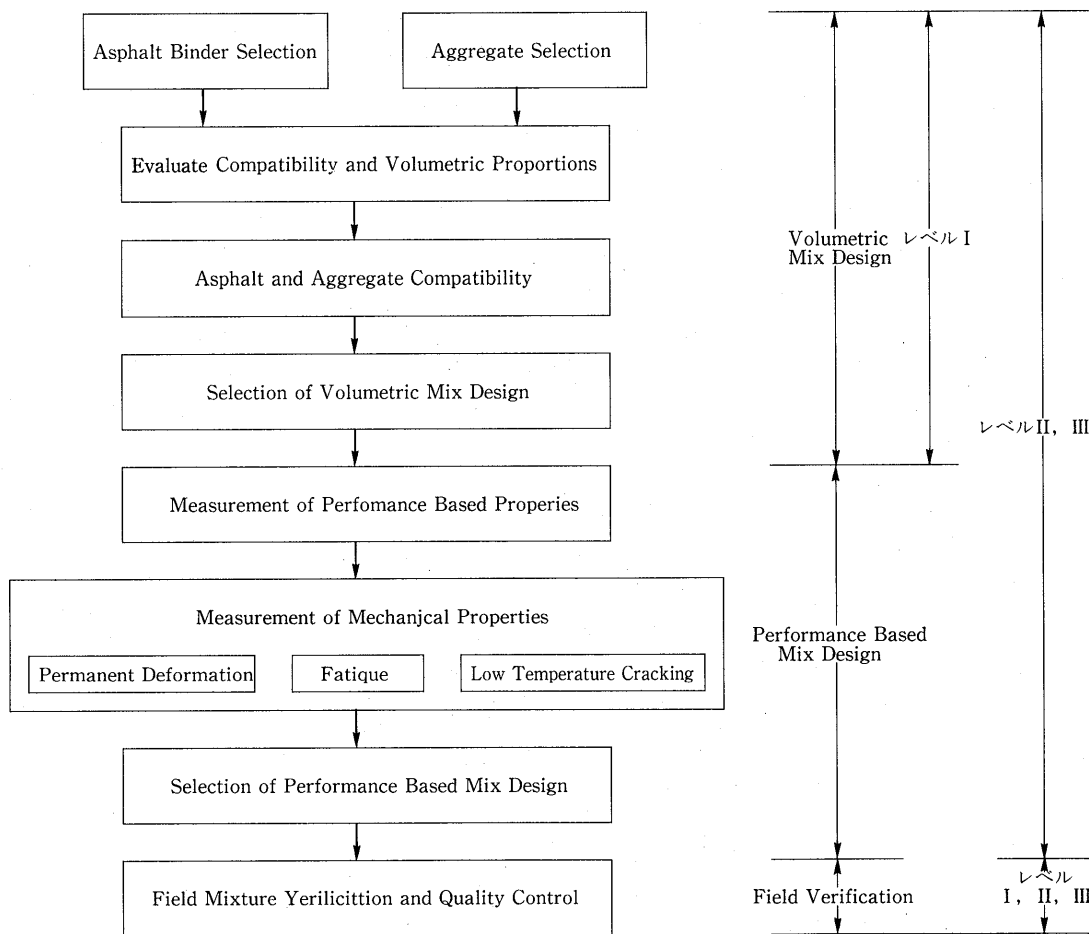


図 Mixture Design and Analysis System Flowchart (MiDAS)

全体としては、大きいほうにシフトしていくのじゃないかな、というふうに予想されます。

ただ、いま、過積載の問題というのがありまして、過積載が、大型化にどう連動して変っていくのか、これによって、輪荷重分布の動き方も変わってくると思います。ただ、大型化ということになれば、輪荷重が重いほうにシフトしていくのじゃないかな、とは思いますが。

飯島 トータルは25トンだけれども、軸重はいまの10トンで変わらないのですね。

中村 軸重は10トンで変わらない、ということです。

飯島 軸数をふやす、ということとは？

中村 3軸で25トンまでいけるのじゃないですか、10トン、10トン、5トンとか。ただ、それが20トンをきっちり守っている車だとすれば、たとえば8トン、8トン、4トンの軸重が、10トン、10トン、5トンになりますから、重い輪荷重のものの比率が大きくなっていくということが、いえると思うのです。

飯島 舗装の設計では、軸重10トンですが、ダイナミックな荷重で評価しているわけでしょう。

小島 舗装設計では静的載荷による評価じゃないでしょうか。

飯島 基礎となるデータは走行荷重を軸重計ではかったものですね。

井上 それはダイナミックでしょうね。

飯島 走行荷重をはかっているわけですから、当然15%か20%インパクトが、入ったもの、衝撃係数が入ったもので、評価していますから、将来も同じ方法でいいかどうか……。

中村 設計交通量を輪荷重による方法で設計するとき、5トンの輪数に換算して、何輪通るかということで設計するわけです。

その場合、輪荷重測定がベースになるのですが、現地で輪荷重をはかる場合には、衝撃荷重が確かに入っているという気はしています。ただ、じゃどのくらい衝撃荷重があるのか、それが路面性状だとかによって、どのくらい違うのか、その辺がまだわからない部分だと思っています。

井上 そうですね。いまの路面性状とのかかわりで、衝撃荷重がどうなっていくかについてはPIARC (Permanent International Association of Road Congresses) のC1委員会の、ワーキンググループの今期の課題になっています。海外においても、全般的にまだ十分に把握できていない、ということです。

飯島 表面の凹凸によって、同じ10トンでも、12トンになったり、13トンになったり、あるいはスムーズであれば、10トンであるかもしれない、その辺の相互作用がよくわかっていない、その辺が大きな研究課題である、と理解していいわけですかね。

井上 それが車両のタイプによりまして、違ってくるわけです。じゃなぜそんなことを扱うか、といいますと、先ほどの議論にありましたように、舗装のマネジメントシステムを考えたときに、プロファイルがあるレベルを超えますと急に破損への影響が大きくなるだろうということから、ここでは修繕しましょうというところに使いたい、ということです。動荷重に路面性状がどう影響を及ぼしているのかの結果は、あと3年後のモントリオールで出てくると思います。十分把握できていない、というのが実際です。

小島 その場合、動荷重の評価は、最終的には出てくるのでしょうか。これまでは舗装への影響というか、いま、4乗則で効くといっていますけれども、そういう大きな荷重が、舗装にどう影響するかというあたりは、そこでは勉強しているのですか。

井上 あとどう使っていくかというのは、ちょっと別途の議論になるのじゃないか、という気がしております。

飯島 いずれにしても、大型化の傾向になっていくわけですが、そうになると、路面の凹凸と、車の動的作用をきっちり詰めていかないといけない、ということになると思うのですがね。

中村 そうですね。

それと5トン換算輪数で設計する場合には、実測によって将来の5トン換算輪数を予測している、ということですから、そのままいけるのですが、大型車交通

表 PIARCの技術委員会およびワーキンググループ一覧表

略称	委員会・WG名	略称	委員会・WG名
C 1	路面性状	C 13	交通安全
C 3	技術交流と発展	C 14	環境
C 4	都市間道路	G 1	冬季道路会議
C 5	道路トンネル	G 2	自然災害防災
C 6	維持管理	G 3	先進的道路交通管理
C 7	コンクリート道路	G 4	大型貨物自動車
C 8	たわみ性舗装	T	用語
C 9	経済・財政	Q I	道路行政の実施管理
C 10	都市内道路	Q II	交通と都市空間計画
C 11	道路橋	Q III	道路工事の品質確保
C 12	土工・排水・路床	Q IV	舗装の強化と維持の技術



井上 武美氏

量区分による場合には、交通量区分の見直しというのが、将来出てくる可能性がある、ということだろうと思います。

☆路床の評価☆

飯島 路床はいかがですか。路床の評価については、CBR法が、将来とも続いていくものなのか、簡素化や、効率化の動きというのはありませんか。

中村 これもその他の設計法と関係してくるのかもわからないのですが、路床の評価をどうしていくかというのは、今後の課題じゃないかな、と思います。

飯島 それじゃ新しい設計法の可能性について、議論を進めていきましようか。一口にいつて、付録の式というのが、新しい要綱に取り入れられたのですが、従来法とどの程度差が出るか、どの程度使われているか、どんなものでしょうか。

井上 一つ、この設計式を運用した例は、これを逆に使って、ステージコンストラクションになるような設計をとった、というのがありますね。逆にもう一つは、設計の段階だけで、実際には適用されていないのですが、ある程度信頼度のある舗装にしたい、ということでしたもので、たとえばいまの路床のお話の中で、設計CBRのとり方を、たとえば1シグマでなくて、2シグマぐらいにして、それから交通量も破損確率のことを考えまして、倍にとった例です。この結果、両方セットにしても、 T_A ではわずか4センチぐらいしか大きくなっていないという結果でした。

飯島 4センチアップということですか。

井上 そうですね。多層弾性論である程度 T_A 式を説明できる、という考えをとっています。

飯島 できますか。

そうすると新しい設計法がいらないのじゃないですか。

井上 弾性論を、たとえばメカニカルなモデルだと

いう見方をしますと、これだけでは通じません。これを現状に合うようなエムピリカルというのですか、修正をしてでき上がっているのが設計法として望ましい筈です。

そういう見方をしますと、弾性論を経験でカバーした分が、 T_A 設計法かな、という見方ができる、というのを個人的に思っています。それが先ほどの逆解析の結果から見た場合です。ちょっと個人的過ぎる意見かもしれませんが。

中村 今回、舗装要綱で T_A 法による構造設計が適当でない、と判断される場合は、 T_A 法によらない舗装の構造設計を採用していいですよ、という書き方になっているわけですね。たとえばそれで路床が非常に軟弱な場合だとか、あるいは構造がコンポジットだという場合に、 T_A 法が適用できない、その場合に付録の多層弾性理論を使うということですが、じゃ T_A 法が使える舗装に対して、多層弾性理論を使うと、どのくらい差が出てくるか、ということだろうと思うのです。

今回多層弾性法を要綱に載せるに当たって、従来の T_A 法でやった場合と、多層弾性理論でやった場合の比較を検討しているようです。その結果、あまり大きな差はないのだ、そういうふうに聞いていますが。

坂田 T_A 法でできるものに対しては、多分あまり変わらない、と思います。

井上 変わりませんね。 T_A 設計法の位置づけを、どう考えますか、ということで、昭和42年から導入され、これだけで大きな間違いはない結果と受取っています。ということは、逆に弾性論が構造モデルですよ、としますと、それを経験的に補強した分が、 T_A の設計法だ、ということで割り切りますと、あまり悩まなくていいなと考えています。弾性論で設計したとしても、それがすべてではなくて、やはり T_A との対応で問題は少なそうだな、という予測を持って設計ができますので。

飯島 T_A 設計法という、経験的な設計法が中心ですが、もう少し学問的にというか、理論的にというか、そういう設計が可能ような仕組みを考えていく、という努力は、これからも続けていかなければならないでしょうね。

井上 そうしますと何かの応答を見て、どんなモデルがいいですか、ということになりますね。いまの問題で、多層弾性論がなぜだめかというと、設計は弾性ですが、非線形材料特性の分が、路盤、路床材にあります。これらに負担がかからない舗装であれば大

体が合ってくるのじゃないか、と思います。逆に簡易舗装になりますと、路床、路盤に同じウェートがかかれば、非常におかしな、モデルになってくるのじゃないでしょうか。

それから、多分、非線型の適切な構造モデルを考えれば、それで説明はできるのでしょうか、舗装の設計の中ではいけないのじゃないか、と思います。それをもっと学問的にやれ、ということでしたら、別ですが。

七五三野 材料の性状とか、施工の問題とか、それ以外に大きく変わる要素が、あまりにも大きいということなのですか。

井上 その辺の事も考えてですね。

☆配合設計の考え方☆

飯島 次に「配合設計」について、議論したいと思っています。

現在はマーシャル試験が中心ですが、この方法は問題点はないのですか。

小島 最近、排水性舗装用のアスコンのように特殊な機能を持ったアスコンの配合設計というのが出ていますが、その例だと思います。

マーシャル試験というのは、昔からよくいわれているのですが、ビームコヒージョン試験とか、スミスの3軸試験とか、その他の試験と合わせて評価すると、粗粒度アスコンなり開粒度アスコンに適用することが疑問があると前からそんな感じを、持っているのですが、そういう問題を抱えながら新しい評価試験をプラスして判断する、つまりマーシャルを補うことによって、マーシャルを生かしていくことが無視できないと私は思います。

いずれにせよマーシャル試験そのものは、適用にはおのずと限界があるという視点を忘れないことだと思います。

飯島 通常の骨材、通常の粒度、通常のアスファルトの範囲であれば、マーシャルによる配合設計の結果は、比較的現地の供用性とも対応がつくし、また試験法としてはこれだけ広く使われて、データもたくさんありますので、有効であると考えられます。しかし、それからはみ出したような材料や粒度、あるいは新しい材料については、必ずしも十分でない、と考えていいのですかね。

坂田 大筋そういうことになろうかと思います。やはり配合設計という意味でいうと、モールドの手法が10センチ径で深さが6.5センチですから、トップサイズ

13ミリぐらいの密粒アスコンのようなものを設計する、ということに対しては、過去の蓄積から見て、最も経験的に正しいものが得られる。

それと、もう一つ、これはほかの試験法でも、同じでしようけれども、マーシャルで決めた基準密度というものは、用いている締固め方法が実態と合わないとかいわれていますが、いわゆる現場で実現しなければならない密度に対する一つの基準、ということでは、これは相当意味のある数字だろうと思っています。

ただし、アスファルト安定処理混合物の場合は大きいサイズを除去して置換する、という拡大適用が行われてやはり適用の限界を超えていると考えています。最近の大粒径アスコンの設計法をみると、15cm径の寸法を用いていますし、加えるエネルギーの方も、転換して使っています。つまり現場での転圧方式が大きく変化しない限りマーシャルによる締固め密度は少なくとも一概にだめよ、というふうに捨てる必要のものではないだろう、という感じはあります。シャープの関係もいろいろあるのですが、その辺の設計法とのすり合わせというのが、当分実証されるまでは、使われていくのじゃないかなと思っています。

飯島 私は、配合設計がマーシャルだけです、と考えることは、限界があるのじゃないかなと感じていますがね。

井上 逆にマーシャルがあって、マーシャルを受け入れていなかった、たとえばイギリス、ドイツなども、受け入れ始めたわけですね。ロードにしても、マチック系の混合物にしても、マーシャルでやっている。あと、通常のアスコンも全部マーシャルにしています。

それを見ると、やはりマーシャルというのは、それなりの良さがある、あるいは簡便で間違いのなさそうなアスファルト量を決めるということにあるのじゃないかなと思っています。ただ、マーシャルの力学試験の特性、ということになると、先ほど、坂田さんが言われたように、だんだん実態とパフォーマンス等の何かと対応させようとする、どうも無理があるのじゃないでしょうか。

飯島 マーシャル試験で得られたいろいろな特性値と、現地の供用性との対応が、詳細に分析すると必ずしも明確でない、この辺をどう解明していこうかというのがこれからの課題でしょうね。

井上 ある時期、たしか幕張で、小島さんがやられたころ、あれはまだマーシャルとの対応があった時代

じゃないでしょうか。

小島 そうですね、交通量が初期の段階での状態の解析ではマーシャル性状とわだち掘れの相関性はクリアにされています。

井上 先ほどの破損の考え方ではありませんが、外力とのバランスもあったりして、あるレベルまでは、やはり対応はあったと思うのです。しかしアスファルト量の決め方として考えてみますと、まだまだ有効な方法だろうな、という考えを持っておりますね。

ただ、限界は、やはりこれから、耐流動というのがどこの国もだんだん問題になってきておりますので、碎石のサイズを大きくしようとした場合には限度があります。大粒径のマーシャルでは、たしか厚さ65ミリ直径150ミリという大きな形状にしておりますね。あるいは今度のSHRP (Strategic Highway Research Program)の混合物の試験でも、この65の150という大きな混合物でやろうとしています。少しサイズを大きくしたもので評価しようということになってきたのではないですか。

☆排水性混合物の配合設計☆

飯島 新しい混合物、たとえば排水性混合物であるとか、コンポジットであるとか、あるいは改質等を使ったさまざまな混合物が出ていますが、こういう混合物に関しては、マーシャル試験は有効でしょうか。

坂田 排水性混合物に関しては、先ほど、マーシャルの密度は信ずるべきだ、とお話したのですが、ああいう開粒度の場合のマーシャルには疑問をもっています。例えばマーシャル締固め回数等のエネルギーと密度の上昇具合を見ると排水性混合物は、アスモルのように早く締まります。

要するに粗骨材が卓越する配合と、モルタルが卓越してくるものとは、比較的似ますね。似るというのはおかしいのですが、粗骨材だけを締固めるようなものと、モルタルが卓越するようなものとの、要するに締固めエネルギーと密度の変化状況、という線を見ますと、普通のいわゆる密粒的な粗骨材部分と、細骨材成分がうまくバランスするようなものとは、締まり具合が違う、ということです。

そこから見て、現場の状況を見ると、排水性のよう

な開粒型のは、一気に締まりますよね。したがってマーシャルでああいうものを設計していく場合に、50回だ何回だといっている50回というのが、そもそも正しいのだろうか、という感じが私は逆にしております。

飯島 先ほど、小島さんからお話がありましたが、排水性舗装のような配合設計等については種々の角度からの検討がいきますね。例えば、石一つに働く力は、どういう力が働くのか、そこにアスファルトが、30ミクロンとか、40ミクロンとか、被膜されていますがそうすると石と石とが、そういう被膜で結合したものが、マトリックスを構成しているわけですが、そこに荷重が載ったときに、どう力が伝達されて、一つ一つの石にどういう力が働くかということを、もう少しミクロに分析する、というようなことですね。

その分析の手法としては、FEM解析が、有効な手段だろう、と思っています。つまりマーシャルにせよ、ほかの配合設計にせよ、供試体をつぶしていくわけですが、ある微少部分にどういう力が働いて、どんなふうに変形が起こっているのか、というところを、もっと詰めていく必要があるだろう、と考えています。そのところを詰めることによって、排水性舗装の力学的評価が、もう少し先に進むのではないかな、と思っているのです。

結果として、こういう場合にはこうだった、こういう場合には安全性が低いとか、こういう場合には水が通るとか、通らないとかいう結果の議論はたくさんありますが、なぜそうなるかという議論がないのですよ。

坂田 そうですね。

井上 それをやろうとしているのが、SHRPの配合設計のレベルⅢなのでしょうね。わだちと疲労と低温ひびわれのパフォーマンス仕様で、繰り返しセンダン、動的弾性係数・三軸と一軸強度・センダン強度をして低温のクリープと割裂強度などから、この混合物を使った実際の舗装は、これくらいのわだち掘れとなりますよクラック発生はこの程度ですという方向を示しています。しかし、その解析の手法は、全然公表されていないですね。

飯島 解析の手段を持たないと、いけませんね。

井上 それは材料にしましても、全体として見た場

FEM解析：Finite Element Methodの略で連続体の構造解析に用いられる方法の一つ、連続体を小さな要素に分割し、分割したそれぞれの要素について近似的に応力と変形との関係を求め、これを要素全体に対し総合し計算する。



坂田 耕一氏

合でも、ある解析モデルがあって、そのリスポンスをどう受けて、実際にどうなりますというのは、これからあと10年もかかるアスファルト舗装の課題だ、というように、言われていますね。

飯島 10年もかけずに早くしないと、間に合わないでしょう。

井上 いやいや、20年、30年やってきて、まだ課題はこれですよ、というのを、わざわざ挙げているのがいま、飯島調整官が言われたことですよ。皆さん、それぞれにいろいろな対応はやってきていると思いますが、言われましたようなモデルを、どう考えたらいいのか、とういのは、ちょっと……。

飯島 単純な話ですが、ある骨材の散らばり具合をモデル化して、そこに力がどう伝達するか、それをFEMなり何なりで、構造解析をする。マトリックスを考えるとときに、界面のレオロジーを組み込んだような剛性マトリックスを考えればよいかも知れない。むずかしいですかね。

中村 方向としては、確かにそういう方向もある、と思いますが、たとえば、排水性舗装で膜厚の問題、いまの考え方は、なるべくダレない範囲で、骨材につく膜厚を厚くする、という考え方なのですけれども、接着剤の考えでいえば、なるべく薄く使うというのが、原則らしいのです。その辺が、どう理論的な計算でうまくのってくるのが疑問なのです。

飯島 いずれにしても、石とアスファルトの界面についての検討が、少し足りないのかな、という印象ですがね。

坂田 私はそういうところまでミクロに調査しようとは思いませんでしたが高粘度バインダや熱硬化性バインダを用いている排水性混合物の再生問題に関して同様の考え方をもっています。再生骨材というのは、骨材の表面に、石自体と比べるべくもありませんが硬直化したアスファルトが被覆あるいは付着しているわ

けでそのアスファルト部分を再生するという考え方でなくて、その上にまた新材で膜をつくるという考えは成立すると思っています。もしかするとそういう系統の高機能の再生混合物が比較的早く開発されるかもしれない、ずっと思っているのです。

飯島 きっとあるでしょうね。配合設計については不十分ではありますが、これくらいにしまして、路床、路盤の施工について、議論を進めてみましょう。

☆路床・路盤の施工☆

飯島 私がかねがね思っておりますのは、省資源、省エネルギー、施工の合理化から考えると、路床、路盤の設計・施工の合理化をもっともっと図る必要があると思っていますのですが、これについて何か新しい試みがありませんでしょうか。

坂田 路床に関しましては、道建協のほうで勉強会としてやっているのですが、いわゆる路床構築、路床改良の積極化ということで、従来よりもより強く、路床を強化した場合、どうなるかということです。現在の要綱ですと路床の設計CBR=20迄の強化構造を認めていますので路床をセメント安定処理系で強化する、という形をとって、いろいろ計算してみますと、インシヤルコストやライフサイクル以外の面でかなり有利な舗装構造があることが判ってきました。

そうすると当然のことながら、路盤も安定処理を載せたほうがいい、ということで、長寿命舗装というのは、少なくとも路盤以下は、半永久構造的な展開になる、という形を進めてきております。

飯島 路床、路盤をしっかりと安定処理するという方向が、材料が少なく済むし、それから長期の耐久性が確保できるということなのだと思いますね。

道路公団では、もともと路床を安定処理しているわけでしょう。

七五三野 すべて安定処理をしているわけではなくて、極力、現場発生材を優先して使うということになっております。それでも材料が悪くどうしても必要な強度が得られない場合は、均一でしっかりした路床とするために安定処理をしています。

飯島 全体的に、高速道路の考え方に近づいてきているのでしょうか。

中村 まさに今回改訂の、一つの目玉が、路床の構築ですね。いままでは軟弱路床の場合は、おきかえたり、改良したりするということがあったのですが、今回、軟弱じゃない路床についても、それを改良するこ

とによって、CBRをより上げて、強い路床をつくるということで、初めての概念だと思うのです。

いま、調整官が言われたように、やはり舗装の長寿命化、舗装の全体的な強化、それから省資源というのが、その背景にあるのじゃないか、と思います。これからどんどん路床の構築というのは、使われていくべきだ、と思うのです。

ただ、それをどこも、かしこも、ということではなしに、道路の種類によって、耐久性を非常に持たせなければいけない道路については、やはり路床から強いものにしていくのだ、ということで、対応していく必要があるのじゃないか、と思います。

小島 坂田さんが言われた路床構築の話は、やはり構造的に強化するのは、下の部分のほうが、非常にメリットがあるということで、これはライフサイクルとか構造計算で明確にできることであります。

もう一つ見逃せないのは、リサイクリングというか、廃材を出さないという観点で、現位置で安定処理をして対応していくというのが、考え方として重要なのではないかと思います。

飯島 なるほどね。

井上 路床を強化していく、という言われ方もありますが、私は、路床の均一性を与えるという見方から、やはり路床の安定処理というのは、有効だろうと思っています。なぜかという、いまの設計CBRのとり方は、やはり1シグマまでですから15%弱のところに、破損が集中しているようなことがありますので、それを少しでも減らそうとしますと、できるだけ均一な路床支持力、そうするとそれは安定処理でしかできないのじゃないか、あるいは路床構築のほうが、可能性が高い、という意味で期待したいということです。

飯島 要するに捨てるものを少なくする、ということよりも、さらにもうちょっと積極的に考える。

井上 それにプラスですね。

飯島 プラス均一性であるとか、そういったところを、もっと積極的に考えていったほうがいだろうと思いますね。

坂田 設計で想定している、いわゆる設計CBRと施工で実現できるCBRと、この辺が、実は道建協のほうでも、いろいろ考えているのですが、そんなことを、従来のように土工業者がやって、そのあと舗装業者がやる、ということではなくて、いま、室長がおっしゃるようなことを、安定化させるためには、最も技術的にすぐれている業者が。

飯島 舗装屋さんがやりましょうよ。

坂田 やらないといかんだろう、と思います。

中村 核心に触れてきましたね。(笑)

飯島 ぜひ舗装技術という目で路床をもっともっと改良し、安定処理していく必要があるだろう、と思いますね。

☆混合物の製造と品質☆

飯島 プラントはいかがでしょうか、プラントについて、最近いろいろと技術革新が図られているようですが、例えば環境対策であるとか、あるいはファクトリー・オートメーション、あるいは貯蔵、劣化対策、いろいろあるようですが、どんな方向にプラントはいくのでしょうかね。

井上 これは逆に、室長が関係されているでしょうから、(財)道路保全技術センターで進められているプラントの自主管理制度の方向を教えていただけるとありがたいのですが。

飯島 プラントは、1600基ぐらいあるのですか。

井上 2000弱です。

飯島 いま、合材は8000万トン使用されているといえますから、仮に2000とすると、平均すると1基で4万トン出していることになりますね。

井上 そうですね。

飯島 4万トンというと、平均すると月に3500トン、そんなものですか。

井上 能力の約半分ですね。

飯島 設備過剰なのじゃないのですか。半分ぐらいでいいのじゃないのですか。

坂田 効率運営を図るという点では、目標はまさに、そういうことになります。

井上 そうはいかないところが……。

飯島 どうしてそうもいかないのですか。

井上 飯島さんが言われるのは、工事が平準化して出た、という前提ですね。実際にたとえばある地域は、90%やっています。3月はいいいですが、4月、5月、6月はどうなのですか、ということです。出したくても、能力通り出せる現場が少ないですね。ピーク時で設定しておりまして、工事がこういうかっこうで出れば、そのピークをカバーできるように、ということで、合材工場は設置されています。

飯島 一番最盛期に合わせたような配置になっている、ということですか。

井上 年間通しましての稼働率が問題です。

飯島 遠い将来のプラントというのも、こんなふう
に熱を使いしかも煙をモクモク出すようなことが。

井上 いま、煙を出しているプラントはないですよ。
(笑)

飯島 たいへん失礼しました。煙モクモクはないの
だけれども、要するに熱を大量に使うようなプラント
がいいのかなと思っているのですがね。

坂田 今のような一般的スタイルでは都市域近傍は
限界にきていますよね。問題を若干でも緩和するため
大能力のプラントが、都市近傍には、そういう意味で
も多いですよ。

井上 いまバッチ当り3トン、4トンというものに
なっていますね。

小島 昔の話からしますと、舗装業者というのは、
プラントを持たないと、舗装業者じゃないという風潮
がかなり続いていたと思うのです。その根底にあるの
は、やはり一つの工事を、集約的に一つのプラントで
対応するというか、そういう仕事の性格があったよう
に思われます。先ほど話があったように、これだけ、
1800基とか、常設プラントが全国的にあるわけですか
らそれを効率的に利用して行くことが、経済原則にか
なうことであり、このような視点は業者のほうも、そ
れから発注者側のほうも、切りかえないといけないの
じゃないかな、という気がしますね。ちょっと脱線で
すけれども。

☆自主管理制度☆

井上 そういう意味で、小島さんも関係されている
プラントの自主管理制度ですが。

小島 要するにプラントの自主管理制度という方向
ですね。

井上 それがいまの一種の製品としての扱い方に近
づいていく方向じゃないでしょうか。

小島 結局、プラントは1基何億とかしますよね。
3トンぐらいですと3億とかしますが、そういう観点
からしますと、立派に装置産業とみなす事が出来、そ
ういうところから出るものは、工場製品並みというか、
当然管理された製品が出てくる、という観点に立って
運用を図るべきだと思います。

いま、関東地建さんで検討中のプラントの自主管理
制度というのは、いわゆる品質管理をプラントで保証
します、それは第三者機関が、年度始めか、所定の時
期に集約的にそこから出荷している混合物を試験して、
品質的に満足していれば、工事毎の試験をなくして、

プラント単位での品質保証を行うという方式を定着さ
せていこう、ということです。

この仕組みと、もう一つそれを補うものとして、「立
入検査制度」でバックアップするという2つの制度を
機能させて、要するにプラントの合理化を図っていく
研究をしているので注目すべきだと思います。

飯島 やっぱり方向としては、そうなのでしょうね。
そうやらないと、いってみれば、仕組みそのものが40
年代、50年代の仕組みを、これから先も続けよう、と
いうところに、いろいろ無理があるのだろう、と思う
のですよ、うんと遠い将来は、どうかわかりませんけ
れども、やっぱり合理化、それから自主管理がきちん
としている所から製品が出荷されているものは受け入
れるという位置づけですかね。

七五三野 ただいま、自主管理や、いろいろな面で
話が出たのですが、プラントでの管理は自動記録を、
基本的に頼ってやっているわけですがけれども、めった
にないと思いますが調査すると、粒度分布が多少ずれ
ている場合もあると聞いていますのでOA化とか、環
境ということも非常に大事ですが、やはり製品として
見た場合には、最も基本となるべき配合の管理をきち
んとするということが大へん大事だと思います。

飯島 もちろん担保しなければいけないですね、品
質をどう担保するかということ。

小島 すごく重要な意味があると思われる事は、生
コンなどでは、不良率ゼロというか、合格しないもの
は認めないという立場なのですが、舗装要綱では100個
のうちの6個とか、7個とか、ある幅で管理されてい
るものを受け取るという姿勢を前提にしているという
点が指摘できると思います。

井上 7%です。

小島 そうです。

井上 7%の不良率保証ということではいいもので――ただ、いま言われる分に対して、アスファ
ルト混合物を製造しております立場から見ますと、や
はり1日の中で、混合物の種類が変わり過ぎる、それ
に対して、プラントの単位容量というのは、3トンと
か4トンですから幾らオートメーションによるコント
ロールをしていても、コントロールどおりに動きにく
いところが入ってきがちです。容量を大きくしていき
ますと、できるだけ同じような混合物で、1日の中の
操業をしたい、あるいは午前なら午前という区切りを
つけたい、つけてもらえれば非常にいいな、と思うの
ですが。

そうでなくなった場合には、いま、七五三野室長からお話あったように、高速と一般合材を一緒にする気はありませんけれども、混合物種類の切りかえのときとか、そういう点で、品質保証から少しずれるところが出てくる、それも不良率の中でカバーしきれているだろう、という期待感でやっているということです。

飯島 あえていえばですねいま、舗装の話をしているのですが、たとえば車を買う、テレビを買う、冷蔵庫を買う、洋服を買う、いろいろなものを買うときに、100個のうち6個はおかしいものがまじっているよなどと言ったら、だれも買わないですよ。そもそも全部パーフェクトなものでないと、これはおかしいわけですよ。

井上 でも、あれはロット検査ですね。

飯島 出荷するときには、そもそも全部100%合格してくれないと、困るのじゃないのですか。欠陥商品になってしまいますよ。

坂田 いやいや、商品管理というか、製品管理という面で完全に、100%合格を確保するというと、どうしても全数検査で立証するしかないのですよね。

飯島 たとえばわれわれが物を買うというときのことを考えると、そもそも、どこかに欠陥がありますよ、というものは、消費者としては、これはおかしい、欠陥商品である、と言うわけでしょう。そういうことで考えていくと、アスファルトが出てくるときには、全部パーフェクトでなければならぬということになります。それを1粒1粒検査するわけにいきませんから、そこをどう保証するのか、というあたりの考え方の整理の問題ですね。

井上 その保証の仕方は、今後考えなければいけない; としましても、その前の、やはり、いわゆる不特定多数を相手にしている、商品というのは、ほんとうに不良率ゼロか、というと、違うと思うのですね。

飯島 新車は、みんなよく走るでしょう。

井上 それは走りますよ、やはりその不良率の見方が、耐久性で結果を見ているわけですね。舗装もある意味じゃ結果だ、と思います。

飯島 いずれにしても、プラントの将来を考えたときにどう集約化し、環境に対応しながら、いいものを出していくかという時に、従来の仕組みのそのままがいいだろうか、ということなのですね。

坂田 ただ、今度の要綱で大きく進歩したことは、先ほど来出ているように、混合物の品質保証が工事毎の保証でなくて、工場保証です、要するに1日間の保

証なのですね。10の現場に出荷したら、以前は10の現場を個々に保証しなければいけなかったのですが、今度はある管理システムの大きもとから出てきているので、その大きもとのデータでもって、合格判定ができるという道が開けたわけですね。

そうしますとプラントのほうから見れば、これでようやく本格的に自動化して——計量値の自記関係は自動化というのかどうかわかりませんが、そういうものを装着すれば、当然その反応を見て、管理にすぐ使うという形に、自動化がどんどん進んでいく。ファクトリー、オートメーションというのは、ある面ではそういうことでスタートするのじゃないか、と思っているのです。

前の要綱ですと、印字記録で品質管理してもいいよ、と言っているのですが、検査には使っていないのですよね。結局品質保証面ではということで、大規模プラント以外では実質的にはできない、ということがあったわけです。

しかしこれからは、そういう形で、一つ大きな枠がはずれましたので、いま、話題になっていた本来の品質保証、要するに原材料系の管理のほうにも、力を割いていく、ということに動きとしてはいくのじゃないかな、と思っています。

☆表層・基層の施工☆

飯島 よくわかりました。次に舗設機械、フィニッシャや、ローラについての技術革新はどんなものでしょうか。公団では、ずいぶんいろいろなことをやっているのじゃないですか。

七五三野 新しい施工技術に対する取組みという意味ですか。

飯島 そうですね。特に表層、基層の施工に関して。

七五三野 特に新しい施工技術に対する取り組みという点では、今のところあまり目立った取組みはありません。現地では、締固め度管理で従来の転圧機の組合せを工夫したり、重転圧を行っています、特に新しい技術と言えるものでもないと思います。しかし、近い将来は、CRCPの施工の合理化や排水性舗装の維持管理などで新しい技術の開発が必要でし、今後、高齢化とか、熟練工不足に伴って施工法も改良されていくことになる、と思いますが、まだ、これから、ということだと思います。

飯島 表層、基層に使うフィニッシャやローラは、公団のように、非常に大型で、単一の工事を長く続け

られるような現場の場合には、自動化とか、それから省人化が、もっともっとやれるように思うのですけれども、どんなものでしょうか。

七五三野 やはり、規模的にはなかなか大きいですが、いろいろなトライアルは確かにやっていける、と思います。建設と管理では異なりますが、特に建設の現場で条件の良い箇所では、自動化や合理化のトライアルをどんどんやってほしいですね。

飯島 中村室長、舗装の自動化ということを、ずいぶん勉強されている、と思うのですが、どんなものでしょうか。

中村 舗装施工機械について、いま、自動化の研究をやっているわけですが、いまやっていますのはフィニッシャとローラの自動化、ということです。フィニッシャについては、自動的にその機械のいる場所をX、Y、Zでわかるようにする。それによって、たとえば施工の線をX、Yであらわして、その上をフィニッシャが自動的に走る。Zについては高さですから、施工の仕上がり高さを打ち込んでやれば、自動的にその高さで施工する、というようなものを考えているわけです。

ローラでいけば、これは振動ローラを使って、ローラの前に、RIの密度計をつける、その密度計で下の密度を測定しながら、その結果を振動ローラのほうにフィードバックしてやる、というやり方です。たとえば締固め密度が足りない、というふうに、RIで感知するば、その場所にくると、振動ローラの起振力を上げてやって、自動的にその締固め密度を高めるという機械の開発を行なっています。

ただ、これは機械の自動化、省力化の場合、いつも関係するのですが、施工管理基準をどうするかということと、非常に密接に関係するわけです。自動化の機械を使った場合に、その管理基準をいまのままでやると、なかなか採用できないだとか、使えないだとかいう問題があるので、それに対する管理基準をあわせて見直す必要があるのじゃないかなというふうに思っております。

井上 確かにいまおっしゃられたとおりで、フィニッシャ、ローラと、省力化ということですが、省熟練のほうで動いている部分もありますね。

飯島 熟練工が少なくなっている、ということですね。

井上 ええ、そうしますとワンマンコントロールで、たとえばいま舗装しているときに、どれだけの厚さが

必要だということを、絶えず調整しながら、スクリードのほうを、自動的に調整して、その結果が、絶えず記録として出てきますので、フィニッシャについては、結果的に平坦性と厚さが確保されることになります。

ローラについては、いま、中村室長がおっしゃったとおりで、十分にある程度の基準密度が出るまでは、この位置は転圧したということを、面的に押さえながら施工していく。

40年代に私が入社したときは、ローラというのは、絶えず運転しながら、密度はもうちゃんと出ている、という感を覚えながら施工していたわけですが、いまの方はそれは無理だということで、そのために付いてきている面と、あとは面的に——先ほどの保証が100%というのですが、すべて合材は悪かったとしても、締め固めだけは全面的に100%保証しようという、少し進んだ考えはとってはいます。

飯島 戻って申しわけないのですが、さき程、車が100%大丈夫だといった意味は、きちんとした材料が、例えばJIS規格に合ったものが入って、機械だとか、設備がきちんとした状態で定常的に動いている、ということであれば、出てくるものもいいものが出てくるだろう。

日ごろからそうしたものが、キチンと管理できておれば、しかもそれが保証されていれば、出てきたものは、細かく分析しなくてもいいだろう、ということを言っているわけなのです。

☆特殊な舗装の施工☆

飯島 さて、最近、いろいろな、改質アスコンであるとか、特殊な混合物が出てきておりますけれども、これについて、従来の機械で舗設できるのか、特殊な機械がいるのか、いらないのか、特殊な施工法が必要なのかどうか、お話を進めていただけますか。

特に排水性舗装の施工は、従来のやり方でいいのですか。

井上 いいえ、ちょっと施工上は変わってきていると思います。やはり敷きならしの時点で、俗にいうスクリード転圧でできるだけ高め締固め度がほしいというのが、排水性についてでございます。それはやはりローラで十分に締固める——先ほどのマーシャルの配合設計法に、排水性の分が適しているか、適していないかということと、全く一緒でして、やはりスクリード転圧で1回決まってしまうと、あと、ローラ転圧しても、密度の増加というのは、ほとんど期待



七五三野茂氏

できないのが実際ではないでしょうか。

たとえば排水性についていいますと、最小限、TVのタンバパイブレイティング・スクリード、ということで作っておりますし、可能なときには、TTV方式などを使っています。いまのところ、TTVで舗装した例は、ちょっと少ないと思います。一般にはタンバカ、あるいはパイブレイタだけのほうが、全体のフィニッシュの割合からいえば、多いはずですが、排水性舗装ではTVということで作っております。

ローラも、どちらかという、マカダムだけにしまして、タイヤはいま省いています。なぜそうしているのか、という、スクリード転圧で1回おかしいところが出てしまいますと、ローラで直し切れないというのが、排水性舗装の場合の施工の状況だ、と思います。

飯島 転圧減というのは、通常のもので、10数%あるでしょう。

井上 スクリード転圧による締固め度は、85から90%くらいですね。

飯島 排水性の場合にはあまりないですか。

井上 排水性ですと、93%くらいでいると思います。最終の締固め度はそこからわずかです。

飯島 初めの段階でかなり締めてしまう、ということですね。

井上 はい。

中村 タイヤローラについてはどうなのですか、もう評価出ているのですか。

坂田 確かにタイヤローラを使用すると、鉄輪ローラで1回おさまっているのが起きてくるとか、いろいろ問題があるというの、わかっているのですが、機械的に見ると、入れるべきだと私は思っています。

飯島 タイヤを。

坂田 ええ。いま、井上さんがおっしゃったように施工の実態を見ますと、現実にはなかなかむずかしいわけなのですが、それを供用時の問題発生を補填する

ということでは、タイヤを入れて、上1粒を安定させたほうがいい、という感じが私はあるわけです。実際に道路公団さんのケースで、無理やり入れたケースがあるのですが、現場はいやがります。

七五三野 排水能力として見た場合は、1年ごとの透水能力の差を追いかけていきますと、平成元年から着実に上がってきているわけです。

一つはバインダーの関係があるのですが、施工技術が、よくなっているということが、いまのところ、追跡調査でわかってきています。いろいろな現場があるでしょうが、一次転圧が鉄輪で二次転圧がタイヤローラという組合せが多いようです。

坂田 現場施工上からいくと、使わないほうが楽、おっかな、びっくりでやることになることが、多いわけですね。まして、タイヤの効果はまだ立証されてませんので……

井上 一番最初に、昭和62年に施工しましたときは、やはりタイヤを入れました。それはフレッティングがこわかったからです。ところが、いまお話のありましたように、バインダーの改良で碎石の把握力が上がってきたために、あと、初期の目つぶれと称する現象を、何とか避けたいとすると、タイヤがないほうがいだろう、という状況になってきました。

飯島 いまのお話は、排水性舗装の材料の開発に比べて施工法の改良というか、開発というのが、まだ足りないということなのですか。

七五三野 その辺が、さっき、坂田さんがおっしゃったみたいに、タイヤで1回締めておくほうが、最終的には、骨材をグリップする力が増すのかもしれませんが、どちらがいいのか、ほんとうのところは、ちょっとわかりません。海外ではタイヤローラをほとんど使用しないということもある様ですし、今後タイヤローラの有用性についても検討する必要があると思います。

井上 いまのタイヤローラの内圧は、 $5.8\text{kg}/\text{cm}^2$ くらいで使っていると思います。そうすると実際の車輪の内圧以下で転圧しているのが、実際じゃないかと思います。もっと大型で実際の走行車輪に近いようなもので何とか考える場合は、また違ったとり方をしたいな、と思います。

おもしろいのは、飯島さんも海外で見られたと思いますが、多分ヨーロッパでは、タイヤは全然使っていないと思うのです。使うとしますと、最初にいきなりタイヤで入って、初転圧はタイヤ、あと仕上げは鉄

輪ローラとしています。アメリカでもだんだん振動ローラが使われるようになってから、タイヤローラはだんだん消えて、あまり見られないと聞いています。マカダム、あるいは振動ローラが走って、もう終わりという感じです。もう10年以上前でしょうか、AAPTで締め固めの会議があり、そのときタイヤローラのニーディングで表面を、いまのお話のように、耐候性を上げようとしたときに、コアを薄く切断してアスファルト量を出した結果、0.1%くらい多くなります。だから耐候性があるのだということの説明としていました。

しかし耐候性より、時代の流れで、わだち掘れだとなってきましたと、表面にあまりアスファルトがないほうがいいのか、と——表面にアスファルト量がない、という、おかしいのですが、厚さ方向でアスファルト量が均一になっていたほうがいいのか、というような感じも持っております。

飯島 いまのお話は、排水性舗装では、主としてタイヤを入れずに鉄輪だけでいく、ということなのですが一般的な舗装でも、そうなのでしょうか。タイヤをなるべく使わない方向で……。

井上 私がいま言いましたのは、全く一般的な舗装です。

坂田 一般的にはそういう傾向になってきています。

飯島 ああ、そうですか。

井上 それで今度改訂されました要綱でも、出来形、あるいは品質を確保する限りは、施工法に対しては、どういうローラを持ってきて締めるかということは、あまり規定しないという方向になったと思うのですが。

小島 そうですね。標準的な仕様を示し、具体的には施工計画で承諾された内容で保証するという方向ですね。

飯島 振動ローラをもう少し使っていくといいなと思っているのですが、やっぱり現場もそうやってきているのでしょうかね。

小島 ええ、最近では重転圧というような仕事をやります。25トンのローラの仕様が義務付けされている訳で、最近の排水性舗装の施工システムとはちょっと違いますが、一般の舗装ではむしろ密度を上げることを重視し、それを施工面で反映していると思います。

飯島 それはタイヤで。

小島 ええ。

七五三野 わだち掘れが問題になったときに、皆さんもやられたと思うのですが、やっぱり締め固めが96

と98と100と、だいたい圧密変形量が違ってくるわけですね。そういうことから、密度管理というのが非常に重要だ、ということがわかっております。特に公団では管理で締め固め度を上げるために色々な工夫をしています。

☆品質管理☆

飯島 次に「品質管理」について話題を移しましょう。先ほど、プラントに関連して、品質管理の話がいろいろ出たのですが、品質管理と出来形管理、又、検査も含めて新しい試み等についてお話いただけますでしょうか。

中村 やはり基本的には品質管理、出来形管理、それから検査の合理化というのが、非常に強く求められていると思います。舗装でいきますと、たとえば密度にしろ、厚さにしろ、施工後にコアを抜いて確認していますが、それが実際の施工に、フィードバックできないという問題があるわけです。やっぱりそれに対する、新しい試験法なり、検査法を導入していかないと、この辺の問題の解決にはならないと思います。

そういう意味から、たとえば精度の考え方を変えて、数を多くはかることによって、精度の欠点を補うだとかを考えて、新しい試験方法を採用する、しないの判断をしていかないと、なかなか新しいものの導入はできないのじゃないかな、と思います。

飯島 せっかく舗装したのを、コアを抜いたり、いってみれば破壊検査ですね、そういう方法はいろいろ改善する必要がありますよね。

中村 たとえば密度だと、RIを使ってはかるわけですね。それから出来形だと、超音波を使って厚さをはかる、という方法があるのですが、やっぱり精度の問題があります。先ほど言いましたように、たとえばそれを数で補うとか、そんな方法もあるのかな、と思っています。

飯島 アスファルト量などはどうですか。

小島 アスファルトの量とか、粒度というのは、プラントの印字記録を最大限に利用していく、ということじゃないかと思います。検査の話もあると思うのですが、私、個人的には、検査というのは、必要であれば、抜取検査、あとは施工者側の責任で、いろいろなやり方を認めていただくかわりに、悪ければペナルテ

AAPT : Association of Asphalt Paving Technologists の略で、会員制の民間団体である。

年1回、大会が開催され、その論文は1冊にまとめられ論文集として出版されている。

イも厳しくするという方向でやったらどうなのですかね。

井上 いまの小島さんの言われた分をバックアップするわけじゃないのですが、環境問題で溶剤の使用禁止、製造禁止になっていくことを受けて、運輸省の空港基本施設での舗装については、全部抽出をやめる、そして先ほどの自記記録にしますということに変更されました。これに変えて何をやるかという、混合物で評価するという方向がとられています。方法はマッシュルになっています。混合物として評価するという方向を考えていってほしいなと思っております。

やはりでき上がった製品はみんな製品を分解してしまわなければ、わからないのではなくて、出た製品として評価できる管理なり、検査方法——検査がそうであれば、それに合う管理方法は施工サイドは考えなければいけないのですが、——その方向を何か出してもらえれば、と思います。

それが製品としてチェックした結果が、最終的に数年たったら、早い時期にわだちが出たとかも、それも一種の検査方法だ、と思います。しかし、これは設計上いろいろな要因が入り過ぎていますのであまりにもラフじゃないかとも言えますが、ほんとうは割り切ればそれでもいいということもあると思います。設計要因も何も含んで、数年たったら、わだちが幾らだから、これは検査に合格、あと何年かでやり直せ、という方法があっていいと思います。

そういうペナルティを設けている国もありますね。

飯島 いまお話ありましたように、保証期間を長くするということ。

井上 小島さんが言われたその前の段階ですが。

飯島 一つ前の段階で、印字記録や、施工時のいろいろなデータ、記録、それをもう少し信頼し、それで一タコアを抜いたりすることをやめていく方向で考えたかどうかということですか。

小島 さきほども設計段階でシミュレーションするという考え方が出ていたと思うのですが、施工段階でも支障がないように、面的にいろいろと診断しながら施工する事が重要だと思います。非破壊で調べるセンサー技術というのはかなりあるので、そういうものを積極的に利用するシステムが必要です。

飯島 積極的にね。

七五三野 さっき、精度の話が中村室長から出たのですが、特に公団などの場合は、単に品質管理だけでなく、出来形としての密度をはかる必要があります

ので、特に精度の確保が重要になってくる、と思います。

☆維持修繕☆

飯島 次に維持修繕に移りたいと思います。冒頭にもライフサイクルの話がありましたが、維持修繕の割合が非常に高くなってきている、と思いますけれども、この維持修繕の技術革新や技術開発を中心に話を進めていきたい、と思います。

そもそも維持修繕をするときには、道路の種別と、管理水準があって、それを基にして、ある工法を選定していこう、と思います。

道路公団では、管理水準というのは、相当高いのでしょうね。

七五三野 内規であります基準そのものは、アスファルトの維持修繕要綱をベースにしている、基本的には自動車専用道路等と同じなのですが、やはり高速走行での安全性の確保という観点から、目標とするランクというのは、もうちょっと高めにありまして、そういう要注意の段階にきたら、補修していきましようというランクがあります。

飯島 路面性状の調査法などは、どんなふうにされているのですか。

中村 直轄国道については、路面性状測定車で3年ごとに測定する、これによって、MCIで評価して、100メートル単位のMC Iはデータベースに記録されています。それを今後いかに実際のプロジェクトレベルの補修に生かしていくかというのが、一つの問題になっているわけです。

飯島 いまのお話で、路面性状というのは、ひびわれ、わだち、平坦性なのですけども、舗装の質の評価みたいなのは非接触ではできているのですか。たとえばアスファルトの老化や構造的に十分であるかというようなことは。

中村 それがいま言ったプロジェクトレベルにいかに使つか、ということに関係すると思うのですが、いまの評価というのは、まさに路面の性状だけの評価なわけで、たとえば、わだちができて、それをこぶ取りを行えば、路面が非常に平らになって、路面性状の評価としては、よくなるのですけれども、構造的には何らプラスされていないわけで、今後、合理的な維持修繕を決めていくためには、舗装の内部的な評価をいかに行なっていったら、それをどうデータベースの中に取り込んで、全体の舗装の評価に生かしていくか、その



小島 逸平氏

辺が課題になると思います。

坂田 現状でいくと、それらしい展開というか、そっちのほうに向かっている、具体的にはFWDによる判断ですね。

飯島 構造的な評価ですね。

中村 FWDのデータを、何100メートルおきかにとって、それをデータベースに取り込んでいくという方法も、一つのやり方で、実際に東京都などでは、そういう方法でやっている、ということです。

飯島 これも一つ、アイデアなのですが、ある時間インターバルをおいて、路面温度を比較していくことによって、いろいろな構造的な欠陥であるとか、材質の評価だとかいうものが可能なんじゃないかな、ということを考えているのですが、可能性はどうでしょうかね。あまりパツとしないですか。

井上 いや、パツとじゃなくて、逆にいまお話の出ています路面性状というのは、いろいろな中身を含めまして出てきた、中身はわからぬ、ただアウトプットは、路面性状ですよ、というとらえ方、考え方しか、いまできていないですね。それをなぜそうやってきたかということ、何とか、いろいろななかこうで取り組んでいきたいな、ということで考えています。それができますと、ネットワークレベルの分が、プロジェクトレベルにもできるでしょうし、一つの補助的な形で、FWDがあるのかもしれません。

いま、飯島さんが言われる、何かそういうものでやると、リスパンスの繰り返し、そういうアウトプットになりましたよ、というところを無視するような方向にならないですかね。

飯島 小島さんのところで、前にいろいろ温度をはかられましたよね、あれはあのあと、どうなりましたか。

小島 赤外線カメラの事ですね、あれは施工段階の使い方と供用後の路面の診断という2つの面を意識し

ておりまして、舗装のパフォーマンスというか、そういうこととの絡みを調査したのですが、建築物の診断ほど単純ではありませんでした。

飯島 これはアイデアですから、いいかどうかわかりませんが、非接触で面的に評価する手段として、温度が一番高いときには、60度ぐらいになるでしょう。早く冷えるか、遅く冷えるか、冷え方が違う、それを時間差をおいて、昼と夜とか、あるいは夕方とか、そういう組合せを考えて、路面の温度をいろいろ評価することによって、もうちょっと内部構造がわかってくるんじゃないかと考えているのがね。

中村 前から言われているのですが、まだ方向がちょっと見出せないのですけれども。

飯島 もっと温度を媒体にした評価手段はあると思うのですよ。

小島 PMSという視点で、いかに効率的に維持修繕するかという検討の中にもアメリカなどでは乗り心地とか、すべりとかを含めて評価していますね。ところが日本はなかなかむずかしいというか、相変わらずというか、路面性状中心です。そして場合によっては、たわみ量の評価が付随しているので、安全性、快適性のチェックには改善の余地があると思います。

中村 MCIというのは、道路管理者から見た評価なので、いま言ったたとえば乗り心地だとか、そういう総合的な評価、MCIにちょっと手を加えて、新しい路面の評価方法というの、やっぱり必要になってくるんじゃないかな、と思いますね。

☆予防的補修☆

飯島 そうですね。路面の評価方法についても、まだまだ、いろいろな技術革新をする必要があると思いますね。次に評価のあと補修するわけですが、新しい補修工法の可能性についてはいかがでしょうか。

例えば、最近、常温混合物による工法というのが、ヨーロッパなどは、だいぶあるように聞いているのですが。

井上 実際やっておりますね。先ほど小島さんが言われたように、すべりとか、平坦性とかその辺が、やはり安全、快適ということにかかわってきますので。路面性状としては、それをある意味で、維持的に、あるレベルを確保していきたいということで、ずいぶん広範囲に使われておりますね。

飯島 外国でですか。

井上 ええ、じゃ日本にそれを適用したときに、先ほどから、最近の問題である、わだち掘れにという、それに耐えられるような材料かといえば問題があります。これも現在道路公団さんとの共同研究で常温の耐久な混合物を開発しようということで、乳剤協会の活動として実施しています。

七五三野 バインダーの関係ですね。

井上 ええ、そうです。それに一部先行しまして、日本に合うように、ということで、乳剤に樹脂等を入れまして、実際に常温混合物で、最大は25ミリぐらいまでの——それは1層ではできませんので、この場合、2層でやっていますが、わだちの早い段階の、10数ミリの段階で修復して、全面をリフレッシュさせる工法です。特性は密粒に近い程度です。密粒アスコン程度の耐久性は保証できますということを、いま一生懸命やって、少しずつ工事も進めているところです。

七五三野 常温混合物の場合には、公団では、薄層舗装とか、段差の修正に、部分的に使っていますね。一つは値段が非常に高いというような問題がありますがもう一つは耐久性の問題ですが、バインダー自体でほとんどたせてしまうということでしょうか。

井上 そうですね。

七五三野 長期の耐久性というのも、問題がないわけですか。

井上 ええ、ある程度は。普通の密粒アスコン程度ですが。

中村 予防的な補修、というような考え方なのですが、今回、カナダへ行って見て来たのですが、まずクラックのシールを徹底的にやっています。特にカナダはサーマルクラックが非常に多いので、そこから水等浸透して、破損が大きくなるというのを防ぐために、クラックのシールをかなりやっています。

それからもう一つは、路上表層再生をやったら翌年必ずチップシールを上にかける、という話をしていました。先ほど言いましたように、向こうはサーマルクラックがずいぶん問題ありますので、路上表層をやったあとに、チップシールをやって、水の浸透を防いでいるのだ、ということを言っています。

日本では、予防的な補修というのは、あまりやられていないのじゃないか——昔はやっていたかも知れないですが、最近はかなり悪くなってから、打ちかえるとか、切削オーバーレイするだとかいう対策をやっています。予防的な補修というのも、少しは考えていかなければいけないのじゃないかな、と思います。

井上 実際になぜ切削オーバーレイになったか、という議論のときに、切削オーバーレイで、いまのような問題を、全部一挙に解消しようという、日本的な風土じゃないか、という議論もありました。

中村 確かにカナダで見たときも、日本であれだけクラックにシールをやったら、それだけで交通渋滞が非常に起こるよ、という話も出たので。

井上 そうですね、交通渋滞起こりますね。

中村 その辺の問題があるかも知れないのですが、そういう面の検討というか、対応もやはり考えていかないといけないのじゃないかな、という気はしましたけれども。

飯島 予防的の修繕、予防的補修ですね。

井上 そうですね、これは道路建設業協会でも欧米調査団を出したときに、いま、中村室長が言われたように、フランスが、プリベンティブメンテナンスタというところで、いろいろなレベルを設けて実施していることが解りました。なぜ日本はできないのか、やれる人がいない、ということもありました。

飯島 むしろこまめにやると、渋滞が起ってしまうとか、場所が非常に小さいところを、こまめにやるわけで、人手を食うとか、そういうことから、なかなかやらなくなってしまった、ということなのではないか。

井上 ええ、あるとき、サッと全部直してしまったほうが、やはり皆さん周りの方が見えていても、そのほうが望ましい、ということでそうやってきたのじゃないですか。

飯島 全くやっていないわけじゃなくて、ひびわれの出たところにシールするとか、色々こまめにやっているのではないですか。

井上 応急的な部分はやっていますが、予防的な対応はなかなかできていないということです。

飯島 予防的補修というものを、これからもっと勉強する必要がある。ということですかね。

井上 より耐久な舗装ということで、あるいは利用者レベルのことを考えた場合に、そうあってほしいな、と思います。

☆今後の展望☆

飯島 舗装の役割とライフサイクルから始まりまして、設計、施工、管理、修繕と議論を続けてきたのですが、最後に今後の展望ということでどんなところでもけっこうなのですが、何か一言ずつおっしゃって

ただけですか。

中村 今年6月に出た「道路技術5ヵ年」の中でも触れているのですが、長寿命化舗装、という話ですね。やはり今後、耐久性のある舗装というのが非常に重要になってくる、そういう意味から、構造的に強い舗装が一つ、それからもう一つは、機能的に強い舗装、その両面から研究していく必要があると思います。

その場合、道路を一律に考えると、なかなか無理があると思うのです。交通量が非常に多い重交通の道路と、交通量が非常に少ない道路、そういうことを分けて、材料なり、設計方法なりが違っていいのじゃないか、というふうに最近ちょっと考えています。

飯島 井上さん、どうですか。

井上 私のほうは、施工している企業の中の技術者として見ますと、いまの中村室長のお話のように、いろいろな技術的なことに対応し得るような技術者を何とか正しく育成ができたかなということがあります。それは今回の座談会に関連して私が伺った範囲内では、いろいろな質問がありまして個々を見ますと、これは当然わかっていて、対応しているのが技術者だろうな、と思える感じを持ちましたためもあります。

20年、30年たってきますといままでの努力が、何か、どっかにいってしましまして、最近の現象だけを見て、いろいろなことをやられているのではないかなとも受けとれました。私は、施工会社の技術者は、ほんとうにそれでいいのかな、という懸念がありますので、いろいろな技術革新を中に取り込めるような、ある程度のベースを持った技術者が育成されていくことが望ましいな、という感じを持っております。それが結果的に技術革新に関与できるだろうと考えています。

飯島 坂田さん いかがですか。

坂田 技術革新の方向ですね。

飯島 いや、どんなことでもけっこうなのですか—夢でもけっこうですし。

坂田 道路舗装は国民の誰もがかなり小なり直接触れたり利用したりするものですからまさにいろいろなニーズが出てきていますので、革新を、少しドラスチックに図っていかなければいけない、と思うのですが、ここ15年くらいの状況を見ますと、新しいことをやると損する、というパターンがずうっと続いてきているのですね。この点で「技術5ヵ年計画」というのが出てきていますので、これの展開に非常に期待しています。損をするというと、企業側の勝手な論理だと怒られますが、いま、井上さんがおっしゃったように、

技術開発系の職員とか、それを支えるもう少し先をやられといわれている研究系の技術者の位置が低くなっているのは現実問題として、企業の研究部門がアヒルの水かきのな状況から少なくとも半分は脱却できないかと思っているわけです。

これも私、あちこちでいつも言うことなのですが、何か新しいものを、迅速に評価するというのですかね、土木研究所さんのほうも、無人走行車を走らせる実験道路で各種の評価をだいたい進めていただいていますけれども、一つは北海道の美々試験道路のようなバイパスをつくって、事例において展開していけないかと思っているわけです。

現在でも新技術の評価は実際に試験施工でかなりやられているわけですが、現実には、じゃ具合悪かったら、すぐ直そうとかいうような展開が、なかなかうまくいかない。じゃ次の、こういうふうにしたらうまくいくかもしれない、と言っても、その場をつくっていただくのに、気がなえるくらいの努力をしなければいかん、ということなものですから、何とかそういう評価に使える、バイパスの道路施工現場ができないかな、と思っております。

建設省の試験フィールド制度はこの種の対応施策と聞いていますが、評価結果が、万人が認めるような形で出るような個所をあちこちにつくっていただくと、新しいものをやっていっても、いつになったら結果が出るかわからない、という状況で待つとかいうことは、ずいぶん緩和されてくるのじゃなからうか、それがまた、研究者の活性化、開発系統の活力を倍增することになる、というふうに考えておるわけです。

小島 私も大体似かよったことなのですが、先ほどの話で、パフォーマンスを保証するという話があったのですが、建設省で、最近、「テストロード制度」をとり入れて、新技術の適用を積極的に進めておられるのですけれども、ああいいうものをもっと一般化、拡大化して、要するに供用性を保証する舗装に向けた新材料・新工法、センサー技術、機械の開発のための挑戦を積極的にやる場が、ふんだんにほしいというか、そういうのがもっと自由にならないのかな、という感じ、それを技術革新の一つの糧にしたいと思います。

飯島 七五三野さん、いかがですか。

七五三野 どちらかというと、皆さん現場での施工でいろいろ試してみるとか、現場中心的な話をされたのですが、多少いままでのまとめにもなるかもしれませんけれども、やはり理論的にもっと研究を進めてゆ

かなければならないと思います。その中で例えば、舗装のマネージメントシステム、について、データの蓄積をどんどんどんどんしているのですが、そういうものを使って合理的でかつ正確な補修を目指していくべきだろうと思います。そうするとその中で、材料や舗装構造などどうしても計算できるものじゃないと、なかなかシステムにのっていかない、ということがいえると思います。

そういうときに、シャープ計画における、スーパーペープですとか新しい安定度試験の開発とかいうものが現実味を帯てくると思います。

大体10年ごとぐらいに、かなり大きな技術革新をされている、と思いますので、そろそろ、やはりそういう時期に差しかかっているのではないかというような

気がしています。

飯島 どうもありがとうございました。

きょうはライフサイクルから始まりまして、構造設計、配合設計、舗設機械、品質管理、維持修繕と、非常に幅広い話題につきまして、いろいろな角度からお話いただきました。

私も最後に一言申し上げたいのですが、やはり技術革新、絶えざる努力というものがないとその分野は発達しません。ましていまのように激動する社会と、建設業を取り巻くいろいろなしくみが変わろうとしている時にはますますそういった努力が必要になってきていると思っております。きょうはほんとうに長時間ありがとうございました。

石油アスファルト統計月報

B5：16ページ ￥500（送料は実費）毎月1日発行

アスファルトに関する統計
資料を網羅し、毎月に発行する
統計月報です。

広くご利用いただけるよう
編纂致しました。

ハガキにてお申込み下さい。

申込先 105 東京都港区虎ノ門2丁目6番7号
和孝第10ビル
社団法人日本アスファルト協会
アスファルト統計月報係

—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
- 石油アスファルト地域別月別販売量
- 石油アスファルト品種別通産局別月別販売量
- 石油関係諸元表

Q & A

Q 1

破損の現状について教えてください。

舗装の破損は、路床土の支持力、大型車交通量及び舗装構成の三つのバランスを失うことによって生じ、これらが複雑に関連することが多く原因を分かりにくいものとしています。破損の分類については、大きく分けて構造に関する破損と路面性状に関する破損に分類されます。前者は、舗装構造全体としての、交通荷重に対する支持力や耐久性の低下に係る構造的破損で、路盤から路床に達する大きな破損です。後者は、走行性の低下に係る路面性状の破損で表層ないしは基層までの比較的浅い部分の軽い破損です。

構造に関する破損………全面的なひびわれ、凍上被害等

路面性状に関する破損…わだち掘れなどの変形、局部的ひびわれ、段差、摩耗、ポットホール、剥離等

アスファルト舗装の破損については、過去15年間にわたる一般道での調査結果が報告されており、塑性流動によるわだち掘れ、横ひびわれ(温度収縮)、縦ひびわれ(施工ジョイント、弾性疲労と変形、わだち掘れ)、面状ひびわれの発生頻度が多く、ポットホールや剥離も比較的多く発生しています。わだち掘れのうち、摩耗によるものはスパイクタイヤの装着禁止により減少しています。

高速道路における破損内訳の経緯については、昭和50年頃までは名神を中心としたひび割れの発生が主体でしたが、昭和50年から昭和60年にかけてわだち、特に摩耗わだちが卓越しひび割れの比率が大変小さくなりました。昭和60年代末から摩耗わだちに代わり流動わだちが卓越しだし現在に至っています。

図-1は、高速道路の平成4年度の路面性状に関する破損内訳を示したものです。年による多少のバラツキはありますが、ほぼ同様の傾向を示しています。約70%が摩耗及び流動わだちで約20%がひびわれという構成になっています。わだちの内、約60%が流動わだちとなっています。

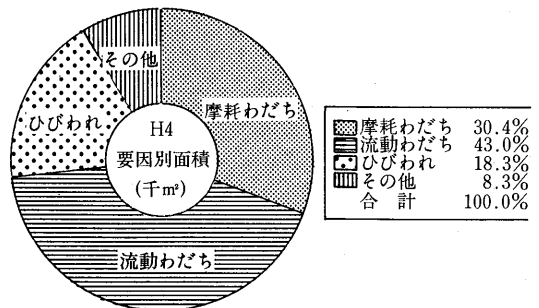


図-1 路面性状破損の内訳

図-2は高速道路の流動わだちの経年変化を示したものです。縦軸の流動わだち指数とは、供用時路面を基準面としてそれより上の変形面積を下の変形面積で除した値で、指数が大きい程流動わだちが卓越しており、小さい程、摩耗わだちが卓越していることを示しています。青森県のデータは測定箇所が少なくバラツキが大きいです。90年頃には、スパイクタイヤ装着率がかなり下っており指数は、流動わだちの比率の増加を反映して右上りに推移するはずですが、ほぼレベルになっており、適切な粒度やアスファルト種別の適用など流動わだち掘れ対策が効果を上げはじめたものと推定されます。また、全国における高速道路のわ

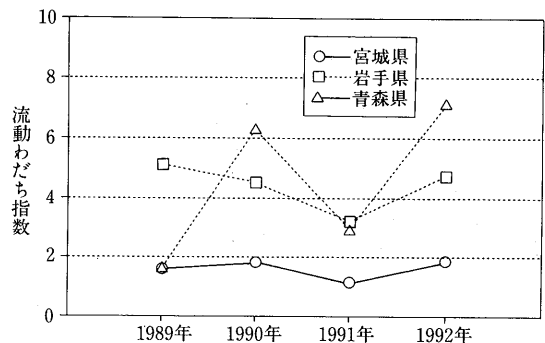


図-2 流動わだち指数の経年変化

だち掘れ量（流動及び摩耗）の経年変化については平成元年度と平成3年度の比較では、平均値で2mm程小さくなっており、流動わだちに対する改修がなされていることが伺えます。

図-3は、高速道路におけるひび割れの種類と深さの関係を示したものです。面状クラック内、約70%のクラックは、基層までの浅い深さのものであることがわかります。また、わだち部などの縦断方向線状クラックでは、80%が基層までで比較的浅いものが大部分です。従って、破損の約20%を占めるひび割れについては、大部分が浅いものでいわゆる路面性状に関する破損にとどまっていることが伺えます。

破損の現状については、全体的に流動わだちに代表される路面性状に関するものが大きなウェートを占めていることが伺えます。

(七五三野 茂 日本道路公団試験研究所)

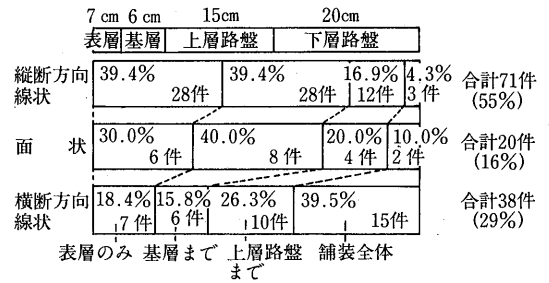


図-3 ひび割れの種類と深さの関係

- 参考文献：1) 舗装の維持修繕，建設図書，1992.4
 2) 舗装の評価に関する研究報告書(3)，日本道路公団，1988.2
 3) 松野・西沢：アスファルト舗装の破損の分類，第20回日本道路学会論文集，1993.10

Q 2 T_A設計法の技術的根拠についてご教授下さい。

アスファルト舗装の構造設計では、交通条件、路床条件および経済性を考慮して、各層が力学的にバランスのとれた構造にしなければならないとされています。舗装の構造設計には舗装の相対的な強度を用いたT_A法による場合と、T_A法によらない場合があります。T_A法による構造設計法は、AASHO(American Association of State Highway Officials)の1955年の施工命令から62年の報告書発表までの長期間におよぶ道路試験の結果と、わが国の試験舗装の結果をもとに研究され、昭和42年版アスファルト舗装要綱に導入されました。

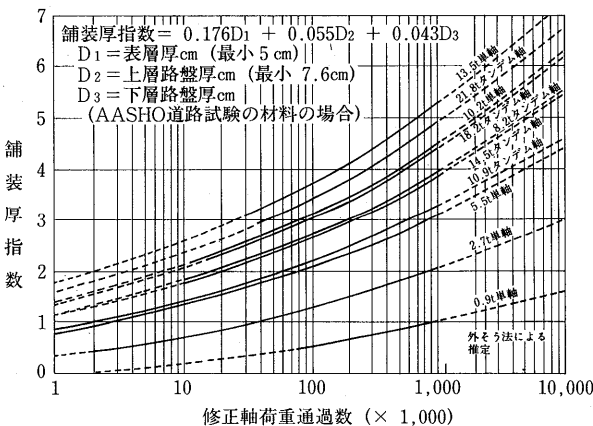


図-1 サービス指数2.5における舗装構造と修正軸荷重通過数との関係

AASHO道路試験は、均一な路床上に下層路盤厚、上層路盤厚および表層厚をいろいろと変化させ、さらに各試験区間（ループ）毎に各種の荷重を組合せて実施されました。また安定処理路盤の効果を調査するために、上層路盤に碎石、セメント安定処理、瀝青安定処理など各種の材料を用い、試験区間の総数は468区間にもなります。

走行試験は、軸荷重や軸数の異なる試験車を走行させ、路面のサービス指数PSI (Present Serviceability Index) が2.5まで低下した時の舗装厚指数と軸荷重および軸荷重通過数との関係を図-1に示すように求めています。図-2は表層厚は同一で、上層路盤に厚さ

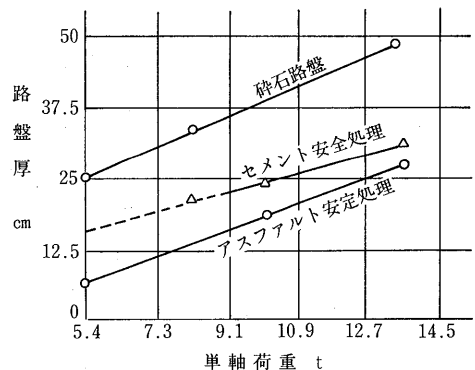


図-2 各種路盤の比較(各種軸荷重1,114,000回走行してP=2.5に低下した場合)

の異なるアスファルト安定処理、セメント安定処理、碎石を用いた舗装に約110万回の各種軸荷重を走行させ、PSIが2.5に低下した時のそれぞれの材料と路盤厚さを示したものです。

例えば軸荷重が10.2tの単軸車が114万回走行してPSIが2.5に低下するときの舗装を比較すると、碎石路盤を用いた場合は厚さが40cm、セメント安定処理路盤では25cm、アスファルト安定処理路盤の場合18cmであることを表わしています。これはセメント安定処理路盤は碎石路盤の約1.5倍の、アスファルト安定処理は約2倍の効果を示すことがわかります。

これらの関係から、AASHO道路試験では舗装厚指数Dを次の式を基準にして表わします。

$$D = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 + \dots \quad (\text{式-1})$$

ここで a_1, a_2, a_3 : それぞれ表層, 上層路盤, 下層路盤の相対強度係数

D_1, D_2, D_3 : それぞれ表層, 上層路盤, 下層路盤の厚さ (cm)

表-1がAASHO道路試験での相対強度係数を示します。

AASHO道路試験の成果の一つである舗装厚指数の概念と、各地での試験舗装の結果をもとに昭和42年版のアスファルト舗装要綱から採用されているのが T_A 法です。ここでは、アスファルト舗装の構造設計に用いる基本式として当初は次式が用いられました。

$$T_A = 12.5 P^{0.64} / \text{CBR}^{0.3} \quad (\text{式-2})$$

ここで T_A : 舗装各層を表層および基層用加熱アスファルト混合物で設計したときの必要厚さ (cm)

P : 設計軸荷重 (トン)

CBR : 路床の設計CBR

昭和53年版からは、累積5トン換算輪数(N)を用いて $P = 5 * (N/10^6)^{1/4}$ の関係から

$$T_A = 3.84 N^{0.16} / \text{CBR}^{0.3} \quad (\text{式-3})$$

が用いられています。

表-2では、L交通、A交通、B交通、C交通およびD交通での設計期間10年間の累積5トン換算輪数を、国道における車両重量の実態から3万、15万、100万、700万および3500万輪として T_A を式-3より計算し、目標とする T_A を設計CBRと交通区分で表わしたものです。

また、舗装構成の決定にあたっては式-1の舗装厚指数のかわりに、この等値換算係数を用いて次式で表わされます。

表-1 各舗装構成材料の相対強度係数

舗 装 構 成 材 料	相 対 強 度 係 数		
	a_1	a_2	a_3
表 層			
路 上 混 合 (安定度小)	0.08	—	—
プラント混合 (安定度大)	0.176*	—	—
サンドアスファルト	0.160	—	—
上層路盤			
砂まじり砂利	—	0.028**	—
碎 石	—	0.055*	—
セメント安定処理			
46kgf/cm ² ***以上	—	0.092**	—
28~46kgf/cm ²	—	0.080	—
28kgf/cm ² 以下	—	0.060	—
アスファルト安定処理基層			
粗粒度 (砂利使用)	—	0.136**	—
サンドアスファルト	—	0.120	—
石灰安定処理	—	0.060~	—
		0.120	
下層路盤			
砂まじり砂利	—	—	0.043*
砂または砂質粘土	—	—	0.020~
			0.040

(注) * AASHO道路試験により決定された値

** AASHO道路試験の資料より推定された値。

他のすべての値は、使用者が係数を研究し、必要に応じ経験に基づいて決定しなければならない。

*** 7日圧縮強度

表-2 目標とする T_A (cm)

設計CBR	L交通	A交通	B交通	C交通	D交通
(2)	(17)	(21)	(29)	(39)	(51)
3	15	19	26	35	45
4	14	18	24	32	41
6	12	16	21	28	37
8	11	14	19	26	34
12	11	13	17	23	30
20	11	13	17	20	26

$$T_A = a_1 T_1 + a_2 T_2 + a_3 T_3 + \dots \quad (\text{式-2})$$

ここで a_1, a_2, a_3 : それぞれ表層, 上層路盤, 下層路盤の等値換算係数

T_1, T_2, T_3 : それぞれ表層, 上層路盤, 下層路盤の厚さ (cm)

表-3に各工法・材料の等値換算係数を示します。

以上、現在使われている T_A 法によるアスファルト舗装の構造設計の概要をまとめてみました。さらに詳細について知りたい場合にはセメント協会「AASHO道路試験」、アスファルト協会「アスファルト」Vol 113~120等を参考にされると良いと思います。

(中村俊行 建設省土木研究所)

表－3 等値換算係数

使用する 位 置	工 法 ・ 材 料	品 質 規 格	等値換 算係数 a
表層基層	表層・基層用加熱アスファルト混合物		1.00
上 層 路 盤	瀝青安定処理	加熱混合：安定度350kgf以上 (3.43kN)	0.80
		常温混合：安定度250kgf以上 (2.45kN)	0.55
	セメント・瀝青安定処理	一軸圧縮強さ15～30kgf/cm ² (1.5～2.9MPa) 一次変位量5～30(1/100cm) 残留強度65%以上	0.65
	セメント安定処理	一軸圧縮強さ〔7日〕30kgf/cm ² (2.9MPa)	0.55
	石灰安定処理	一軸圧縮強さ〔10日〕10kgf/cm ² (0.98MPa)	0.45
	粒度調整砕石・粒度調整鉄鋼スラグ	修正CBR80以上	0.35
	水硬性粒度調整鉄鋼スラグ	修正CBR80以上 一軸圧縮強さ〔14日〕12kgf/cm ² 以上 (1.2MPa)	0.55
下 層 路 盤	クラッシャラン、鉄鋼スラグ、砂など	修正CBR30以上	0.25
		修正CBR20以上30未満	0.20
	セメント安定処理	一軸圧縮強さ〔7日〕10kgf/cm ² (0.98MPa)	0.25
	石灰安定処理	一軸圧縮強さ〔10日〕7kgf/cm ² (0.7MPa)	0.25

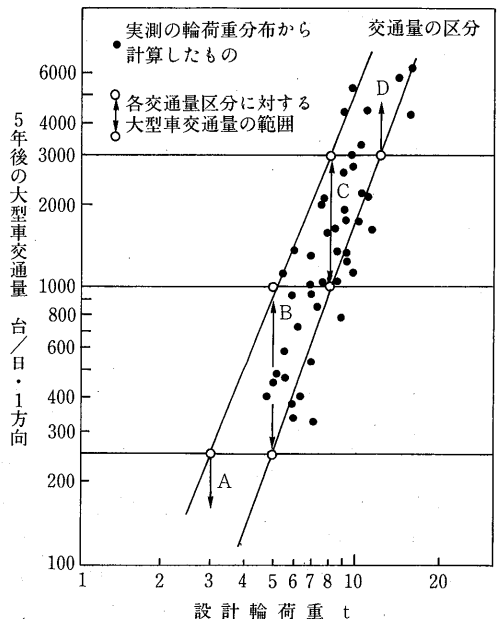
Q 3 設計交通量と5 t 換算輪数との対応について説明してください。

舗装の構造設計を行う場合の条件として、設計期間における交通量の推計を行う必要があります。設計交通量は舗装の相対的な強度を表している等値換算舗装厚 T_A を決める条件になっています。

設計交通量を決定するには、大型車交通量による方法（設計期間における平均の1日1方向あたりの大型車交通量）と、走行車両の輪荷重による方法（設計期間における累積5 t 換算輪数）があります。旧版のアスファルト舗装要綱では、大型車交通量による方法のみが示されていましたが、改訂版では旧版の付録－4に示されていた走行車両の輪荷重による方法を本文中に併記しています。これは、大型車交通量による設計交通量の決定は、あくまでも設計作業を簡略化するための手法であり、設計の根底にある走行車両の輪荷重による方法の方が、よりの確に交通条件を把握することができることと、従来困難とされていた走行車両の輪荷重の測定が、可搬式車両重量計の普及により比較的簡便に行うことが可能になったこと等によります。

ご質問の件については、大型車交通量による方法と累積5 t 換算輪数との関係について説明したいと思います。

この方法は、図－1に示すように大型車交通量と設計輪荷重を実測した結果を根拠にしています。この図から、設計期間における通過輪数は一律に100万回とし



図－1 交通量の区分と設計輪荷重

て、交通量区分のA, B, CおよびD交通に相当する輪荷重をそれぞれ3, 5, 8および12tとしています。そしての舗装の構造設計の基本式

$$T_A=12.5P^{0.64}/CBR^{0.3} \tag{式-1}$$

ここで T_A ：舗装各層を表層および基層用加熱アスファルト混合物で設計したときの必要厚さ (cm)

P ：設計輪荷重 (トン)
 CBR ：路床の設計CBR
 から、それぞれの交通量区分による T_A を求めることと
 しています。

しかし、輪荷重の実測を考えてアスファルト舗装要綱の昭和52年度改訂版からは、設計輪荷重の代わりに設計 (n年)における累積5t換算輪数Nが用いられています。これは輪荷重Pが100万回通過することは、輪荷重5tがN回通過することと同等であるとして、いわゆる舗装の4乗則から

$$N=(P/5)^4 \times 10^6 \text{すなわち}$$

$$P=5 \times (N/10^6)^{1/4}$$

を式-1に代入したもので、次式で表されます。

$$T_A=3.84N^{0.16}/CBR^{0.3} \tag{式-2}$$

Q 4

弾性理論による設計法とは、どのようなものでしょうか。

アスファルト舗装要綱 (平成4年度改訂版)の大幅な改訂で路床を設計CBRで評価できない場合、あるいはサンドイッチ舗装工法やコンポジット舗装工法など T_A 法による舗装の構造設計が適当でないと判断される場合に「その他の設計法」として弾性理論による設計法が初めて取り入れられました。弾性理論の舗装設計以外での利用は古くからほぼ確立されていました。しかし、舗装設計への最初の利用はご存知のようにBurmisterの表面変位の計算値を図表にした方法です。これは数値計算において、路床と舗装体を2層の弾性体と仮定しています。その後、応力、ひずみ、表面変位等を用い、多層設計が可能なものが発表されましたが、1963年発表された「Shell Design Charts for Flexible Pavements」が技術者にとって使用しやすい、最初の設計法であったとおもわれます。現在は多くの研究機関で設計方法の改良、開発が行われているようです。

さて、ご質問の本題ですが、弾性理論による設計法とは多層弾性理論を用いて、仮定した舗装断面における荷重による応力やひずみを求め、疲労クラック、全層圧縮によるわだち掘れに関係するアスファルト混合

ここで、A, B, CおよびD交通に相当する設計輪荷重3, 5, 8, 12tは累積5t換算輪数Nでは

$$(3/5)^4 \times 10^6=0.17 \times 10^6$$

$$(5/5)^4 \times 10^6=1.0 \times 10^6$$

$$(8/5)^4 \times 10^6=6.55 \times 10^6$$

$$(12/5)^4 \times 10^6=33.2 \times 10^6$$

となり、これからそれぞれ15万、100万、700万および3500万輪を用い、式-2から必要な T_A を求めることと
 としています。なお、L交通区分については昭和53年版から採用され、 $N=3$ 万回としています。表-1に大型車交通量による交通区分と、5t換算輪数および設計輪荷重との関係を示します。 (中村)

表-1 交通量区分の代表値

交通量区分	大型車交通量 (台/日・一方向)	5t換算輪数 ($\times 10^4$)	設計輪荷重 (t)
L	100未満	3	(2)
A	100以上 250未満	15	3
B	250以上1000未満	100	5
C	1000以上3000未満	700	8
D	3000以上	3500	12

注) () は5t換算輪数より逆算した値

物下面の引張りひずみと路床上面の圧縮ひずみと破壊回数を規準式を用いて、舗装の力学的な構造設計を行う方法です。

設計方法の手順は図-1 (アスファルト舗装要綱 付録-5)に示したように

- (1)設計する舗装の使用材料および各層の厚さを仮定 (舗装断面、各層の使用の材料の仮定)
- (2)路床条件としての設計CBRの設定
- (3)アスファルト混合物の弾性係数に影響する温度条件の設計 (年別または月別平均気温あるいは温度出現頻度を用いて、温度と温度条件の数kの設定)
- (4)輪荷重と接地半径、設計期間の累積5t換算輪数の設定 (荷重の接地面は円形、単・複荷重の別、タイヤの種別等を設定)
- (5)各層の使用材料の弾性係数、ポアソン比の設定 (材料定数の決定は原則として室内試験等により行う。表-1は既存の研究結果の代表的な各定数の範囲)
- (6)多層弾性理論式に設定された諸数値を用い、応力、ひずみ、変位等を算出 (一般に破壊の要因である疲労クラックはアスファルト混合物層の下面の引張り

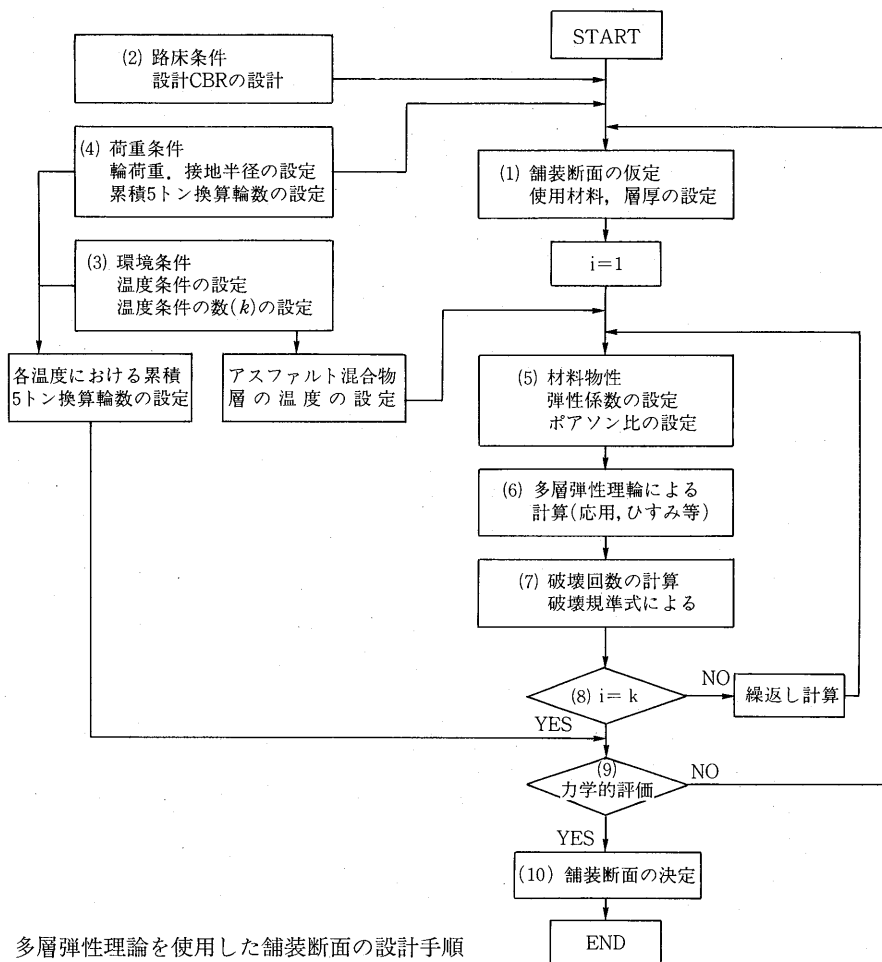


図-1 多層弾性理論を使用した舗装断面の設計手順

表-1 材料物性の値の範囲の例

使用材料	弾性係数 (kgf/cm ²)	ポアソン比
アスファルト混合物	6,000~100,000	0.25~0.45
セメント系混合物	10,000~150,000*	0.10~0.20
粒状材	1,000~6,000	0.30~0.40
路床設計 CBR	40~100	0.30~0.50

*圧縮強度は30~150kgf/cm²

ひずみ ϵ_t , わだち掘れに関係する全層圧縮による変形は路床上面の垂直方向の圧縮ひずみ ϵ_z を算出)

(7)破壊規準式(式-1, 2, 図-2 参照)に ϵ_t , ϵ_z を代入し, 破壊回数 (N_t) を求める。

1) アスファルト混合物層のクラックに対する規準式

$$N_{tA} = \frac{8.108 \times 10^{M-3}}{\epsilon_t^{3.291} \times E_A^{0.854}} \quad (\text{式-1})$$

N_{tA} : アスファルト混合物層の破壊回数

ϵ_t : アスファルト混合物層下面の引張りひずみ

E_A : アスファルト混合物層の弾性係数 (Kg/cm²)

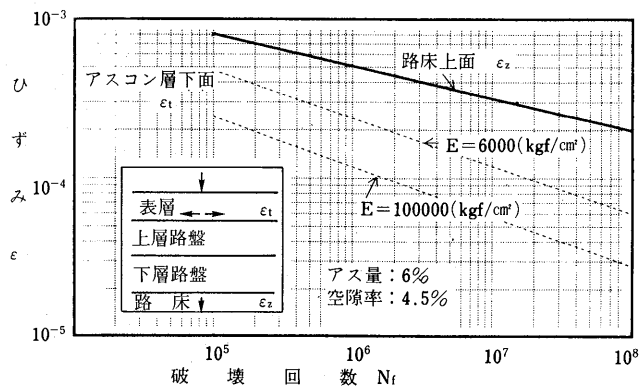


図-2 ひずみと破壊回数

M: アスファルト混合物層の空隙率 (V_v) とアスファルト量 (V_b) の関数

$$M = 4.84 \left[\frac{V_b}{V_v + V_b} - 0.69 \right]$$

2) 全層圧縮による変形（わだち掘れ）に対する規準式

$$N_{fs} = \frac{1.365 \times 10^{-9}}{\epsilon_z^{4.477}} \quad (\text{式}-2)$$

N_{fs} ：路床の破壊回数

ϵ_z ：路床上面の圧縮ひずみ

(8)(3)で設定した温度条件の数（ k ）を繰返し、計算する。

(9)舗装構造の力学的評価は(4)で得られた累積5 t 換算輪数と破壊回数（ N_{fAi} 、 N_{fsi} ）の比の合計値を計算し、

$$\sum_{i=1}^k \frac{N_i}{N_{fAi}} < 1 \quad \text{でかつ} \quad \sum_{i=1}^k \frac{N_i}{N_{fsi}} < 1$$

これを満足する場合は、舗装は力学的に安全なものとなる。

このような弾性理論による設計方法は、材料物性の値が計算では不可欠な入力条件となります。これらの諸数値は完全なものとは言えず、試験法等の研究・開発と同時に今後のデータの収集と解析などが必要とされており、多くの研究機関によって研究が行われているのが現状です。（中村）

Q 5

路床の評価と構築について教えてください。

路床の評価は、採取した路床土のCBR試験を行い、地点のCBR、区間のCBRを求め、最終的には設計CBRという指標で評価します。

CBR試験に用いる路床土は、盛土路床の場合には土取り場の露出面より50cm以上深い箇所から乱した状態で採取します。切土部においては、路床面下50cm以上深い箇所から乱した状態で土を採取しますが、路床面下1 m位の間で土質が変化している場合は、この各層の土を採取します。

採取した路床土のCBR試験を行い、地点のCBRを求めます。路床が深さ方向に異なるいくつかの層をなしている場合には、その地点のCBRは路床面下1 mまでの各層のCBRを用いて、次式によって求まる値（ CBR_m ）とします。

$$CBR_m = \left[\frac{h_1 CBR_1^{1/3} + h_2 CBR_2^{1/3} + \dots + h_n CBR_n^{1/3}}{100} \right]^3$$

ここに

CBR_m ：m地点のCBR

$CBR_1, CBR_2, \dots, CBR_n$ ：m地点の各層のCBR

$h_1, h_2, \dots, h_n$ ：m地点の各層の厚さ(cm)

$$h_1 + h_2 + \dots + h_n = 100$$

この際、厚さ20cm未満の層がある場合は、CBRの小さい方の層に含めて計算し、 CBR_m を求めます。また、CBRが3未満の路床を改良した場合、その施工厚さから20cm減じたものを有効な路床改良の層として扱います。そして、改良した層の下から20cmの層は、安定処理の場合は安定処理した層のCBRと従来路床土のCBRとの平均値をその層のCBRとし、置換えの場合は従来路床土と同じCBRとして計算を行います。なお、CBRが3以上の路床を改良する場合は、このような低減を行う必要はありません。

区間のCBRは、均一な舗装厚で施工する区間から通常3箇所以上の調査地点を定め、それらの地点の CBR_m のうち極端な値を除いて、次式によって求めます。

区間のCBR＝各地点のCBRの平均値－各地点のCBRの標準偏差（ σ_{n-1} ）

設計CBRは、区間のCBRから、表－1により求めます。

表－1 区間のCBRと設計CBRの関係

区間のCBR	設計CBR
(2以上3未満)	(2)
3以上4未満	3
4以上6未満	4
6以上8未満	6
8以上12未満	8
12以上20未満	12
20以上	20

〔注〕（ ）は、修繕工事などで既存の路床の設計CBRが2であるものの、路床を改良することが困難な場合に適用する。

路床の構築とは、目標とする路床の支持力を設定し、路床改良の工法選定を行うほか、その支持力を設計期間維持することができるよう、排水構造や凍結・融解に対する対応を行うことをいいます。

路床の構築を行うのは、一般に次のような場合があります。

- ① 路床の設計CBRが3未満の場合
- ② 路床の排水や凍結・融解に対する対応策をとる必要がある場合
- ③ 舗装の仕上がり高さが制限される場合
- ④ 路床を改良したほうが経済的な場合

路床改良の対象となるのは、従来は設計CBR 2未満の場合でしたが、昨年のアスファルト舗装要綱の改訂では、より良い路床をつくるという趣旨からこれを設

計CBR 3未満に変更したほか、設計CBRが3以上の場合でも上記②～④のような場合は路床改良を行ってよいことにしました。すなわち、これまでは路床は与えられたものとしてそれに合わせた舗装の設計を行って

いましたが、これからは舗装の設計者自身の判断で最適な設計CBRを設定することができるようになったのです。舗装の長寿命化の観点からも、路床の構築を積極的に活用していくことが望まれます。(中村)

Q 6 特殊対策をする場合、マーシャル試験以外にどのような試験がありますか。

アスファルト混合物（以下アスコンという）の配合設計は、昭和36年にアスファルト舗装要綱が出版されて以来数回の改訂を行われて来てはいるものの、マーシャル安定度試験（舗装試験法便覧3-7-1）を中心に実施されてきています。特に、昭和53年版要綱では重交通道路におけるわだち掘れや積寒地域の耐摩耗対策などの特殊対策のためにアスファルト量を検討する手法として以下のような考え方を示して現在にいたっている。

(イ)マーシャル安定度試験によって得られる骨材密度(CDA)の極大点、及び骨材間隙率(VMA)の極少点と、ホイールトラッキング試験(WT試験)における変形量の極少点は対応関係にあることから、一般地域では空隙率(V)、VMA、安定度(S)、 S/F (F:フロー値)の共通範囲で、しかも、 VMA_{min} のアスファルト量より少なく、 S/F_{max} 点より多くなる範囲でアスファルト量を定める。

(ロ)マーシャル安定度試験による S_{max} となる点と、ラベリング試験(RT試験)によるすりへり量固定点とは対応関係にあるので、積雪寒冷地域では、V、VMA、S、 S/F の共通範囲内で VMA_{min} より多く、 S_{max} より多く、密度 $_{max}$ の点より余り多くならない範囲でアスファルト量を定める。

このような関係からWT試験及びRT試験は、それぞれに配合試験を補足する試験として定着しているといえます。

この他、アスコンとして要求される性状を室内で評価する試験法として表-1のようなものがあり、必要に応じてマーシャル安定度試験と合わせて実施することが重要であると思われます。

(小島逸平 熊谷道路(株)技術研究所)

表-1 要求される性状と試験法¹⁾

要求される性状		試験法
力学的性状	安定性	マーシャル試験、ハーバードフィールド試験、三軸試験、レジリエントモジュラス試験、曲げ試験、引張試験、クリープ試験、ホイールトラッキング試験など
	疲労抵抗性	
	破断強さ	
	たわみ性	
	耐流動性	
耐久性	耐候性	促進耐候性試験、はく離試験、水浸試験、透水性試験、凍結融解試験など
	耐水性	
	透水性	
	通気性	
表面特性	すべり抵抗性	すべり抵抗性試験、表面粗さ試験など
	騒音	
	振動	

参考文献：1) アスファルト舗装技術研究グループ アスファルト舗装技術の変遷、2章、材料 アスファルト Vol 30 No155 (1988年)

Q 7 マーシャル安定度試験の意義について説明して下さい。

マーシャル安定度試験はアメリカのB. G. Marshallによって考案され、初めは飛行場の配合設計に用いられていたがその後道路用に転用され、1958年ASTM D 1559として規格化されています。我国でも昭和36年発刊の「アスファルト舗装要綱」に採用されて以来、加熱アスファルト混合物の標準的な配合設計法として用いられてきました。

アスファルト混合物は、温度や交通荷重により流動

したり波状の変形を起し易く、安定度はこのような変形に対する抵抗性を示すものです。

現在までに開発された安定度試験には以下のものがあります。

- ① ビームの安定度試験 (ASTM D 1560-81)
- ② スミスの三軸試験研究所
- ③ ハーバードフィールド試験 (ASTM D 1138-52, 現在廃止)

④ 修正ハーバードフィールド試験

⑤ マーシャル安定度試験

これらの試験方法では、供試体の成形方法、載荷方法など多くの相違点があり、同一の混合物に対する試験結果もかなり異なったものとなる。このうちマーシャル安定度試験は、室内試験や供用中の舗装の挙動との結びつきなど豊富なデータを持つこと及び装置が簡単に手軽に扱えることから最も広く利用されています。

マーシャル安定度試験は高さに比べて直径の大きな供試体による一種の三軸試験と考えられており、密度、安定度、フロー値を測定し、空隙率及び飽和度を計算により求めます。図-1に示すようにわだち掘れを供用性の指標とした場合、これらの試験値とわだち掘れの関係のうち、安定度が高いほど、フロー値が低いほどわだち掘れは小さい傾向にあります。かなりバラツキが大きく空隙率、飽和度及び安定度/フロー値(S/F)との相関が比較的高いことが分かっています。従って安定度等の基準値は過去の経験により決定されていると言えます。

このように、マーシャル安定度試験は、得られた安定度から直接混合物の抵抗性の評価をするものではなく、経験的に設定された複数の基準値を満足するアスファルト量を決定することにより、安定性の高い混合物を得るための配合設計の手段として用いるものです。

マーシャル安定度試験では、簡単な装置で手軽に測定された複数の値を基に配合設計を行い、実績も多い

ことからその信頼性も比較的高いといったところがこの試験の意義と言えるのではないのでしょうか。

マーシャル安定度試験の供試体作製方法は、突固めによるものであり現場でのニーディングによる転圧とは異なることや過去の経験則により決定された現行の試験内容では、より厳しくなった交通荷重条件に対して求められる供用性との関係でうまく対応できなくなっているなどの問題点が指摘されています。また、排水性舗装などの開粒度混合物や大粒径混合物などでは、従来のマーシャル安定度試験方法のみでは適切な配合設計を行うことが困難であり、新しい試験方法の確立が望まれています。更に、アメリカのSHRP計画では供用性を重視したSUPERPAVEに対応する安定度試験も検討しており新たな安定度試験として注目されます。

いずれにせよ色々と問題をかかえています。マーシャル安定度試験が安定した混合物を得るための配合設計手法としてしばらくは重要な地位を占め続けるものと思われれます。(七五三野)

- 参考文献：1) アスファルト舗装講座Ⅰ：日瀝化学工業㈱，1972.10
2) 舗装試験法便覧：日本道路協会，1988.11
3) 松野，谷本：アスファルト混合物の配合とその供用性，土木技術資料 Vol.13, No.3，昭和46.3

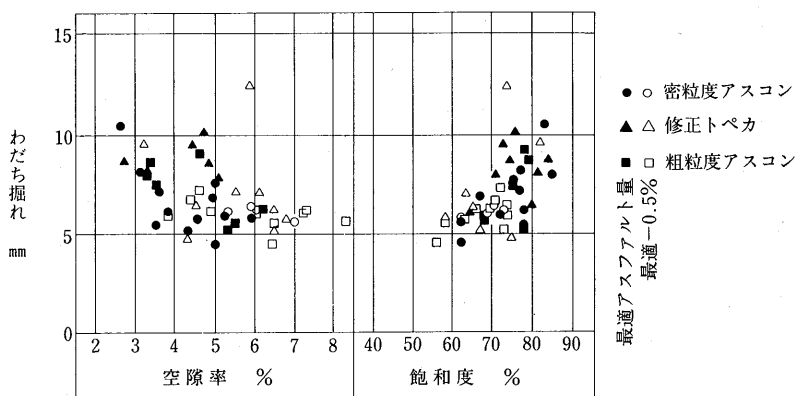


図-1 マーシャル試験値とわだち掘れの関係

Q 8 アスファルトプラントでの混合方式と注意点について教えてください。

アスファルトプラント（以下、プラントという）でのアスファルト混合物の製造は、新骨材、フィラーおよびアスファルトによる混合方式が標準的であったが、

昭和50年代前半から舗装発生材の再生利用が図られ、その製造量が増えるに連れて、プラントでの製造形式が変化してきている。

当初は、新規混合物と再生混合物の製造は各々の専用プラントに完全に分離され、再生混合物は再生率100%に近いものが製造された。これは、舗装発生材をそのままリサイクルするのが再生であるとの認識があったこと、再生が大都市圏で発達し、大量の発生材が利用できたからである。しかし、地方への普及段階では発生材の量的不足があり、大都市圏においても再生プラント基数の増加につれ、量の確保が困難になってきたことなどから、再生混合物は次第に再生骨材配合率（以下、配合率という）の低いものが製造されるようになった。

図-1¹⁾は、配合率の昭和62年の調査で、全国平均が60%強であるが、現在は更に低率に移行しており、0~100%間でいろいろの形式で混合が行なわれているのが実状である。

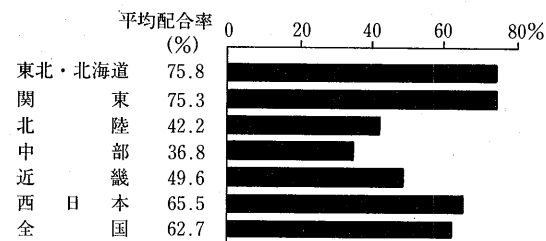


図-1 地域別の再生骨材平均配合率（昭和62年度）

発生材の量的な関係から、再生混合物だけの専用プラントは非効率であり、最近では同一プラントから新規混合物と再生混合物の両方を製造できるプラントが多くなって来ている。図-2は、新規混合物および再生混合物製造の形式を総合的に模式図で示したものである。多くのプラントは、この何れかのシステムが使われている。

このうち、新規混合物のみを製造する従来からのプラントタイプは、標準的プラントとして現在も機能している。混合形式はバッチタイプで、製造能力はほぼ1~4トン/バッチに分布しており、平均的には1~1.5トン/バッチ（概ね60~100トン/h）のことが多い。

製造上の基本的な注意点としては、材料がすべて重量計量されるため、計量器の正確さが要求されること、コールドビンからの骨材が加熱乾燥され、ふるい分けられてホットビンに入り、再び合成されるため、ホットビン配合に過不足が生じないように、コールドビンの送量管理が必要なこと、製造混合物が定められた温度範囲にしなければならないため、それぞれの材料の温度管理が必要なこと等である。

材料面では、バグフィルタからの回収ダストが石粉の一部として還元利用されるが、その使用量は石粉の1/2以下に管理する必要がある。

最近、使用量の多くなった改質アスファルトのうち、

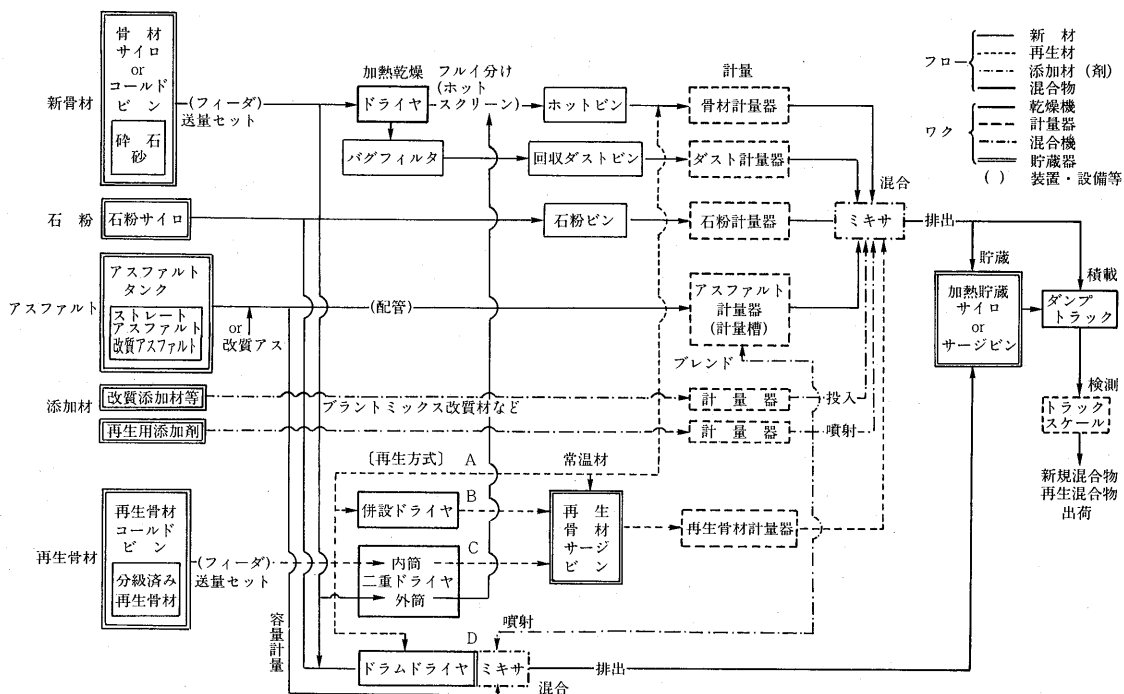


図-2 アスファルトプラントにおける混合物製造フロー（トータルシステム）

プレミックス型は専用タンクを使用するほか、少量使用の場合のコンタミ問題を少なくするためローリから配管に直接接続して計量槽に送り込む方式も取られている。一方、プラントミックス型改質添加材や専用ビンを持たない特殊粉末材等は、ミキサに直接投入する方式が一般的である。その方法としては計量器で自動計量・自動投入されるタイプ、バッチ用に計量された袋入り添加材を自動もしくは人力で投入するタイプ、一定容量を噴射するタイプなどがある。何れも計量の正確さが必要となる。

つぎに、再生混合物も扱うプラントについては、その製造能力はタイプにもよるが、昭和62年調査によれば¹⁾、平均が約50トン／hとなっている。

図-2に見られるようにいろいろのタイプがあり、混合方式が異なれば再生骨材配合率は当然変り、取扱いも違ってくる。

Aは、いわゆる再生骨材の加熱装置を持たない再生混合物の製造タイプで、配合率が10%程度の再生混合物に用いられている。常温材を使用する場合、新規材の加熱温度を若干高めにする必要がある。

Bは、併設ドライヤ（予備ドライヤともいう）を用い、再生骨材を加熱して新規骨材と混合する方式で、ドライヤ能力や再生サージビンの容量にもよるが、配合率はそのプラントの状況に応じて設定可能である。

平均的には配合率30%程度の再生に利用されている。
Cは、二重式のドライヤで、外筒に新材を内筒に再生骨材を通して加熱するタイプである。配合率はドライヤの構造と加熱方式から、30～60%が可能であり、40%程度となっている。なお、内筒にも新材を通して新規混合物を製造することもできる。

Dは、ドラムドライヤミキシングシステムで、このタイプは再生混合物専用プラントとして大都市圏で機能している。製造する混合物の種類にもよるが、配合率が50%～100%の再生混合物製造に使用されている。

再生混合物の製造上の注意点としては、基本的には不特定多数からの舗装発生材であるため、その品質変動を抑制すること、水分が抜けにくいので混合温度や混合時間に注意が必要であること、再生骨材をドライヤで加熱するため、旧アスファルトの変質を防ぐこと、再生用添加剤の混合が均一に行なわれるようにすることなどである。また、前記Dの場合は、連続式混合で各材料は通常、容積計量によりドラムドライヤに入るため、送り量のキャリブレーションを十分に行なうことも必要である。

（井上武美 日本舗道舗技術研究所）

参考文献：1)アスファルト合材, No16, 1990.10, P.3

Q 9

アスファルトプラントの合材貯蔵と性状変化について教えてください。

加熱アスファルト混合物を長時間貯蔵する技術は、昭和42年頃から実用化され始め、都市近郊のプラントを中心に利用されています。混合物を加熱貯蔵することにより、プラントの連続出荷、計画生産が可能となり、プラントの稼働率の向上、省エネルギー、繁忙時における需要に対応できるなどの効果があります。

ここで問題となるアスファルト混合物の性状変化は、貯蔵中に生ずるアスファルトの酸化重合反応による混合物の劣化です。

混合物の劣化は、混合時におけるアスファルトの酸化や低分子量成分（オイル成分等）の蒸発、加熱貯蔵中の酸化による架橋反応、重合反応および主鎖の切断等によるものと考えられています。笠原¹⁾の報告では、表-1のように混合物の貯蔵中におけるアスファルトの組成変化は、時間とともにパラフィン、芳香成分がレジンへ、レジンがアスファルテンへ、さらにアスファルテンは高分子化する傾向を示しています。アスフ

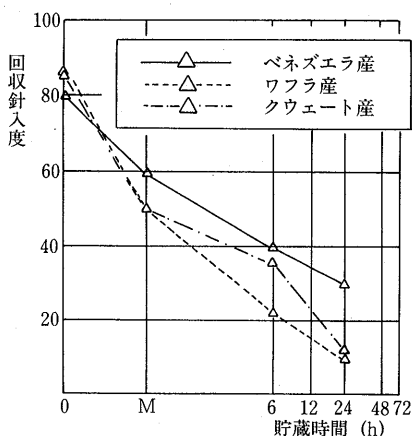
表-1 ワフラ産アスファルトの組成分析値

組成 貯蔵 時間 (h)	パラフィン	芳香成分	レジン	アスファ ルテン
オリジナル	25.9	39.7	22.7	11.7
0	27.2	24.6	28.2	20.0
6	21.7	15.3	33.1	29.9
24	19.0	16.2	33.3	31.5

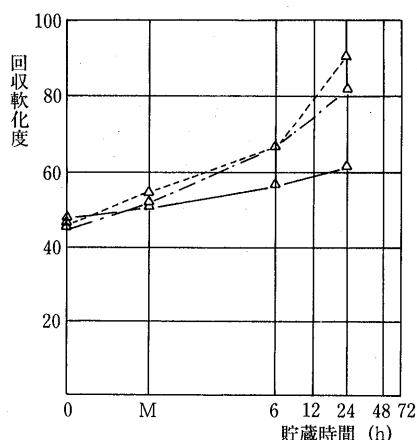
アルト成分の高分子化は平均分子量を増加させ、針入度の低下、軟化点の上昇（図-1, 2）²⁾の原因となり、混合物のぜい化を助長し、アスファルト混合物の品質の低下を招きます。このような加熱貯蔵中のアスファルト混合物の酸化を防止するため、次のような方法が行われました。

(1) 添加材（シリコンなど）を用いる方法

シリコン等を混合物に添加し、アスファルトで被覆された骨材のまわりに薄い保護膜を形成し、酸化を防ぐ方法です。この方法は簡易な方法ですか、加熱貯蔵



図－１ 貯蔵時間と針入度の関係



図－２ 貯蔵時間と軟化点の関係

24時間後の針入度は原アスファルトの70%以下であり、現在ではあまり使用されていません。

(2) 加熱水蒸気による方法

貯蔵サイロ内部に加熱水蒸気を送り込むことにより内部の酸素を追い出し、アスファルト被膜と酸素との接触を断ち酸化を防ぐ方法です。この方法により、貯蔵5日後の回収アスファルトの針入度は、混合直後に比べて90%以上であったことが確認されています⁹⁾。しかしながら、水蒸気がサイロ内で結露し混合物の温度低下を招くこと、水分によるサイロ内の腐食が進行すること等、からあまり使用されていません。

(3) 不活性ガス (CO₂, N₂など) を用いる方法

加熱した不活性ガスあるいは排気ガスをサイロ中に圧送することで、酸素を外へ追い出し酸化を防ぐ方法です。この方法で窒素ガスを使用した試験結果を表－2⁴⁾に示します。この結果では、混合後7日くらいまでは混合直後の性状を維持することができ、不活性ガスを使用した貯蔵方法が適当と考えられ、現在最も多く採用されています。不活性ガスとしてはCO₂を用いるのが一般的です。

以上アスファルト混合物の加熱貯蔵における性状変化、および貯蔵方法について延べましたが、現在の貯蔵サイロは温度管理、タンクの気密性、アスファルト

表－２ 貯蔵時間とアスファルト性状変化

貯蔵期間 (日)	原料 アスファルト	混合 直後	7	14	30
骨材重量 (%)	—	94.51	95.30	95.20	94.75
アスファルト量 (%)	—	5.49	4.70	4.80	5.20
針入度 (25℃)	89	62	62	45	32
伸び度 (25℃)	150	150	150	109	74

混合物の投入・排出技術などかなり完成された技術であると思われますが、CO₂ガスの使用の問題などから、今後は環境に配慮した技術の検討が必要でしょう。

(坂田)

- 参考文献：1) 笠原他：ホットストレージによるアスファルトの劣化の研究，石油学会誌，(1973.8)
 2) 三浦他：アスファルト混合物の加熱貯蔵，舗装，(1971.2)
 3) 吉兼他：過熱水蒸気を用いた加熱アスファルト混合物の貯蔵，舗装，(1979.9)
 4) 三浦他：加熱混合物の貯蔵について，舗装，(1969.9)

Q10

路床・路盤の安定処理材料とその使い分けについて教えてください。

路床・路盤の安定処理工法では、支持力（強度）、コンシステンシー、トラフィカビリティ等、土の物理的性質の改善を図るためセメントや石灰が安定処理の固化材料として利用されています。セメントおよび石灰を用いた場合のそれぞれの安定処理の強度の発現機

構を図－1に、特性比較を表－1に示しました。

路床の安定処理を行う場合、一般的に砂質土にはセメントが有効です。粘土鉱物やコロイドを形成している材料（粘性土）にはセメントの水和作用によるよりも、石灰のポツラン反応による方が土の性質の改良効

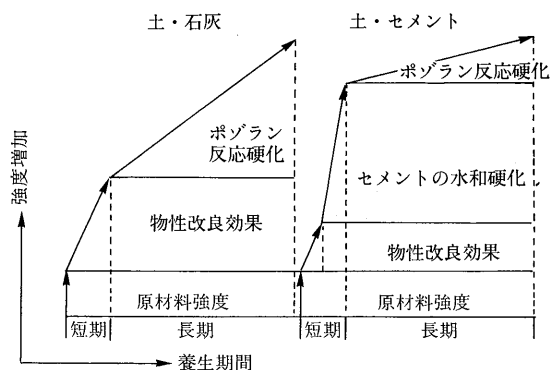


図-1 土と石灰，土とセメントの強度増加モデル¹⁾

表-1 石灰とセメントの特性比較²⁾

(石灰およびセメント安定処理工法の長所と短所)

処理工法	セメント	石灰
1.対象とする土質	粘土分の少ない砂質土または砂	粘土または粘性土
2.反応速度	比較的早い	遅い
3.強度の増強	速硬性(増強大)	遅硬性(増強小)
4.土の物理的性質の改良	低粘性土に適する	高粘性土に適する
5.含水比の低下	やや劣る	優れている
6.施工性	転圧後の再施工不可	再整形再施工可

果に期待がもて²⁾有効だとされています。しかし、粘土鉱物によっては石灰による処理効果が得られない場合もあります³⁾。強度増大性および強度の早期発現性からいえばセメントが有効であり、最近では粘性土にも有効なセメント系の固化材が市販されています。

路盤の安定処理には支持力の補強等を主目的としている場合が多く、この場合はセメントによる安定処理が一般的といえます。

先にも触れましたが、一般的なセメントや石灰では十分な処理効果が得られない土質に対応したセメント系および石灰系の固化材が開発され適用土質に応じて固化材の選択範囲は広がっています⁴⁾。安定処理材を選定する上では、表-1に示しましたセメントと石灰による安定処理の一般的な特性を考慮の上、安定処理する土質、目的や用途、経済性等も加味して適切な固化材を選択する必要があると思われます。

その他、路上で既設のアスファルト舗装を粉碎し、

セメントやアスファルト乳剤等の添加材と混合して新たな路盤をつくる路上再生安定処理工法もあります。

(坂田耕一 日本道路協技術研究所)

- 参考文献：1) 財高速道路調査会：セメント，石灰による路床安定処理の計画，設計および施工に関する研究報告書（日本道路公団委託）（1978.2）
- 2) 建設図書：舗装技術の質疑応答，第3巻 7-3. セメントおよび石灰安定処理工法の長所と短所（1977）
- 3) 舗装特集 質疑応答（1991.12）：Part 1 路床改良1. 安定処理工法における添加材の選択
- 4) ㈱セメント協会，道路技術専門委員会：道路用材料技術資料，第1章 路床，路盤工事 1節 固化材，1990.7

Q11

“現行の表・基層を一層で敷均し転圧できる，敷均し機械，転圧機械はないですか。”

御質問の内容を正確に実現している標準工法は今のところありませんが，御質問は（1）表層・基層を各々一層で敷均し，同時転圧する場合と（2）表層・基層兼用混合物的なものを一層で厚く敷均し一層で転圧する場合の2つを意味しているように取れますので別けて以下に述べます。

（1）の場合

異なったアスファルト混合物を2層で敷均し，同時に転圧する方法は，昭和30年代に行われたワービット工法や，路上表層再生工法（リペーブ工法）があります。

ワービット工法とは，安定度の高い粗粒度のアスフ

ルト混合物を下部に，上部には特に防水性，耐久性に富んだアスファルトモルタルを薄く敷均し同時に転圧して一体の舗装体とするものです。一般的にはアスファルトフィニッシャーで粗粒度のアスファルト混合物を3～5cm敷均し，その上にアスファルトフィニッシャー後部に取りつけたスプレッダーボックスでアスファルトモルタルを1～2cm敷均し，合計5～7cmを同時に締固める工法です。

又，路上表層再生工法（リペーブ工法）は既設アスファルト表層をロードヒータで加熱し，路上表層再生機を用いて上部3～4cmをかきほぐし，その上に新規アスファルト混合物を3～4cm敷均し2層を同時に転

圧し1層に仕上げるものです。この場合は既設アスファルト混合物及び新規アスファルト混合物の合計厚の最大は、アスファルト舗装工事共通仕様書で規定された1層の最大仕上り厚と同様に7cmとなっています。したがって表層3cm+基層4cmの施工厚程度であれば路上表層再生機やアスファルト・フィニッシャーを改良することにより、アスファルト混合物を敷均す事が可能であり、通常の転圧機械、転圧回数で十分に締固めることができると考えられます。

(2) の場合

一般に表・基層の総厚は10~15cmですが、この程度の厚さの混合物を一層で転圧し、十分な密度と平坦性を確保するにはローラ転圧中に波打ち現象のような不安定さを示さずに締固められることがまず重要です。

したがって、この種の混合物のイメージとして、最大寸法25~40mmで基層混合物とアスファルト安定処理混合物の中間的な外観のものになると想定されます。より具体的にはわが国ではまだ開発段階ですが、最近試験施工が一部で行われている大粒径アスファルトコンクリートあるいはこれに近いものといえましょう。

この種の混合物の敷均し、転圧は昭和50年代前半に種々試みられたアスファルト安定処理混合物の厚層施工(シックリフト)の報告が参考になります。

Beagl. C. W¹⁾は、同一の転圧機械を用いて5インチ(12.7cm)のアスファルト安定処理混合を2.5(6.4cm)インチづつ2層で仕上げた場合と5インチを1層で仕上げた場合では、施工中の温度低下が遅いことから後者の方が前者より1%締固め度が高くなっていると報告しています。更にアスファルト安定処理混合物を2.5インチ、5インチ及び7.5インチ(19.1cm)で1層仕上げた場合の締固め密度と温度低下についても報告していますが、ここでも仕上り厚が厚くなればなるほど

平均締固め度が高くなっていると報告しています。

又倉橋²⁾らは、振動ローラ(7t)、タイヤローラ(15t)、マカダムローラ(10t)を用い、種々の転圧条件で20cm厚のアスファルト安定処理混合物の締固めを行ったところ、全ての転圧条件において規格値を十分満足したと報告されています。

御質問ではアスファルト安定処理混合物ではなく、その表面が十分な路面機能を持つものとしていますので先述した混合物イメージでまとめますと以下のようになりますと考えます。

(イ)敷均し機械はアスファルトフィニッシャーとなりますが、単に厚層の敷均しが可能であるだけでなく、その後の転圧で過大な変形を生じない締固め度を与えることができる高締固め型が中心となります。

(ロ)転圧機械は大型振動ローラが主体となりますが表面の肌理保持面でタイヤローラの併用が必要です。

なお、厚層の場合、転圧後の温度低下が非常に遅く、交通解放まで長時間の交通止めを要しますので、転圧密度の確保できる範囲で混合温度を下げる試みも検討の余地があります。

また、最大寸法の大きい混合物の場合、表層における材料分離が生じやすく、比較的早期に表面処理的な維持作業を考慮しておく必要もあることを付記します。

(坂田)

参考文献：1) Beagle. C. W "Compaction of Deep Lift Bituminous Stabilized Base" AAPT vol.35 1966

2) 倉橋稔ら "シックリフト工法によるフルデプス舗装の試験施工" 道路建設 No.290, 1972.3

Q12 施工機械の自動化、高度化への取り組みの現況について教えてください。

近年のセンサ技術の進歩は、機器自体の耐久性の向上があげられる。それは、建設機械へのセンサ取り付けに関して、従来からの振動やほり等の問題点が1つ解消されたことにある。さらに小型コンピュータを使用してデータ処理ができるようになりリアルタイムでその結果を知ることができるようになった。以上2つの主な理由から、これまで実現されていなかった建設機械にも、センサを利用した自動化、高度化ができるようになり、その一環として舗装工事に使用する施

工機械においても自動化、高度化されたと評価できるものが数多く見られるようになってきている。ここでは切り口を変えて、主に舗装工事に使用される施工機械に採用されている代表的なセンサ別にいくつかの取り組みの実施例を紹介する。

① レーザ

モーターグレーダ等で、回転レーザ水準器のつくる基準面に合わせるようにブレード高さを自動制御するものが製品化されている。

また、アスファルトフィニッシャーでは、自動追尾式トータルステーションを用いてアスファルトフィニッシャーの位置、高さの情報を測定し、アスファルトフィニッシャー側で測定したデータを演算処理することで、スクリードの敷均し高さとステアリングの自動制御を行うシステムが建設省総合技術開発プロジェクトにおいて開発されている。

② イメージセンサ

建設省東北地方建設局および助先端建設技術センターが、CCD半導体カメラとレーザ投光器を用いて舗装型枠等を測定することで、アスファルトフィニッシャーのスクリード敷き均し幅の伸縮を自動化する方法を開発している。(図-1 参照)

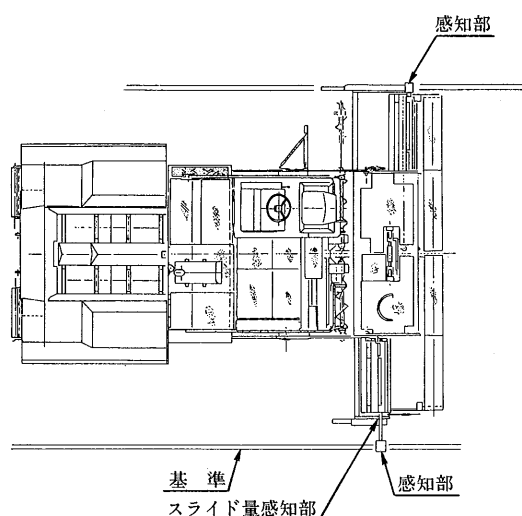


図-1 イメージセンサ：アスファルトフィニッシャーのスクリード幅の自動伸縮

③ 超音波センサ

アスファルトフィニッシャーやモーターグレーダ等に、ブレードの高さを制御するために従来用いていた接触式のセンサに代えて、非接触式のセンサが使用されている。(図-2 参照)

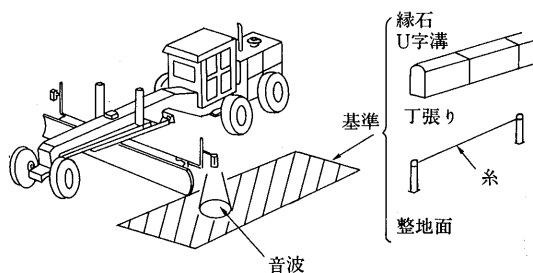


図-2 超音波センサ：ブレードの高さ制御

また、アスファルトフィニッシャーでは、スクリードに抱える合材量を測定することで、合材送り量の適正制御の自動化に使用されている。更に、サーフェスリサイクリングの施工機械においては、2台の施工機械が連動して走行する際に車両間の距離を測定することで片方の機械の走行を自動化することにも使用されている。

一方、超音波センサと超音波発信器を施工機械と周辺の作業者の両方で持ち、両者の双方向通信により両者の条件に応じた危険信号を出して接触事故を防ごうとする安全機器として使用している例もある。(図-3 参照)

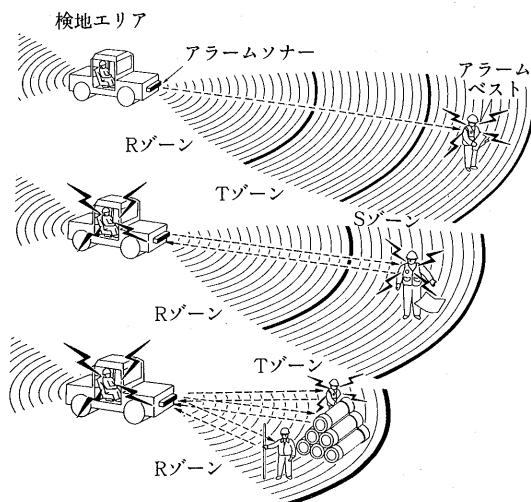


図-3 超音波センサ：接触事故を防ぐ安全機器

④ 放射線センサ (R I 密度測定器)

建設省総合技術開発プロジェクトにおいて、非接触式 R I 密度測定器をローラに取り付け、締め固め作業中にリアルタイムで締め固め状況を知り、その測定結果を施工管理にフィードバックする方法が開発されている。

⑤ 加速度計

路床や路盤は、同じ外力を加えると締め固め度が増大するに従い反力が変化することが知られている。その点に着目し、振動ローラの起振力や重錘を落下させたときの衝撃力を利用して、その反力の加速度波形を加速度計で取り、締め固めの程度を推定する装置が製品化されて施工管理に使用されている。計測する方法が異なる2種類の機器(コンパクションメータと重錘落下方式測定器)があるが、センサに加速度計を用いていることは同じである。

⑥ 磁気センサ

サーチコイルをセンサとした誘導線方式の無人ショベルローダがアスファルト合材工場の冷骨材の供給工程で実用化されている。材料搬送作業が無人化され、従来よりも少ない人数で工場の稼動が可能となっている。

⑦ GPS (Global Positioning System)

複数の人工衛星から出る電波を地上にある受信機で受けて、受信機を装備した施工機械の三次元位置を確認するシステムである。最近では、移動局に対して、基準局を別途設けるシステムで誤差が数センチメートルの測定がリアルタイムにできるようなのが開発されている。(井上)

Q13 品質管理の自動化・省力化の現状について教えてください。

品質管理は室内の配合設計からプラントにおける混合物の製造、および現場での施工について一体的に行うものと理解し、これら各段階での自動化・省力化の現状を紹介すると以下ようになります。

1. 室内試験関係

舗装関係では使用材料の基準試験が多岐にわたって実施されるが、これらの試験の計測やデータ管理を自動化することによって、品質管理の合理化を図っているものがあり、この一例として、表-1があります。

2. 製造プラント

路盤材料や加熱アスファルト混合物の製造は、定置式あるいは移動式の区別はあるが、それぞれの製造プ

ラントで計量、配合、製造、出荷等の工程にメカトロニクスやエレクトロニクス化した装置を導入し、自動化を図っています。このうち、加熱アスファルトプラントを例にとると、(イ) 計量管理、(ロ) 配合管理、(ハ) 温度管理、(ニ) 製造、出荷、販売管理、の各部分にエレクトロニクス化したシステムを積極的にとり入れた「省スペース都市型プラント」等が開発されています。

3. 施工機械

生産性を高め品質の確保を図るために施工機械のうち、敷均し機械、締固め機械、安全対策等の面で自動化・省力化が進められています。

表-1 室内試験におけるエレクトロニクスの応用例^(a)

分 野	試 験 項 目	試験値検出, 条件設定	制 御	データ管理
アスファルト	針入度 軟化点	接触感知光センサ 温度検出センサ 発光ダイオード	シーケンス プログラム	プリンタ印字 デジタル表示
	粘度 引火点 タフネス・テナシティ	トルクのデジタル検出 温度検出センサ ロードセル	—— プログラム 引張試験機	デジタル表示 " パソコン計測
骨 剤 粉 体	ふるい分け 粒度分布 真比重 形状	—— レーザーによる分析 液面検出, 温度センサ ハロゲンランプ, カラーモニタ	シーケンス プログラム " 顕微鏡映像	ハンドヘルド計測 パソコン計測 プリンタ印字 ——
マーシャル 試 験	ミキサー混合 厚さ・密度 安定度・フロー 配合設計	ロードセル, 温度センサ デジタルノギス, 電子天秤 差動トランス, 変位センサ RS232Cでのデータ転送	シーケンス —— —— ——	—— ハンドヘルド計測 プリンタ印字 配合設計システム
抽 出 回 収	アスファルト抽出 アスファルト回収	—— 温度センサ	シーケンス プログラム	—— パソコン計測
疲 労 試 験	繰返し曲げ 間接引張り	ロードセル, 変位センサ "	プログラム "	パソコン計測 "
摩 耗 量	摩耗量測定 "	非接触超音波センサ 接触針センサ	プログラム "	パソコン計測 "
路 床 路 盤	一軸CBR 振動三軸	ロードセル, 変位センサ "	プログラム "	パソコン計測 "

先ず、路盤材の敷均し機械では、レーザー計測利用によるフォーメーションの設定と管理、アスファルトフィニッシャーでは、運転制御にCPUエレクトロニクスを利用し、センサー装置（方向位置、材料レベルや温度等の感知）、リモコンボックス投載等でシステム化したものの試行、締固め機械ではCMV (Compaction Meter Value)を用いた転圧管理型振動ローラ、さらに、安全装置として超音波発振機とセンサーをシステム化した安全チョッキシステムなど、エレクトロニクス、メカトロニクスの利用が進んでいます。

4. 路面評価システム

舗装路面の供用性、破損状況を定量的に測定し、舗装データバンクを機能させて行く路面性状測定装置には、(イ) ひびわれ、(ロ) わだち掘れ、(ハ) 平坦性の3特性の検出部として、スリットカメラ、ビデオカメラ、パルスカメラ、CCDカメラ、読取り部にネガ投影、画像処理等を利用したものが実用化されています。

(小島)

参考文献：1) 古谷薫 室内試験とエレクトロニクス
アスファルト Vol 33 No.164 (1990年)

Q14 路面評価の各種基礎がありますがどのような特徴がありますか。

一般に、舗装の評価はその供用性（最近ではパフォーマンスが用いられる¹⁾）によって行われています。供用性を表わす指標として、道路管理者の主観により主に維持修繕の必要性から定められる「維持管理水準」や、平均的な道路利用者の主観により主に快適性、安全性から定められる「サービス水準」等があります。維持管理水準は、道路管理者からみた路面性状の良し悪しで評価され、その総合的評価の指標にはPSIやMCI等があります。一方、サービス水準は道路利用者からみた主に車の乗り心地の良し悪しで評価され、その評価に基づいて路面性状を表わす指標にはRCI等があります。以下に、路面性状の評価の現状を紹介します。

1. PSI

AASHTO道路試験の成果であるPSIを参考にして、道路維持修繕要綱に我国のアスファルト舗装における調査結果からPSI(供用性指数)の評価式が示されています。

PSIは、縦断凹凸量、ひび割れ率、わだち掘れ量から算出され、維持修繕の着工順位やおおよその工法を見いだすなど計画上の目安となるとされています。

2. MCI

MCI(維持管理指数)は、建設省が道路管理者の調査結果から開発した総合評価指数で、縦断凹凸、ひび割れ率、わだち掘れ量の3特性値による評価式と2特性値および1特性値による評価式とがあります。それらの式から算出される各MCIのうち、最小のものをその舗装の評価値としています。また、その評価値による維持修繕の必要性の基準が示されています。コンクリート舗装についてもひび割れ率を換算して同様の評価式が用いられています。

ここで、PSIとMCIを比較したものが図-1(AASHTO

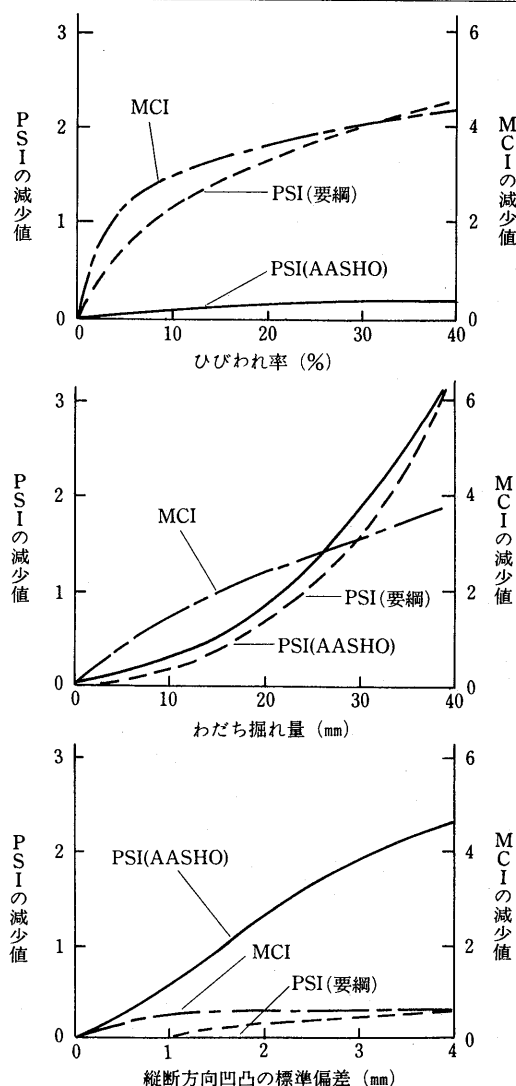


図-1 各路面性状の変化に伴うPSI, MCIの減少値²⁾

道路試験の評価式のPSIも併記) のように示されており²⁾, 路面性状の値が単独に変化した場合のPSIとMCIの減少値を示しています。MCIの評価式は, PSIの評価式に比べ, 路面性状の値が小さい場合を重視した式で, 特にわだち掘れ量の影響度が高く, 走行の安全性や水はね等の管理上の問題を考慮しているとされています。なお, AASHOのPSIの評価式は, 我国の評価式に比べ縦断凹凸が重視されています。

3. RCI

RCI (乗り心地指数) は, 建設省が道路利用者の乗り

心地評価と路面性状値の調査から開発した指数です。道路利用者にとっての乗り心地に縦断凹凸が最も影響を与えるとして, RCIは縦断凹凸量のみによる評価式から算出されます。また, その評価値による管理基準が示されています。

建設省では, 前記の道路管理者が評価した管理基準のMCIと, 道路利用者が乗り心地の良し悪しから評価した管理基準を合成して総合的な管理基準 (PINDEX: 優先順位決定システム) が開発されています。そのPINDEXのフローを図-2に示します³⁾。

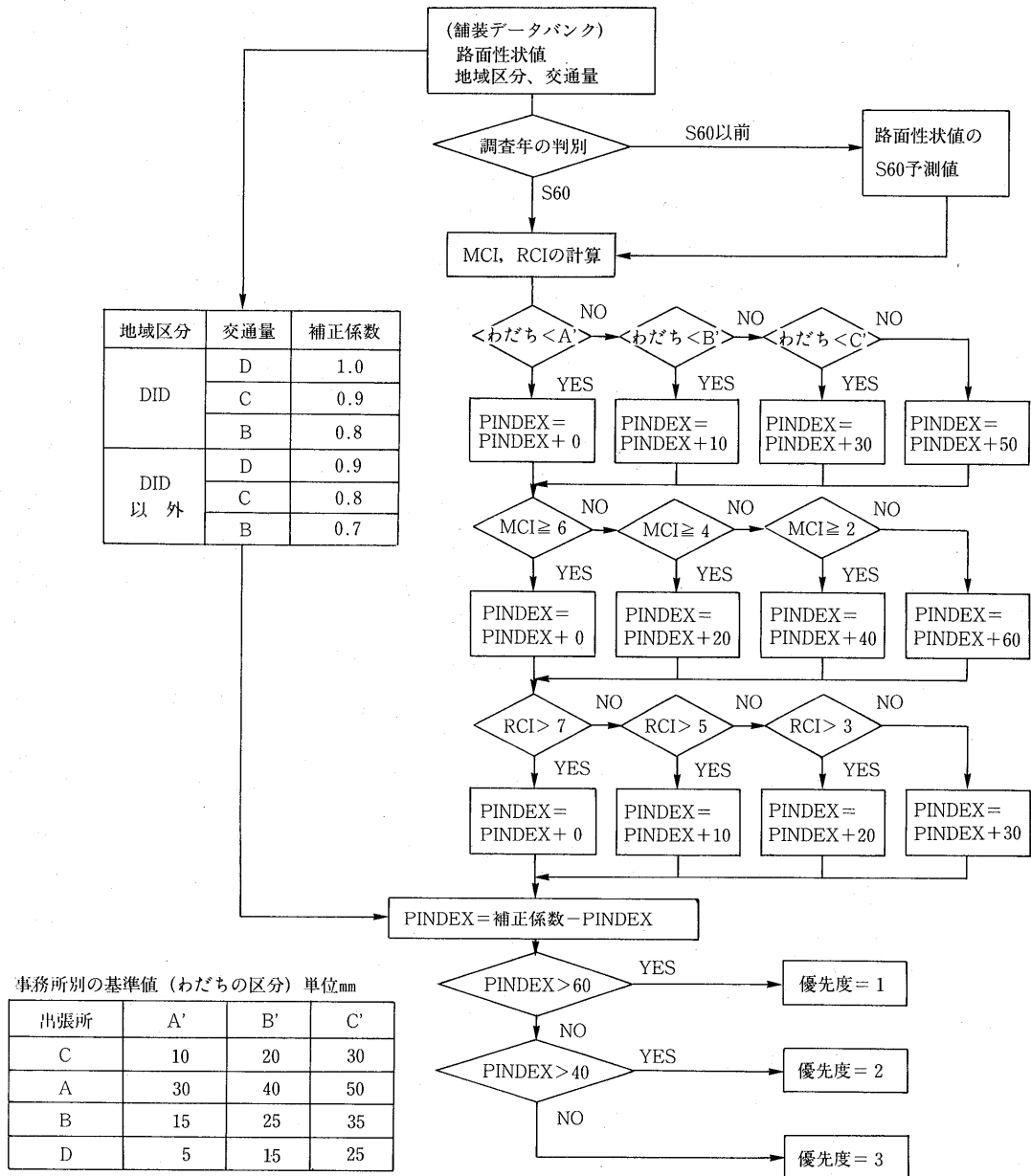


図-2 建設省のPINDEXのフロー³⁾

4. 他の維持管理水準など

(1) PRI

運輸省の空港舗装には維持管理水準としてPRI(舗装補修指数)があり、その評価値からMCIと同様に、補修の必要性が示されています。PRIの評価式は舗装の種類で異なり、アスファルト舗装の場合、PSIと同様に、路面性状の3特性から算出され、コンクリート舗装の場合、ひび割れ度、目地部の破損率、段差量から算出されます。

(2) その他

地方自治体には路面の評価を独自の評価式で算出しているところもあります。

また、管理水準とは異なりますが、縦断凹凸(ラフネス)の評価方法の統一を期待して、世界銀行からIRI(International Roughness Index)が提案されており、快適性を評価基準に用いる場合の新しい考え方の1つと考えられています。このよりの確な指標の提案が現在検討中です。

5. 各評価式と管理基準

各指標の評価式と管理基準を表-1に示す。(井上)

表-1 各指標の評価式と管理基準

指 標	評 価 式	基 準 お よ び 対 応 工 法				
P S I 要 綱	P S I = 4.53 - 0.518logσ - 0.371 C - 0.174 D ² σ : 縦断凹凸の標準偏差 (mm) C : ひび割れ率 (%) D : わだち掘れ深さの平均 (cm)	P S I	おおよその対応工法			
		3 ~ 2.1	表面処理			
		2 ~ 1.1	オーバーレイ			
		1 ~ 0	打ち換え			
M C I	M C I = 10 - 1.48 C ^{0.3} - 0.29 D ^{0.7} - 0.47 σ ² M C I ₀ = 10 - 1.51 C ^{0.3} - 0.3 D ^{0.7} M C I ₁ = 10 - 2.23 C ^{0.3} M C I ₂ = 10 - 0.54 D ^{0.7} C : ひび割れ率 (%) D : わだち掘れ量の平均 (mm) σ : 縦断凹凸量 (mm)	M C I	維持修繕基準			
		3 以下	早急に修繕が必要			
		4 以下	修繕が必要である			
		5 以上	望ましい管理水準			
R C I	R C I = 8.90 - 1.27σ σ : 縦断凹凸量 (mm)					
P I N D E X	図 - 2 に従って算出する	P I N D E X 必要性 > 60 優先度 1 早急に維持修繕が必要 > 40 優先度 2 1 ~ 2 年以内に維持修繕が必要 40 以下 優先度 3 維持修繕が不要				
P R I	アスファルト舗装 P R I = 10 - 0.450 C R - 0.0511 R D - 0.655 S V C R : クラック率 (%) R D : わだち掘れの最大値 (mm) S V : 平坦性 (mm) コンクリート舗装 P R I = 10 - 0.290 C R - 0.296 J C - 0.535 S V C R : クラック率 (cm / m ²) J C : 目地部の破損率 (%) S V : 段差の最大値 (mm)	A : 補修は必要ない B : 近いうちの補修が望ましい C : 早急に補修の必要がある P R I の境界値				
			アスファルト舗装		コンクリート舗装	
		区 域	A と B	B と C	A と B	B と C
		滑走路	8.0	3.8	7.0	3.7
誘導路	6.9	3.0	6.4	2.3		
エプロン	5.9	0	5.7	0		
P S I A A S H T O	アスファルト舗装 P S I = 5.03 - 1.91log(1 + S V) - 0.01C + P - 0.21R D ² コンクリート舗装 P S I = 5.41 - 1.80log(1 + S V) - 0.05 C + 3.3P S V : 内側と外側車輪通過位置の両者の凹凸度の分散の平均値 C : 舗装面のひび割れ度 アスファルト舗装 (m ² / 1000m ²) コンクリート舗装 (m / 1000m ²) P : 舗装面のパッチング度 (m ² / 1000m ²) R D : わだち掘れ深さの平均値 (cm)	P S I	対応工法			
		2.5 以上	—			
		1.5 以上 2.5 未満	オーバーレイ			
		1.5 未満	打ち換え			

参考文献：1) 土木学会：舗装機能の評価法，pp.1，
1992.5
2) 野村敏明：路面の総合的評価の現状，
アスファルト，Vol.35，No173，pp.93，
1992

3) 建設省道路局国道第一課，建設省土木
研究所：舗装の管理水準と維持修繕工
法に関する総合的研究，第41回建設省
技術研究報告会，pp.375，昭和62年
度

Q15 路面性状の測定方法を教えてください。

舗装路面の調査は，路面の状態，舗装の壊れ方及び
破損原因を把握するために実施するもので，測定精度，
測定規模，交通量，調査費用等要求される内容により
同じ測定項目でも色々な測定方法があります。ここで
は，路面性状調査で最も基本かつ重要であるひびわれ，
わだち掘れ，すべり抵抗及びたわみについて，現在一
般的に適用されているものを中心に測定方法の概要を
以下に述べます。

(1) ひびわれ

① スケッチによる方法

路面上に縦横0.5～1.0m程度の升目を想定し，各升
目ごとのひびわれ状況を一車線ごとに記入する。詳細
な調査が可能だが，労力を要し，一度に大規模に測定
することは難しい。また，交通量が多い場合，測定方
法に制約を受け危険を伴う。ひびわれの評価を行う場
合，アスファルト舗装は，面積によるひびわれ率によ
り行い，コンクリート舗装では，長さによるひびわれ
度で行う。特にコンクリート舗装の場合，ひびわれ幅
も重要な測定要素で，ひびわれ定規やひびわれ測定器
を使用する。

② ひびわれ測定車による方法

車両に搭載された撮影装置，電源装置及び照明装置
を用い，数10kmに及ぶような大量の調査を高速で行う
ことが可能である。測定メカニズムにより色々な記録
方式があるが，基本的には，カメラまたはビデオによ
り路面を連続的に撮影し，それを分析してひびわれ評
価を行うものである。大規模な測定が必要で，交通量
が多い箇所では経済性，安全性に優れている。

(2) わだち掘れ

① 横断プロファイルメータによる方法

詳細なデータが必要で，測定が小規模な場合に使用
され，経済的である。測定時間がかかり，交通量の多
い路線では制約を受ける。

② 直線定規または水糸による方法

小規模で精度を要しない場合に使用され，経済的で
ある。やはり測定に手間を要し，交通量の多い路線で
は制約を受ける。

③ レーザー光を利用した三角測量による方法

路面レーザー光を照射し，反射光をエレクトロニク
スセオドライトで捕らえ，三角測量の原理を利用して，
非接触で横断プロファイルを測定するものである。小規
模で，交通量が多い箇所で使用され，比較的経済的で

表－1 路面性状の測定方法と測定条件の組合せ

測定項目	測定方法	測定条件				備考
		精度	規模	交通規制	安全性*	
ひびわれ	スケッチ	○	小	必要	△	
	ひびわれ測定車	○	大		○	
わだち掘れ	横断プロファイルメータ	○	小	必要	△	
	直線定規または水糸	△	小	必要	△	
	レーザー光を利用した三角測量	△	小		○	開発中
	横断形状測定車	△	大		○	
すべり抵抗	BPN	△	小	必要	△	
	回転式すべり測定器	△	小	必要	△	
	すべり測定車	○	大		○	安全性は一般車を考慮すると危険 な場合がある
たわみ	ベンケルマンビーム	△	小	必要	△	
	FWD	△	中	必要	△	

○ 良い △ 普通 × 悪い

* 周囲の交通等測定環境及び測定方法そのものの測定者に対する安全性

ある。

④ 横断形状測定車による方法

車載装置により、数km以上の大規模な測定を高速で行うことが出来る。測定メカニズムにより色々な方式があるが、カメラによる連続撮影または変位計測装置により横断形状を測定するものである。大規模で交通量が多い箇所では経済性、安全性に優れている。

(3) すべり抵抗

① 英国式ポータブルテスター (BPN) による方法

スポット的で、交通量の少ない箇所で使用され、経済的。現状では、特に問題のある箇所または室内試験に多用されている。

② 回転式すべり測定器による方法

BPN同様、スポット的で、交通量の少ない箇所で使用され、経済的、簡便に速度に依存するすべり特性値を得ることが出来る。

③ すべり測定車による方法

高速で連続して測定でき、一般道路で60km/h、高速道路で80km/hで走行する試験車輪に制動をかけ、すべり抵抗を求める。散水を行いながらの測定となるため、一般車にも影響を与える。

(4) たわみ

① ベンケルマンビームによる方法

載荷方式は、ダンプトラックを利用した稼働荷重で、ビームの先端を複輪の間に設置し、車輪を走行させてたわみを測定するもので、最大たわみ法と復元たわみ法がある。用途が広く、単純で安価であるが、測定に時間を要し、安全性にも問題がある。精度上は問題があるが、現在まで多く使用されている。

② FWDによる方法

衝撃荷重を与え、その時のたわみを測定するものである。載荷条件が、実際走行する車両のものに似ていることや、測定が簡単で短時間に測定できることが特長である。1970年代オランダで開発され、世界で数百台、日本で数十台程度保有されており、最近FWDを使用した舗装構造の評価について各機関で研究が進められている。

すべり抵抗及びたわみの各測定方法の測定値については相関性の確認が未了であるので測定にあたっては同じ測定法で継続的に測定するなど注意が必要です。

(七五三野)

Q16

最近、効率化、省力化を求める声や環境問題などを背景に、常温混合物（工法）による補修工法が注目されていますが、どのようなものがあるのでしょうか？

舗装の補修（維持修繕）は、その破損の程度に応じて、比較的軽微なパッチング、表面処理から全面打換えまで各種の工法があります。一般的には、軽微なもの以外には加熱混合物が使用されることが多い場合が実態ですが、工事渋滞を減少するための迅速施工や小規模施工に対応可能なことから、常温混合物による表層対応の補修工法が欧米では増加しています。これらの工法はアスファルト臭を含む蒸気を発生しないことや加熱混合物製造に伴うCO₂発生がないことなどから、環境にやさしい工法と考えられています。さらに、ライフサイクルを考慮した場合、薄層で早め早めに補修する方が経済的であると考えられることから、薄層の施工が可能な常温混合物が注目されています。

通常、常温混合物は、アスファルト乳剤を使用したものと硬化性樹脂を使用したものとに分類されます。ここでは、より広く使用されているアスファルト乳剤を使用した常温混合物による補修工法を紹介します。アスファルト乳剤は、ご存知のようにアスファルトを乳化させたものでありますが、その扱いが加熱アスフ

アルトに比較して容易であるといった特徴があり、また最近では改質アスファルトをベースにした耐久性に富む乳剤も開発されてきております。

アスファルト乳剤を使用した、これまでの一般的な表層対応の補修工法としては、フォグシール、チップシールやスラリーシールなどがあります¹⁾。フォグシールはアスファルト乳剤を水で薄めたものを0.5~0.8l/m²程度路面に散布し、小さなひび割れ等を埋め、舗装を若返らせるものです。チップシールはアスファルト乳剤を路面に散布した後、骨材を散布しさらにアスファルト乳剤を散布し、骨材を固定するものです。これらのアスファルト乳剤の代わりに、加熱アスファルトを使用することもあります。また、スラリーシールは、骨材（スクリーニングス）とアスファルト乳剤および水のスラリー状混合物を、スプレッドボックス等により敷き均すものです。ただし、硬化を促進するためにセメント等を添加することもあります。これらの工法は、主に老朽化して軽微なひび割れのある路面の表面処理等に用いられ、施工が早く、安価にできる等の長

所がありますが、反面、養生に時間を要すること、加熱混合物に比して耐久性に劣ることや、品質の不安定さといった短所もあるようです。

しかし、最近注目される補修工法として、常温急硬性薄層混合物を使用した工法があります。この工法は、マイクロサーフェッシングと呼ばれるものですが、ポリマー改質アスファルトをベースとした乳剤をバインダーとし、最大粒径5～10mm程度の骨材と水、セメント、場合によっては各種添加剤とからなる常温混合物を、専用ペーバにより路面に通常3～15mm程度に敷き均す工法です。この工法は、二層施工により、25mm程度までのわだちにも対応可能です。特徴は、施工速度が早く、30～60分で通常交通開放ができるなど、硬化が早く迅速施工であること、硬化後の混合物は、加熱アスコンと同程度の耐久性を有することなどです。また、路面に良好なすべり抵抗を提供できることやカラー化にも対応できることも大きな特徴となります。ISSA (International Slurry Seal Association) の示す常温急硬性薄層混合物の代表的な骨材粒度、配合を表-1、2に、また施工状況を写真-1に示します。

この補修工法は、ドイツのアウトバーンでのコンクリート舗装の段差補修、すべり抵抗の再生やアスファルト舗装のひび割れを含む老朽化路面の補修など、海外では広く使用されています。我国でも高速道路や国道のわだちを含む老朽化路面の補修に適用される²⁾など、ライフサイクルに寄与する早期補修用の薄層補修工法として、今後の展開が注目されています。

尚、海外における常温工法としては路上再生路盤工法やアスファルト乳剤によるアスコン層を対象としたパーシアルデプス、路盤層も含めたフルデプスと称す路上再生工法もあります。(井上)

表-1 急硬性薄層混合物の骨材粒度

ふるい目	Type I	Type II
9.5 (mm)	100	100
4.75	100	90-100
2.36	90-100	65-90
1.18	65-90	45-70
0.6	40-65	30-50
0.3	25-42	18-30
0.15	15-30	10-21
0.074	10-20	5-15

表-2 常温急硬性混合物の標準的配合

材 料	配 合
スクリーングス	70%
7号碎石	30
改質乳剤	11
セメント	1.5
水	8.5

注) 乳剤以下は、乾燥骨材重量に対して

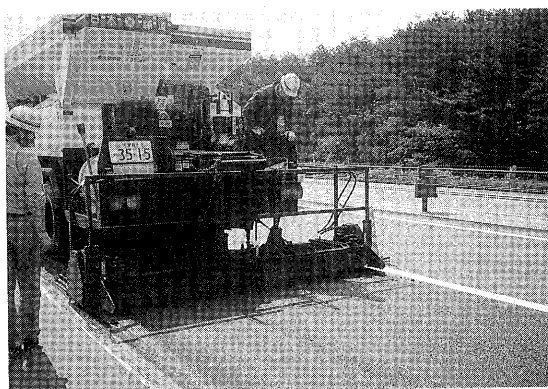


写真-1 常温急硬性混合物の施工状況

参考文献：1)「舗装の維持修繕」，建設図書

2) 羽深ほか，「常温急硬性薄層混合物の施工例」，第20回道路会議

Q17 排水性舗装の現況と問題点について教えてください。

排水性舗装は、空隙率の高い開粒度アスファルト混合物により排水機能や交通騒音低減機能を有する機能性舗装です。アメリカやヨーロッパでは、すべり抵抗改善、排水性、騒音低減効果を目的として早くから取り組み、各国で数百万㎡単位の施工実績があります。日本では、おくれらせながら80年代後半から試験的に取り組み始め、全国で数十万単位の施工実績があり、特にここ数年で施工面積が飛躍的に増大しています。現在では、高粘度バインダーによる高耐久性、排水低

下機構、騒音低減効果及びげん光防止効果、透水試験方法等幅広い研究が進められていますが、以下に高速道路の追跡調査結果をもとにした排水性舗装の現況及び課題を述べてみたいと思います。

高速道路においては、排水性舗装用高粘度バインダーを使用して、連続空隙率15%を目標に配合設計を実施しています。トップサイズは13mmと20mmの2つのサイズがありますが大部分は13mmが使用されています。アスファルト量は、カンタブロ試験及び付着試験によ

り決定し、最低4.5%としています。

図-1は、当初の連続空隙率が15%以上の排水性舗装について供用後12ヶ月の透水能力の施工年度別経時変化を示したものです。着実に透水能力の耐久性が向上していることがわかります。これは、排水性舗装用改質アスファルトの普及（平成元年度及び平成2年度は高粘度バインダー以外のものも多く使用していた。）や、施工技术と品質管理の向上によるものと思われます。

図-2は、供用後12ヶ月のわだち掘れ量についての施工年度別経時変化を示すものです。わだち掘れ量は、透水能力のような改善は見られず、本来改質アスファルトを使用した混合物のため耐流動性に優れているにも拘らず、密粒度混合物と同程度の範囲で推移しています。これには、骨材の飛散が発生しやすいことが大きく原因しているものと推定されます。

図-3は、排水性舗装と通常の密粒アスファルト混合物について、すべり抵抗値の経時変化を示したものです。供用当初は、ほぼ差がないものの時間が経つにつれ路面骨材の露出が多くなり、排水性舗装では増加傾向にあり、優位性のあることが判ります。

以上より、現状における排水性舗装については、排水性舗装用高粘度バインダーを使用して、連続空隙率が15%程度の配合では、すべり抵抗に改善がみられ、ある程度の期間では十分な透水機能の確保が可能であるが、骨材の飛散等の長期耐久性及び排水機能が長期間持続するか否かについて、もう少し継続して調査してゆく必要があります。

そこで高速道路の試験施工等の経験から、排水性舗装の課題は次のようなものがあげられます。

① 試験方法

混合物の基本的力学的性状並びに耐久性に関する試験法の確立。

バインダー及び骨材の基本的性状に関する試験法の確立。

透水能力の測定方法の確立。

② 配合、材料

バインダーの被覆厚さと混合物の耐久性との関係を明確にする。

温度管理がしやすく低温で製造、施工できるバインダーの開発。

良質な骨材の確保。

長期間排水能力持続可能な配合、バインダーの研究。

③ 維持管理

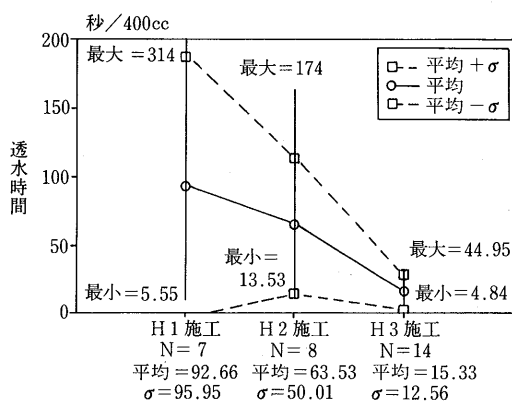


図-1 施工年度別12ヶ月後透水時間

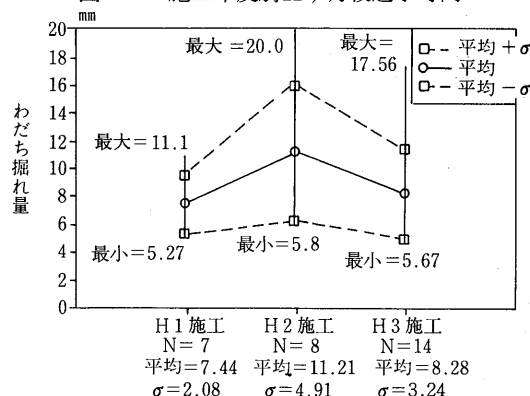


図-2 施工年度別12ヶ月後わだち掘れ量

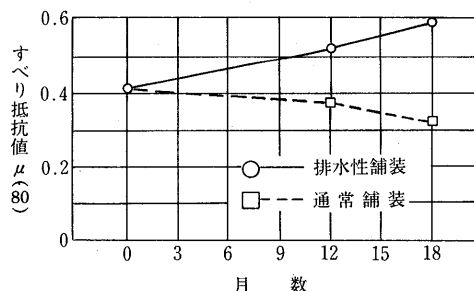


図-3 すべり抵抗値の推移（北陸道）

目づまりを取り除くための効果的な機械の開発。

リサイクリングについての研究。

④ 密粒タイプに比較して割高な工費の低減。

(七五三野)

参考文献：1) 大野、佐藤：排水性舗装の配合設計について、第20回日本道路会議1993.10

2) 青木、鶴窪：日本道路公団における舗装技術の現況と新たな取組み、アスファルト、Vol.35, No.173.

3) 「排水性舗装の現状と課題シンポジウム」日本道路協会：1993.7.

Q18 再生舗装の供用性について教えてください。

再生加熱アスファルト混合物を使用した舗装の供用性の調査結果のうち、建設省技術研究会(昭和57年～58年)で実施した試験舗装の解析によれば以下の特徴を指摘しています。

尚、この試験舗装では、建設省の関東、中部、近畿及び中国地建管内の国道に合計25箇所、116工区の試験舗装区間(新材34工、再生A(表層のみ再生)37工区、再生B(表層+基層が再生)41工区、及びアス安定が再生、4工区)を設け、舗装の供用性を評価しています。

- ① 再生材工区のわだち掘れ量の推移は新材工区と明確な差はなく、同等に評価できる(図-1参照)。

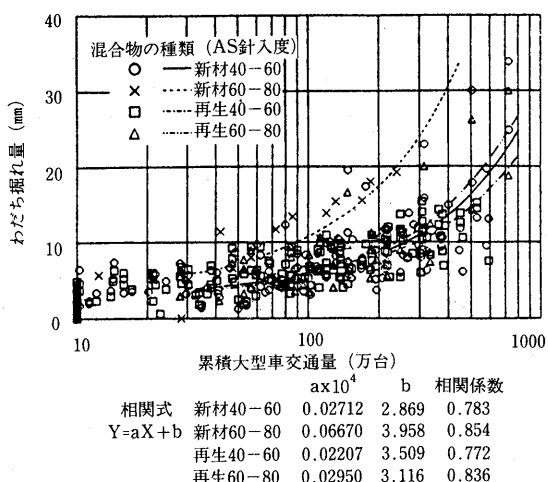


図-1 表層混合物種別々わだち掘れ量(密粒)¹⁾

- ② 再生材工区でN=500×10⁴供用時にひびわれ率10%を越えたり、供用3年以内に修繕した工区には、
 - (イ) 廃材の針入度が20以下のものを使用した。
 - (ロ) 回収アスファルトの針入度が指針の規定(設計

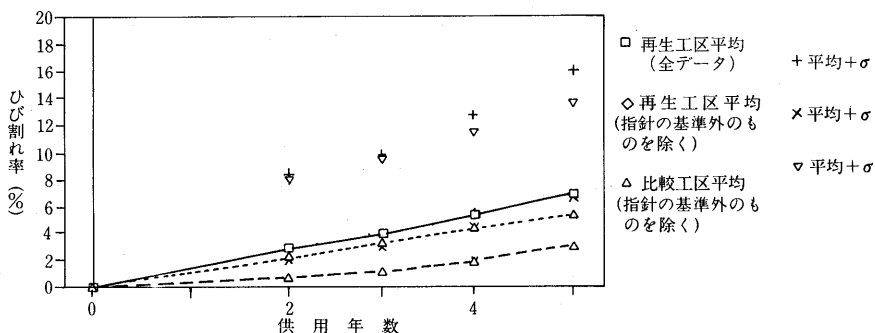


図-3 再生舗装の供用後のひび割れ率(再生骨材使用率50～100%)¹⁾

針入度の70%以上でかつ35(10⁻¹mm)を満足していなかった。

- (ハ) 間接加熱方式で極端に高い再生骨材配合の合材であった。

等、指針の基準外のものが認められたので、これらを除くと再生材工区と新材工区はひびわれ率の推移にも差がなく同時に評価できる(図-2～3参照)。

- ③ N=500×10⁴台供用時にひびわれ率をベースにプラント方式別の評価を行うと、方式別にも差がないといえる。

これらを総合して、プラント再生舗装技術指針では、指針に示す品質規定を満足する再生加熱アスファルト混合物を用いた舗装であれば舗装の供用性等の評価は新材と同時にとりあつかえると判断し、D交通の表層の適用除外は止め、広く道路舗装のどの層にでも使用できるとしています。(小島)

参考文献：1) (社)日本道路協会 舗装に関する地区講習会 講習要旨 平成4年度

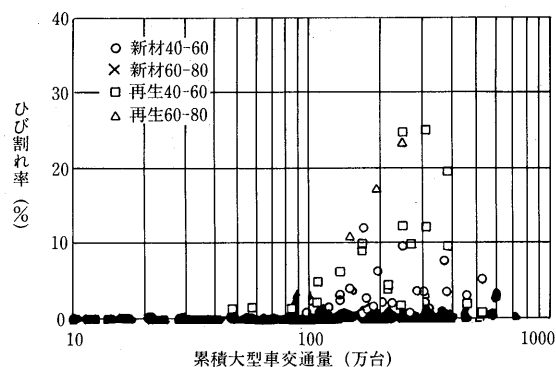


図-2 表層混合物種別々ひび割れ率(密粒)¹⁾

再生加熱アスファルト混合物は、アスファルトコンクリート再生骨材を主体として、新アスファルト、再生用添加剤、補足材等を加える場合と、新しい材料を主体としてアスファルトコンクリート再生骨材を補足的に使用する場合、およびこれらの中間的な場合があります。いずれの場合も再生アスファルトの設計針入度は基準に適合するように新アスファルト、再生用添加剤で調整し、また通常の加熱アスファルト混合物の品質に適合するように配合設計が行われます。この設計針入度とは、配合設計時において、劣化した旧アスファルトを再生用添加剤や新アスファルトを加えて針入度を調整する時に目標とする針入度のことをさします。

さて、ご質問の再生アスファルトの目標針入度の調整とは、設計針入度の調整ということですが、一般には再生骨剤を主体とする場合は再生用添加剤で、新しい材料を主体とする場合は新アスファルトで行い、通常一般地域での設計針入度は50程度で、積雪寒冷地域においては70程度を目標とします。

1. 設計針入度への調整を再生用添加剤で行う場合

アスファルトコンクリート再生骨材から回収した旧アスファルトに一定量の再生用添加剤を添加し、針入度を測定します。そして、図-1のように横軸に再生添加剤添加量、縦軸（対数）に針入度を取り、旧アスファルトの針入度と再生用添加剤添加後の針入度を結び、この直線と設計針入度との交点の横軸上の値を再生用添加剤の添加量とします。

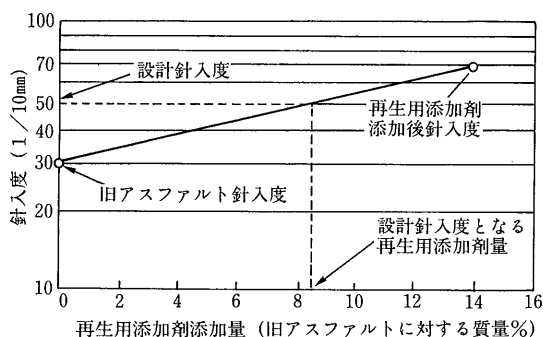


図-1 再生用添加剤による針入度の調整例

2. 設計針入度への調整を新アスファルトで行う場合

アスファルトコンクリート再生骨材から回収した旧

アスファルトと新アスファルトの配合比率を以下のよう

に求めます。まず図-2に示すように、横軸に新旧アスファルトの配合比率、縦軸（対数）に針入度を取り、旧アスファルトと新アスファルトの針入度とを直線で結びます。この直線と設計針入度との交点の横軸上の値を新旧アスファルトの配合比率とします。

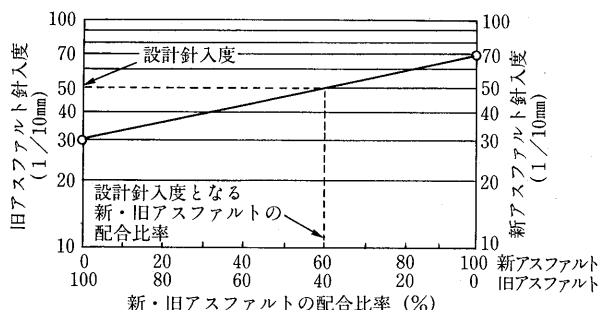


図-2 新アスファルトによる針入度の調整例

なお旧アスファルトの針入度は、アスファルト再生骨材より回収したアスファルトにより従来実施していましたが、平成4年12月に改訂された「プラント再生舗装技術指針」では、試験時間の短縮や試験誤差等の問題点の対応策として、針入度を間接的に簡易に測定する手法（推定針入度法）が、採用されるようになりました。この方法は、アスファルト再生骨材のマーシャル安定度試験を実施し、安定度と理論密度より針入度を推定する方法です。この方法では、特に再生骨材5～0mmにおけるマーシャル試験が精度上ばらつきが少ないとされています。

また、再生加熱アスファルト混合物におけるアスファルトコンクリート再生骨材の配合率が低い（10%以下）場合は、再生骨材の混入による針入度の影響が小さいため設計針入度の調整を省略し、新材と同様の配合設計が適用されます。ただし再生アスファルト量は、旧アスファルトを含めるものとします。

再生アスファルトの性状は、地域性、交通量等の供用条件を十分考慮して決定するのはいうまでもありませんが、混合物製造時の加熱劣化の度合い、供用後早い時期にひびわれが発生する恐れのない範囲を考慮すると、加熱後の再生アスファルトの針入度は35以上を確保することが必要であり、そのためには設計針入度は50以上とすることが望ましいといえます。

また、室内試験で決定した配合に基づいて基準試験として実施する試験練りでは、再生アスファルト混合物からの回収アスファルトの針入度が、設計針入度の70%以上、かつ35以上であることを確認することとなっています。これにより、製造された再生加熱アスファルト混合物が適正な品質に再生されていることを確認することになります。(坂田)

- 参考文献：1) 日本道路協会：プラント再生舗装技術指針 (1992)
2) ASPHALT：用語の解説 Vol.135, No.172 (1992)
3) 舗装：講座・舗装に関する新しい試験法 Vol.28, No.5 (1993)

重交通道路の舗装用アスファルト 「セミブローンアスファルト」の開発

B 5 版・132 ページ・実費頒価 3000円 (送料実費)

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

目

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

次

- 4.4 高速曲げ試験
- 4.5 水浸マーシャル安定度試験
- 4.6 試験結果のまとめ
- 4.7 品質規格の設定
5. 試験舗装による検討
 - 5.1 概 説
 - 5.2 実施要領
 - 5.3 施工個所と舗装構成
 - 5.4 追跡調査の方法
 - 5.5 使用アスファルトの性状
 - 5.6 アスファルト混合物の性状
 - 5.7 第1次および第2次試験舗装の供用性状
 - 5.8 第3次試験舗装の供用性
 - 5.9 アンケート調査
 - 5.10 試験舗装のまとめ
6. む す び

資 料

1. セミブローンアスファルトの規格 (案)
 - 2.1 石油アスファルト絶対粘度試験方法
 - 2.2 60℃粘度試験の共通試験
3. 舗装用セミブローンアスファルトの舗装施工基準

設計交通量

アスファルト舗装の構造設計を行う場合に検討する要因の一つであり、設計期間（原則として10年でありますが、任意の期間でもよく、例えば20年でもよい）における交通量のことをいいます。

設計交通量の決め方には次の2つの方法があります。

① 大型車交通量による方法

これは、設計期間中の平均の大型車交通量(台/日・方向)から計算する方法であります。

例えば、10年間の設計交通量を求める場合、交通量の伸び率が直線的であれば、図-1に示すように台形の面積で求まる累積交通量と中間の5年の交通量を用いた長方形の面積で求まる累積交通量は同一なので、平均の大型車交通量を設計交通量に用いることにしています。

さらに、大型車交通量と5t換算輪数とは図-2に

示すようにバラツキは認められるものの、回帰式(図中の実線)に幾何平均値と標準偏差を加えた平行線(図中の破線)との範囲で評価すれば大型車交通量の区分

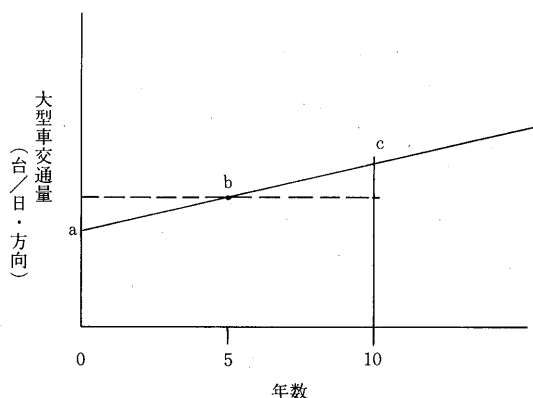


図-1 大型車台数と設計交通量の関係

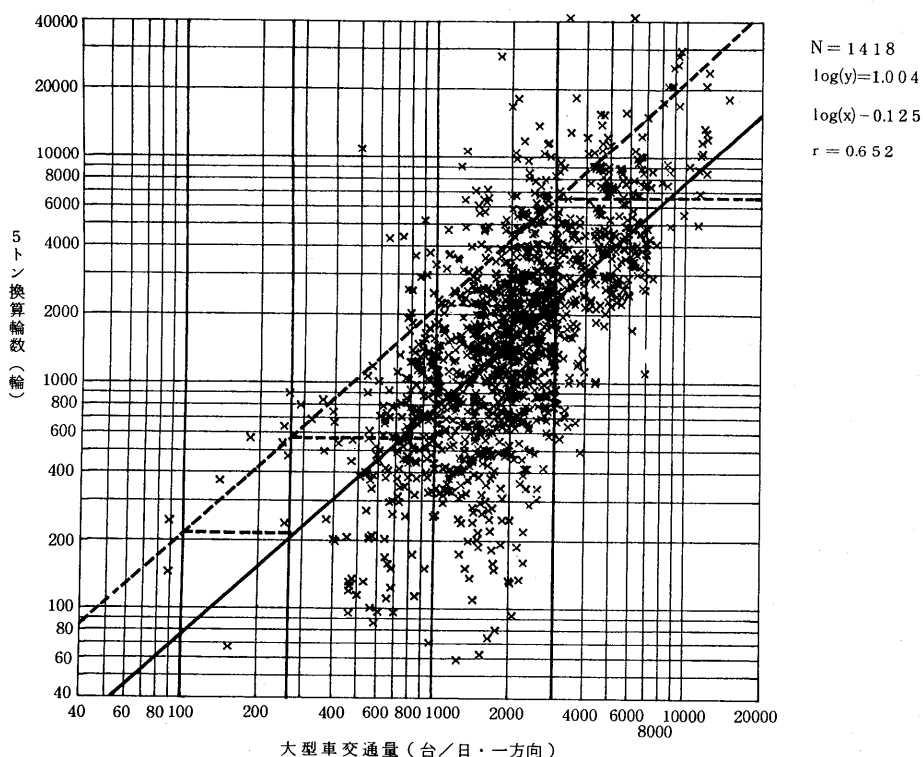


図-2 大型車交通量と5トン換算輪数の関係(土木研究所)

を見直さなければならない程の差が認められないことから実用的には設計交通量は大型車交通量で計算することになっています。

② 走行車両の輪荷重による方法

これは、輪荷重の範囲ごとの走行車両台数から設計期間における累積5 t 換算係数（輪／日・方向）を算出する方法であります。

例えば、表－1 に示すように1 t 間隔毎の輪数の測定結果が得られれば、これに換算係数を乗じて、5 t 換算輪数（輪／日・方向）（ N_5 ）を計算し、さらに設計期間とその間の伸び率を用いて、累積5 t 換算輪数を計算することになります。

アスファルト舗装要綱（平成4年版）では設計交通量への留意事項として、次の点を挙げています。

③ 設計交通量は、一般には推定に基づいて算出した①を用いることが多いが、幹線道路等において特に大型車交通が多く、破損の進行が著しいと予想される場合等は、交通の質も表現できる②の方法を採用することが望ましい。

④ 設計期間を10とする場合は、①、②のいずれの方法を用いてもよいが、10年以外の設計期間をとる場合は、②の方法を用いることを原則とする。ただし、設計期間を10年未満とする場合は簡便的に①の方法を用いてもよい。

表－1 輪荷重の測定例（日本道路協会）

	P_1	n	α_1	$n \times \alpha_1$
輪荷重 (t)	輪荷重の 代 表 値 (t)	測 定 輪 数 (輪／日・ 1 方向)	換算係数	5 t 輪荷重換 算輪数 (輪／ 日・1 方向)
0－1	0.5	4,400	0.0001	0.4
1－2	1.5	3,140	0.008	25
2－3	2.5	754	0.06	45
3－4	3.5	592	0.25	148
4－5	4.5	827	0.65	538
5－6	5.5	1,008	1.5	1,512
6－7	6.5	776	2.8	2,172
7－8	7.5	352	5.0	1,760
合 計		11,849		$N_5 = 6,200$

⑤ 現道拡幅や打換え工事に伴ない舗装を設計する場合も、①又は②によるものとする。この場合は実測値を用いることもある。交通量を実測する場合は、①、②のいずれの場合も、原則として午前7時から翌日午前7時までの24時間測定とするが、やむを得ない場合は、午前7時から午後7時までの12時間の測定値に昼夜率を乗じて算出してよい。ここで大型車とは、普通貨物自動車（ナンバープレート頭番号1）、乗合自動車（同頭番号2）、特殊自動車（同頭番号8、9、0）を指す。

〔小島逸平 熊谷道路技術研究所〕

☆

☆

☆

☆

☆

☆

エポキシ樹脂（熱硬化性樹脂）

熱硬化性改質アスファルトとして代表的なものにエポキシ樹脂入りアスファルトがあり、1950年の後半から空港舗装や橋面舗装に用いられている。エポキシ樹脂入りアスファルトは、高い荷重分散能力、燃料油や溶剤などに対し高い抵抗性を持ち、さらに接着力の高さや、曲げ疲労に対し高い抵抗性を持っている。

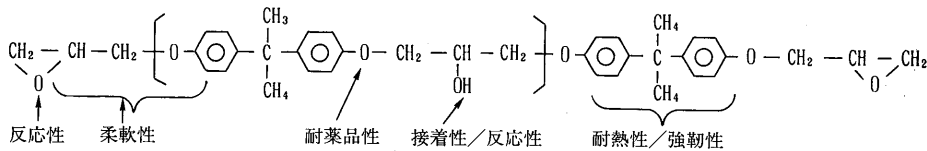
エポキシ樹脂はオキシラン環を含む化合物の総称であり、骨格となる分子構造の相違や分子量の大きさにより、数多くの種類がある。数多くある種類のうち最も一般的に使用されているのは、ビスフェノールAとエピクロロヒドリンの反応で製造されるビスフェノールAジグリシジエーテル（以下BA樹脂）であり、全体の70%近くを占めている。このエポキシ樹脂は、耐薬品性、接着性、耐熱性、強靱性等を有しており、化

学構造と機能は図－1の通りである。

エポキシ樹脂は、硬化剤・架橋剤との組み合わせにより、多様な三次元網状構造をとることができ、さまざまな特性を持つ硬化体を得ることができる。表－1に主な硬化剤と成形法別の適用例を示したが、エポキシ樹脂と硬化剤との組み合わせにより、広範囲な硬化体の選択が可能であり、硬化体の耐熱性（Tg）の幅も広いものとなっている。

エポキシ樹脂と反応して三次元網状構造を形成する硬化剤は、それ自身が網状構造の一部に組みこまれる重付加型と、開始剂的に働いてエポキシ樹脂を付加重合させる触媒型に分けられる。

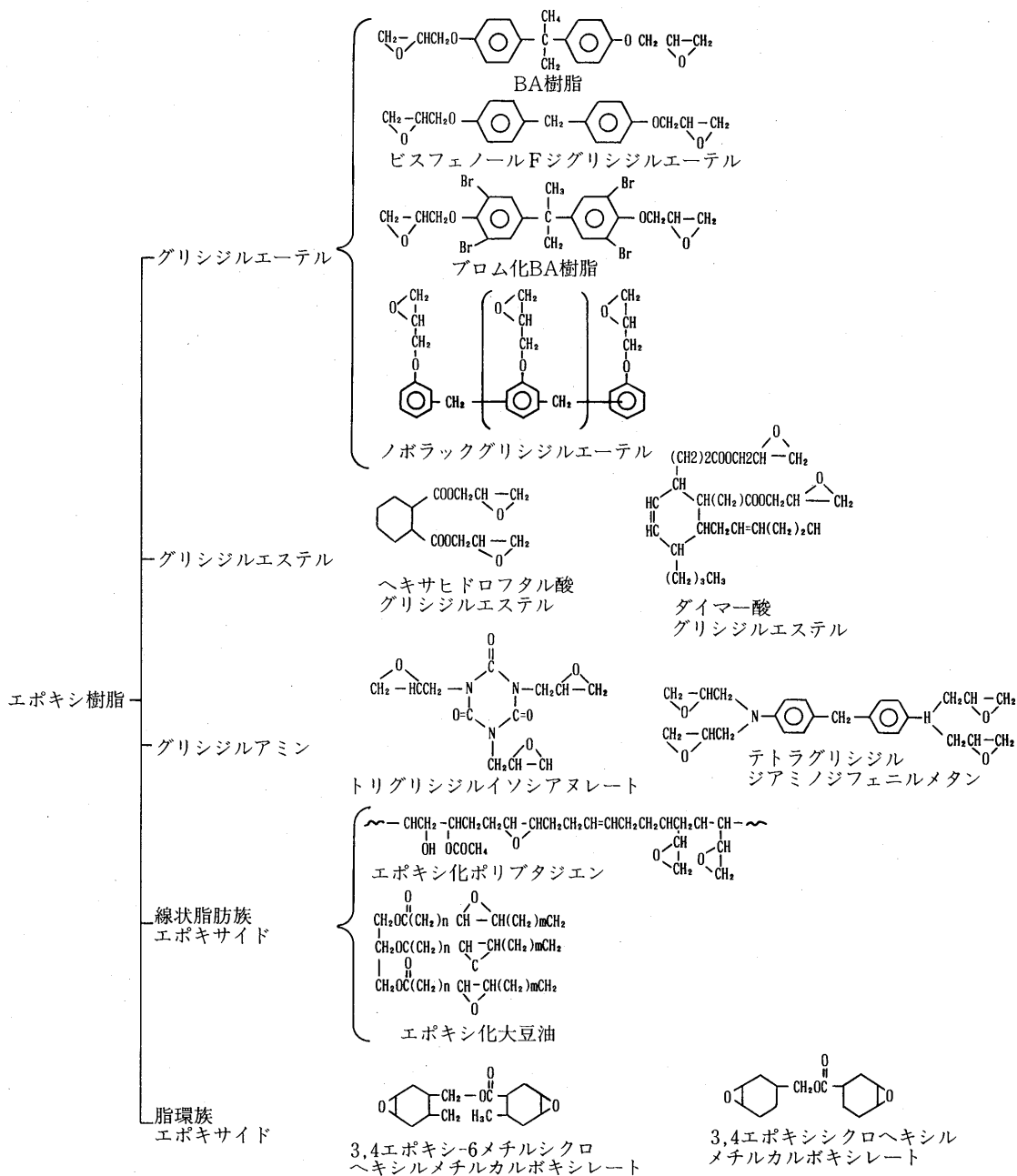
エポキシ樹脂と硬化剤を体系的に分類したものを図－2、3に示した。エポキシ樹脂の硬化反応の例として、



図－1 ビスフェノールAジグリシジエーテルの化学構造と構造単位の機能¹⁾

表－1 主な硬化剤の性状と適用性²⁾

硬化剤分類		粘度（P s，常温）	硬化温度（℃）	硬化物のTg（℃）	適用性					
		(A)				注	成	接	塗	科
		1	10 ³	10 ⁴	体					
ア ミ ン	脂肪族	—				○	○	○	○	○
	脂環族	—				○	○	○	○	○
	芳香族	—				○	○	○	○	○
	DICY ポリアミド	—				○	○	○	○	○
酸 無 水 物	脂肪族	—				○	○			○
	脂環族	—				○	○			○
	芳香族	—				○	○			○
	ハロゲン系	—				○	○			○
ポリフェノール		—					○			
ポリメルカプタン		—						○		
イソシアネート		—						○	○	○
有機酸		—				○				○
触 媒	3級アミン	—				○	○	○	○	○
	イミダゾール BF ₃ ・アミン塩	—				○	○	○	○	○



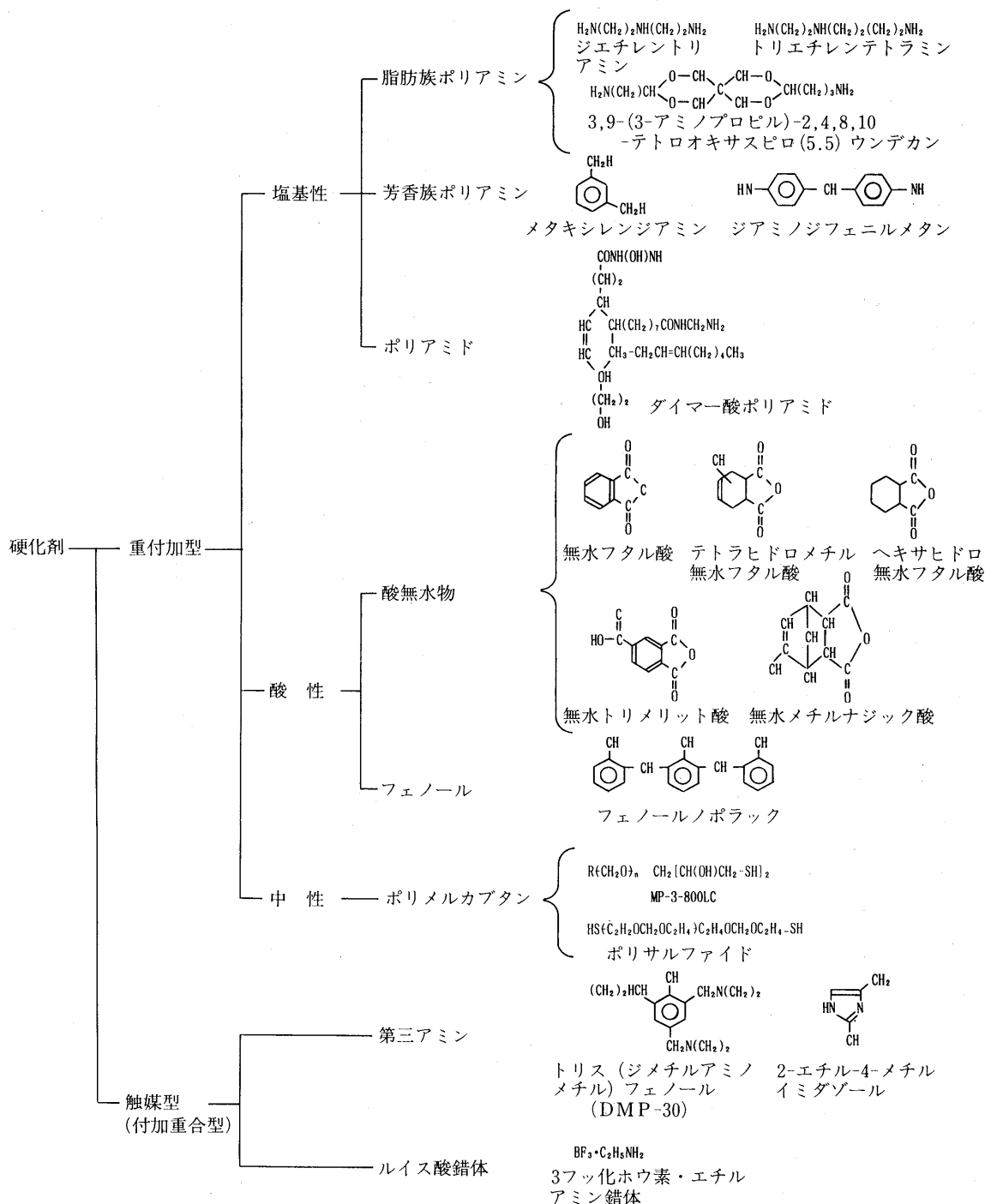
注) 化学構造は $n = 0$ での単純表現

図-2 エポキシ樹脂の体系と代表例¹⁾

BA樹脂とジアミンの橋かけ構造を図-4にモデル化して示すが、まず第一アミンがエポキシ基に付加して、第二アミノ基と水酸基を生成し、連鎖延長が優先的に進行した後、第二アミノ基にもエポキシ基が付加を開

始し、橋かけ構造が形成され、三次元網状構造となる。図-4では平面的に描かれているが、実際にはジャングルジムの様な3次元構造である。

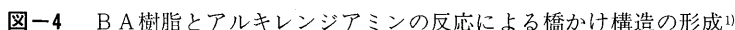
エポキシ樹脂の需要量は約130,000トン(1988年)で

図-3 硬化剤の体系と代表例¹⁾

あり、エポキシ樹脂のグレードによる用途を表-2に示したが、塗料分野が約38%，電気分解が約42%，土

木建築分野とその他がそれぞれ約10%となっている。

エポキシ樹脂の道路分野での用途は、アスファルト



エポキシ樹脂		用途 (使用量, %)		塗料 (38%)				電気 (42%)			土木建築 (10%)			その他 (10%)				
グレード名 〔エピコート (・1)〕		性状	エポキシ 当 量 (g/eq)	重 防 ・ 船 船	缶	自 動 車	粉 体	注 型 ・ 含 浸	成 形	絶 縁 粉 体	積 層 板	床	ライ ニ ン グ	道 路	注 入	接 着 剤	複 合 材 料	治 工 具
ビ ス	825	液状	175					○								○		
	827		183					○			○	○	○	○	○	○	○	○
	828		186	○	○	○		○			○	○	○	○	○	○	○	○
	834		250	○				○				○	○	○	○	○	○	
A 型	1001	固形	470	○	○	○		○	○		○		○			○	○	
	1002		630			○		○	○									
	1003		700				○	○	○									
	1004		910	○	○		○	○	○									
	1007		1,950	○	○		○										○	
	1009		2,550	○	○		○										○	
	1010		4,100	○	○	○												
ノ ボ ラ ック	807 (・2)	液状	176	○				○				○	○	○	○	○	○	○
	152 (・3)	液状	176	○				○								○	○	○
	154 (・3)	液状	178	○	○			○			○		○			○	○	○
	157 (・4)	固形	210				○		○	○	○					○	○	○
	180 (・5)	固形	220				○		○	○	○					○	○	○
臭 素 化 型	5045 (・6)	溶液	470								○							
	5046 (・7)		480							○								
	5048 (・8)		670							○							○	
	5050 (・9)	固形	390				○		○	○	○					○	○	
	5051 (・10)		620				○		○	○						○	○	
	505111 (・11)		1,050				○		○	○								
そ の 他	YX4000 (・12)	固形	185				○		○	○			○				○	○
	604 (・13)	液状	119					○								○	○	
	1031S (・14)	固形	196				○		○	○	○					○	○	
	1032 (・15)	固形	176					○		○	○					○	○	

57

と組み合わせて熱硬化性改質アスファルトとして舗装用バインダーとしたり，路面のすべり抵抗性を高める工法で，硬質骨材の接着剤として用いられている。

舗装用バインダーとして用いられるエポキシアスファルトは一般に主剤と副剤の二液混合型であり，二液混合後の硬化反応は高温になればなるほど速くなり時間とともに粘度が上昇する。図-5にエポキシアスファルトの一例として，温度と反応時間の関係を示した。このエポキシアスファルトは，粘度が100 Pに達する以内であれば施工に問題はないもので，100 Pまでの時間である可使時間は，B-2では140～120℃で約70分～約100分，B-3では130℃～110℃で約45分～約100分となっている。エポキシアスファルトでは温度によって

可使時間が変化するため，温度コントロールはもとより，作業工程が可使時間内に終了する様注意する必要がある。

—— 参考文献 ——

- 1) 室井宗一・西村秀一共著，入門エポキシ樹脂，(株)高分子刊行会 (1988)
- 2) エポキシ樹脂の技術開発と硬化技術，産業技術研究会，1992
- 3) 日本道路協会，本州四国連絡橋舗装基準調査報告書，昭和49年度中間報告，1975-3：昭和50，51年度報告，1977-3；総集編，1977-3

〔児玉充生 昭和シェル石油株式会社〕

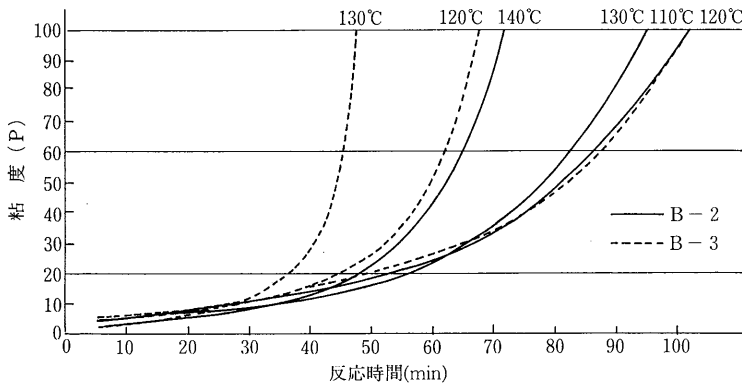


図-5 硬化性アスファルト温度と反応時間との関係¹⁾

監修 多田宏行、著者 阿部忠行・稲垣竜興、絵 小出海哥子

漫画で学ぶ

舗装工学 各種の舗装編

協建設図書 A-5版 320頁 ¥2,800円

社団法人 土木学会
専務理事 河野 宏

漫画の本だからといって馬鹿にはしてはいけない。
これが私の第一の読書感です。

所詮漫画だから2-3時間で読め、1-2時間
もあれば紹介文も書けるだろうと最初は思いまし
た。しかしこれは大きな間違いで、読むだけでも
2週間以上かかってしまいました。本書の内容は
思いのほか深く重いものがあります。その特長と
しては次の3点が挙げられます。

1) 広い視野、高い視点から書かれていること。

「日本の舗装率は70%でアメリカは意外と少
なくて58%。日本の方が上なのは驚いた」とい
うのが息子の感想の1つですが、これからも分
るように、舗装技術の知識だけでなく、その背
後にある道路事業・舗装事業の情報も数多く記
述されています。

2) 豊かな経験をベースに書かれていること。実 際に舗装の仕事で苦労した人でなければ分ら ないノウハウがふんだんに盛り込まれています。



例えば、フルデプス舗装では、この種の技術指
針(案)の作成に従事した私でも知らなかった
転圧や温度管理のポイント、時間管理の重要性
などが分り易く示されています。

3) 舗装に対する「熱き思い」がこめられている こと。

技術者全体のレベルアップや後継者の育成に
関する台詞もあり、舗装技術の進歩・発展を願
う気持ちがひしひしと感じられました。

漫画だから返って、表現が単刀直入でポイント
も明確になり、著者の意図が読者によく伝わるの
かも知れません。舗装への思いが深ければ深い程、
知識があればある程、読むにつれて考えさせられ
ることも多いように思います。

是非、これから舗装を勉強しようという人は勿
論、一人前の技術者だと自負されている方々にも
一読をお勧めいたします。

また企画してから出版まで3年。その間の監修
者、著者の方々のご尽力に敬意を表するとともに、
出版予定の他の2編にも大いに期待したいと思い
ます。

目 次	
1. プロローグ	8. フルデプスアスファルト舗装工法
2. 耐流動対策	9. 転圧コンクリート舗装
3. ロールドアスファルト舗装	10. コンポジット舗装工法
4. 耐摩耗対策	11. サンドイッチ舗装工法
5. すべり止め舗装	12. 明色舗装
6. 半たわみ性舗装	13. 橋面舗装
7. 排水性舗装	14. 歩道舗装

<石油アスファルト需給統計資料> その1

石油アスファルト需給実績（総括表）

（単位：千t）

項 目 年 度	供 給					需 要					
	期初在庫	生 産	対 前 年 度 比	輸 入	合 計	内 需	対 前 年 度 比	輸 出	小 計	期末在庫	合 計
56 年 度	240	4,598	(97.4)	0	4,838	4,562	(97.0)	19	4,581	226	4,807
57 年 度	226	4,624	(99.2)	0	4,850	4,575	(100.3)	18	4,593	213	4,806
58 年 度	213	4,947	(108.4)	0	5,160	4,921	(107.6)	4	4,925	226	5,151
59 年 度	226	5,235	(105.9)	0	5,461	5,221	(106.1)	0	5,221	240	5,461
60 年 度	240	5,029	(96.1)	0	5,269	5,035	(96.4)	0	5,035	215	5,250
61 年 度	215	5,744	(114.2)	0	5,959	5,695	(113.1)	0	5,696	235	5,931
62年度上期	235	2,745	(103.4)	7	2,987	2,681	(104.4)	0	2,681	312	2,993
62年度下期	312	3,146	(101.8)	2	3,460	3,181	(101.7)	0	3,181	274	3,455
62 年 度	235	5,892	(102.6)	9	6,136	5,862	(102.9)	0	5,862	274	6,136
63年度上期	274	2,754	(100.3)	3	3,031	2,734	(102.0)	1	2,735	287	3,022
63年度下期	287	3,150	(100.1)	0	3,437	3,219	(101.2)	0	3,219	219	3,438
63 年 度	274	5,904	(100.2)	3	6,181	5,953	(101.6)	1	5,954	219	6,173
元年度上期	219	2,895	(105.1)	1	3,115	2,732	(99.9)	1	2,733	372	3,105
元年度下期	372	3,170	(100.6)	0	3,542	3,258	(101.2)	3	3,261	276	3,537
元 年 度	219	6,066	(102.7)	1	6,286	5,990	(100.6)	4	5,994	276	6,270
2 年度上期	276	3,046	(105.2)	0	3,322	2,974	(108.9)	5	2,979	323	3,302
2 年度下期	321	3,231	(101.9)	1	3,553	3,231	(99.1)	3	3,234	310	3,544
2 年 度	276	6,277	(103.5)	1	6,554	6,205	(103.6)	8	6,213	310	6,523
3 年度上期	310	2,844	(93.4)	0	3,154	2,841	(95.5)	6	2,847	302	3,149
3 年度下期	302	3,129	(96.8)	0	3,430	3,103	(96.0)	12	3,115	313	3,428
3 年 度	310	5,973	(95.2)	0	6,282	5,944	(95.8)	18	5,962	313	6,275
4. 7 月	310	494	(98.0)	0	804	517	(104.7)	15	532	272	804
8 月	272	516	(109.6)	0	788	442	(97.8)	6	448	335	783
9 月	335	503	(105.0)	0	838	512	(105.8)	0	512	326	838
7～9 月	310	1,513	(104.1)	0	1,823	1,471	(102.9)	21	1,492	326	1,818
4 年度上期	313	2,969	(104.4)	0	3,282	2,893	(101.8)	57	2,949	326	3,275
10 月	326	502	(97.9)	0	828	499	(95.8)	8	507	321	828
11 月	321	553	(104.1)	0	874	571	(104.0)	4	575	299	874
12 月	299	594	(107.6)	0	893	594	(104.6)	0	594	298	892
10～12 月	326	1,649	(103.3)	0	1,975	1,664	(101.6)	12	1,676	298	1,974
5. 1 月	298	360	(90.9)	0	658	341	(93.2)	0	341	314	655
2 月	314	460	(99.4)	0	774	457	(99.1)	3	460	314	774
3 月	314	683	(101.5)	0	997	754	(119.7)	0	754	244	998
1～3 月	298	1,503	(98.1)	0	1,801	1,552	(106.5)	3	1,555	244	1,799
4 年度下期	326	3,152	(100.7)	0	3,478	3,216	(103.6)	15	3,231	244	3,475
4 年 度	313	6,121	(102.5)	0	6,434	6,108	(102.8)	72	6,180	244	6,424
5. 4 月	244	591	(113.0)	0	835	518	(102.6)	3	521	314	835
5 月	314	397	(86.3)	0	711	352	(81.9)	2	354	356	710
6 月	356	405	(85.6)	0	761	448	(92.2)	3	451	310	761
4～6 月	244	1,393	(95.7)	0	1,637	1,318	(92.8)	8	1,326	310	1,636
7 月	310	521	(105.5)	0	831	509	(98.5)	0	509	323	832
8 月	323	502	(97.3)	0	825	492	(111.3)	8	500	326	826

〔注〕(1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 5 年 8 月確報

(2) 四捨五入のため月報と一致しない場合がある。

<石油アスファルト需給統計資料> その2

石油アスファルト内需実績 (品種別明細)

(単位: 千 t)

項 目 年 度	内 需 量						対 前 年 度 比					
	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	合 計	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	合 計
	道路用	工業用	計				道路用	工業用	計			
56 年 度	4,082	202	4,284	4	274	4,562	96.4	110.4	97.0	—	95.5	97.0
57 年 度	3,943	185	4,128	187	260	4,575	96.6	91.6	96.4	467.5	94.2	100.3
58 年 度	3,950	177	4,127	540	254	4,921	100.2	95.7	100.0	288.8	98.4	107.6
59 年 度	3,999	162	4,161	806	254	5,221	101.2	91.5	100.8	149.3	100.0	106.1
60 年 度	3,739	139	3,878	911	246	5,035	93.5	85.8	93.2	113.0	96.9	96.4
61 年 度	3,979	241	4,220	1,238	237	5,695	106.4	173.4	108.8	135.9	96.3	113.1
62年度上期	1,949	98	2,047	520	114	2,681	106.8	148.5	108.2	92.0	101.8	104.4
62年度下期	2,304	261	2,565	475	141	3,181	106.9	149.1	110.1	70.6	112.8	101.7
62 年 度	4,253	359	4,612	995	255	5,862	106.9	149.0	109.3	80.4	107.6	102.9
63年度上期	1,987	166	2,153	464	117	2,734	101.9	169.4	105.2	89.2	102.6	102.0
63年度下期	2,319	255	2,574	504	141	3,219	100.7	98.1	100.4	106.1	100.0	101.2
63 年 度	4,306	421	4,727	968	258	5,953	101.2	117.3	102.5	97.3	101.2	101.6
元年度上期	2,043	151	2,194	423	115	2,732	102.8	91.0	101.9	91.2	98.3	99.9
元年度下期	2,317	296	2,613	509	136	3,258	99.9	116.1	101.5	101.0	96.5	101.2
元 年 度	4,360	447	4,807	932	251	5,990	101.2	106.2	101.7	96.3	97.3	100.6
2 年度上期	2,149	269	2,418	432	124	2,974	105.2	178.1	110.2	101.9	108.7	108.9
2 年度下期	2,267	337	2,604	497	130	3,231	97.8	113.9	99.7	97.6	95.6	99.2
2 年 度	4,416	606	5,022	929	254	6,205	101.3	135.6	104.5	99.7	101.2	103.6
3 年度上期	2,090	268	2,358	372	111	2,841	97.3	99.6	97.5	86.1	89.5	95.5
3 年度下期	2,226	323	2,549	424	130	3,103	98.2	95.8	97.9	85.3	100.0	96.0
3 年 度	4,316	591	4,907	796	241	5,944	97.7	97.5	97.7	85.7	94.9	95.8
4. 7 月	393	40	433	64	20	517	105.6	71.4	101.2	136.2	105.3	104.7
8 月	321	36	357	68	17	442	101.3	69.2	96.7	95.6	94.4	97.8
9 月	373	55	428	63	21	512	111.0	98.2	109.2	86.3	110.5	105.8
7～9 月	1,087	131	1,218	195	58	1,471	106.2	79.4	102.4	105.4	103.6	102.9
4 年度上期	2,153	253	2,406	372	115	2,893	103.0	94.4	102.0	100.0	103.6	101.8
10 月	400	23	423	54	22	499	104.4	47.9	98.1	79.4	100.0	95.8
11 月	420	56	476	72	23	571	101.2	116.7	102.8	118.0	92.0	104.0
12 月	437	66	503	70	21	594	106.3	124.5	108.4	85.4	95.5	104.6
10～12 月	1,257	145	1,402	196	66	1,664	103.8	98.0	103.2	93.3	95.7	101.6
5. 1 月	213	54	267	55	19	341	95.5	100.0	96.4	78.6	100.0	93.2
2 月	320	66	386	51	20	457	101.6	126.9	105.2	70.8	90.9	99.1
3 月	615	50	665	67	22	754	130.3	74.6	123.4	94.4	110.0	119.7
1～3 月	1,148	170	1,318	173	61	1,552	113.7	98.3	111.4	81.2	100.0	106.5
4 年度下期	2,405	315	2,720	369	127	3,216	108.0	97.5	106.7	87.0	97.7	103.6
4 年 度	4,558	567	5,125	741	242	6,108	105.6	95.9	104.4	93.1	100.4	102.8
5. 4 月	397	30	427	72	19	518	98.0	300.0	102.9	101.4	100.0	102.6
5 月	259	21	280	54	18	352	84.4	47.7	79.8	90.0	94.7	81.9
6 月	321	53	374	56	18	448	90.7	79.1	88.8	121.7	94.7	92.2
4～6 月	977	104	1,081	182	55	1,318	91.7	86.0	91.1	102.8	96.5	92.8
7 月	367	56	423	67	19	509	93.4	140.0	97.7	104.7	95.0	98.5
8 月	324	61	385	88	18	492	100.9	169.4	107.8	129.4	105.9	111.3

(注) (1) 通産省エネルギー生産・需給統計月報 5 年 8 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。

社 名	住 所	電 話
〔メーカー〕		
出 光 興 産 株 式 会 社	(100) 千代田区丸の内3-1-1	03 (3213) 3 1 3 4
エ ッ ソ 石 油 株 式 会 社	(107) 港区赤坂5-3-3	03 (3585) 9 4 3 8
鹿 島 石 油 株 式 会 社	(102) 千代田区紀尾井町3-6	03 (5276) 9 5 5 6
キ グ ナ ス 石 油 株 式 会 社	(104) 中央区京橋2-9-2	03 (3535) 7 8 1 1
キ グ ナ ス 石 油 精 製 株 式 会 社	(210) 川崎市川崎区浮島町3-1	044 (288) 8 4 4 5
九 州 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区内幸町2-1-1	03 (3502) 3 6 5 1
極 東 石 油 工 業 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03 (3270) 0 8 4 1
興 亜 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町2-6-2	03 (3241) 8 6 3 1
コ ス モ 石 油 株 式 会 社	(105) 港区芝浦1-1-1	03 (3798) 3 1 2 1
三 共 油 化 工 業 株 式 会 社	(100) 千代田区丸の内1-4-2	03 (3284) 1 9 1 1
株式会社 ジャパンエナジー	(105) 港区虎ノ門2-10-1	03 (5573) 6 0 0 0
昭和シェル石油株式会社	(100) 千代田区霞が関3-2-5	03 (3503) 4 0 7 6
昭和四日市石油株式会社	(510) 四日市市塩浜町1	0593 (45) 2 1 1 1
西 部 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区丸の内1-2-1	03 (3215) 3 0 8 1
ゼ ネ ラ ル 石 油 株 式 会 社	(105) 港区西新橋2-8-6	03 (3595) 8 4 1 0
東 燃 株 式 会 社	(100) 千代田区一ツ橋1-1-1	03 (3286) 5 1 1 1
東 北 石 油 株 式 会 社	(985) 仙台市宮城野区港5-1-1	022 (363) 1 1 2 2
日 本 石 油 株 式 会 社	(105) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1 1 1 1
日本石油精製株式会社	(105) 港区西新橋1-3-12	03 (3502) 1 1 1 1
富 士 興 産 株 式 会 社	(100) 千代田区永田町2-4-3	03 (3580) 3 5 7 1
富 士 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町1-2-3	03 (3211) 6 5 3 1
三 井 石 油 株 式 会 社	(101) 千代田区神田駿河台4-3	03 (3293) 7 1 1 1
三 菱 石 油 株 式 会 社	(105) 港区虎ノ門1-2-4	03 (3595) 7 4 1 3
モ ー ビ ル 石 油 株 式 会 社	(100) 千代田区大手町1-7-2	03 (3244) 4 6 9 1

〔ディーラー〕

● 北 海 道

コスモアスファルト(株)札幌支店	(060) 札幌市中央区大通り西10-4	011 (281) 3 9 0 6 コ ス モ
ツ タイ 石 油 商 事 株 式 会 社	(064) 札幌市中央区南4条西11-1292-4	011 (518) 2 7 7 1 コ ス モ
株式会社 トーアス札幌販売支店	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (281) 2 3 6 1 J O M O
東光商事株式会社札幌営業所	(060) 札幌市中央区南大通り西7-2	011 (241) 1 5 6 1 三 石
中西瀝青株式会社札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2	011 (231) 2 8 9 5 日 石
株式会社 南部商会札幌営業所	(060) 札幌市中央区北2条西2-15	011 (231) 7 5 8 7 日 石
株式会社 ロ ー ド 資 材	(060) 札幌市中央区北1条西10-1-11	011 (281) 3 9 7 6 コ ス モ

社団法人 日本 アスファルト 協会 会員

社 名	住 所	電 話
● 東 北		
株式会社 男 鹿 興 業 社	(010-05)男鹿市船川港船川字埋立地1-18-2	0185 (23) 3 2 9 3 J O M O
カ メ イ 株 式 会 社	(980) 仙台市青葉区国分町3-1-18	022 (264) 6 1 1 1 日 石
コスモアスファルト(株)仙台支店	(980) 仙台市青葉区中央3-3-3	022 (266) 1 1 0 1 コ ス モ
正興産業株式会社 仙台営業所	(980) 仙台市青葉区国分町3-3-5	022 (263) 5 9 5 1 三 石
竹中産業株式会社 新潟営業所	(950) 新潟市東大通1-4-2	025 (246) 2 7 7 0 昭和シェル
株式会社 トーアス仙台営業所	(980) 仙台市青葉区大町1-1-10	022 (262) 7 5 6 1 J O M O
常盤商事株式会社 仙台支店	(980) 仙台市青葉区錦町1-10-11	022 (224) 1 1 5 1 三 石
中西瀝青株式会社 仙台営業所	(980) 仙台市青葉区中央2-1-30	022 (223) 4 8 6 6 日 石
株式会社 南部商会仙台営業所	(980) 仙台市青葉区中央2-1-17	022 (223) 1 0 1 1 日 石
ミヤセキ株式会社	(980) 仙台市宮城野区榴岡2-3-12	022 (257) 1 2 3 1 三 石
菱油販売株式会社 仙台支店	(980) 仙台市青葉区国分町3-1-1	022 (225) 1 4 9 1 三 石
● 関 東		
朝日産業株式会社	(103) 中央区日本橋茅場町2-7-9	03 (3669) 7 8 7 8 コ ス モ
アスファルト産業株式会社	(104) 中央区八丁堀4-11-2	03 (3553) 3 0 0 1 昭和シェル
伊藤忠商事株式会社	(107) 港区北青山2-5-1	03 (3497) 6 5 4 8 九 石
伊藤忠燃料株式会社	(107) 港区赤坂2-17-22	03 (3584) 8 5 2 1 J O M O
梅本石油株式会社	(162) 新宿区揚場町2-24	03 (3269) 7 5 4 1 コ ス モ
エムシー・アスファルト株式会社	(100) 千代田区内幸町1-3-3	03 (5251) 2 0 6 0 三 石
株式会社 木 畑 商 会	(104) 中央区八丁堀4-2-2	03 (3552) 3 1 9 1 J O M O
共立石油株式会社	(107) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6 6 4 0 J O M O
株式会社 ケイエム商運	(103) 中央区八重洲1-8-5	03 (3245) 1 6 3 1 三 石
コスモアスファルト株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3551) 8 0 1 1 コ ス モ
国光商事株式会社	(164) 中野区東中野1-7-1	03 (3363) 8 2 3 1 出 光
株式会社 澤田商行関東支店	(104) 中央区入船町1-7-2	03 (3551) 7 1 3 1 コ ス モ
三徳商事株式会社 東京支店	(101) 千代田区神田紺屋町11	03 (3254) 9 2 9 1 昭和シェル
新日本商事株式会社	(101) 千代田区神田錦町2-5	03 (3294) 3 9 6 1 昭和シェル
住商石油アスファルト株式会社	(105) 港区浜松町2-3-31	03 (3578) 9 5 2 1 出 光
竹中産業株式会社	(101) 千代田区鍛冶町1-5-5	03 (3251) 0 1 8 5 昭和シェル
中央石油株式会社	(160) 新宿区新宿2-6-5	03 (3356) 8 0 6 1 モービル
株式会社 トーアス	(160) 新宿区西新宿2-7-1	03 (3342) 6 3 9 1 J O M O
東京レキセイ株式会社	(150) 渋谷区恵比寿西1-9-12	03 (3496) 8 6 9 1 富 士 興
東京富士興産販売株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-2	03 (3591) 3 4 0 1 富 士 興
東光商事株式会社	(104) 中央区京橋2-1-4	03 (3274) 2 7 5 1 三 石
東新瀝青株式会社	(103) 中央区日本橋2-13-10	03 (3273) 3 5 5 1 日 石
東洋国際石油株式会社	(104) 中央区八丁堀3-3-5	03 (3552) 8 1 5 1 コ ス モ
東和産業株式会社	(174) 板橋区坂下3-29-11	03 (3968) 3 1 0 1 三共油化
中西瀝青株式会社	(103) 中央区八重洲1-2-1	03 (3272) 3 4 7 1 日 石
株式会社 南 部 商 会	(100) 千代田区丸の内3-4-2	03 (3213) 5 8 7 1 日 石
日石丸紅株式会社	(105) 港区西新橋2-4-2	03 (5251) 0 7 7 7 日 石
日東商事株式会社	(170) 豊島区巣鴨4-22-23	03 (3915) 7 1 5 1 昭和シェル
日東石油株式会社	(104) 中央区新川2-3-11	03 (3551) 6 1 0 1 昭和シェル
パシフィック石油商事株式会社	(103) 中央区日本橋蛸殻町1-17-2	03 (3661) 4 9 5 1 モービル
富士興産アスファルト株式会社	(100) 千代田区永田町2-4-2	03 (3580) 5 2 1 1 富 士 興

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
富士鉱油株式会社	(105) 港区新橋4-26-5	03 (3432) 2 8 9 1 コ ス モ
富士石油販売株式会社	(103) 中央区日本橋2-13-12	03 (3274) 2 0 6 1 J O M O
富士油業株式会社東京支店	(106) 港区西麻布1-8-7	03 (3478) 3 5 0 1 富 士 興
丸紅エネルギー株式会社	(101) 千代田区神田錦町3-7-1	03 (3293) 4 1 1 1 モービル
ユニ石油株式会社	(107) 港区元赤坂1-7-8	03 (3796) 6 6 1 6 昭和シェル
菱東商事株式会社	(101) 千代田区神田和泉町1-13-1	03 (5687) 1 2 8 1 三 石
菱油販売株式会社	(160) 新宿区西新宿1-20-2	03 (3345) 8 2 0 5 三 石
瀝青販売株式会社	(103) 中央区日本橋2-16-3	03 (3271) 7 6 9 1 出 光
● 中 部		
コスモアスファルト(株)名古屋支店	(460) 名古屋市中区錦2-14-21	052 (223) 0 7 1 1 コ ス モ
株式会社 澤 田 商 行	(454) 名古屋市中川区富川町1-1	052 (353) 5 1 1 1 コ ス モ
三徳商事株式会社静岡支店	(420) 静岡市紺屋町11-12	0542 (55) 2 5 8 8 昭和シェル
三徳商事株式会社 名古屋支店	(453) 名古屋市中村区則武1-10-6	052 (452) 2 7 8 1 昭和シェル
株式会社 三 油 商 会	(460) 名古屋市中区丸の内2-1-5	052 (231) 7 7 2 1 コ ス モ
静岡鉱油株式会社	(424) 清水市袖師町1575	0543 (66) 1 1 9 5 モービル
新東亜交易株式会社名古屋支店	(450) 名古屋市中村区名駅3-28-12	052 (561) 3 5 1 4 富 士 興
竹中産業株式会社 福井営業所	(910) 福井市大手2-4-26	0766 (22) 1 5 6 5 昭和シェル
株式会社 田 中 石 油 店	(910) 福井市毛矢2-9-1	0776 (35) 1 7 2 1 昭和シェル
株式会社トーアス名古屋営業所	(450) 名古屋市中村区名駅4-2-12	052 (581) 3 5 8 5 J O M O
富安産業株式会社	(939) 富山市若竹町2-121	0764 (29) 2 2 9 8 昭和シェル
中西瀝青株式会社名古屋営業所	(462) 名古屋市中区錦町1-20-6	052 (211) 5 0 1 1 日 石
松村物産株式会社	(920) 金沢市広岡2-1-27	0762 (21) 6 1 2 1 三 石
丸福石油産業株式会社	(933) 高岡市美幸町2-1-28	0766 (22) 2 8 6 0 昭和シェル
三谷商事株式会社	(910) 福井市豊島1-3-1	0776 (20) 3 1 3 4 モービル
● 近 畿		
赤馬アスファルト工業株式会社	(531) 大阪市北区中津3-10-4	06 (374) 2 2 7 1 モービル
飯野産業株式会社 神戸営業所	(650) 神戸市中央区海岸通り8	078 (333) 2 8 1 0 J O M O
大阪アスファルト株式会社	(531) 大阪市北区中津1-11-11	06 (372) 0 0 3 1 出 光
木曾通産株式会社大阪支店	(530) 大阪市北区西天満3-4-5	06 (364) 7 2 1 2 コ ス モ
共和産業株式会社	(700) 岡山市富田町2-10-4	0862 (33) 1 5 0 0 J O M O
コスモアスファルト(株)大阪支店	(550) 大阪市西区西本町2-5-28	06 (538) 2 7 3 1 コ ス モ
コスモアスファルト(株)広島支店	(730) 広島市田中町5-9	0822 (44) 6 2 6 2 コ ス モ
三徳商事株式会社	(532) 大阪市淀川区新高4-1-3	06 (394) 1 5 5 1 昭和シェル
昭和瀝青工業株式会社	(670) 姫路市北条口4-26	0792 (26) 2 6 1 1 J O M O
信和興業株式会社	(700) 岡山市西古松363-4	0862 (41) 3 6 9 1 三 石
スーパーストロングインターナショナル(株)	(532) 大阪市淀川区西中島2-11-30	06 (303) 5 5 1 0 昭和シェル
正興産業株式会社	(650) 神戸市中央区海岸通り6	078 (322) 3 3 0 1 三 石
中国富士アスファルト株式会社	(711) 倉敷市児島味野浜の宮4051-12	0864 (73) 0 3 5 0 富 士 興
千代田瀝青株式会社	(530) 大阪市北区東天満2-10-17	06 (358) 5 5 3 1 三 石
株式会社 ナ カ ム ラ	(670) 姫路市国府寺町72	0792 (85) 2 5 5 1 J O M O
中西瀝青株式会社 大阪営業所	(530) 大阪市北区西天満3-11-17	06 (316) 0 3 1 2 日 石
ドーロ商事株式会社	(542) 大阪市中央区東心斎橋筋1-3-11	06 (252) 5 8 5 6 富 士 興
富士アスファルト販売株式会社	(550) 大阪市西区京町堀2-3-19	06 (441) 5 1 9 5 富 士 興
富士商株式会社	(756) 小野田市稲荷町6539	0836 (83) 3 2 1 0 昭和シェル

社団法人 日本アスファルト協会 会員

社 名	住 所	電 話
平和石油株式会社	(530) 大阪市北区中之島3-6-32	06 (443) 2 7 7 1 昭和シェル
株式会社 松 宮 物 産	(522) 彦根市幸町32	0749 (23) 1 6 0 8 昭和シェル
丸和鉱油株式会社	(532) 大阪市淀川区塚本2-14-17	06 (301) 8 0 7 3 コ ス モ
横田瀝青興業株式会社	(672) 姫路市飾磨区南細江995	0792 (33) 0 5 5 5 J O M O
株式会社 菱 芳 礦 産	(671-11) 姫路市広畑区西夢前台7-140	0792 (39) 1 3 4 4 J O M O
● 四国・九州		
伊藤忠燃料株式会社 九州支社	(812) 福岡市博多区博多駅前3-2-8	092 (471) 3 8 5 1 J O M O
今別府産業株式会社	(890) 鹿児島市新栄町15-7	0992 (56) 4 1 1 1 J O M O
大分九石販売株式会社	(870) 大分市中央町1-1-3	0975 (34) 0 4 6 8 九 石
株式会社 カ ン タ	(892) 鹿児島市住吉町1-3	0992 (24) 5 1 1 1 昭和シェル
株式会社 九 菱	(805) 北九州市八幡東区山王1-17-11	093 (661) 4 8 6 8 三 石
コスモアスファルト(株)九州支店	(810) 福岡市中央区鳥飼1-3-52	092 (771) 7 4 3 6 コ ス モ
サンヨウ株式会社	(815) 福岡市南区玉川町4-30	092 (541) 7 6 1 5 富 士 興
三協商事株式会社	(770) 徳島市万代町5-8	0886 (53) 5 1 3 1 富 士 興
株式会社 トーアス高松営業所	(760) 高松市亀井町8-11	0878 (37) 1 6 4 5 J O M O
中西瀝青株式会社 福岡出張所	(810) 福岡市中央区天神4-1-18	092 (771) 6 8 8 1 日 石
株式会社 南部商会福岡営業所	(810) 福岡市中央区天神3-4-8	092 (721) 4 8 3 8 日 石
西岡商事株式会社	(764) 仲多度郡多度津町家中3-1	0877 (33) 1 0 0 1 三 石
畑 砒 油 株 式 会 社	(804) 北九州市戸畑区牧山新町1-40	093 (871) 3 6 2 5 コ ス モ
平和石油株式会社高松支店	(760) 高松市番町5-6-26	0878 (31) 7 2 5 5 昭和シェル
丸 菱 株 式 会 社	(812) 福岡市博多区博多駅前4-3-22	092 (431) 7 5 6 1 昭和シェル

編集顧問

多田 宏 行
藤井 治 芳
松野 三 朗

編集委員

委 員 長 : 河 野 宏	副 委 員 長 : 真 柴 和 昌
秋 葉 國 造	菅 野 善 朗
阿 部 忠 行	栗 谷 川 裕 造
荒 井 孝 雄	小 島 逸 平
安 崎 裕	児 玉 充 生
飯 島 尚	田 井 文 夫
	佐 々 木 政 彦
	七 五 三 野 茂
	野 村 敏 明
	姫 野 賢 治
	室 賀 五 郎
	山 田 実

アスファルト 第178号

平成6年1月発行

社団法人 日本アスファルト協会

〒105 東京都港区虎ノ門2-6-7 TEL 03-3502-3956

本誌広告一手取扱 株式会社 廣業社

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

印刷所 アサヒビジネス株式会社

〒107 東京都港区赤坂1-9-13 TEL 03-5563-0123(代)

ASPHALT

Vol. 36 No. 178 JANUARY 1994

Published by

THE JAPAN ASPHALT ASSOCIATION